

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

**НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ**

Материалы
16-й Международной научно-технической конференции
молодых ученых и студентов

Минск, 19–21 апреля 2023 г.

Минск
БНТУ
2023

УДК 681.2.002 (063)
ББК 34.9я431
Н74

Редакционная коллегия:

О. К. Гусев (председатель), *А. М. Малярович* (зам. председателя),
А. И. Свистун (зам. председателя), *Н. В. Кулешов*, *Р. И. Воробей*,
С. А. Чижик, *А. Л. Савченко*, *М. А. Князев*, *П. С. Серенков*, *К. В. Юмашев*,
Н. Н. Ризноокая, *А. К. Тявловский*, *В. Е. Васюк*

Рецензенты:

доктор технических наук *А. П. Крень*
доктор технических наук *Н. И. Мухуров*

Издание включает материалы 16-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов «Новые направления развития приборостроения» по направлениям: информационно-измерительная техника и технологии; конструирование и производство приборов; микро- и нанотехника; оптоэлектроника, лазерная техника и технология; стандартизация, метрология и информационные системы; прикладные задачи приборостроения; техносфера и менеджмент спорта.

ISBN 978-985-583-899-0

© Белорусский национальный
технический университет, 2023

СЕКЦИЯ 1. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 530.01

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРАВИТАЦИОННОГО ДЕТЕКТОРА НА ОСНОВЕ УПОРЯДОЧЕННОЙ ГРУППИРОВКИ СПУТНИКОВ

Магистрант Беглик В. В., аспирант Охрименко И. П.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Кольчевский Н. Н.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

В 2015 году впервые зарегистрированы сигналы гравитационных волн, подтвержденные астрономическими наблюдениями. В 2017 году присуждена Нобелевская премия по физике за наблюдение гравитационных волн. Нобелевская премия по физике 2019 и 2020 года также относится к астрофизике и, более того, родились новые направления в астрофизической науке, например, «демография черных дыр». В околоземном пространстве работает большое число спутниковых систем: GPS, Galileo, ГЛОНАСС, Starlink и др. В 2018 г. Белорусский государственный университет запустил собственный наноспутник, который стал 3-м КА РБ. 31 августа 2020 г. президент Республики Беларусь подписал распоряжение о запуске второго научно-образовательного спутника Белорусского государственного университета.

Предложено исследовать модель космического детектора гравитационных волн. В качестве космического детектора ГВ предлагается космическая измерительная система искусственных спутников (ИС) [1]. В основе конфигураций спутников лежат многогранники, например, платоновские тела. Платоновские тела имеют геометрическую симметрию, которая может улучшить чувствительность детектора к гравитационным волнам, что может позволить обнаруживать гравитационные волны с более высокой точностью и разрешением, чем существующие детекторы.

Идея заключается в использовании нескольких платоновских тел, связанных друг с другом, для создания пространственной конструкции, которая будет чувствительна к гравитационным волнам. Когда волны проходят через эту конструкцию, они вызывают деформацию ее формы, которая может быть обнаружена и измерена. Использование платоновских тел может позволить создавать множество различных конфигураций детекторов, которые могут быть оптимизированы для обнаружения определенных типов гравитационных волн. Это может расширить спектр источников гравитационных волн, которые могут быть обнаружены и изучены.

Разработано программное обеспечение для расчета кинематических характеристик S-LIGO позволяет конструировать и исследовать многообразные спутниковые системы (рис. 1). Программное обеспечение работает в среде Windows. Программа позволяет задавать спутниковые конфигурации (рис. 1 б и в) и динамически вычислять расстояния между спутниками, параметры 3D форм, с визуализацией граней и орбит спутниковых конфигураций.

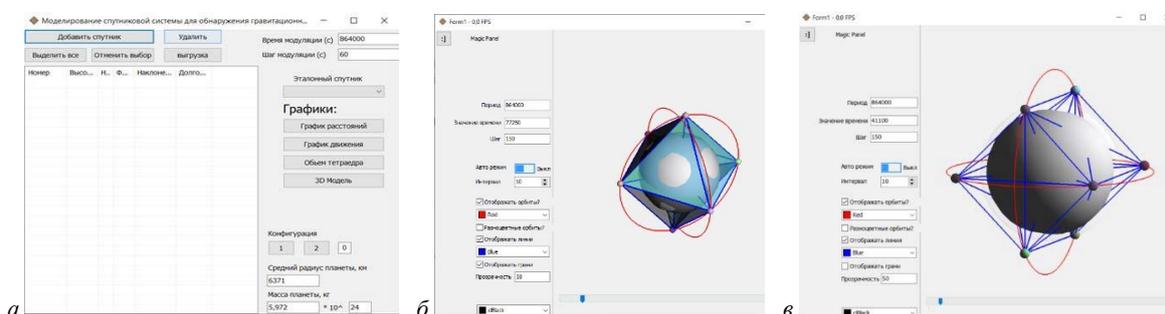


Рис. 1. Программное обеспечение (а) и 3D модель системы спутников в конфигурации – октаэдр (б) и конфигурации гексаэдр (в)

Литература

1. Охрименко, И. П. Имитационное моделирование детектора гравитационных волн LIGO / И. П. Охрименко, Н. Н. Кольчевский, П. В. Петров // Вестник Брестского университета. Серия 4. Физика, Математика. – 2021. – № 1. – С. 14–27.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КООРДИНАТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Мл. научный сотрудник Бехлер И. А.

Д-р техн. наук, профессор Матвеев В. В.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

В современном мире задачу навигации в открытом пространстве можно решать разными способами. Традиционно навигация осуществляется по сигналам глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС). К недостаткам данного способа можно отнести то, что сигнал ГНСС подвержен как естественным, так и искусственным помехам. Поэтому в качестве альтернативы ГНСС или для совместного использования были предложены корреляционно-экстремальные системы [1]. В настоящей работе рассматривается алгоритм и реализация визуальной локации (рис. 1) на языке программирования Python с использованием модуля Kornia [2].

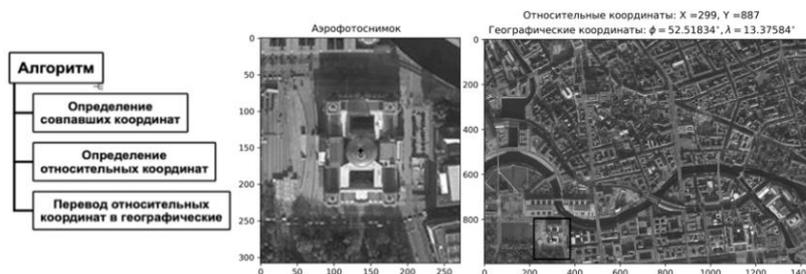


Рис. 1. Определение географических координат по аэрофотоснимку

В качестве эталонной информации (карты) используются снимки со спутников, у которых ключевые точки связаны с географическими координатами (широтой φ_{point} и долготой λ_{point}). Аэрофотоснимок сопоставляется с эталонной картой с помощью функции LoFTR из состава модуля kornia.feature. Функция LoFTR возвращает координаты точек эталона (x, y) и соответствующие им координаты аэрофотоснимка (u, v) , признанных моделью похожими. После по формуле (1) определяются относительные координаты X и Y на эталоне, которым соответствует центр аэрофотоснимка. Центр аэрофотоснимка находится в точке с координатами $w/2$ и $h/2$.

$$\begin{cases} X = x - u + (w/2); \\ Y = y - v + (h/2), \end{cases} \quad (1)$$

где w – ширина аэрофотоснимка, h – высота аэрофотоснимка.

По формуле (2) относительные координаты X, Y переводятся в географические координаты, где φ – искомая широта, а λ – искомая долгота.

$$\begin{cases} \varphi = [(\varphi_{\text{point_max}} - \varphi_{\text{point_min}})/(W + 1)] X + \varphi_{\text{point_min}}; \\ \lambda = [(\lambda_{\text{point_max}} - \lambda_{\text{point_min}})/(H + 1)] Y + \lambda_{\text{point_min}}, \end{cases} \quad (2)$$

где W и H – ширина и высота спутникового снимка (эталона), $\varphi_{\text{point_max}}$ и $\lambda_{\text{point_max}}$ – широта и долгота ключевой точки, которой соответствует относительная точка на эталоне с координатами $X = \max$ и $Y = \max$, $\varphi_{\text{point_min}}$ и $\lambda_{\text{point_min}}$ – широта и долгота ключевой точки, которой соответствует относительная точка на эталоне с координатами $X = 0$ и $Y = 0$.

Данный способ позволяет определить географические координаты с точностью ± 20 метров.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания FEWG-2022-0002.

Литература

1. Али, Б. Алгоритмы навигации БПЛА с использованием систем технического зрения / Б. Али, Р. Н. Садеков, В. В. Цодокова // Гирскопия и навигация, 2022. – Т. 30, № 4 (119). – С. 87–105.
2. Open-Source Differentiable Computer Vision Library for PyTorch [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pytorch.org/project/kornia>. – Дата доступа: 01.03.2023.

УДК 681

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАПИЛЛЯРНОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ НАРУЖНЫХ ДЕФЕКТОВ

Студенты гр. 11312119 Свидинский А. А., Боровченко А. А.

Кандидат техн. наук, доцент Ризноокая Н. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Капиллярные методы неразрушающего контроля предназначены для обнаружения поверхностных и сквозных дефектов в объектах контроля, определения места их расположения, протяженности и ориентации.

Цель. Оценка достоинств и недостатков капиллярного метода контроля при обнаружении наружных дефектов сварных соединений.

Наружные дефекты сварных соединений можно выявлять несколькими методами: магнитным методом, визуальным осмотром, дефектоскопией. Если рассматривать такие факторы как простота контроля, наглядность результата и оперативность проведения контроля – выбор делается в сторону капиллярного метода контроля. Данный вид контроля позволяет не только выявлять дефекты, выходящие на поверхность (поры, трещины, непровары, раковины и так далее), но и определить характер дефекта и причины его возникновения. Аналогом капиллярного метода контроля является магнитопорошковый метод контроля. Данный метод контроля обнаруживает дефекты типа нарушений сплошности металла, а также дефекты сварных соединений.

Среднее время проведения капиллярного метода контроля с помощью специального набора (очиститель, проявитель, пенетрант) составляет около 15 минут. Каждый набор подбирается под определенные условия среды проведения контроля, из-за этого может изменяться время проведения контроля. Стоимость данного набора около 60–70 белорусских рублей. Для работы с данным методом контроля требуется сертификат специалиста в области капиллярного контроля. Сертифицированному специалисту в соответствии с настоящим стандартом присваивается один из трех уровней в зависимости от его квалификации

Время проведения магнитопорошкового метода контроля схоже с капиллярным методом контроля и занимает около 15–20 минут. Стоимость магнитопорошкового набора составляет 1850 белорусских рублей. Набор в себя включает: магнитопорошковый дефектоскоп МД-4 с калибровкой, черная магнитная суспензия В (500 мл), отвертка, лупа измерительная, кейс для хранения.



Рис. 1. Обнаружение дефектов с помощью капиллярного метода

Заключение: капиллярный метод контроля целесообразно использовать для наружных типов дефектов сварных соединений исходя из таких достоинств как: стоимость, трудоемкость, и чувствительность метода.

Литература:

1. Неразрушающий контроль: Справочник в 8 т. / под общ. ред. В. В. Клюева. – Т. 4, кн. 3: Капиллярный контроль / М. В. Филинов. – 2-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 2006. – 736 с.

СЕТЕВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Студенты гр. 11301120 Зысковец Ю. М., Семёнова К. В.

Ст. преподаватель Василевский А. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Современная быстродействующая телекоммуникационная система для обеспечения надежного и качественного электроснабжения своих устройств использует распределенную систему электропитания с промежуточными шинами и синхронизацией включения [1]). При этом на каждой из трех шин, с помощью преобразователей, формируется свой уровень понижения и преобразования напряжения переменной сети. На первом (высшем) уровне преобразователь преобразует переменное сетевое напряжение в постоянное стабилизированное напряжение 48 В. Второй уровень снижает напряжение 48 В до 24 В, 12 В и т. д. в зависимости от фактического питания блоков. Питание каждой из плат блока формируются импульсными понижающими преобразователями, которые устанавливаются непосредственно на плате. Каждый уровень понижения и преобразования напряжения использует свою элементную базу и схемотехнические решения. За счет высокого КПД этих преобразователей, снижаются потери в проводах и температура в блоке

Для примера, рассмотрим обобщенную двухуровневую схему преобразователя сетевого электропитания.

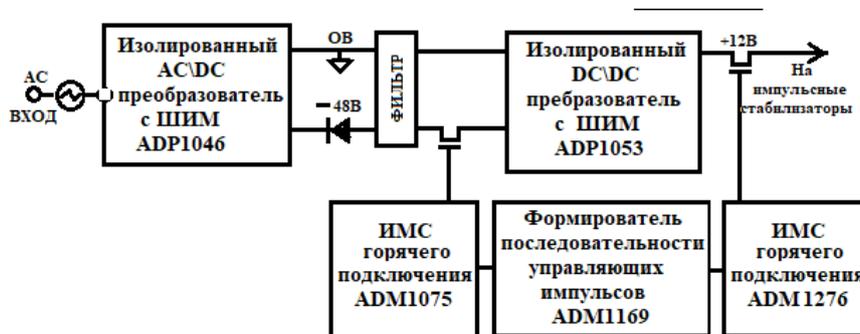


Рис. 1. Обобщенная структурная схема преобразователя сетевого электропитания быстродействующего электронного устройства

Компания Analog Devices является крупнейшим производителем и поставщиком контроллеров для управления преобразователями электропитания типа AC/DC и DC/DC. Микросхема ADP1046 – это цифровой контроллер, имеющий семь ШИМ – выходов. Этот контроллер позволяет управлять различными преобразователями с возможностью адаптации источника питания к изменению входного напряжения, что позволяет уменьшить время переходных процессов в цепях стабилизации напряжения и снизить уровень выходных помех. Микросхема ADP1053 – двухканальный контроллер DC/DC – преобразователя с восьмью ШИМ-выходами, имеет PMBus-интерфейс и обеспечивает синхронизацию работы нескольких источников питания.

Специализированные микросхемы горячего подключения ADM1075, ADM1276, работая совместно с формирователем управляющих сигналов, обеспечивают экономию потребляемой электроэнергии, формируют сигналы обратной связи для защиты оборудования от бросков тока.

Формирователь последовательности управляющих сигналов в цепях питания ADM1169 обеспечивает программирование требуемой последовательности управляющих сигналов, задает уровень порогового напряжения и имеет возможность регулировки времени включения/выключения источника питания.

Литература

1. Белоус, А. И. Основы конструирования высокоскоростных электронных устройств / А. И. Белоус, В. А. Солодуха, С. В. Шведов // под общ. ред. А. И. Белоуса. – Москва: Техносфера, 2017. – 872 с.

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МОДУЛЬ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Магистрант Веренич М. С.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Тявловский К. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В ряде применений, например, космической и военной сферах, необходима долговечная и бесперебойная работа элементов. Однако для таких применений характерно функционирование электронных устройств в условиях дестабилизирующих факторов окружающей среды, в частности, проникающей радиации. Большинство микросхем не имеет необходимого уровня стойкости к внешним воздействиям, предъявляемого к космическим аппаратам. При этом невозможно обеспечить достаточную защиту от компонентов радиации с высокой проникающей способностью (гамма-излучение, тяжелые заряженные частицы и др.) [1].

Принцип работы модуля радиационной защиты заключается в отслеживании заданного интервала значений параметров, которые могут изменяться при воздействии космического излучения, и отключение питания защищаемой группы ИМС при выходе параметров за заданные пределы [2]. Через заданный промежуток времени с момента полного отключения производится восстановление питания. Возможное зависание системы предотвращает узел сторожевого таймера. Для индикации срабатывания защиты от тиристорного защелкивания и перехода сторожевого таймера в режим ожидания в ИМС предусмотрены дополнительные выводы.

В основе работы модуля радиационной защиты используется алгоритм [2, 3], в котором возможно изменять набор контролируемых параметров, не подвергая изменению основную часть структуры ИМС. На первом этапе включается питание, и для установления требуемых параметров ИМС дается время задержки T_1 . На втором этапе контролируются сконфигурированные пользователем параметры. На третьем этапе осуществляется проверка условий на отклонение значений от требуемых норм. Таким образом, модуль радиационной защиты контролирует заданные параметры и при их выходе за установленные пределы отключает входное напряжение защищаемого блока на заданное время [3], затем производится его повторное включение.

В простейшем случае, при защите от тиристорного эффекта, микросхема в автоматическом режиме отслеживает превышение заданного порога напряжения на внешнем резистивном шунте в цепи питания ИМС. При превышении током потребления порога срабатывания включается режим ограничения тока. Если произошло уменьшение тока нагрузки и восстановление штатного режима, то питание защищаемых элементов восстанавливается. В противном случае микросхема полностью отключает питание защищаемых ИМС и через заданный интервал времени снова восстанавливает его. Этот вариант защиты устройства от тиристорного эффекта [2, 3] обеспечивает широкий диапазон настройки устройства и требует минимальных затрат при его реализации.

Предложенное решение парирования вероятных отказов аппаратуры КА под воздействием тяжелых заряженных частиц и высокоэнергетичных протонов космического пространства обеспечивает снижение воздействия токов сквозного пробоя на полупроводниковые элементы больших (БИС) и сверхбольших интегральных схем (СБИС), а также способствует снижению вероятности возникновения тиристорного эффекта, поддерживаемого (без защиты) источником питания. Актуальность темы исследования обусловлена возможностью проектирования прототипа универсального модуля радиационной защиты на белорусско-российской элементной базе.

Литература

1. Физика радиационных эффектов, влияющих на электронику в космосе [Электронный ресурс] // Научно-публицистический портал «Geektimes». – Режим доступа: <https://geektimes.ru/post/254084/>. – Дата доступа: 01.11.2022.
2. Эннс, В. Применение ПАИС 5400TP035 в качестве универсальной основы построения модулей радиационной защиты / В. Эннс, В. Кобзев, И. Корепанов // Компоненты и технологии. – 2018. – № 12 (209). – С. 8–11.
3. Микросхемы для аппаратуры космического назначения: Практическое пособие / В. В. Коняхин [и др.] // под общ. ред. А. Н. Саурова. – М.: Техносфера, 2016. – 388 с.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ФОТОПРИЕМНИКА

Студенты гр. 11301122 Веселовский В. А., Мелюх Н. С.

Д-р техн. наук, профессор Гусев О. К.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Функциональные возможности измерительных преобразователей систем оптической диагностики существенно расширяются при использовании мультипараметрических фотоприемников, чувствительных одновременно к нескольким разнородным входным воздействиям [1]. При этом, расширяются не только функциональные возможности диагностических систем, но и диапазоны преобразования в энергетической, спектральной и других областях. Многофункциональность и способность к автоматическому приключению между несколькими поддиапазонами преобразовательных характеристик реализуется при использовании сенсорных структур, в которых активная область выполнена на основе полупроводника с низкой концентрацией глубокой примеси, формирующей в запрещенной зоне несколько энергетических уровней для разных зарядовых состояний [1, 2]. Одним из факторов, ограничивающих применение мультипараметрических сенсоров, является информационная избыточность измерительного сигнала, приводящая к затруднениям в идентификации вклада каждого из контролируемых параметров. Переключение между поддиапазонами энергетической преобразовательной характеристики приводит и к изменению вида спектральных характеристик преобразования [2]. В этом случае результирующая преобразовательная 3D характеристика для двухпараметрического сенсора должна быть представлена двумя и более плоскостями. Их разделение обычно реализуется при использовании относительно сложных алгоритмов с многократно повторяющимися циклами определения идентифицирующих признаков [3], что усложняет и существенно замедляет процедуру измерения каждого из параметров.

Особенности формирования преобразовательных характеристик при последовательном изменении зарядовых состояний многоуровневой примеси в активной области сенсора позволяют существенно сократить процедуру идентификации измерительного состояния мультипараметрического сенсора. Переключение между состояниями мультипараметрического сенсора осуществляется как под действием управляющего сигнала оптического излучения с длиной волны, не входящей область измерения, так и под действием самого измерительного сигнала, что действительно затрудняет процедуру идентификации. Однако использование дополнительного электрода (барьер Шоттки), для независимой инжекции с целью изменения зарядового состояния примеси позволяет, позволяет однозначно определить измерительное состояние мультипараметрического сенсора. Если подача смещения на дополнительный электрод изменяет измерительный сигнал, значит, состояние сенсора соответствует преобразовательной характеристики ниже порога переключения, т. е. зарядовое состояние примеси соответствовало нижнему энергетическому уровню. Если смещение не изменяет измерительный сигнал, то зарядовое состояние примеси соответствует верхнему энергетическому уровню примеси и дополнительное смещение уже не может его изменить, а преобразовательные характеристики соответствуют состоянию измерительного сигнала с уровнем выше порога переключения. Таким образом, факт изменения измерительного сигнала при модуляции смещения на дополнительном электроде позволяет быстро и однозначно определить состояние мультипараметрического фотоприемника, следовательно, используемый поддиапазон энергетической характеристики и вид переключаемой спектральной характеристики чувствительности, т. е. вклад каждого из параметров в измерительный сигнал.

Литература

1. Series of Photovoltaic Converters Based on Semiconductors with Intrinsic Photoconductivity / R. I. Vorobey [et al.] // *Devices and Methods of Measurements*, 2021. – Vol. 12, no. 2. – Pp. 108–116.
2. Фотоприемники на основе собственных полупроводников для построения измерительных преобразователей / Р.И. Воробей [и др.] // *Метрология и приборостроение*. – 2017. – № 2. – С. 32–40.
3. Методология и средства измерений параметров объектов с неопределенными состояниями / под общ. ред. О. К. Гусева. – Минск: БНТУ, 2010. – 582 с.

ИЗМЕРИТЕЛЬ ПУЛЬСАЦИЙ СВЕТОВОГО ПОТОКА ОСВЕТИТЕЛЕЙ

Студент гр. 11303120 Гриц М. А.

Кандидат техн. наук, доцент Свистун А. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В результате тестирования светодиодных осветителей в аккредитованных лабораториях России и Беларуси (www.sveto-tekhnika.ru) выяснилось, что только их малая часть, 9 ламп из 64 (14 %), полностью соответствует заявленным параметрам, причем около половины осветителей имеют заниженный световой поток, не соответствующий заявленной мощности эквивалентной по световому потоку. Еще одним параметром, не всегда приводимом в паспортных данных, но существенно влияющим на психофизическое состояние пользователей является коэффициент пульсаций светового потока [1, 2]. Это связано с тем, что, несмотря на инерционность зрительного восприятия, мозг человека реагирует на пульсации света, частотой до 300 Гц [3]. Исходя из различных нормативных документов, следует, что пульсации освещенности, частотой до 300 Гц, на рабочих местах не должны превышать 20 %, а в некоторых случаях (при работе с ПЭВМ) – 5 %. В местах временного пребывания (коридоры, лестницы, переходы и т. п.) уровень пульсации не нормируется. Также не нормируются пульсации освещенности с частотой более 300 Гц. В ГОСТ Р 54945-2012 «Здания и сооружения. Методы измерения коэффициента пульсации освещенности» определена терминология, методы измерения и расчета пульсаций светового потока.

Схема измерителя пульсаций светового потока приведена на рис. 1. ФП преобразует световой поток в электрический сигнал, фильтр нижних частот ФНЧ 1 выделяет среднее значение светового потока, которое используется как опорное значение и несет информацию о величине светового потока. С помощью пикового детектора ПД и фильтра ФНЧ 2 выделяются пульсации в полосе частот до 300 Гц. Микроконтроллер МК со встроенным модулем АЦП по ГОСТ Р 54945-2012 определяет абсолютное значение светового потока и коэффициент пульсаций, и выводит эти значения на экран двухстрочного ЖКИ. Результаты измерения пульсаций светового потока не зависят от его абсолютной величины, в частности от удаленности осветителя от измерителя. Однако необходимо предусмотреть исключение засветки фотоприемника другими источниками света.

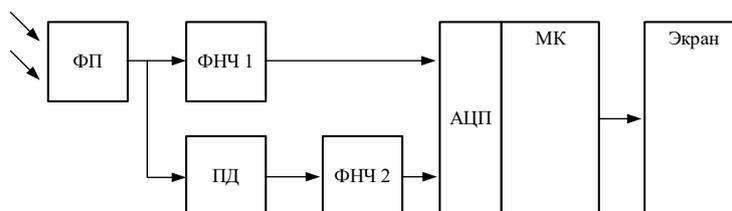


Рис. 1. Схема измерителя пульсаций светового потока

Применение простого прибора для контроля параметров осветителей позволит объективно оценить характеристики освещения рабочих мест, бытовых и производственных помещений, характеристики дисплеев различных устройств: смартфонов, ноутбуков, телевизоров и т.д. Это особенно актуально в связи с тем, что дисплеи различных устройств при изменении яркости экранов используют метод широтно-импульсной модуляции, частота которой не должна быть ниже 300 Гц.

Литература

1. Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний: ГОСТ Р 54350-2015. – Введ. 01.01.16. – М.: Стандартинформ, 2015.
2. Методика тестирования светодиодных ламп [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://overclockers.ru/lab/show/55054/Metodika_testirovaniya_svetodiodnyh_lamp. – Дата доступа: 01.11.2022.
3. Fluorescent lighting headaches and eye-strain / A. J. Wilkins [et al.] // Lighting Research and Technology, 1989. – № 21. – Р. 11–18.

ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОСВЕЩЕНИЯ

Студент гр. 11303120 Гриц М. А.

Кандидат техн. наук, доцент Савёлов И. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Одним из важных параметров для обеспечения рабочей обстановки и комфортной зоны отдыха работников являются оптимальное естественное и искусственное освещение. Контроль качества освещения мест пребывания человека позволяет избежать повышенной нагрузки на глаза и его общее состояние.

Недостаток освещения вызывает снижение остроты зрения человека, переутомление, хроническую усталость. Избыточный уровень освещения также негативно сказывается на работоспособность: глаза испытывают напряжение, возникает головокружение, что приводит к снижению внимательности сотрудников. Поэтому контроль качественных характеристик освещения необходим обеспечения оптимальных условий для труда и отдыха человека. Качественными характеристиками естественного и искусственного освещения в помещениях являются следующие характеристики: освещенность, коэффициент пульсаций и яркость.

Для контроля этих параметров используются следующие приборы: люксметры, пульсометры и яркомеры (рис. 1).



Рис. 1. Приборы для измерения характеристик освещения: *а* – люксметр; *б* – пульсометр; *в* – яркомер

Люксметр предназначен для измерения освещенности при естественном и искусственном освещении в диапазоне от 1 до 200000 лк. В результате преобразования фотометрическим зондом оптического излучения в непрерывный электрический сигнал, который пропорционален мощности светового потока, определяется уровень освещенности рабочих мест и зон постоянного пребывания человека.

Для определения уровня мерцания источника света применяются пульсометры, при помощи которых определяется коэффициент пульсации. Мерцание света с частотой до 80 Гц визуально различить нельзя, но при этом происходит активное раздражение нервной системы, влияющее на работоспособность. Для измерения коэффициента пульсаций требуется расположить контрольно-измерительный прибор на ровную чистую поверхность, где световой поток будет направлен на датчик пульсометра, выбрать соответствующий режим устройства и произвести измерения. Контролировать необходимо только те пульсации, частота которых не выше 300 Гц.

Яркомер предназначен для измерения интенсивности свечения источника света или отражающей поверхности в диапазоне от 0 до 100 кд/м². Также яркомер может применяться для исследования протяженных объектов в видимой области спектра, например экранов в кинотеатрах, рекламных табло и т. п. Измерения проводят накладным способом при неподвижном датчике.

Основным недостатком данных приборов является то, что для определения качественных характеристик освещения необходимо применять отдельные устройства.

Таким образом, разработка конструкции универсального портативного прибора для измерения необходимых характеристик освещения одновременно является актуальной.

УДК 531.383

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПОКАЗАНИЯ МИКРОМЕХАНИЧЕСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО МОДУЛЯ

Студент гр. 120491 Гришин Д. С.

Кандидат техн. наук, доцент Лихошерст В. В.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Стабильность показаний датчиков в условиях эксплуатации является основным фактором, обеспечивающим точность работы системы, построенной на их базе. Это справедливо и для микромеханических приборов (измерительных модулей). Наиболее распространенными видами воздействия являются климатические воздействия. Для установления закономерности изменения нулевого сигнала и коэффициента передачи проведены испытания на воздействие температуры на микромеханический измерительный модуль MPU9250 [1]. При этом исследовалось изменение нулевого сигнала – показания датчика при нулевой угловой скорости основания и изменение коэффициента передачи.

Испытание по определению нулевого сигнала проводилось следующим образом. С шагом 10 °С задавалась температура внутри термокамеры от минимального до максимального значения. Микромеханический модуль выдерживался на заданной температуре не менее 1 часа. После выдержки проводится запись выходного сигнала микромеханического гироскопа без вращения. Полученный сигнал усреднялся на интервале измерения полученное значение и является смещением нулевого сигнала на текущей температуре. Изменение нулевого сигнала от температуры для микромеханического инерциального измерительного модуля MPU9250 приведено в табл. 1.

Таблица 1 – Изменение нулевого сигнала от температуры

Температура, °С	Угловая скорость, °/с		
	ω_y	ω_x	ω_z
-20	-0,58991	-0,01459	-0,09991
-10	-0,56593	0,016137	0,15437
0	-0,34405	0,004867	0,242642
10	-0,04093	-0,02028	0,076067
20	0,800767	-0,45971	-1,81983
30	0,366127	-0,00935	-0,10199

Получение значений изменения коэффициента передачи от температуры проводится аналогично, только на каждой температуре производится запись выходного сигнала гироскопа при различных значениях угловой скорости стенда. Для угловой скорости 200 °/с (гироскоп с осью чувствительности z) значение приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Изменение коэффициента передачи от температуры

Коэффициент передачи при различных температурах (°С)					
-20	-10	0	10	20	30
1,00695	1,004089	1,001937	1,0	0,999859	0,999201

Анализ результатов исследования показал, что каждый из трех гироскопов внутри модуля имеет существенные различия по амплитуде изменения нулевого сигнала, при этом стабильность коэффициента передачи всех датчиков имеет близкие значения.

Литература

1. MPU-9250 Product Specification [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://inven-sense.tdk.com/wp-content/uploads/2015/02/PS-MPU-9250A-01-v1.1.pdf>.

АКСЕЛЕРОМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОРИЕНТАЦИИ

Магистрант гр. 140821/15 Грищенко А. С.

Д-р техн. наук, профессор Матвеев В. В.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Акселерометрическая система ориентации (АСО) позволяет определить углы ориентации объекта в поле силы тяжести Земли по сигналам акселерометров. При изменении ориентации измерительных осей акселерометров относительно вектора ускорения силы тяжести можно определить углы отклонения объекта относительно плоскости горизонта. АСО используют на объектах, движущихся в условиях незначительных или кратковременных ускорений [1].

На рис. 1 обозначено: $OXYZ$ – система координат, жестко связанная с подвижным объектом, $OX_gY_gZ_g$ – географическая система координат. Вдоль осей связанной системы координат расположены три однокомпонентных линейных акселерометра A_x, A_y, A_z . Связанная система координат отклонена от географической системы координат на два угла: тангажа ϑ и крена γ .

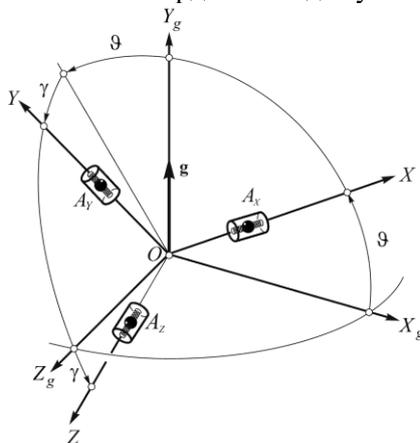


Рис. 1. Положение измерительных осей акселерометров относительно географической системы координат

Проектируя вектор g на измерительные оси акселерометров, имеем:

$$\begin{aligned} A_x: n_x &= g \sin \vartheta, \\ A_y: n_y &= g \cos \vartheta \cos \gamma, \\ A_z: n_z &= -g \cos \vartheta \sin \gamma. \end{aligned} \quad (1)$$

Комбинируя равенства (1) можно получить углы тангажа и крена подвижного объекта:

$$\begin{aligned} \vartheta &= \arcsin \frac{n_x}{g} = \arctg \frac{n_x}{\sqrt{n_y^2 + n_z^2}}, \\ \gamma &= -\arctg \frac{n_z}{n_y}. \end{aligned}$$

Угол ψ на рис. 1 не показан, так как этот угол при помощи АСО не доступен для измерения. Особенностью АСО является отсутствие накапливания погрешностей по углам ориентации, как это имеет место у гироскопической системы ориентации, и избирательность к плоскости горизонта. К недостаткам АСО следует отнести подверженность к ускорениям объекта.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта ректора ТулГУ для обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам магистратуры, № 8939 ГРР_М.

Литература

1. Матвеев, В. В. Мобильные устройства в научно-исследовательской и экспериментальной работе / В. В. Матвеев. – 2-е изд., испр. и доп. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2021. – 134 с.

УДК 621.314

ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ОДНОФАЗНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Студенты гр. ЭМ-21 Шабловский К. Я., Монархович И. Е., аспирант Громько И. Л.
Кандидат техн. наук, доцент Галушко В. Н.

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь

Разработка системы оценки технического состояния трансформаторов в системе железнодорожного нетягового электроснабжения линий сигнализации, централизации, блокировки, предприятий железнодорожных электрических сетей (ПЭ и АБ) и на подстанциях является актуальной задачей. На сегодняшний день более 50 % трансформаторов системы электроснабжения железнодорожной отрасли страны отработали установленный срок службы – 25 лет, согласно ГОСТ 11677-85 [1].

В данной работе представлена программа, детектирующая межвитковые замыкания и другие неисправности в трансформаторах, алгоритм которой представлен на рис. 1.

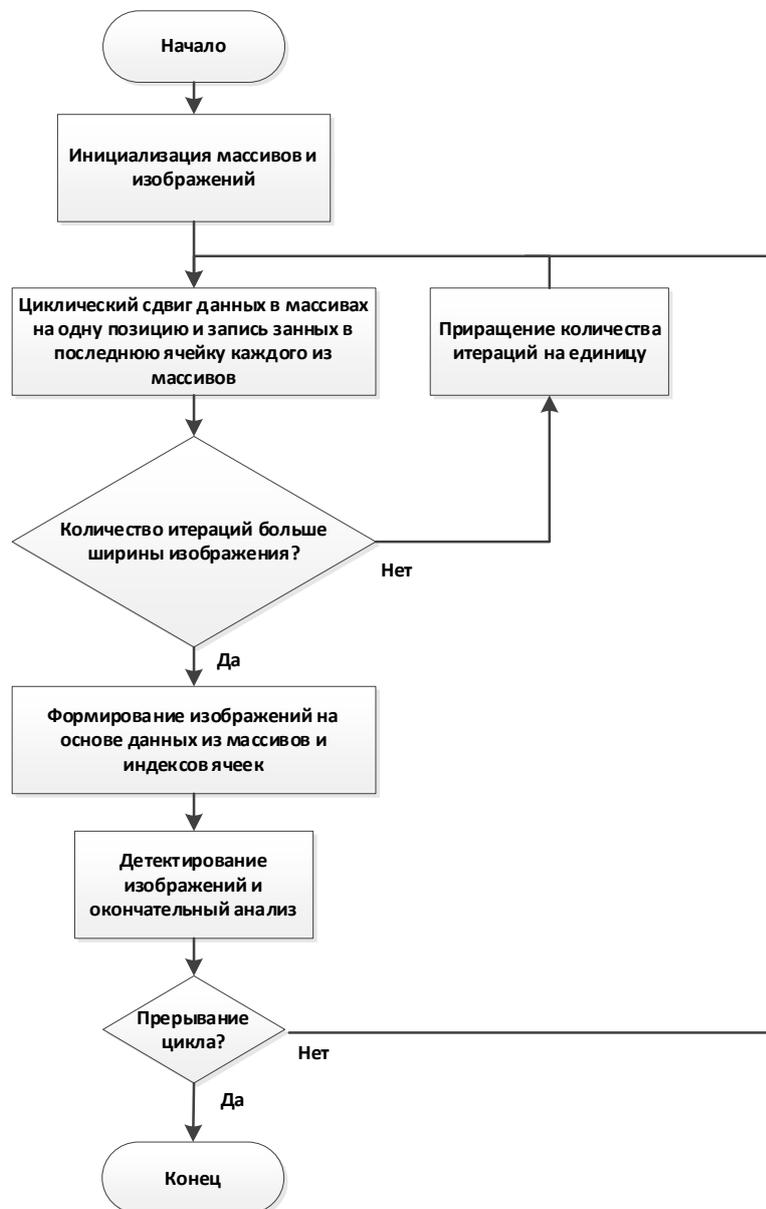


Рис. 1. Алгоритм работы программы

Данная программа перед инициализацией получает информацию (напряжения, токи, активные мощности и коэффициенты мощностей) с энергметров PZEM-004T-100A, которые подключены к обмоткам трансформатора, и формирует изображения на основе зависимости отношения данных величин между первичной и вторичной обмотками от времени [2]. Далее изображения поступают на четыре сверточные нейронные сети, каждая из которых классифицирует изображения по своим параметрам: напряжение, ток, активная мощность и коэффициент мощности.

Литература

1. Трансформаторы силовые. Общие технические условия: ГОСТ 11677-85. – Введ. 01.07.86. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 39 с.
2. Галушко, В. Н. Совершенствование диагностики трансформаторов с помощью сверточных нейронных сетей / В. Н. Галушко, И. С. Евдасев, И. Л. Громыко // Вестник БелГУТа, 2021. – № 2 (43).

УДК 004.032.26:628.3

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ФИЛЬТРА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Магистрант гр. 471 Гусенников Е.Н.

Д-р техн. наук, профессор Юран С.И.

Удмуртский государственный аграрный университет, Ижевск, Россия

Защита сточных вод от промышленных загрязнений является задачей каждого предприятия, поэтому она должна проводиться с наибольшей эффективностью и наименьшими затратами. С этой целью была разработана система на основе нейронной сети, предугадывающая состояние фильтра очистки в системе защиты сточных вод [1, 2]. Данная разработка позволяет наиболее эффективно использовать фильтры, исходя из реальных условий работы системы очистки.

Работа нейронной сети. Представленная в данном исследовании нейронная сеть работает по пошаговой логике, изображенной на рис. 1.

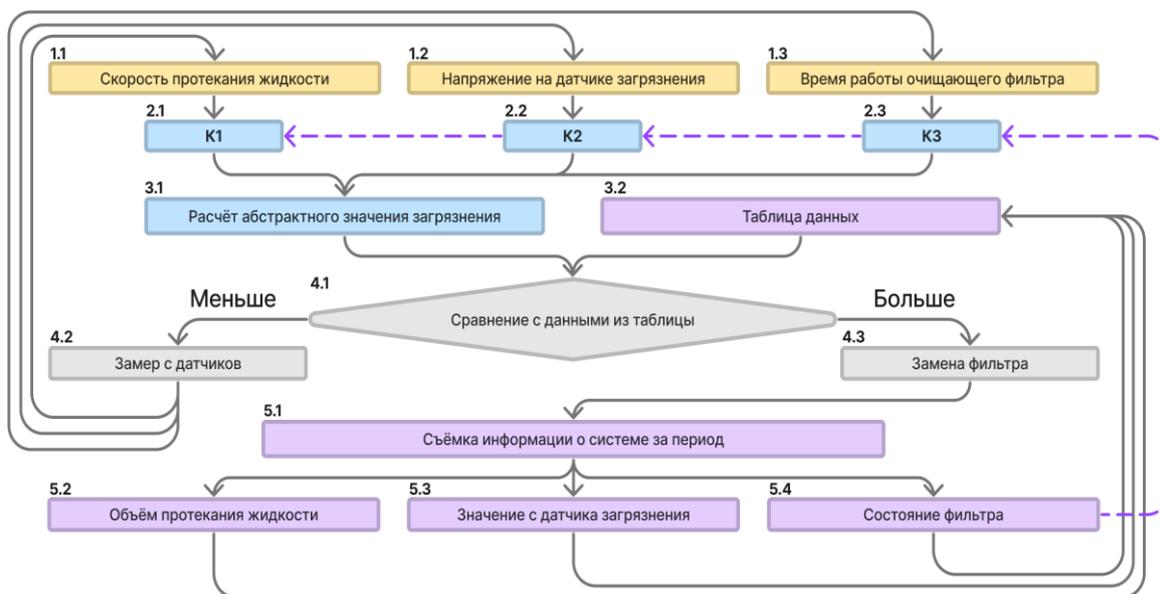


Рис. 1. Логика работы программы нейронной сети для прогнозирования состояния фильтра очистки

С помощью программы происходит сбор информации о системе (расход жидкости, степень загрязнения сточных вод с использованием оптоэлектронных датчиков, длительность работы фильтров очистки). Собранные данные умножаются на весовые коэффициенты в блоках 2.1–2.3, после чего результаты суммируются для получения абстрактного значения загрязнения. Затем абстрактные значения загрязнения сравниваются со значениями из таблицы экспериментальных данных (блок 3.2), чтобы определить, превышают ли эти значения допустимый предел.

Если загрязнение меньше допустимого, система продолжает сбор информации. В случае, когда оно больше допустимого значения, программа выдает сигнал о необходимости замены фильтра. При замене фильтра учитывается информация за период его эксплуатации в блоке 5.1, включающая в себя автоматический сбор информации (блоки 5.2 и 5.3) и ручной сбор в блоке 5.4. Затем собранные данные заносятся в таблицу (блок 3.2), что повышает точность программного прогнозирования и влияет на коррекцию весовых коэффициентов в блоках 2.1–2.3.

Вывод. Таким образом, система, собирая и анализируя указанные данные, позволяет прогнозировать состояние фильтра очистки, основываясь на данных, собранных за предыдущие периоды. Такой подход помогает сократить затраты на использование фильтров очистки, путем более рационального их использования.

Литература

1. System Eliminating Emergency Discharges in Industrial Facilities Waste Waters Using Relative Signal Description / V. A. Alekseev [et al.] // *Devices and Methods of Measurements*, 2022. – Vol. 13, no. 2. – P. 105–111.
2. Гусенников, Е. Н. Создание программы микроконтроллера для системы автоматизированного устрания аварийных сбросов в сточные воды / Е. Н. Гусенников // *Научные труды студентов Ижевской ГСХА.* – 2022. – № 1 (14). – С. 1994–1997.

УДК 004.421.2:517.443

ПРОГРАММА ДЛЯ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

Студент гр. 121111 Денисов М. О.

Д-р техн. наук, профессор Матвеев В. В.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Анализ данных играет огромную роль в проведении опытов и отладке устройств. Для измерения характеристик и действующих сил часто применяются электронные датчики, поэтому анализ должен осуществляться с помощью программного обеспечения. Качество анализа зависит от возможностей обработки информации посредством ЭВМ. Построение графиков, преобразование Фурье и другие элементы анализа полезны, но требуют определенных аппаратных возможностей. Следовательно, лучшей платформой для создания ПО является ПК. Также это облегчается наличием разных языков программирования (ЯП) высокого уровня и готовых библиотек и фреймворков для анализа и обработки данных. Однако персональный компьютер имеет ограничения по мобильности и, как следует, по подключению датчиков для экспериментов. Для решения этой проблемы можно использовать дополнительные устройства, записывающие данные с датчиков в файл. В качестве таких устройств могут быть микроконтроллеры или смартфоны, выбор которых зависит от целей и оправданности. Разработка ПО для смартфонов сложнее, чем для микроконтроллеров, но дает больше удобства и возможность частичного анализа без использования ПК.

Пример анализа данных с гироскопа на маятнике с использованием ПО на ЯП Python с пакетом Matplotlib и NumPy. Программа дает графики трех характеристик и может быть адаптирована для других целей и датчиков.

Для интегрирования и спектрального анализа сигнала использовались численный метод средних прямоугольников и быстрое дискретное преобразование Фурье из NumPy.

$$\int_a^b f(x)dx \approx h \sum_{j=0}^N f(a + (j - 1/2)h), \quad (1)$$

$$F_k = \sum_{m=0}^{n-1} f_m \exp\left(-2\pi i \cdot \frac{mk}{n}\right), \quad k = 0, 1, \dots, n - 1. \quad (2)$$

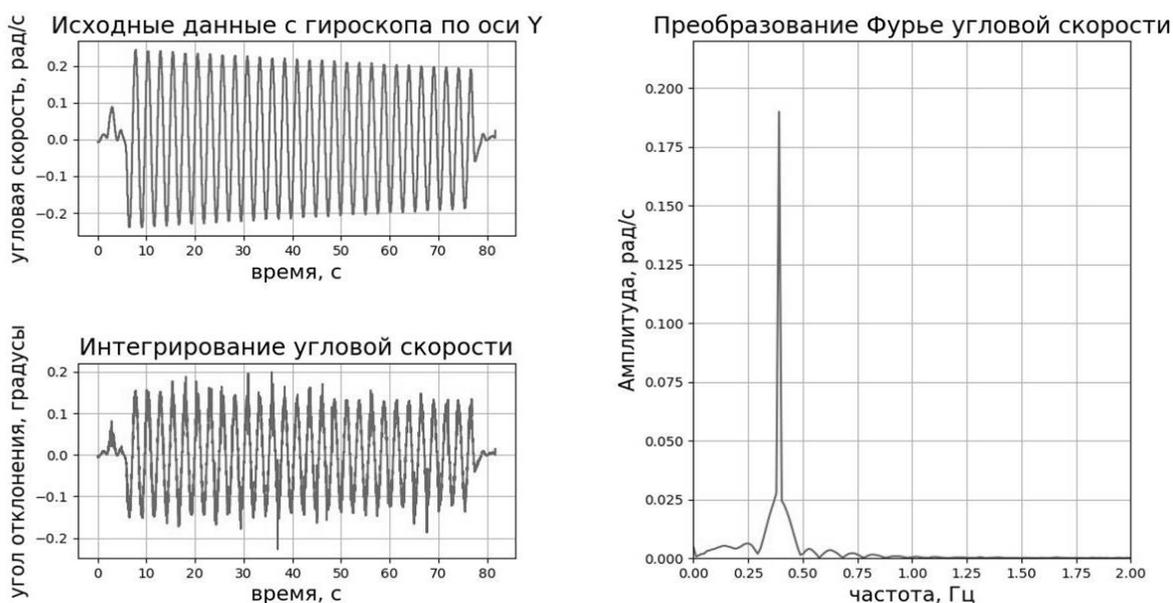


Рис. 1. Пример окна программы для анализа данных, которое имеет график исходных данных, угловой скорости и преобразования Фурье исходных данных

Литература

1. Федотов, А. А. Численные методы интегрирования, решения дифференциальных уравнений и задач оптимизации: метод. указания / А. А. Федотов, П. В. Храпов. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. – 76 с.

УДК.537.226.4-546.65.641

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПРОВОДИМОСТИ ДВОЙНЫХ ВАНАТАТОВ РЗЭ МЕТОДОМ ЭПР

Магистрант гр. 50М-21 Иноятов С. С.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Ибрагимов Ш. Б., асс. Ташев Б.

Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Узбекистан

Известно, что переходные металлы, особенно d -элементы, вследствие специфического расположения достраиваемых электронных уровней, характеризуются переменной валентностью и образованием оксидов различного состава. В этом отношении характерными металлами являются $3d$ элементы (Ti, V) и $4f$ -элементы (РЗЭ). При этом в оксидах элементов начала $3d$ ряда (Ti, V), вследствие большой протяженности d -орбиты, значителен вклад ковалентной составляющей в химическую связь металл-кислород, что дает возможность получения соединений с характеристиками, как полупроводников, так и диэлектриков. Проводимость керамики на основе двойных ванадатов редкоземельных элементов на переменном сигнале хорошо описывается моделью прыжковой проводимости. Структура соединений состоит из октаэдров с Ln и окруженных шестью тетраэдрами VO_4 . Не исключено, что метод «жесткого» керамического синтеза является фактором, ответственным за формирование не эталонных кристаллических решеток. Эта не эталонность связана с появлением кислородной вакансии в VO_4 , что приводит к появлению ванадия в четырехвалентном состоянии (V^{4+}). Самопроизвольное восстановление части ионов ванадия V^{5+} до V^{4+} при образовании двойных ванадатов редкоземельных элементов типа $M_3Ln(VO_4)_2$ позволяет применить метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) для подтверждения возможности участия элементов $3d$ -металлов в процессе прыжковой проводимости [1]. Исследования спектров ЭПР подтвердили результаты работ [2] о существовании в V_2O_5 ярко выраженной синглетной линии поглощения с g -фактором 1,965, которую в данных работах отнесли к иону $V^{(51)4+}$. Исследование спектра ЭПР уже непосредственно в структуре типа $M_3Ln(VO_4)_2$ показало, что наблюдается более слабый по интенсивности спектр с g -

фактором, но с уширенной линией, что подтверждает присутствие в соединении ванадия с низкой степенью окисления (V^{4+}). Для более наглядного представления существования ванадия с низкой степенью окисления (V^{4+}) был поставлен следующий эксперимент. Произвели синтез двух типов образцов: первый тип синтезировался на воздухе по обычной керамической технологии; второй тип синтезировался в атмосфере кислорода при $P_{O_2} = 10^5 \text{Pa}$ по той же керамической технологии. Спектры ЭПР обоих типов образцов показало, что интенсивность спектра $M_3Ln(VO_4)_2$ образцов второго типа меньше, чем у первого типа. Концентрация парамагнитных центров образцов, полученных в атмосфере кислорода, на два порядка меньше, чем у синтезированных на воздухе соединений (соответственно 10^{18} спин.см $^{-3}$ и 10^{16} спин.см $^{-3}$). Из этого следует, что в процессе синтеза соединений $M_3Ln(VO_4)_2$ возникает неконтролируемое восстановление ванадия до V^{4+} в связи с возникновением кислородной вакансии вокруг этого иона.

Литература

1. Электрофизические свойства двойных ванадатов калия – РЗЭ / Ш. Б. Ибрагимов [и др.]. – ДАН СССР, 1987. – Т. 295, № 4. – С. 911–914.
2. Гейфман, И.Н. ЭПР V^{4+} в монокристаллах $\alpha\text{-RbTiOPO}_4$ / И. Н. Гейфман, И. С. Головина, П. Г. Нагорный. – ФТТ, 1998. – Т. 40, вып. 3. – С. 534.

УДК 004.353.4

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПРОТОКОЛОВ КОМПЬЮТЕРНЫХ КЛАВИАТУР

Магистрант гр. ИУ4-21М Закерничный И. В.

Д-р техн. наук, профессор Семенцов С. Г.

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

Процессы унификации и стандартизации в области вычислительной техники привели к утверждению доминирующей позиции экосистемы IBM PC и вытеснению множества уникальных решений. Немало таких устаревших систем остаются в эксплуатации и нуждаются в обслуживании, а, следовательно, в комплектующих. Особенно уязвимы устройства ввода. Автором разработан преобразователь протоколов, позволяющий использовать широко распространенные клавиатуры стандартов PS/2 и AT с семейством компьютеров PC-98, которые до конца прошлого столетия занимали значительную долю рынка и продолжают эксплуатироваться там, где их поддержка целесообразнее создания нового программного обеспечения для современных платформ [1].

Аппаратная реализация. Основой преобразователя является микроконтроллер (МК) семейства AVR, при этом может применяться практически любая интегральная схема (ИС) семейства из числа оснащенных аппаратным последовательным интерфейсом. Благодаря встроенным в ИС подтягивающим резисторам принципиальная схема устройства состоит лишь из обязательной для работы МК обвязки [2]. Следовательно, для прототипирования и мелкосерийного производства применимы готовые миниатюрные отладочные платы. Автором использовались платы на основе ИС ATmega32U4 и ATmega328, к контактным площадкам которых были напрямую подсоединены разъемы Mini-DIN целевых интерфейсов.

Программная реализация. Двухсторонняя работа с интерфейсом подключенной клавиатуры стандарта AT или PS/2 [3] основана на прерываниях, вызываемых падающим фронтом тактирующего сигнала, формируемого клавиатурой при нажатии клавиши или после запроса преобразователем принять управляющие данные. Процесс преобразования кода клавиши и его последующей передачи по интерфейсу PC-98 [4] начинается при выполнении в бесконечном цикле условия готовности данных, которое задает очередное прерывание.

Для уменьшения задержки ввода, вносимой устройством из-за необходимости обработки последовательных данных, во всех режимах работы игнорируются бит четности и стоп-бит. Также предусмотрены специальные режимы, в которых преобразование начинается после приема неполного числа бит данных, достаточных для точного определения ограниченного набора клавиш. Это дает возможность значительно уменьшить задержку ввода: до 380 мкс в случае приема трех бит по сравнению с 640 мкс, требуемых для приема всех восьми бит. Осциллограмма обработки данных за три бита приведена на рис. 1. Быстрые режимы позволяют добиться повышенной отзывчивости при необходимости контроля клавиатурой процессов в реальном времени.

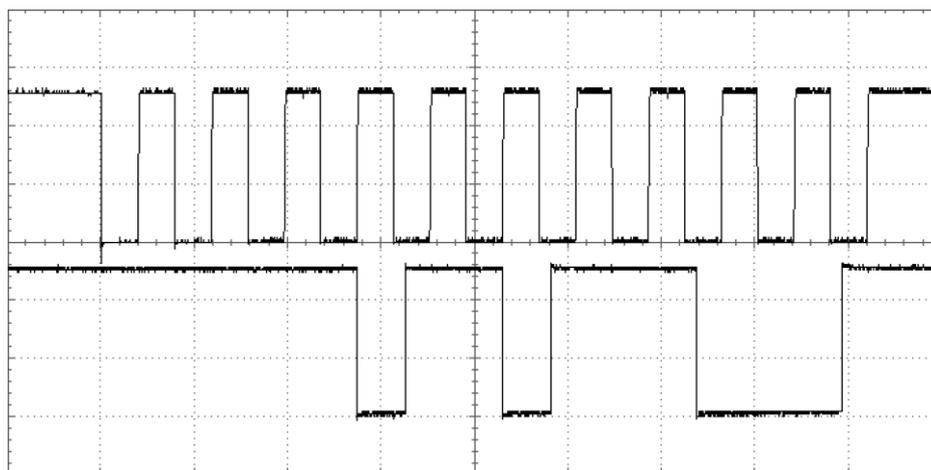


Рис. 1. Осциллограмма работы преобразователя в быстром режиме; начало обработки после третьего принятого бита, масштаб по горизонтали – 100 мкс/дел: верхний сигнал – входное тактирование, формируемое клавиатурой; нижний сигнал – выходной поток последовательных данных

Литература

1. Kitabayashi, Shin'ya Meiki PC-98 Imada Gen'eki : [Zaiko 1000-dai Senmon-ten Ni Semaru] / Shin'ya Kitabayashi // Asahi Shimbun Digital. – 2020. – 14 Jul. – Mode of access: <https://www.asahi.com/articles/ASN7F5K3SN7DUEHF118.html>. – Date of access: 23.02.2023.
2. ATmega328P 8-bit AVR Microcontroller with 32K Bytes In-System Programmable Flash : Datasheet. – Atmel Corporation, 2015. – 294 p.
3. IBM Personal System/2 Hardware Interface Technical Reference – Common Interfaces: Technical reference. – IBM Corporation, 1990. – Keyboards (101- and 102-Key). – 54 p.
4. Kaichōban PC-9800 Shirīzu Tekunikarudētābukku Hardware-Hen: Technical data book. – NEC Corporation, 1993. – P. 139–155, 343–346.

УДК 681

РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

Студент гр. 11312119 Жуковский В. А.

Ст. преподаватель Куклицкая А. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В производстве многие сварные изделия подвергаются контролю, перед тем как вступить в эксплуатацию. Это обосновано тем, что в них могут присутствовать различного рода дефекты. Далеко не все из них можно выявить невооруженным глазом.

Радиационный контроль сварных соединений является отличным способом получить наиболее точную информацию об имеющихся дефектах.

Целью научно исследовательской работы была разработка алгоритма радиационного контроля металлоконструкций промышленных объектов.

Алгоритм контроля составлен согласно СТБ 1428-2003 [1].

Проведение радиационного контроля включает в себя следующие технологические операции: Зачистка поверхности, разметка соединения, просвечивание сварного соединения, просмотр и расшифровка результатов.

В качестве источника ионизирующего излучения используется рентгеновский аппарат, в качестве детектора используется рентгеновская пленка. Преимущественно пленка Agfa [2].

Неразрушающий контроль сварных соединений трубопроводов и металлоконструкций проводится при помощи разработанного алгоритма контроля.

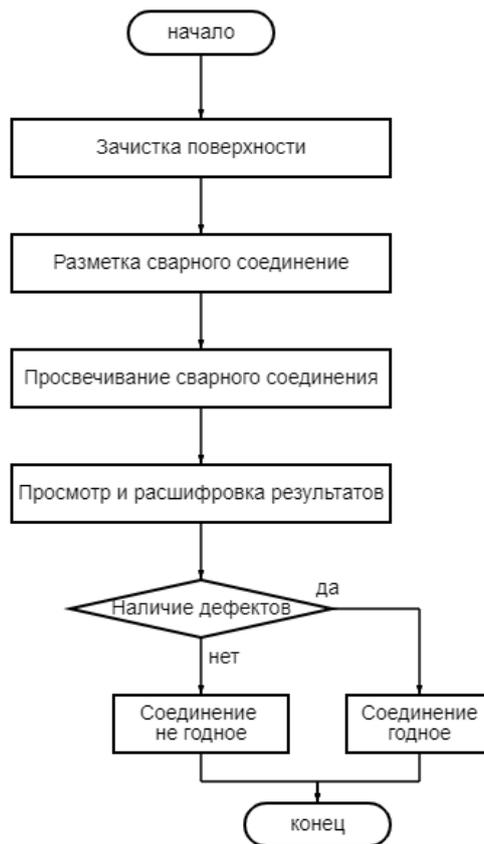


Рис. 1. Алгоритм радиационного контроля

Приведенный выше алгоритм позволяет обнаружить следующие критические дефекты: трещины, наплывы, подрезы, кратеры, непровары, пористость, посторонние включения, прожоги.

Литература

1. СТБ 1428-2003 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293729/4293729352.pdf>. – Дата доступа: 07.03.2023.
2. Рентгеновская пленка Agfa D8 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ncontrol.ru/catalog/rentgenovskiy_kontrol/rentgenovskaya_plenka/rentgenovskaya_plenka_agfa_d8. – Дата доступа: 07.03.2023.

УДК 551.508

БЛОК РЕГИСТРАЦИИ ДАННЫХ БЕСПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Студент гр. 041291 Зательмаер В. В.¹

Кандидат техн. наук, доцент Здоровцев С. В.²

¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,

²ОАО «МНИПИ», Минск, Беларусь

Мониторинг окружающей среды является частью экологического контроля за состоянием и уровнем загрязнения природы, который выполняется с использованием систем различного уровня. В состав системы мониторинга окружающей среды (СМОС) входит целый ряд аппаратно-программных средств параметрического контроля, в том числе за состоянием атмосферы [1, 2].

На рис. 1 представлено информационное окно центрального ПК СМОС, отображающее динамику изменения параметров окружающей среды (атмосферного давления, освещенности, температуры, относительной влажности, скорости ветра), измеренных с помощью разработанного блока регистрации данных (БРД) для беспроводной СМОС.

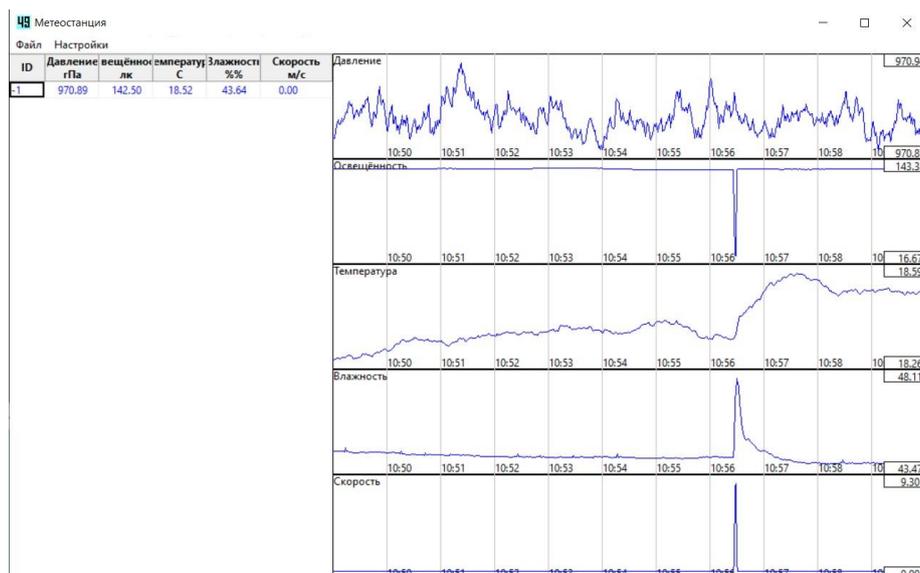


Рис. 1. Информационное окно центрального ПК СМОС

В состав БРД входят: цифровой датчики температуры, относительной влажности, атмосферного давления на базе микросхемы BMP280; цифровой датчик освещенности на базе модуля DH1750, чувствительного к видимому свету; цифровой термоанемометр на базе микроконтроллера Atmega с использованием двух тензометрических сенсорных элементов. Для обработки измерительной информации использован микроконтроллер STM32F407VGT6TR с архитектурой Cortex M4, тактовой частотой 168 МГц, объемом флеш-памяти 1 МБ. Обмен данными между БРД и удаленным ПК осуществляется по протоколу беспроводной радиосвязи. С этой целью в БРД применен радиомодуль HC-12 с рабочим диапазоном частот 433,4–473,0 МГц. Электропитание БРД – от встроенного аккумулятора Li-Po, 3,7 В, 1100 мАч.

Разработанный БРД может быть использован при создании беспроводных СМОС для контроля за состоянием окружающей среды и объектов в реальном времени с возможностью архивирования полученных данных для последующего анализа протекающих процессов.

Литература

1. Мониторинг окружающей среды [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://oblasti-ekologii.ru/ecology/ekologiceskij-risk-kontrol-i-monito>.
2. Системы мониторинга окружающей среды. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://labdepot.ru/oborudovanie/kontrol-parametrov-okruzhayushch>.

УДК 621

ТАЙМЕР ДЛЯ РАБОТЫ С ВЫСОКОЙ НАГРУЗКОЙ И НЕЗАВИСИМОЙ УСТАНОВКОЙ ВРЕМЕНИ РАБОТЫ И ПАУЗЫ

Студент гр. 31303119 Захаров А. А.

Ст. преподаватель Ломтев А. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Таймер – это прибор производственно-технического или бытового назначения, целью которого является запуск определенного события по истечению заданного промежутка времени. В отличие от часов таймер не показывает текущее время, а работает лишь с временным отрезком. С другой стороны, секундомер также работает с отрезками времени, но таймер ведет не прямой, а обратный отсчет – от заданной величины до нуля. Простейшим бытовым таймером можно считать часы с будильником.

Применение таймеров в быту сейчас стало достаточно распространенным. Поэтому такое устройство можно просто купить в магазине электротоваров. Чаще всего это многоканальные

таймеры, позволяющие программировать включение – выключение нагрузки в определенное время суток и даже с учетом дня недели.

Но иногда требуется таймер, работающий просто по алгоритму «работа–пауза». Включать его можно просто вручную, а вот время работы и паузы регулировать независимо друг от друга.

На сегодняшний день таймеры имеют большое применение, так как с их помощью можно управлять освещением подъездов жилых домов, работой электроприборов в различное время суток в условиях многотарифного учета электроэнергии.

Таймер представляет собой устройство, которое используется для обратного отсчета времени в секундах от момента запуска. Он, как правило, снабжен шкалой времени, циферблатом или потенциометром, применение которых позволяет выставлять определенное время, через которое подается необходимый сигнал или производится включение или отключение какого-то прибора.

Таймеры сейчас широко применяются как на производстве, так и в быту:

- для включения и отключения уличного освещения и освещения в жилых домах, освещения рекламных объектов, витрин магазинов;
- для включения и отключения подачи воздуха в аквариумах и подачи воды для полива растений, орошения полей;
- для включения звонков в учебных заведениях о начале и конце учебных занятий, на предприятиях – о начале и конце рабочего дня и перерыве на обед;
- для включения и отключения нагревательных приборов;
- для включения и отключения бытовых приборов в отсутствие жильцов в квартире или загородном доме в период их отпуска для введения в заблуждение воров и не чистых на руку людей;
- для управления устройствами «умного» дома;
- для включения и отключения производственных станков в начале рабочей смены и в конце рабочей смены;
- для включения и отключения электроприборов в разное время суток в квартирах с многотарифным учетом электроэнергии.

Таймеры бывают как одноктактные, так и многотактные. Одноктактные таймеры используются для получения импульсов с длительностью от 1 мкс до минут и больше. Многотактные таймеры представляют собой совокупность одноктактного таймера и счетчика, они применяются для получения временных интервалов длительностью в несколько десятков часов.

Целью данной работы явилась разработка таймера для работы с высокой нагрузкой и независимой установкой времени работы и паузы. Разработаны алгоритм работы устройства, схемы электрические структурная и принципиальная. Произведен выбор элементной базы, расчет номинальных значений выбранных элементов. Разработан корпус изделия, выполнен сборочный чертеж. Оценена надежность изделия, проведено технико-экономическое обоснование его производства.

Технические характеристики устройства: максимальная коммутируемая нагрузка – 2 кВт, диапазон задания режима «Работа» от 1 мин до 9 часов, диапазон задания режима «Пауза» от 1 мин до 9 часов, технический ресурс не менее 14000 часов, габаритные размеры – 180×110×100 мм, рабочее значение температуры от 0 до +40 °С.

УДК 531.383

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ В ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ОРИЕНТАЦИИ

Ассистент, мл. научный сотрудник Каликанов А. В.
Тульский государственный университет, Тула, Россия

В настоящее время наиболее востребованными являются бесплотформенные информационно-измерительные системы ориентации (ИИСО) для различных подвижных объектов (ПО). Такие системы строятся на гироскопических датчиках, принцип которых основан на различных физических свойствах. При этом ИИСО построенные на базе гироскопических датчиков, как правило, измеряют относительное положение в пространстве, а для нахождения абсолютного положения необходимо привлечение показаний акселерометрических датчиков, которые используя показания вектора силы тяжести g относительно земной системы координат. При этом затруднительно использование акселерометрических датчиков на ПО ввиду их чувствительности к динамике объекта. В связи с этим

актуальна задача использования магнитометрических датчиков в ИИСО для ПО в виду отсутствия чувствительности к динамике подвижного объекта.

Магнитометрический датчик представляет собой устройство для измерения интенсивности одной или нескольких составляющих магнитного поля они могут быть реализованы на различных физических принципах измерения магнитного поля, но наиболее востребованными являются магниторезистивные датчики в виде интегральных микросхем. Данные датчики отличаются высокой чувствительностью и позволяют измерять самые малые изменения магнитного поля. Сегодня рынок предоставляет широкий выбор одно-, двух- и трехосевых электронных ММД. Принцип работы которых основан на изменении направления намагниченности M внутренних доменов слоя пермаллоя ($NiFe$) под воздействием внешнего магнитного поля рис. 1 [1].

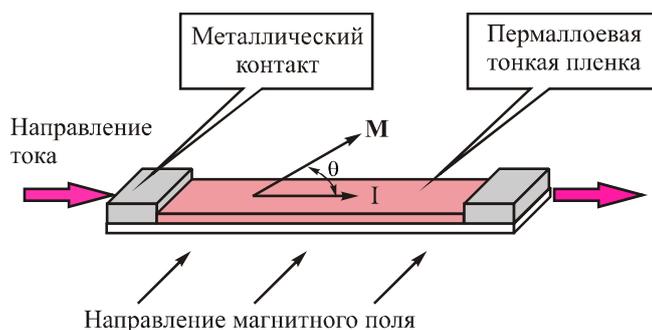


Рис. 1. Принцип построения магниторезистивного магнитометра

В зависимости от угла θ между направлением тока I и вектором намагниченности M изменяется сопротивление пермаллоевой пленки. Под углом 90° оно минимально, угол 0° соответствует максимальному значению сопротивления. Наиболее известными датчиков на основе тонкопленочных магниторезисторов являются такие фирмы, как «*Phillips*» (одно- и двухосевые датчики *KMZ51*, *KMZ52*), «*SpaceElectronics*» (датчик *MMS101*), «*Honeywell*» (датчики серии *HMC*). Однако наибольшее распространение нашли датчики фирмы «*Honeywell*» ввиду своей малой стоимости, высокой надежности, малой массы и габаритов.

Цель данной работы. В данной работе проведено исследование по применению ММД в ИИСО реализованной на базе волнового твердотельного гироскопа для обеспечения процедуры начальной выставки.

Результаты работы. Показано, что использование ММД в ИИСО на базе ВТГ позволяет обеспечить процедуру начальной выставки, но основная проблема использования ММД заключается в необходимости выполнения процедуры калибровки данных датчиков.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания FEWG-2022-0002.

Литература

1. Малютин, Д. М. Системы для определения параметров ориентации подвижного объекта по показаниям магнитных датчиков / Д. М. Малютин, М. Г. Погорелов, А. П. Шведов. – Датчики и системы. – 2009. – № 5. – С. 51–55.

УДК 531.381

МАГНИТОМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОРИЕНТАЦИИ

Ассистент, мл. научный сотрудник Каликанов А. В.
Кандидат техн. наук, заведующий лабораторией Погорелов М. Г.
Тульский государственный университет, Тула, Россия

Современный смартфон, в зависимости от ценовой комплектации модели, может включать самые разнообразные датчики: акселерометрами, гироскопами, магнитометрами, баровысотометром и др.

Магнитометр (Magnetic Field Sensor), как и привычный магнитный компас, отслеживает ориентацию устройства в пространстве относительно магнитного поля Земли (МПЗ). На базе

магнитометров может быть реализована магнитометрическая система ориентации. Если смартфон/планшет установлен на поверхности близкой к горизонтальной, то по сигналам магнитометров H_X и H_Y может быть однозначно определен азимут, т. е. угол между его осью Y и направлением на магнитный север. Азимут изменяется от 0 до 360° и отсчитывается от направления на магнитный север по часовой стрелке. Знаки сигналов магнитометров H_X и H_Y могут служить информацией о том, в каком квадранте находится ось продольная Y смартфона/планшета. Азимут смартфона может быть вычислен по следующей формуле [1]:

$$A = \begin{cases} -\frac{180}{\pi} \arctg\left(\frac{H_X}{H_Y}\right), & \text{если } H_X < 0, H_Y > 0, \\ 360 - \frac{180}{\pi} \arctg\left(\frac{H_X}{H_Y}\right), & \text{если } H_X > 0, H_Y > 0, \\ 180 - \frac{180}{\pi} \arctg\left(\frac{H_X}{H_Y}\right), & \text{если } H_Y < 0, \\ 90, & \text{если } H_X < 0, H_Y = 0, \\ 270, & \text{если } H_X > 0, H_Y = 0. \end{cases}$$

Для подтверждения работоспособности проводился эксперимент на планшетном компьютере. Результаты эксперимента приведены на рис. 1.

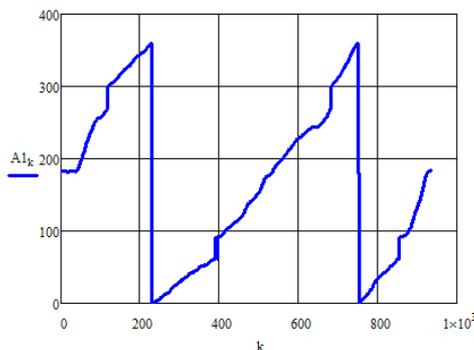


Рис. 1. Вычисление азимута по магнитометрам планшетного компьютера

Точность вычисления азимута составила несколько градусов, что приемлемо для использования в качестве пешеходного навигатора.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания FEWG-2022-0002.

Литература

1. Матвеев, В. В. Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации на МЭМС-датчиках / В. В. Матвеев, В. Я. Распопов. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. – 225 с.

УДК 531.383

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ОРИЕНТАЦИИ НА БАЗЕ ВОЛНОВОГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ГИРОСКОПА

Ассистент, мл. научный сотрудник Каликанов А. В.
Кандидат техн. наук, заведующий лабораторией Погорелов М. Г.
Тульский государственный университет, Тула, Россия

Информационно-измерительная система ориентации (ИИСО) бесплатформенного типа (определения углов курса, тангажа и крена) построенные на различных гироскопических датчиках, являются интеллектуальным ядром подвижных объектов (ПО).

Основные проблемы построения ИИСО для различных ПО заключаются в следующем.

Построение ИИСО на базе волоконно-оптических и лазерных гироскопов целесообразно только для подвижных объектов с длительным временем полета, так как в таких системах нет жестких ограничений по массогабаритным параметрам, но ключевым параметром является высокая точность. Применение же данных гироскопов для подвижных объектов малых габаритов и малого времени полета экономически не выгодно, так как их технология достаточно сложная и дорогостоящая. Построение ИИСО на базе MEMS-датчиков целесообразно для подвижных объектов с ограниченным временем полета, это связано с тем, что при потере сигналов от спутниковой навигационной системы (СНС) работоспособность данной системы будет определяться несколькими минутами. Причиной подобной ситуации является низкая точность первичных измерителей (дрейф большинства микро-механических гироскопов (ММГ) составляет порядка нескольких десятков градусов в час). Интегрирование угловых скоростей, выдаваемых гироскопами, приводит к нарастающей погрешности определяемых параметров ориентации. Коррекция параметров ориентации в этом случае осуществляется путем комплексирования системы ориентации на базе датчиков угловой скорости (ДУС) с акселерометрами, магнитометрами, пирометрами и т. д. Такой способ коррекции позволяет уменьшать либо систематическую, либо случайную составляющую погрешностей, но при этом остается существенная зависимость точности вырабатываемых параметров от динамики ПО. Построение ИИСО на базе механических трехстопных гироскопах заключается в наличие большого количества подвижных частей, что вносит дополнительные погрешности в работу системы. На сегодняшний день механические гироскопы достигли предела по точности, дальнейшее улучшение требует существенного удорожания технологии изготовления. Таким образом, существует некий разрыв между дорогостоящими высокоточными ИИСО и дешевыми низкоточными, что требует создание ИИСО среднего класса точности. Одним из наиболее перспективных приборов для построения ИИСО среднего класса точности – по размеру конструкции, себестоимости производства, отсутствия подвижных частей, являются волновые твердотельные гироскопы (ВТГ) с низкодобротным объемным резонатором из металла [1]. Простота и надежность ВТГ определяют его низкую себестоимость и относительно небольшие затраты ресурсов на осуществление и поддержку производства.

Цель работы. В данной работе проведено исследование по построению ИИСО на базе ВТГ с низкодобротным объемным резонатором из металла работающим, как в режиме датчика угловой скорости (ДУС) так и в режиме датчика угла (интегрирующего гироскопа).

Результаты работы. Показано, что при использовании ВТГ в режиме ДУС возможно реализовать ИИС ориентации неограниченного времени работы в отличие от ИИС ориентации на базе ВТГ в режиме датчика угла. Приведены результаты математического моделирования и экспериментальные исследования работы ИИС ориентации на базе ВТГ с низкодобротным объемным резонатором из металла.

Благодарности. Работа выполнена в рамках гранта ректора Тульского государственного университета для поддержки молодых ученых ПУ/23/ГРР от 01.03.2023.

Литература

1. Волновой твердотельный гироскоп с металлическим резонатором / В.Я. Распопов [и др.] / под ред. В. Я. Распопова. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2018. – 189 с.

УДК 681

ФИЗИЧЕСКИЙ МАЯТНИК ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ДИНАМИКИ КАЧАНИЙ ОТ НАГРУЗКИ

Магистрант Касьмин В. Ю.

Кандидат техн. наук, доцент Ризноокая Н. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Маятниковый метод измерения трения качения является одним из наиболее чувствительных методов исследования поверхности материалов. Применение этого метода для исследования физико-механических параметров поверхности материалов в области предварительных смещений сдерживается отсутствием методов и средств, позволяющих разделить механизмы трения качения, связанные с упругим гистерезисом материала (нагрузка).

Для проведения исследований в данной области разработана конструкция физического маятника с опорой на один шарик (рис. 1), отличительной особенностью которой является возможность изменения массы при сохранении геометрических характеристик.

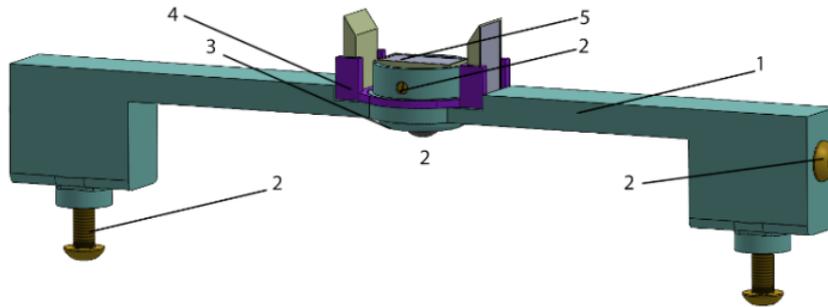
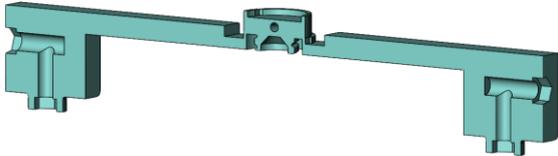
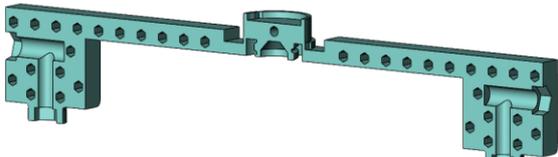
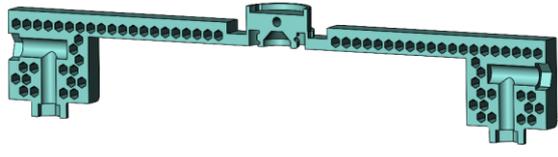


Рис. 1. Внешний вид маятника: 1 – основание; 2 – регулировочный винт; 3 – фиксатор шарика; 4 – держатель калибровочных зеркал; 5 – измерительное зеркало

Изменение массы конструкции без изменения геометрических характеристик достигнуто за счет вида производства маятника и конструкции основания, выполненного из PLA пластика при помощи 3D печати. В конструкцию заложен массив шестигранных полостей, не выходящих за контур т. к. это нарушит его геометрические характеристики и уменьшит прочность. Выбраны полости шестигранной формы, так как это позволило исключить их заполнение при печати и упростило регулировку массы – изменением количества полостей. Виды с соответствующим заполнением представлены в табл. 1.

Таблица 1

Изображение конфигурации основания в разрезе	Основные характеристики
	Массовые характеристики: Основание Конфигурация: 100 % массы Масса: 49,98 граммов Момент трения качения при $\alpha = 138$ угл. с: 43,6 нН·м Коэффициент сопротивления качению $f_{ск}: 3,5 \cdot 10^{-6}$
	Массовые характеристики: Основание Конфигурация: 81 % массы Масса: 40,5 граммов Момент трения качения при $\alpha = 138$ угл. с: 49,3 нН·м Коэффициент сопротивления качению $f_{ск}: 4,9 \cdot 10^{-6}$
	Массовые характеристики: Основание Конфигурация: 77 % массы Масса: 38,55 граммов Момент трения качения при $\alpha = 138$ угл. с: 53,9 нН·м Коэффициент сопротивления качению $f_{ск}: 5,5 \cdot 10^{-6}$

Коэффициент трения качения и момент трения уменьшаются с ростом массы маятника, что свидетельствует о зависимости параметров трения от массы маятника.

Литература

1. Gilavdary, I. Phenomenological Laws of Single Point Contact: Pre-Rolling Contact Resistance through Pendulum / I. Gilavdary, S. Mekid, N. Riznookaya // Lubricants. – 2023. – Vol. 11, № 2. – P. 88.

УПРАВЛЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ФОТОПРИЕМНИКОВ НА ОСНОВЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВ С МНОГОЗАРЯДНОЙ ПРИМЕСЬЮ

Студент гр. 11301122 Климанский Е. М., аспирант Борисёнок С. В.

Кандидат техн. наук, доцент Свистун А. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Фотоприемники на основе полупроводника с низкой концентрацией глубокой примеси [1, 2], формирующей в запрещенной зоне несколько энергетических уровней для разных зарядовых состояний характеризуются расширенными диапазонами преобразовательных характеристик за счет формирования нескольких поддиапазонов чувствительности при использовании различных зарядовых состояний примеси [2]. Для разных зарядовых состояний с различающимися временами жизни носителей заряда (рис. 1, *a*) обычно реализуется 2–3 поддиапазона преобразования на энергетической и спектральной характеристиках (рис. 1, *б*). Переключение между поддиапазонами происходит как под действием изменения интенсивности излучения измерительного сигнала относительно некоторых пороговых значений, так и под действием дополнительного управляющего излучения, либо при инжекции носителей заряда в активную область через дополнительный управляющий электрод [1]. Однако переключение происходит скачком и между фиксированными значениями коэффициентов преобразования (рис. 1, *б*), которые задаются при изготовлении фотоприемника изменением типа полупроводника и многозарядной примеси, ее концентрацией, конструктивными особенностями сенсорной структуры [1, 2]. Использование ШИМ управляющего сигнала для управления заселенностью энергетических уровней, соответствующих разным зарядовым состояниям, приводит к тому, что фотоприемник часть периода ШИМ находится в измерительном состоянии для $J < P_L$, другую часть периода – в измерительном состоянии для $J > P_H$. Это приводит к тому, что за время измерительного цикла, имеющего длительность более периода ШИМ, может быть сформирована любая из 2^N характеристика преобразования, где N – разрядность таймера ШИМ. На сенсорную структуру сигнал ШИМ подается либо через инжектирующий переход, либо с использованием дополнительного освещения активной области фотоприемника.

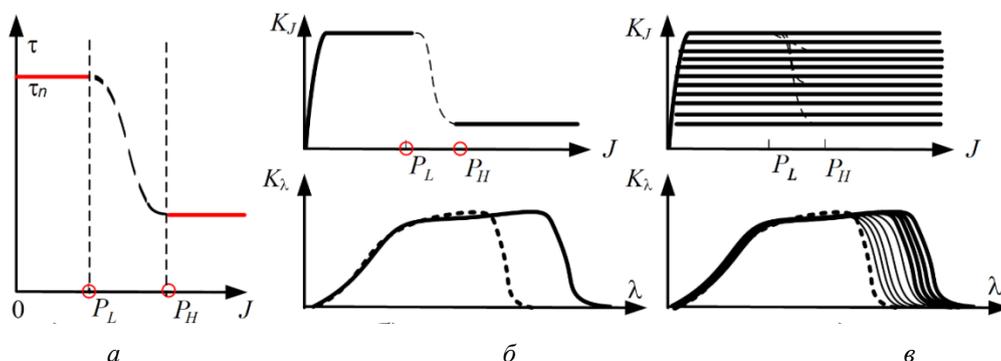


Рис. 1. Формирование преобразовательных характеристик фотоприемника с глубокой примесью

Таким образом, использование управляющего ШИМ сигнала позволяет плавно изменять преобразовательные характеристики фотоприемников на основе полупроводников с многозарядной примесью, при условии превышения длительности измерительного цикла периода ШИМ.

Литература

1. Series of Photovoltaic Converters Based on Semiconductors with Intrinsic Photoconductivity / R. I. Vorobey [et al.] // *Devices and Methods of Measurements*. – 2021. – Vol. 12, no. 2. – P. 108–116.
2. Фотоприемники на основе собственных полупроводников для построения измерительных преобразователей / Р. И. Воробей [и др.] // *Метрология и приборостроение*. – 2017. – № 2. – С. 32–40.

УДК 621

ИЗМЕРЕНИЕ ТРАЕКТОРИИ ВЕСЛА

Студент гр. 11904120 Книга Н. А.

Ст. преподаватель Ломтев А. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Спорт (в любом виде) – это соревнование. Для достижения высоких достижений в наше время недостаточно интуитивно тренироваться, необходимо контролировать и учитывать параметры, влияющие на эффективность и результат спортсмена. Чтобы создать ускорения лодки вперед, гребец должен преодолеть сопротивление воды. Траектория весла – один из важнейших параметров в гребных видах спорта, по которому можно судить о технической подготовленности спортсмена.

В данной работе рассматривается устройство для измерения траектории весла, которое позволяет повысить эффективность тренировочного процесса и в конечном итоге добиться более высоких спортивных результатов.

Принцип работы данного устройства заключается в измерении линейных ускорений и угловых скоростей весла для определения его положения в пространстве и относительного перемещения.

Для нахождения необходимых параметров используется инерциальный измерительный блок, который включает 3-х осевой акселерометр и гироскоп.

Данный метод используется в авиации и ракетостроении. Это обусловлено их потенциальными преимуществами: малыми габаритами, массой и потреблением энергии, отсутствием ограничений на угловые маневры, возможностью одновременной работы в нескольких базисах, удобство контроля и резервирования и т. п.

При работе по отдельности данные датчики имеют большую погрешность из-за конструктивных особенностей. Любое воздействие внешних сил будет нарушать нормальную работу акселерометра.

К недостаткам гироскопа надо отнести наличие дрейфа нуля, что может привести к неправильным вычислениям конечного результата измерений.

Для получения точных результатов необходимо использовать различные кинематические параметры: Эйлера-Крылова, направляющих косинусов, параметры Родрига-Гамильтона, параметров Кэли-Клейна, компонент вектора Эйлера и других [1].

В ходе выполненной работы была разработана функциональная схема устройства измерения траектории весла, проанализирован принцип работы устройства, а также погрешности, возникающие при измерениях с помощью рассматриваемого устройства.

В функциональную схему устройства входит чип MPU – 6050, который является инерциальным измерительным блоком. Особенностью данного чипа является наличие цифрового процессора движений (DMP), мощности которого достаточно для сложных вычислительных процессов, что дает возможность снизить нагрузку на управляющий микроконтроллер.

Литература

1. Бранец, В. Н. Введение в теорию бесплатформенных инерциальных навигационных систем / В. Н. Бранец, И. П. Шмыглевский. – М: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1992. – 280 с.

УДК 621

МАЛОШУМЯЩИЙ УСИЛИТЕЛЬ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ

Студент гр. 31303119 Ковалёв Д. С.

Ст. преподаватель Ломтев А. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Усилители используются для повышения уровня выходного сигнала. Как следует из названия, усилитель усиливает проходящий через него сигнал. Это означает, что, когда сигнал определенного уровня попадает в усилитель, начальный уровень сигнала становится фиксированным числом на выходе усилителя, и это число определяется самим усилителем, что является его основной характеристикой.

Усилители используются практически везде, от телефонов до спутников и сложных радаров. Усилители используются не только в схемах и оборудовании передающих, но и в принимающих, например, для усиления маломощных входных сигналов. Из-за очень широкого спектра применения требования к характеристикам усилителей сильно различаются: антенны мобильных телефонов требуют высокого коэффициента усиления и широкой полосы пропускания, а радиотелескопы, помимо коэффициента усиления и широкой полосы пропускания, требуют от усилителей низкого уровня собственных шумов. Не бывает универсальных усилителей, для каждой конкретной задачи нужен усилитель со своим набором характеристик, оптимально подходящих для решения данной проблемы.

Малозумящий усилитель применяется для уменьшения шума и повышения чувствительности. Усиление происходит с помощью активных элементов за счет потребления энергии от источника питания. Активными элементами в усилителях чаще всего являются транзисторы; такие усилители принято называть полупроводниковыми, или транзисторными.

Усилитель обычно состоит из нескольких усилительных каскадов. Входной каскад необходим для согласования усилителя с устройством, которое является источником входного сигнала и, как усилитель напряжения, должен иметь большое входное сопротивление. Желательно, чтобы входной каскад имел также минимальный коэффициент шума. Выходной каскад многокаскадного усилителя чаще всего является усилителем мощности и призван работать на низкоомную нагрузку. Поэтому требуется, чтобы выходной каскад имел большую допустимую мощность, малое выходное сопротивление, высокий коэффициент полезного действия и малый коэффициент гармоник. Промежуточные каскады необходимы для обеспечения заданного усиления, т. е. основным их параметром является коэффициент усиления (по напряжению). Соединение каскадов между собой в многокаскадном усилителе может быть осуществлено различными способами. Один из широко распространенных способов для усилителей переменного тока или напряжения реализуется с помощью разделительных емкостей. Такой усилитель называется усилителем с емкостной связью. Для усилителей постоянного тока используется непосредственная (гальваническая) связь. Одними из основных параметров усилителя является коэффициент усиления. Различают три коэффициента усиления: по напряжению $K_u = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}}$, по току $K_i = \frac{I_{\text{вых}}}{I_{\text{вх}}}$ и по мощности $K_p = \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}}} = K_u \cdot K_i$ [1].

Малозумящий усилитель измерительных сигналов разработан на основе современной элементной базы и обладает по сравнению с аналогами лучшей защитой, компактными размерами печатной платы, вследствие чего имеет меньший вес и габаритные размеры.

Назначение изделия – усиление электрической мощности измерительных сигналов. Технические характеристики усилителя: питающее напряжение $220 \pm 10\%$ В с частотой 50 ± 3 Гц, потребляемая мощность не более 15 ВА, порог чувствительности не более 100 мкВ, уровень внутренних шумов не более 100 мкВ, входное сопротивление не менее 500 Ом, выходная мощность не менее 1 Вт.

Литература

1. Волович, Г. И. Схемотехника аналоговых и аналогово-цифровых электронных устройств / Г. И. Волович. – 4-е изд. – М.: ДМК, 2018. – 636 с.

УДК 620.179

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ РАЗЛИЧНЫХ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В НЕОДНОРОДНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ» ПО КУРСУ «МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ»

Студенты гр. 11312120 Коваленко Н. Д., Колядко Я. А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Шадурская Л. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Вещества, способные намагничиваться внешним магнитным полем называют магнетиками. Такой способностью в той или иной мере обладают все вещества в любом агрегатном состоянии.

Магнитные материалы широко применяются в различных областях техники. Основанием для такого применения являются знание магнитных характеристик используемых материалов, в том числе и магнитной восприимчивости.

Целью данной работы является разработки установки для исследования магнитной восприимчивости слабомagnetных твердых тел, а также порядка проведения таких исследований.

Для измерения магнитной восприимчивости χ в неоднородном магнитном поле использовался метод Гуи.

Схема установки для измерения магнитной восприимчивости методом Гуи приведена на рис. 1

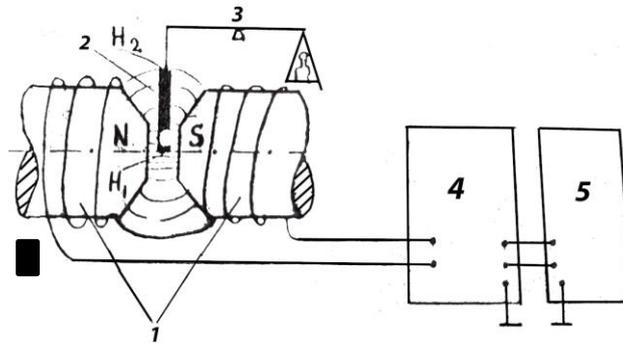


Рис. 1. Схема измерения магнитной восприимчивости методом Гуи: 1 – электромагнит; 2 – образец; 3 – весы аналитические демпферные; 4 – выпрямитель; 5 – стабилизатор напряжения

Магнитная восприимчивость образца χ (например, алюминия) вычислялась из формулы:

$$F = \frac{1}{2} \chi \mu_0 (H_1^2 - H_2^2) S, \quad (1)$$

где F – сила, действующая на цилиндрический образец с сечением S , помещенный в неоднородное магнитное поле электромагнита, H_1 – поле в центре зазора электромагнита, H_2 – поле, где расположен верхний конец образца, μ_0 – магнитная постоянная.

В работе также предложена таблица для записи результатов и контрольные вопросы.

УДК 681

ОСОБЕННОСТИ ОПТИЧЕСКОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Студенты гр. 11312121 Коваленко А. А., Драница М. Ю.

Ст. преподаватель Куклицкая А. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Оптический неразрушающий контроль получил в Республики Беларусь широкое распространение, в связи с большим количеством предприятий, производящих оптические устройства.

Оптический неразрушающий контроль (ОНК) основан на анализе взаимодействия оптического излучения (ОИ) с объектом контроля (ОК).

Оптический неразрушающий контроль применяется в строительстве, в металлургии, в химической промышленности, в стекольном производстве, в авиастроении, в лакокрасочной промышленности и т. д.

В Республике Беларусь ОНК применяется для контроля оптических устройств и систем (лазеры, дальномеры, прицелы и др.).

Цель работы: определить оптимальную методику контроля параметров оптических устройств и средства ее реализации.

Для ОНК используются специальные стенды. Проверка прибора или механизма на стенде позволяет оценить несколько параметров одновременно, которые влияют на объект. В реальных условиях такое тестирование провести практически невозможно.

Измерение и контроль параметров лазерных дальномеров на протяжении всего производственного процесса, а также во время и после этапа испытаний, является важной и необходимой

операций. Для этого был разработан многофункциональный измерительный стенд для контроля параметров лазерных дальномеров, внешний вид которого приведен на рис. 1.

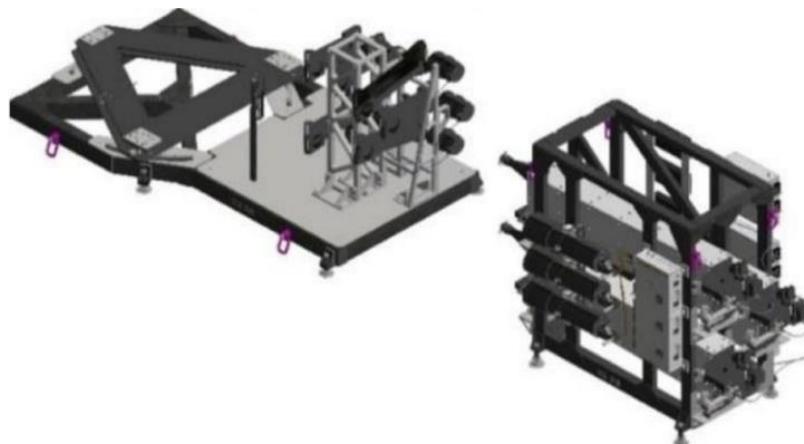


Рис. 1. Внешний вид измерительного стенда [1]

Стенд включает следующие основные узлы: оптико-механический блок, блок питания и согласования, персональный компьютер, источник питания лазерного излучателя, оптическая система формирования лазерного пучка, фильтр световой, светорассеивающее окно, ослабитель, волоконно-оптический жгут, устройство стартового импульса, устройство согласования, диафрагма.

К контролируемым параметрам относятся: расходимость лазерного излучения (± 2 мкрад), диапазон измеряемых дальностей (± 20 см), энергия импульса лазерного передатчика (± 5 мДж), длительность импульса (± 1 нс), параллельность осей приемного и передающего каналов дальномера ($1''$).

Применение данного измерительного стенда позволяет проводить оперативный контроль параметров во время всего производственного процесса.

Литература

1. Многофункциональный измерительный стенд для контроля параметров лазерных дальномеров. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elmetro.ru/production/metrological-stands>.

УДК 681

СИСТЕМА РАСЧЕТА ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ ПО ВНК

Студенты гр. 11312120 Коваленко Н. Д., Колядко Я. А.

Ст. преподаватель Самарина А. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Временный научный коллектив (ВНК) является распространенной организационной формой, используемой при выполнении научно-исследовательских работ. ВНК создаются при ВУЗах, научных организациях.

Была поставлена задача о создании программы расчета заработной платы работникам ВНК с возможностью вывода расчетного листа. Программа создана на языке СИ. Системы расчета позволяют рассчитать заработную плату с учетом подоходного налога и профсоюзного взноса. Также при разработке программы учтены сведения об алиментах в зависимости от количества детей.

Главное окно программы представлено на рис. 1.

В программе реализованы функции вывода справки о доходах, в которой содержится информация о заработной плате за определенный (1 или несколько) выбранный квартал, а также расчетного листа (рис. 2), в котором содержится информация о заработной плате, подоходном налоге, профсоюзном взносе, алиментах работника за определенный выбранный месяц.

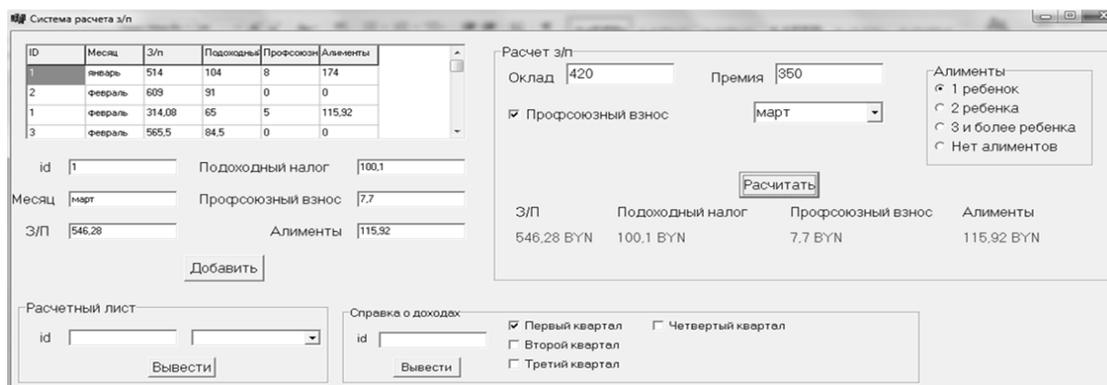


Рис. 1. Главное окно системы расчета заработной платы

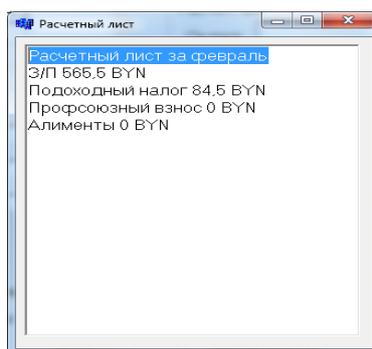


Рис. 2. Пример расчетного листа

Областью возможного практического применения данной программы по расчету заработной платы (с учетом взносов, алиментов, окладов и премий) могут быть небольшие организации (коммерческие, некоммерческие) и предприятия любой сферы деятельности.

Литература

1. Крыжановская, Ю. А. Использование среды С++Builder для работы с базами данных: учебно-методическое пособие для вузов / Ю. А. Крыжановская. – Воронеж: ВГУ, 2008. – 30 с.
2. Кетков, Ю. Л. Практика программирования: Visual Basic, С++Builder, Delphi / Ю. Л. Кетков, Ю. А. Кетков. – СПб: БХВ-Петербург, 2002. – 264 с.

УДК 681

РАДИОГРАФИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СТЫКОВЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Студент гр. 11312119 Колягин Е. В.

Ст. преподаватель Куклицкая А. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

К сварным изделиям предъявляют определенные требования, от выполнения которых зависит их качество и пригодность к эксплуатации. Это обуславливается тем, что в них могут присутствовать различного рода дефекты, которые зачастую невозможно выявить обычным визуальным контролем.

Радиографический контроль сварных соединений является отличным способом получить качественную характеристику шва и быстро найти дефекты на самом глубоком уровне соединения.

Целью научно-исследовательской работы была разработка алгоритма радиографического контроля стыковых сварных соединений.

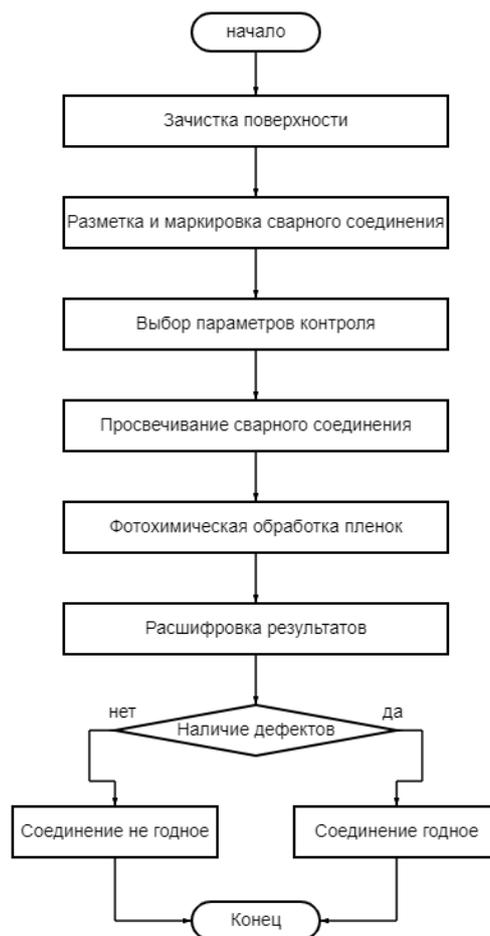


Рис. 1. Алгоритм радиографического контроля

Алгоритм контроля составлен согласно СТБ 2553-2004 [1].

Проведение радиографического контроля включает в себя следующие технологические операции: зачистка, разметка и маркировка, выбор схемы контроля, выбор параметров контроля, просвечивание, фотохимическая обработка пленок, расшифровка и оформление заключения.

В качестве источника ионизирующего излучения используется рентгеновский аппарат, в качестве детектора используется рентгеновская пленка. Преимущественно пленка Tasma [2].

Неразрушающий контроль стыковых сварных соединений проводится при помощи разработанного алгоритма контроля.

Приведенный выше алгоритм позволяет определить точное нахождение непроваров, шлаковых, вольфрамовых окисных включений, подрезов, газовых пор, оценить размер вогнутых или выпуклых деформаций корня стыка.

Литература

1. СТБ 2553-2004 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://himfaq.ru/books/gost/СТБ%20ИСО2553-2004%20Соединения%20сварные%20и%20паяные.pdf> – Дата доступа: 07.03.2023.
2. Рентгеновская пленка Tasma RT-7T-Pb [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://nd-testing.ru/products/radiograficheskie-tehnicheskie-plenki-tasma-rt-7t-pb-plenka-radiograficheskaya-tehnicheskaya-rulonnyaya/?roistat=direct4_search_13080350648_Все%20товары&roistat_referrer=none&roistat_pos=premium_1&_openstat=ZGlyZWN0LnIhbmRleC5ydTs4MDM5NDgzODsxMzA4MDM1MDY0ODt5YW5kZXguYnk6cHJlbW11bQ&yclid=17035827680590168063. – Дата доступа: 08.03.2023.

СИСТЕМА УЧЕТА ТРАФИКА ДОСТУПА К СЕТИ ИНТЕРНЕТ, РАЗРАБОТАННАЯ НА ЯЗЫКЕ СИ

Студенты гр. 11312120 Колядко Я.А., Коваленко Н.Д.

Ст. преподаватель Самарина А.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Мониторинг интернет-трафика осуществляется с помощью системы учета трафика. Система предназначена для контроля объема потребляемых данных за отчетный период.

Была разработана система учета трафика доступа к сети интернет на языке СИ, которая содержит сведения о используемом тарифном плане и предоставленном объеме трафика, имеющийся баланс и объем использованного трафика. Также в разработанной программе реализованы функции пополнения счета и снятие средств. Для мониторинга должников по оплате реализована функция вывода сведений о задолженностях. Данные о должниках выводятся в отдельный файл в формате txt.

При нажатии кнопки «Вывести должников» фокус ставится на первую строку базы данных, и происходит последовательная проверка баланса каждого счета. Если сумма на счете не превышает 0, в поле Метод выводиться информация о данном клиенте. При отсутствии таких счетов, выводиться соответствующее сообщение.

Главное окно программы и алгоритм выявления задолженностей приведены на рис. 1.

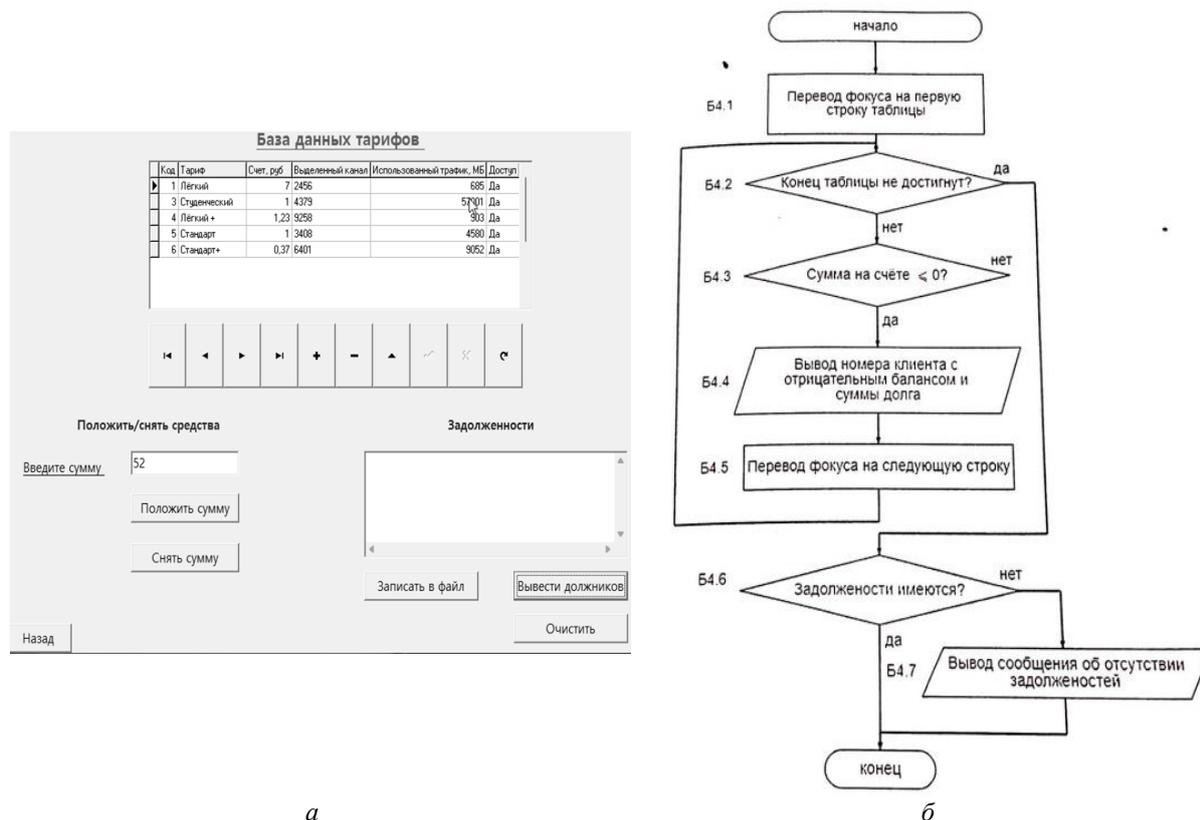


Рис. 1. Главное окно программы (а) и выявления задолженностей (б)

Разработанная программа подходит для использования в небольших организациях и работы с небольшими базами данных, например общежитии. Она отличается скромными требованиями к объему памяти, подходит для любого компьютера с установленной операционной системой Windows не ниже версии XP.

Программа системы учета трафика доступа к сети интернет может быть расширена дополнительными функциями и может служить основой для создания более сложного технического продукта.

Литература

1. Романчик, В. С. Программирование в C++ BUILDER: учебное пособие для студ. Механико-матем. фак. / В. С. Романчик, А. Е. Люлькин. – Минск: БГУ, 2007. – 126 с.
2. Хомоненко, А. Д. Работа с базами данных в C++ Builder / А. Д. Хомоненко. – СПб: БХВ-Петербург, 2006. – 496 с.
3. Программирование технических средств: лаб. практикум / В. Л. Бусько [и др.]; под общ. ред. В. Л. Бусько. – Минск: БГУИР, 2011. – 69 с.

УДК 681

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НЕСУЩИХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

Студенты гр. 11312120 Коваленко Н. Д., Колядко Я. А.

Ст. преподаватель Самарина А. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Несущие металлоконструкции – это отдельные элементы зданий и сооружений, а также их комбинации. Данные конструкции рассчитаны на воздействие высоких уровней нагрузки, в следствие чего должны быть обеспечены прочность, надежность и устойчивость готового сооружения.

На сегодняшний день вопросы, связанные с качеством изготовления стальных строительных конструкций, являются крайне актуальными и связаны с тем, что несущие металлоконструкции, например, строительные каркасные сооружения, мосты различных форм, являются объектами повышенной опасности [1].

Изготовление и монтаж стальных конструкций в основном выполняется при помощи сварных соединений. Поэтому контроль качества сварных соединений является наиболее ответственным мероприятием, т. к. от качества выполненного сварного соединения могут зависеть жизни людей. Основной задачей является контроль сплошности сварного шва, т. е. поиск внутренних дефектов, определение характеристик и сравнения их с нормами браковки [1].

Основным методом неразрушающего контроля, позволяющим выявлять внутренние дефекты сварных швов и околошовной зоны, является ультразвуковой.

На рис. 1 представлены ультразвуковой дефектоскоп УД4-ТМ и схема контроля объекта.

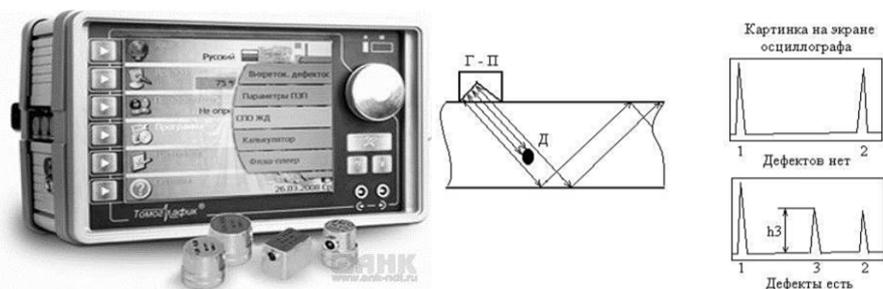


Рис. 1. Ультразвуковой дефектоскоп УД4-ТМ и схема контроля металлоконструкции

Методика проведения ультразвукового контроля металлоконструкций строится на [2]:

- 1) обнаружении дефекта с заданной вероятностью;
- 2) сопоставлении обнаруженных дефектов с допустимыми эквивалентными размерами искусственных отражателей;
- 3) воспроизводимости настройки чувствительности УЗ дефектоскопа и результатов контроля;
- 4) соблюдении требований безопасности при выполнении ультразвукового контроля.

Все технологические операции при проведении ультразвукового контроля можно разделить на четыре этапа:

- подготовительные мероприятия перед проведением контроля;
- настройка технического средства контроля;
- проведение контроля (измерения);
- оценка качества посредством анализа результатов измерений;
- оформление результатов контроля.

Литература

1. Наркевич, М. Ю. Методика определения эквивалентной площади точечного и протяженного внутренних дефектов сварных швов при ультразвуковом контроле качества стальных строительных конструкций заводского изготовления / М. Ю. Наркевич, К. Д. Обухов // Вестник науки и образования северо-запада России. – 2017. – Т. 3, № 1. – С. 101–106.
2. Сварка металлов. Термины и определения основных понятий: ГОСТ 2601-84. – Введ. 01.07.1985.

УДК 681

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПИТЬЕВОЙ И ОЧИЩЕННОЙ ВОДЫ

Студенты гр. 11312120 Колядко Я. А., Коваленко Н. Д.

Ст. преподаватель Самарина А. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Питьевая вода является одной из основных потребностей человека и используется на ежедневной основе в различных областях жизни и деятельности. Питьевая вода должна быть безопасна в эпидемиологическом отношении и безвредна по химическому составу. Поэтому контроль качества питьевой воды и выявление несоответствий установленным нормам является наиболее ответственным мероприятием.

Существуют различные способы и технические средства мониторинга качества воды и наиболее актуальным методом является фотометрический с использованием спектрофотометра.

Анализ на спектрофотометре позволяет измерить коэффициент пропускания и оптическую плотность воды, для определения растворенных компонентов в воде. Рассмотрим методику контроля качества питьевой воды фотометрическим методом с использованием спектрофотометра ПЭ-5300ВИ. На рис. 1 представлен спектрофотометр ПЭ-5300ВИ и алгоритм проведения контроля.

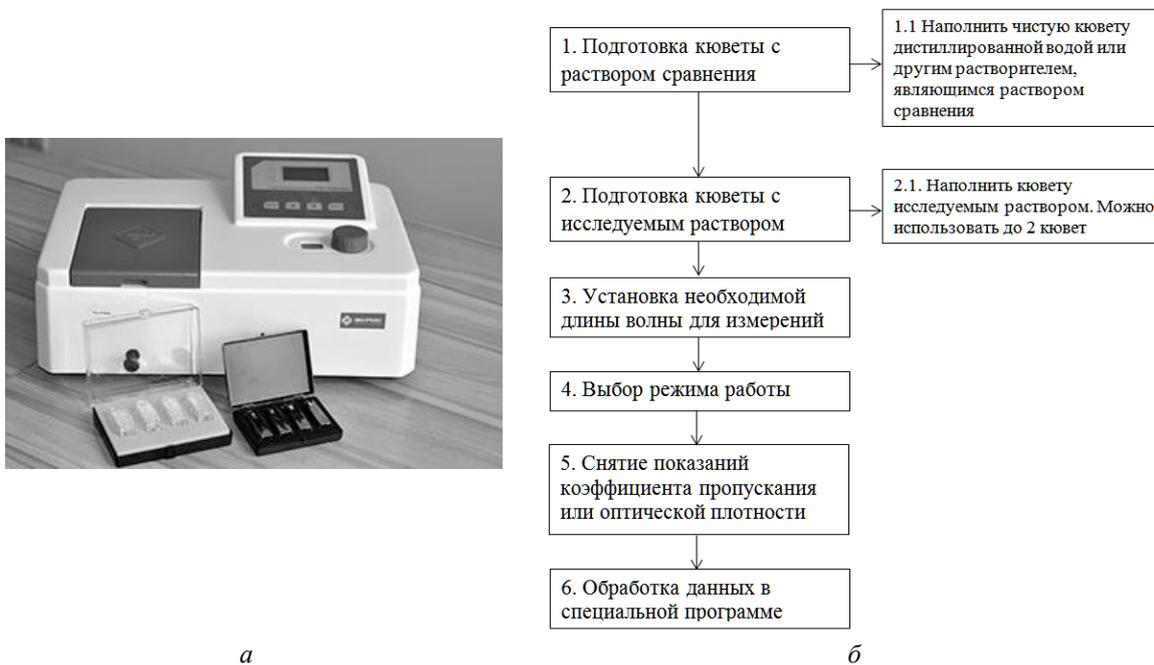


Рис. 1. Спектрофотометр ПЭ-5300ВИ (а) и алгоритм контроля (б)

Принцип действия фотометра основан на сравнении светового потока Φ_0 , прошедшего через раствор сравнения (контрольный раствор, по отношению к которому производится измерение) и светового потока Φ , прошедшего через исследуемую среду. Световые потоки Φ_0 и Φ преобразуются фотоприемником в электрические сигналы I_0 и I . Также измеряется I_T – сигнал от неосвещенного приемника. По величинам этих сигналов микропроцессором спектрофотометра рассчитывается и отображается на дисплее результат измерения в виде коэффициента пропускания, оптической плотности.

В зависимости от выбранного режима снимаются показания коэффициента пропускания или оптической плотности, которые можно наблюдать на цифровом индикаторе. Обработка данных происходит в специальной программе.

Литература

1. Грибанов, Д. Д. Контрольно-измерительные приборы и инструменты. Учебник для начального профессионального образования / Д. Д. Грибанов. – М.: Академия (Academia), 2013.
2. Спектрофотометр ПЭ-5300ВИ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tehno.com/product.phtml?uid=B00120046058CB>.

УДК 620.179

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНОЙ И ПОЛЕВОЙ ЗАВИСИМОСТИ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ФЕРРИТОВ» ПО КУРСУ «МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ»

Студенты гр. 11312120 Колядко Я. А., Коваленко Н. Д.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Шадурская Л. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Ферро-, антиферро- и ферримагнетики являются магнитоупорядоченными веществами. В пределах областей спонтанной намагниченности (доменов) результирующие атомные, магнитные моменты в ферромагнетиках устанавливаются параллельно друг другу, в антиферромагнетиках – антипараллельно и компенсируют друг друга, поскольку в магнитных подрешетках расположены разные магнитные атомы.

Целью работы явилось разработка лабораторного макета установки для измерения магнитной индукции ферритов, а также порядка проведения таких измерений.

На рис. 1 приведена принципиальная схема измерения магнитной индукции методом амперметра и вольтметра.

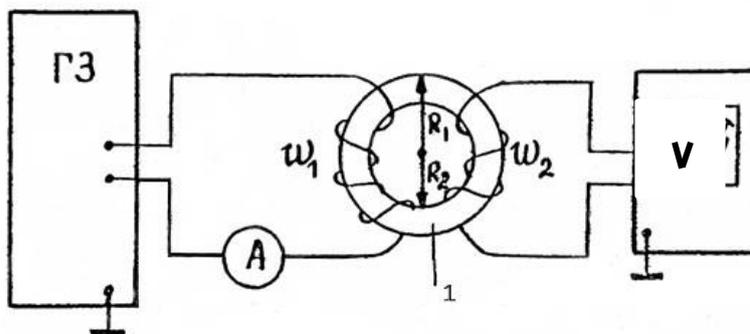


Рис. 1. Принципиальная схема измерения магнитной индукции методом амперметра и вольтметра:

I – исследуемый образец; ω_1 – намагничивающая обмотка; ω_2 – измерительная обмотка;

$\Gamma\text{З}$ – генератор переменного напряжения; V – вольтметр

Разработан порядок выполнения лабораторной работы предполагающей:

1. Измерение э.д.с. в измерительной обмотке от величины силы тока I в намагничивающей обмотке при частоте поля 1 кГц.

2. Вычисление напряженности поля в намагничивающей обмотке ω_1 и величину соответствующих им значений магнитной индукции образца по формулам:

$$H_m = \frac{\omega_1 I \sqrt{2}}{L}, \quad (1)$$

$$B_m = \frac{\varepsilon_{\text{ср}}}{4\pi\omega_2 S}, \quad (2)$$

где I – действительное значение намагничивающегося тока, $L = 2\pi R_{\text{ср}}$ – средняя длина пути

магнитного потока в кольцевом сердечнике радиусом $R_{cp} = (R_1 + R_2) / 2$ (R_1 – внешний радиус, R_2 – внутренний радиус), S – площадь сечения сердечника перпендикулярно магнитному потоку, ν – частота перемагничивающего тока, ϵ_{cp} – среднее значение э.д.с. во вторичной обмотке, ω_2 – число витков этой обмотки.

3. Построение графика зависимости $B_m = f(H_m)$.

УДК 621.397.13: 654.9 – 025.13(075.8)

УЧЕБНЫЙ СТЕНД СИСТЕМЫ ОХРАННОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Студент гр. 11301119 Комиссарчик А. В.

Кандидат техн. наук, доцент Воробей Р. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Видеонаблюдение составляет существенную часть комплексной системы безопасности, причем современные системы охранного телевидения (СОТ) обеспечивают не только дистанционное наблюдение за ситуацией на объекте охраны и записывать видеоизображения, но и программировать реакцию системы безопасности при обнаружении тревожных событий и ситуаций [1]. С использованием тех же технических средств, которые применяются в системах охранного телевидения, реализуется и республиканская система мониторинга общественной безопасности (РСМОБ) [2].

Это обуславливает необходимость подготовки специалистов, владеющих навыками проектирования, настройки и квалифицированной эксплуатации современных аппаратных и программных средств. В настоящее время в Республике Беларусь основным поставщиком оборудования для СОТ является HikVision [3], причем, несмотря на преимущественное применение в СОТ цифровых компонентов, до сих пор применяются и аналоговые видеокамеры, гибридные видеорегистраторы и другое, совместимое с обработкой аналоговых сигналов оборудование [1, 3]. Поэтому целесообразно проведение практических занятий не только на стендах с цифровым оборудованием, но и гибридным. Вместе с тем, обучающиеся наглядно, при непосредственном сравнении, могут определить недостатки, достоинства и особенности цифровых и гибридных СОТ.

Аппаратное обеспечение практических и лабораторных занятий обеспечивается не менее чем двумя стендами, с размещенным на них оборудованием СОТ HikVision для построения на одном стенде гибридной СОТ, на втором – цифровой СОТ. При этом, на каждом из стендов учебная СОТ образована камерами различных типов, например: bullet, потолочная, поворотная, с нормальным и телеобъективом, fisheye. Учебные СОТ являются функционально законченными системами, содержащими видеорегистраторы, подсистемы питания и каналы связи, монитор. Стенды оснащаются также дополнительным контрольным и измерительным оборудованием. При проведении занятий на учебном стенде СОТ, в соответствии с возможностями оборудования HikVision, могут использоваться элементы видеоналитики с триггерами: обнаружение перемещения объекта (объектов) в зоне интереса, бесцельного хождения объекта (объектов), пересечение объектом линии, появление или выход объекта (объектов) в зоне интереса, обнаружение остановки объекта в зоне интереса в течение заданного времени, обнаружения движения объекта в неверном направлении, обнаружение внезапного изменения сцены и т. д.

При проведении занятий с применением учебных стендов СОТ возможно проведение таких работ как: исследование параметров формируемых зон видеонаблюдения от углов установки камер и параметров объективов, исследование вероятности распознавания человека от углов установки камер и условий освещенности, исследование влияния на качество видеосигнала пропускной способности каналов связи, типа кодека и степени сжатия, проверка гипотез о засветке видеокамер лазерной указкой, влияния на работу СОТ специальных генераторов радиопомех, целесообразности применения требований РСМОБ, и т. д.

Выполнение каждого из практических занятий сопровождается предварительным проектированием элемента СОТ и определением его параметров с использованием методов компьютерного моделирования, например, IP Video System Design Tool.

Литература

1. Проектирование систем охранного телевидения: учеб. пособие / К. Л. Тявловский [и др.]. – Минск: БНТУ, 2021. – 383 с.
2. О республиканской системе мониторинга общественной безопасности: Указ Президента Республики Беларусь от 25 мая 2017 г. № 187 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2017. – С. 6.
3. Каталог. Системы видеонаблюдения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://avant.by/catalog/sistem-videonabludeniya>. – Дата доступа: 07.03.2023.

УДК 681.7

**СРАВНЕНИЕ РОБАСТНЫХ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ
С МОДАЛЬНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ И ОПТИМАЛЬНЫМ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ
УПРАВЛЕНИЕМ**

Магистрант гр. 140811/15 Кузнецов И. Д., магистрант гр. 140822 Прокопец С. А.

Кандидат техн. наук, доцент Погорелов М. Г.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

В задаче задания управляющего воздействия можно выделить два основных метода синтеза: метод модального регулятора и определение оптимального управления путем реализации оптимального регулятора. В случае первого метода задача синтеза регулятора сводится к формированию эталонной модели на основе стандартных полиномов (Ньютона, Баттерворта и т. д.) и синтезу управляющих воздействий, основанного на решении уравнения типа Сильвестра и нахождении матрицы коэффициентов линейных стационарных обратных связей.

Что касается синтеза оптимального регулятора, то его формирование зависит от задач, поставленных при проектировании системы. Например, обеспечение минимального времени переходного процесса или минимальной величины перерегулирования.

В качестве объекта управления рассмотрим одноосный гиросtabilизатор (ГС) видеокамеры, описание и вывод передаточной функции которого приведены в [1].

Уравнения движения, по которым будем рассчитывать оптимальный регулятор без учета электромагнитной постоянной времени, коэффициентов передачи датчика угловой скорости и акселерометра, имеют вид:

$$\begin{cases} \frac{d\phi}{dt} = \omega; \\ \frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J} \left(\frac{C_M}{R} (u - C_e \omega) - b\omega - M_{тр} \cdot \text{sign}(\omega) \right). \end{cases} \quad (1)$$

где ϕ , ω – угол и угловая скорость вала электродвигателя соответственно, C_e , C_M , R – коэффициент противо-ЭДС, коэффициент по моменту и активное сопротивление якорной цепи электродвигателя соответственно, J , b , $M_{тр}$ – момент инерции, коэффициент сил вязкого трения и величина момента сухого трения соответственно.

Для объекта, описываемого системой уравнений (1), линия переключения согласно принципу максимума Понтрягина, имеет вид (2):

$$f(\omega) = \frac{-JR}{C_e C_M + Rb} + JR \cdot \text{sign}(\omega) \frac{M_{тр} R + C_M U}{(C_e C_M + Rb)^2} \ln \left(\frac{C_e C_M + Rb}{M_{тр} R + C_M U} \omega \cdot \text{sign}(\omega) + 1 \right). \quad (2)$$

Для анализа робастных свойств ГС с модальным управлением и сравнении их со свойствами ГС с оптимальным регулятором были выбраны такие динамические и интегральные критерии качества, как: время переходного процесса $t_{пп}$; время первого достижения величины $t_{пп}^*$; установившееся ошибка Δ ; величина перерегулирования σ ; оценка по интегральному критерию J_3 .

Оценка и сравнение робастных свойств регуляторов проводилась путем изменения параметров контура, с учетом действительной возможности этих изменений, в пределах $\pm 30\%$

В работе приводятся сравнительные характеристики для изменения момента инерции платформы, активного сопротивления обмотки электродвигателя, по интегральному показателю качества, предложенному А. А. Фельдбаумом [1].

Результаты проведенного анализа позволяют сделать вывод, о том, что система с модальным регулятором является в целом более робастной и менее подверженной изменению качества переходного процесса при изменении параметров системы.

Литература

1. Эталонная модель для синтеза модального регулятора ситемы автоматического управления / М. Г. Погорелов [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 8. – С. 173–197.

УДК 621.3

ИМПУЛЬСНЫЙ РЕГУЛИРУЕМЫЙ ФАЗОРЕЗОНАНСНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ГЕНЕРАТОРА ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Студент гр. 31303119 Мазаник Н. С.

Ст. преподаватель Ломтев А. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Одним из основных узлов многих радиоэлектронных устройств является блок питания. Импульсные источники питания в настоящее время уверенно приходят на смену устаревшим линейным источникам питания. Одна из причин – свойственные данным источникам питания высокая производительность, компактность и улучшенные показатели стабилизации тока и напряжения. При таких стремительных технологических изменениях в современном мире и востребованности к более мощным источникам питания данная тема становится все более актуальной. В последнее время в среде специалистов в области электроники и радиотехники, а также в промышленном, медицинском и военном производстве особую популярность завоевали импульсные источники питания. Наметилась тенденция отказа от типовых громоздких трансформаторных источников питания и переход на малогабаритные конструкции импульсных блоков питания, преобразователей напряжения, конвертеров, инверторов. В общем, тема импульсных источников питания достаточно актуальная и интересная и является одной из важнейших областей силовой электроники. Данное направление электроники является перспективной и стремительно развивающейся. И его основной целью является разработка мощных устройств питания, отвечающих современным требованиям надежности, качества, долговечности, минимизации массы, размеров, энерго- и материалоемкости. Главными недостатками таких блоков питания является генерация помех и чувствительность к другим внешним помехам, что негативно сказывается на работе самого источника питания и других электроприборов. Однако данный недостаток можно частично устранить путем отдельного экранирования платы управления и силовой части блока питания, а также экранированием корпуса блока питания [1].

Данный источник питания разработан на базе микросхемы семейства фазосдвигающих резонансных контроллеров источников высоковольтного питания UC3875 и питается от 3-х фазной сети 380 В. Его преимуществами являются:

- 1) возможность работы с обратной связью, как по току, так и по напряжению;
- 2) диапазон рабочих частот до 1 МГц;
- 3) регулируемое опорное напряжение;
- 4) наличие функции «плавного пуска»;
- 5) высокая точность.

Устройство обеспечивает питанием установки и приборы, которым требуется высокое напряжение (более 1000 В) и может применяться в рентгеновской аппаратуре для медицинских целей, радиолокационной и радиопередающей аппаратуры для гражданских и военных целей, лазерах для промышленного, медицинского и военного оборудования, электронных ускоряющих системах различных физико-исследовательских установках, в испытательных установках для исследования и контроля электроизоляционных свойств различных материалов. Источник питания имеет защиту от коротких замыканий, токов перегрузки и падения напряжения сети, имеет возможность фиксации неполадки и предупреждает о возможности аварии, имеет возможность подключения дистанционного управления, а также светодиодную индикацию на панели управления на лицевой стороне корпуса устройства, имеется возможность регулирования мощности.

Литература

1. Импульсные источники питания, теория и простые схемы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://m.qrz.ru/schemes/contribute/power/impul-snyue-istocniki-pitania-teoria-i-prostye-shemy.html>. – Дата доступа: 06.03.2023.

УДК 551.508

ПОРТАТИВНЫЙ ЦИФРОВОЙ ТЕРМОГИГРОМЕТР С РАДИОИНТЕРФЕЙСОМ

Студент гр. 041291 Маковский М. К.¹

Кандидат техн. наук, доцент Здоровцев С. В.²

¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,

²ОАО «МНИПИ», Минск, Беларусь

В настоящее время широкое распространение получили беспроводные регистраторы температуры, влажности, атмосферного давления (термогигрометры). Такие приборы предназначены для контроля и документирования хода технологических процессов на производственных предприятиях и складах, в частности в фармацевтической, медицинской и пищевой промышленности, где требуется контроль товаров, чувствительных к температуре или влажности [1–2].

На рис. 1 представлена структурная схема разработанного портативного цифрового термогигрометра с радиоинтерфейсом, обеспечивающего измерение параметров окружающей среды (температура, относительная влажность), регистрацию и отображение измеренных параметров на экране встроенного ЖК-дисплея, передачу измерительной информации на удаленный ПК посредством радиоинтерфейса.

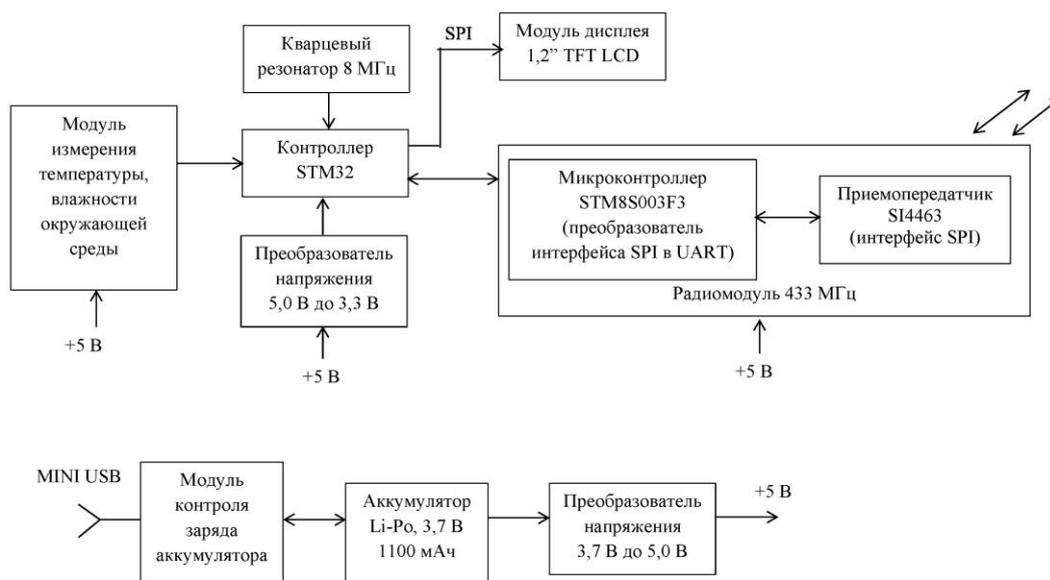


Рис. 1. Структурная схема цифрового термогигрометра с радиоинтерфейсом

В качестве датчика температуры и относительной влажности использована цифровая микросхема BMP280, обеспечивающая измерение температуры в диапазоне от -40 до $+85$ °C и относительной влажности воздуха от 0 до 100 %. Для отображения значений измерительной информации применен ЖК-дисплей 1,2 Inch ST7735 TFT LCD, работающий под управлением микроконтроллера ST7735S. Для обработки измерительной информации использован микроконтроллер STM32F407VGT6TR с архитектурой Cortex M4, тактовой частотой 168 МГц, объемом флеш-памяти 1 МБ. Обмен данными между термогигрометром и удаленным ПК осуществляется по протоколу беспроводной радиосвязи. С этой целью в термогигрометре применен радиомодуль HC-12 с рабочим диапазоном частот 433,4–473,0 МГц. Электропитание термогигрометра осуществляется с использованием встроенного аккумулятора Li-Po, 3,7 В, 1100 мАч.

Разработанный портативный цифровой термогигрометр помимо измерения и отображения измеренных значений температуры и относительной влажности на встроенном ЖК-дисплее позволяет производить мониторинг окружающей среды в реальном времени с регистрацией полученных данных на удаленном ПК.

Литература

1. LB-518 – Беспроводной регистратор температуры и влажности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://ru.label.pl/ru/rejestrator-temperatury-wilgotnosci-lb518.html>.
2. Беспроводной мониторинг температурно-влажностного режима. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://www.eksis.ru/materials/articles/besprovodnoy-monitoring-tempera>.

УДК 004.021

ВЫЧИСЛЕНИЕ УГЛОВ СИСТЕМЫ НАВЕДЕНИЯ С НАКЛОННЫМ КАРДАНОВЫМ ПОДВЕСОМ

Магистрант гр. 140421/12 Мельников С. А.

Кандидат техн. наук, доцент Михед А. Д.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

При решении задачи ориентации линии визирования (ЛВ) углы поворота двухосного карданова подвеса φ_x , φ_z системы наведения (СН) не обеспечивают обзор в полной полусфере [1]. При введении в карданов подвес СН дополнительных рамки, требуется преобразовать угловые координаты с учетом движения последней и наклона наружной рамки. При необходимости осуществления наведения на большие углы по высоте φ_b двухосный кардановый подвес устанавливают в дополнительную рамку (ДР) с углом поворота φ_p . ДР имеет постоянный угол φ_0 по отношению к азимутальной рамке [2].

Математические зависимости для углов поворота СН с наклонным кардановым подвесом имеют вид [3]:

$$\varphi_z = \arcsin(\sin\varphi_b \cdot \cos\varphi_0 - \cos\varphi_b \cdot \sin\varphi_0 \cdot \cos(\varphi_a - \varphi_p)); \quad (1)$$

$$\varphi_y = \arctg((\cos\varphi_b \cdot \sin(\varphi_a - \varphi_p))/(\cos\varphi_0 \cdot \cos\varphi_b \cdot \cos(\varphi_a - \varphi_p) + \sin\varphi_0 \cdot \sin\varphi_b)). \quad (2)$$

Особенностью наведения такой системы является то, что вычисления углов по уравнениям 1 и 2 осуществляется в двух полусферах, которые разделены плоскостью. Относительно плоскости X_0Y_0 задается направление движения ДР на угол φ_p в положительной полусфере и угол φ_p отрицательной полусфере.

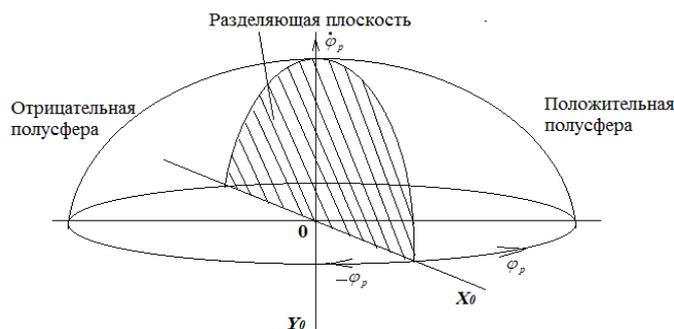


Рис. 1. Определение полусфер поворота СН

Угловая скорость ДР будет иметь направление по оси Y_0 . Поэтому программа расчета углов наведения должна учитывать полярность полусфер от 0 до +180 и от 0 до -180 градусов. К углу поворота ДР φ_p не предъявляют строгих требований по точности, поэтому округление данного угла можно производить до целых. А к углам наведения карданова подвеса φ_x , φ_z предъявляют более жесткие требования и допускается округление до сотых. Найти решения уравнений можно с помощью программных средств пакета Python. Для решения необходима установка двух библиотек `math` и `scipy`. Библиотека `math` позволяет вычислять тригонометрические функции, а библиотека `scipy` выполняет инженерные расчеты. Для задания приближенной области нахождения решений системы целесообразно использовать функцию `fsolve`.

Так как необходимо вычислить три угла φ_r , φ_u , φ_z , то программная запись в среде Python должна иметь систему из трех нелинейных уравнений. Поэтому уравнение для φ_u в среде Python будет записано так же и для φ_r .

Литература

1. Родионов, В. И. Системы стабилизации и наведения зеркала с наклонным кардановым подвесом / В. И. Родионов, А. Д. Михед. – Известия тульского государственного университета. Технические науки. – 2012. – № 7. – С. 190–196.
2. Родионов, В. И. Динамика системы стабилизации и наведения линии визирования с двухосным наклонным кардановым подвесом / В. И. Родионов, А. Д. Михед. – Известия тульского государственного университета. Технические науки. – 2011. – № 2. – С. 191–195.
3. Михед, А. Д. Кинематика и динамика двухосной системы стабилизации и наведения линии визирования, учитывающая особенности движения зеркала / А. Д. Михед, В. И. Родионов, В. А. Смирнов. – Инженерная физика. – 2010. – № 11. – С. 20–24.

УДК 621.38

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕЛЬТЬЕ

Ассистент Микитевич В. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время элементы Пельтье получили широкое распространение. В первую очередь это связано с их массовым производством, а также наличием следующих преимуществ, по сравнению с компрессорными охладителями: отсутствие подвижных элементов, отсутствие хладагента в разных агрегатных состояниях, малые габаритные размеры, простой способ реверсирования (охлаждение-нагрев). Однако элементы Пельтье обладают невысоким коэффициентом полезного действия, что требует правильного выбора режимов работы.

В документации на недорогие элементы Пельтье часто указывают максимальную мощность элемента при максимальной разности температур. Мощность, потребляемую элементом Пельтье, можно разделить на две составляющие. Первая составляющая связана с переносом тепла. Вторая – с нагревом элемента Пельтье, вызванного протекающим током через собственное сопротивление. При малых значениях мощности – малая эффективность охлаждения. При плавном увеличении мощности происходит увеличение эффективности охлаждения, а затем увеличивается тепловыделение и эффективность охлаждения падает. Это связано с тем, что радиатор не обеспечивает должного охлаждения горячей стороны.

Величина тока, протекающего через элемент Пельтье, зависит от разности температур, от приложенного напряжения. Поэтому для стабилизации мощности выполняют регулирование напряжения, а не тока.

Были проведены исследования элементов Пельтье TEC1-12706 и SP1848 (табл. 1).

Таблица 1 – Измеренные параметры элементов Пельтье TEC1-12706 и SP1848

TEC1-12706					SP1848			
U , В	I , А	t_1 , °С	t_2 , °С	P , Вт	I , А	t_1 , °С	t_2 , °С	P , Вт
0	0,000	23	23	0,0	0,000	23	23	0,0
1	0,188	24	19	0,2	0,320	23	17	0,3
2	0,376	24	15	0,8	0,660	23	11	1,3
3	0,568	24	12	1,7	1,010	24	4	3,0
4	0,760	24	7	3,0	1,366	24	0	5,5
5	0,964	25	5	4,8	1,746	25	-7	8,7
6	1,164	25	2	7,0	2,120	26	-11	12,7
7	1,360	26	0	9,5	2,492	26	-14	17,4
8	1,556	26	-1	12,4	2,856	28	-16	22,8
9	1,752	27	-1	15,8	3,254	29	-17	29,3
10	1,964	28	-1	19,6	3,600	30	-18	36,0
11	2,132	29	0	23,5	3,920	33	-17	43,1
12	2,316	30	0	27,8	–	–	–	–
13	2,494	30	3	32,4	–	–	–	–
14	2,666	32	5	37,3	–	–	–	–

Установка напряжения U и контроль тока I осуществлялись блоком питания GPD-72303S. Контроль температуры горячей t_1 и холодной t_2 стороны выполнялся мультиметром DT838 с внешней термопарой. Элементы Пельтье закреплялись горячей стороной к радиатору охлаждения с тепловой трубкой Deer Cool Ice Blade 100. Холодная сторона находилась в непосредственном контакте с окружающим воздухом.

По результатам исследований можно сделать вывод о том, что для элемента TEC1-12706 рабочее напряжение 9 В позволяет достигнуть минимальной температуры $-1\text{ }^\circ\text{C}$ при использовании данного типа радиатора охлаждения. При этом максимальная возможная электрическая мощность уменьшается до 15,8 Вт. Для элемента SP1848 рабочее напряжение 10 В позволяет достигнуть минимальной температуры $-18\text{ }^\circ\text{C}$ при тех же условиях. При этом электрическая мощность составила 36 Вт.

УДК 621.383

КОМБИНИРОВАННЫЕ МАГНИТООПТИЧЕСКИЕ СЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ ТРАНЗИСТОРНЫХ СТРУКТУР

Студент гр. 11312120 Найден В. В.

Д-р техн. наук, профессор Гусев О. К., кандидат физ.-мат. наук, доцент Шадурская Л. И.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Оптические и магнитные датчики широко применяются в измерительных преобразователях (ИП) устройств неразрушающего контроля материалов и изделий. Возможности методов диагностики определяются, в основном, функциональными возможностями и параметрами измерительных преобразователей. Перспективным направлением совершенствования методов контроля является построение измерительных преобразователей систем неразрушающей диагностики на основе полупроводниковых приборов с возможностью преобразования нескольких разнородных физических величин [1, 2]. При построении сенсорных структур ИП, чувствительных к магнитному полю и оптическому излучению предлагается использование структуры магнитотранзистора, работающего на основе гальваномагниторекомбинационного эффекта [3], в котором область базы выполнена на основе полупроводника с низкой концентрацией глубокой примеси [2], формирующей в запрещенной зоне несколько энергетических уровней для разных зарядовых состояний. На рис. 1 приведены две структуры сенсора чувствительных к магнитному полю, причем их коэффициентом преобразования можно управлять оптическим излучением (пунктирные направления движения электронов). Пространственно ограниченное воздействие оптического излучения на область полупроводника вблизи одной из граней активной области сенсора позволяет изменить отношение времен жизни носителей заряда на освещенной и неосвещенных гранях 1 и 2 (рис. 1, б) от единицы до нескольких десятичных порядков. Это позволяет регулировать чувствительность к магнитному полю от нуля до величины, пропорциональной корню квадратному от отношения времен жизни носителей заряда на разных гранях базы.

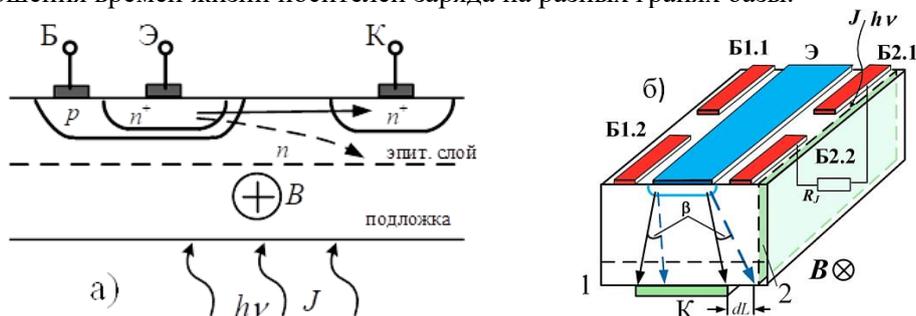


Рис. 1. Магнитооптические сенсоры на основе транзисторных структур: а – тип А, б – тип Б

В предлагаемой структуре изменение скорости рекомбинации не связано с изменением потенциального барьера на границе раздела, так как поверхностная рекомбинация [3] заменена на объемную [1, 2]. Использование слоя с оптически управляемыми параметрами

рекомбинации [2] в отличие от изменения скорости рекомбинации на различных поверхностях [3] позволяет увеличить диапазон чувствительности мультипараметрического сенсора не менее чем на порядок.

Литература

1. Series of Photovoltaic Converters Based on Semiconductors with Intrinsic Photoconductivity / R. I. Vobey [et al.] // *Devices and Methods of Measurements*. – 2021. – Vol. 1, no. 2. – P. 108–116.
2. Фотоприемники на основе собственных полупроводников для построения измерительных преобразователей / Р. И. Воробей [и др.] // *Метрология и приборостроение*. – 2017. – № 2. – С. 32–40.
3. Информационно-измерительная техника и электроника. Преобразователи неэлектрических величин / под общ. ред. О. А. Агеева, В. В. Петрова. – 2-е изд. – М.: Изд-во Юрайт, 2018. – 158 с.

УДК 681

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СТРУКТУРЫ ЧУГУНОВ ПО СИГНАЛАМ РАССЕИВАНИЯ

Парица И.А., Забогонский К. А.

Кандидат техн. наук Асадчая М. В., ст. преподаватель Самарина А. В.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Методика предназначена для отбраковки серого чугуна марки СЧ25 и менее (СЧ20, СЧ15) от высокопрочных чугунов с маркой ВЧ45 и более для следующих условий:

- а) невозможности или значительной сложности проведения контроля другими методами (акустическими, электромагнитными и др.);
- б) выявления локальных областей СЧ, являющихся недопустимыми для дальнейшей обработки или эксплуатации чугунных деталей, отнесенных к марке ВЧ, но имеющих в некоторых важных для эксплуатации зонах, выходящих на поверхность, повышенное содержание пластинчатого графита.

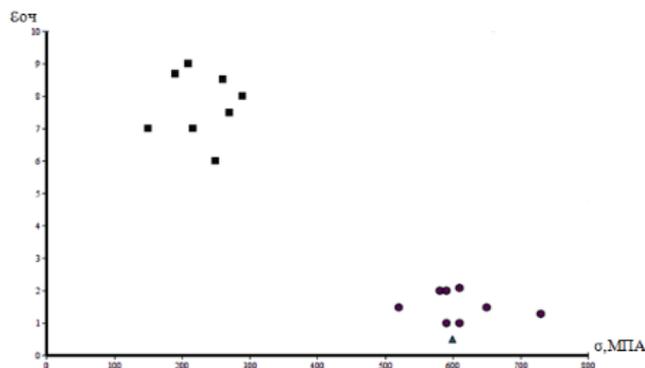


Рис. 1. Зависимость коэффициента отбраковки чугуна от величины временного сопротивления (ВЧ●, СЧ■, опорный сигнал▲)

Методика измерений включает следующие этапы:

1. Локальная зачистка поверхности объекта (до $Ra = 5-7$ мкм) в области ввода-приема УЗК.
2. Нанесение контактной смазки (минерального масла) на поверхности объекта контроля и стандартного стального образца.
3. Установка преобразователя на стандартный образец и определение амплитуды опорного сигнала.
4. Установка преобразователя на объект контроля (на экране отображается детектированный импульс).
5. Устанавливание с помощью ручек строба временной зоны «выборки» зондирующего сигнала $t_{и} = t_1 - t_2$ для определения его среднего значения $A^* = (\sum A_i) / n$ с помощью имеющейся в измерительном блоке программы, где n – количество выборок. Для оценки параметра, позволяющего производить отбраковку структуры чугунов ВЧ от СЧ, используется коэффициент отбраковки:

$$E_{оч} = (\sum A_i) / nA_0, \quad (1)$$

где A_i – измеренная амплитуда зондирующего сигнала в данный момент времени $t_2 > t_i > t_1$; A_0 – амплитуда опорного сигнала, определяемого с помощью стандартного образца из стали перед проведением измерений. (При этом чувствительность измерительного блока соответствует той чувствительности, которая имеет место при определении $\epsilon_{оч}$).

6. Измерения повторить еще два раза, каждый раз смещая ПЭП на несколько мм и по результатам измерений получить усредненное значение.

7. Для принятия решения о годности объекта к дальнейшей технологической обработке или эксплуатации следует руководствоваться экспериментальными данными, представленными на рис. 1, т. е. серому чугуну соответствует коэффициент отбраковки $\epsilon_{оч} > 5,5$, а $\epsilon_{оч} < 2,5$ – высокопрочному чугуну.

УДК 531.383

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ МИКРОМЕХАНИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА

Студент гр. 121111 Портных Н. А.

Д-р техн. наук, профессор Матвеев В. В.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

В настоящее время спектральный анализ является одним из наиболее универсальных методов работы с данными, применение которого наблюдается в различных областях. Данный метод также используется при работе с гироскопическими датчиками.

Гироскоп – устройство, способное реагировать на изменение углов ориентации тела, на котором оно установлено, относительно инерциальной системы отсчета.

Анализ данных начинается со сбора информации. Это можно осуществить разными способами, например, с помощью мобильных приложений. Данные собираются по трем координатам – X, Y, Z. Во время сбора данных телефон был расположен на колебательном стенде в режиме записи данных. Далее записанный файл данных загружался в среду MathCAD, где осуществлялся его анализ. Чтобы применить процедуру БПФ необходимо, чтобы длина массива данных была равна целой степени числа 2 ($2N$, N – целое число). Для этого необходимо ограничить длину массива данных до ближайшего значения $2N$. В данном эксперименте длина записи составила 3161 элемент, следовательно, длину массива была сокращена до $2^{11} = 2048$. Результаты расчетов приведены на рис. 1.

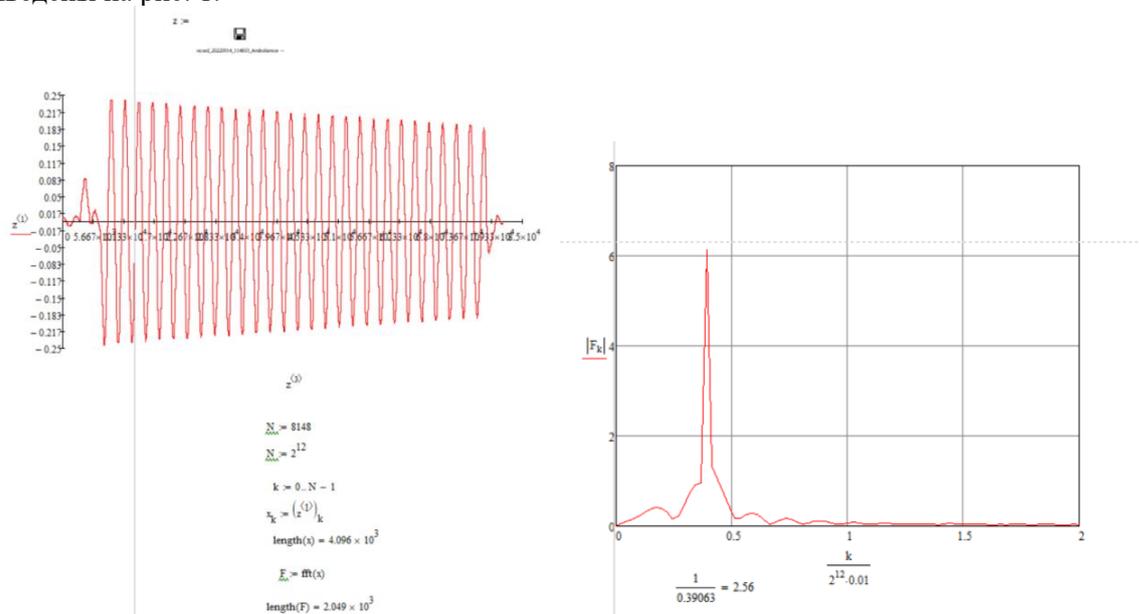


Рис. 1. Построение спектральной характеристики данных с гироскопа

В результате спектрального анализа была найдена частота колебаний стенда, которая составила 0,4 Гц.

Литература

1. Федосов, В. П. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW / В. П. Федосов. – М.: ДМК Пресс, 2007.
2. Кустанович, И. М. Спектральный анализ / И. М. Кустанович. – М.: Высшая школа, 1972.

УДК 681

КОНТРОЛЬ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ВКЛЮЧАЮЩИХ ЛИНЗОВЫЕ И ЛАЗЕРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Студенты гр. 11312119 Приёмко Я. О., Крючков Н. И.
Ст. преподаватель Куклицкая А. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В современной инженерии человек все более тесно связан с множеством технических устройств, в которых применяются различные технологии пайки. Дефекты в пайке делят на три вида: поверхностные, внутренние и сквозные. С помощью оптических систем мы можем выявлять видимые изъяны.

Оптические системы представляют собой совокупность оптических элементов, созданные для преобразования световых пучков, радиоволн или заряженных частиц. Существует большое количество различных оптических систем, но рассмотрим подробнее оптические системы, включающие зеркально-линзовые и лазерные элементы. Цель работы – выбор метода для контроля оптических систем, включающих линзовые и лазерные элементы.

Зеркально-линзовые или катадиоптрические системы содержат отражающие (зеркала) и преломляющие (линзы) элементы. Примером такой системы является зеркально-линзовый объектив микроскопа, который служит для увеличения рабочего отрезка. Зеркально-линзовые объективы экранируют центральную часть пучка лучей, что способствует увеличению разрешающей способности микроскопа, но понижает контрастность изображения. Часто такие объективы применяются для исследований в ультрафиолетовой области спектра [2].

Преимуществом данных объективов перед обычными линзовыми объективами в том, что у них передний отрезок может более чем в четыре раза превышать фокусное расстояние, что позволяет решать ряд конструкторских задач проектирования оптических систем для приборов локального микроспектрального анализа.

Одним из наиболее популярных методов оптического контроля является лазерно-оптический метод. Данные системы используют лазерное излучение и фотоприемники для его приема при отражении от объекта. Зачастую в таких системах используется триангуляционный метод. Это метод, при котором на объект падает под углом лазерное излучение, которое потом отражается на матрицу детекторов [1].

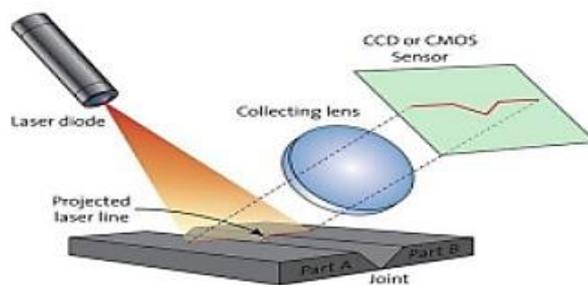


Рис. 1. Принцип действия устройств триангуляционного метода

Преимуществом такого метода является точность измерений и возможность автоматизации производства.

Литература

1. Осипов, Ю. В. Оптические методы контроля / Ю. В. Осипов. – СПб: Изд-во СПбГЭТУ, 2001. – 47 с.
2. Зеркально-линзовый объектив [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ngpedia.ru/id203188p3.html>. – Дата доступа 05.03.2023.

ПРЯМОУГОЛЬНЫЙ ИМПУЛЬС: ОПИСАНИЕ И ПРИНЦИП ФОРМИРОВАНИЯ

Студент гр. 121111 Романцева Е. А.

Д-р техн. наук, профессор Матвеев В. В.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Прямоугольный импульс является основой построения большого количества дискретных сигналов. Математическая модель прямоугольного импульса, расположенного симметрично относительно начала координат, с амплитудой X_m задается следующей формулой:

$$x(t) = \begin{cases} x_m, & \text{при } |t| < \frac{\tau}{2}, \\ 0, & \text{при } |t| > \frac{\tau}{2}. \end{cases} \quad (1)$$

Применив прямое преобразование Фурье к прямоугольному импульсу

$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-i\omega t} dt = x_m \int_{-\tau/2}^{\tau/2} e^{-i\omega t} dt, \quad (2)$$

и анализируя его спектральную характеристику, можно установить, что ее функцией является синус кардинальный (рис. 1).

Аналогично, применив прямое преобразование Фурье к синусу кардинальному и анализируя его спектральную характеристику, можно установить, что он обладает свойством низкочастотного фильтра и подавляет высокие частоты.

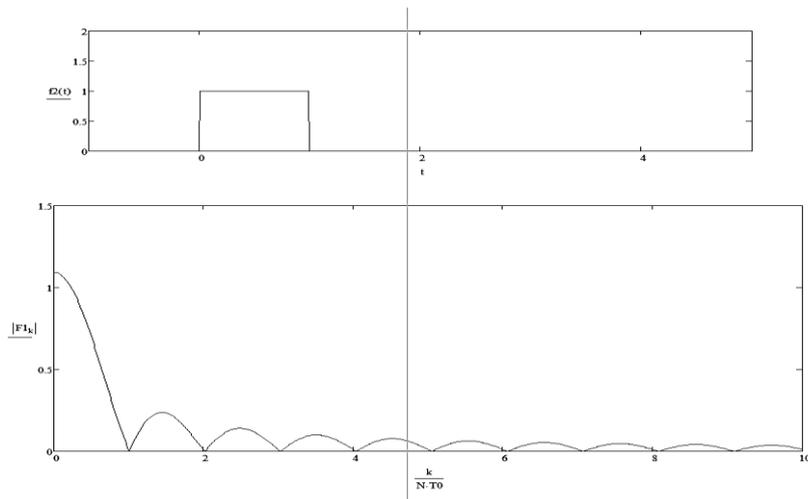


Рис. 1. Построение графика прямоугольного импульса, а также его спектральной характеристики в среде Mathcad

Искажение импульса проявляется в виде отклонений профиля сигнала от «идеального» профиля. Безусловно, искажения влияют не только на форму, очень часто системе не хватает скорости отклика, чтобы передать вид точной амплитуды сигнала, которая, в свою очередь, меняется слишком быстро.

Для генерации прямоугольных импульсов идеальной (а в реальности близкой к ней) формы, сигнал должен мгновенно «перестроиться» от минимального до максимального значения амплитуды. С помощью преобразования Фурье получают «идеальные» импульсные последовательности сигналов с прямоугольным видом, а затем сравнивают фактические данные. Ряд позволяет выполнить разложение прямоугольно-импульсного сигнала в сумму бесконечной последовательности синусоидальных волн.

Литература

1. Раушер, К. Основы спектрального анализа / К. Раушер, Ф. Йанссен, Р. Минихольд // пер. с англ. С. М. Смольского; под ред. Ю. А. Гребенко. – М.: Горячая линия, Телеком, 2006. – 224 с.

ГЕНЕРАТОР ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ

Студент гр. 31303119 Романчик Е. Р.

Ст. преподаватель Ломтев А. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Генераторы сигналов – это электронные устройства, создающие сигналы определенной формы, частоты и амплитуды для проектирования, проведения тестирования, устранения неисправностей в области электроники и связи. Генераторы могут выдавать сигналы прямоугольной и синусоидальной формы, линейные, треугольные и т. д. Генерируемые сигналы могут быть использованы для анализа функционирования электронных устройств в различных испытательных схемах.

Для расширения возможностей применения испытательных генераторов формы сигналов могут воспроизводиться в последовательности, включающей повторения, переходы и триггеры. При комбинировании сигналов различной формы и последовательности можно достигнуть необычайно сложного и динамичного воспроизведения сигналов [1].

Целью данной работы явилось создание генератора испытательных сигналов, превосходящий по параметрам генератор ГЗ-118. Прибор должен быть более надежным, меньшим по габаритам и массе, с сигналами следующих форм: пилообразные, треугольные, синусоидальные, прямоугольные. Так же максимально содержать компоненты отечественного производства и удовлетворять требованиям стандартов РБ.

Требования для разработки устройства устанавливало предприятие ОАО «Агат – электромеханический завод», на котором данный генератор может использоваться как для проверки качества приходящего на завод, так и выпускаемого заводом оборудования, а также приборов, устройств связи, стационарных и мобильных комплексов связи, радиорелейных станций [2].

Были разработаны структурная, функциональная, принципиальная электрическая схемы, алгоритм работы устройства, а также произведен выбор элементной базы и расчет номинальных значений выбранных элементов. Разработан корпус изделия, выполнен сборочный чертеж. Оценена надежность изделия, проведено технико-экономическое обоснование его производства.

Технические характеристики изделия:

- габариты не превышают 250×100×300 мм;
- масса прибора превышает 3 кг;
- питающее напряжение 220±10 % В, частотой 50±3 Гц;
- потребляемая мощность не более 60 В·А;
- частотный диапазон шире 10 Гц...200 кГц;
- сигналы пилообразной, треугольной, прямоугольной, синусоидальной формы;
- погрешность аттенюатора не более 0,5 дБ;
- искажение менее 3 %;
- интерфейс USB устройство;
- класс защиты IP54;
- наработка на отказ не менее 7000 часов;
- вероятность безотказной работы 0,75;
- рабочее значение температуры от 0 до +40 °С.

Литература

1. Генераторы сигналов – виды и особенности приборов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://digamma.by/stati/generatoryi-signalov-vidyi-i-osobennosti-priborov.html>. – Дата доступа: 05.03.2023.
2. Агат – электромеханический завод. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://agat-emz.by/>. – Дата доступа 10.03.2023.

УДК 621

АДАПТИРОВАННАЯ ТЕХНИКА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ SL-DETRACK ДЛЯ ЗАДАЧ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Аспирант Саечников И. В.

Д-р физ.-мат. наук, профессор Чернявская Э. А.,

кандидат физ.-мат. наук, доцент Скакун В. В.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

В настоящее время наблюдается значительный прогресс в разработке методов глубокого обучения в области семантического анализа и распознавания образов. В частности, значительный рывок произошел в области практического применения методов на основе глубокого обучения для решения широкого ряда задач компьютерного зрения: от распознавания образов, детектирования объектов и классификации, до отслеживания динамических объектов и построения 3d траекторий [1]. Однако, несмотря на высокую точность семантического анализа динамических объектов, подобные методы требуют тонкой настройки и специфических техник адаптации к задаче [2]. Одной из наиболее перспективных областей применения является анализ и обработка динамических объектов для аэрокосмического мониторинга [3].

В данной работе мы предлагаем адаптированную технику детектирования и анализа динамических объектов SL-DETRACK для задач аэрокосмического мониторинга. Данная техника включает передачу экземпляров изображений динамических объектов в сеть на базе YOLOv5cut для формирования карты признаков, распознавания объектов на изображениях и пропускания семантической репрезентации интересующихся динамических объектов с соответствующими полученными ограничительными рамками через адаптированную для работы с изображениями двунаправленную сеть долгой краткосрочной памяти для обработки пространственно-временной корреляционной информации о динамических объектах. Последняя, в свою очередь, включает конвертацию классических полностью связанных слоев на сверточные и оптимизацию параметров фильтров «запоминания» и «забывания».

Для тестирования предложенной адаптированной техники детектирования и анализа динамических объектов SL-DETRACK был сформирован набор данных trackUAVmod, включающий по рядка 130 видеопоследовательностей со средним количеством фреймов 325 с аэрокосмическими снимками динамических объектов в городской среде с предварительно отмаркированными «object of interest». Для увеличения датасета использовались flipping, rotation и occlusion аугментации. Для предотвращения смещения второго момента на первых этапах обучения использовался адаптированный RAdam метод обучения с параметрами learning rate 0.01, beta1 0.9, beta2 0.999 и decay 0.0001. Для детектора использовался non-maximum suppression с IoU 0.65, conf-threshold 0.30 и max_det 900. Оценка анализа и точности детектирования проводилась, используя метрики IoU, mAP метрики, а также MOTA, MT и ML.

По результатам теста адаптированной техники детектирования и анализа динамических объектов SL-DETRACK на основе датасета trackUAVmod были достигнуты параметры по точности, а именно 0.62 IoU, 45.1 mAP, 0.38 MOTA, 637 MT и 511 ML. Несмотря на значительные оптимизационные затраты, подобная техника имеет широкие перспективы практического применения не только в текущих задачах анализа и детектирования объектов, но и в том числе и решении обратных задач. Например, прогнозирование поведения динамических объектов, классификация объектов по вторичным несемантическим признакам, а также уточнение физических характеристик и на основе этих данных генерация новых синтетических экземпляров схожих по физическим параметрам генеративными методами.

Литература

1. Online multiple object tracking using confidence score-based appearance model learning and hierarchical data association / M. Liu, [et al.]. – IET Comput. Vis., 2019. – P. 312–318.
2. Pereira, R. Sort and Deep-SORT Based Multi-Object Tracking for Mobile Robotics: Evaluation with New Data Association Metrics / R. Pereira, G. Carvalho. – Appl. Sci., 2022. – P. 1319.
3. Deep Residual Learning for Image Recognition / K. He [et al.]. – CVPR, 2016. – P. 770–778.

ПЕРВИЧНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ

Студент гр. 11312119 Свидинский А. А.

Ст. преподаватель Ломтев А. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В Республике Беларусь на данный момент широко используются первичные измерительные преобразователи для измерения давления во многих сферах деятельности. К таким измерительным преобразователям относят: тензорезистивный датчик давления, пьезорезистивный датчик давления, емкостный датчик давления, резонансный датчик давления, индуктивный датчик давления, ионизационный датчик давления.

В данной работе проведен анализ параметров и характеристик различных датчиков давления с целью их использования на промышленных объектах Республики Беларусь.

Анализ существующих первично измерительных преобразователей датчиков давления показал, что на промышленных объектах Республики Беларусь целесообразно использовать тензорезистивный датчик давления, поскольку материалы, из которых выполнен датчик, показывают более высокие линейные упругие свойства в узком диапазоне деформаций и более высокое сопротивление к усталости по сравнению с другими аналогами датчиков давления.

В основе тензорезистивного датчика давления лежит тензорезистивный эффект, который основан на свойстве твердых металлов изменять свое электрическое сопротивление при деформации. Деформация влечет за собой изменение структуры энергетических зон кристалла. Благодаря кристаллу и появляется изменение концентрации носителей тока, эффективной массы и прочего.

Любые датчики давления состоят из чувствительных элементов, которые воспринимают давление, и преобразователей, которые собраны в едином корпусе. Тензорезистивный датчик давления не является исключением, так как в нем имеется чувствительный элемент – мембрана, которая разделяет рабочую область датчика на две части. Первой частью является вакуумная камера, второй частью является изолированная камера, находящаяся на пониженном давлении.

Чувствительный элемент тензорезистивного датчика давления хорошо защищен от любого воздействия с агрессивной средой.



Рис. 1. Тензорезистивный датчик давления

Современные технологии производства сделали возможным изготовление подложки из кремния вместо металла. Кремний показывает высокие линейные упругие свойства в узком диапазоне деформаций и высокое сопротивление к усталости. Когда кремниевый тензорезистивный сенсор перенапрягается, он разрушается полностью, а не «течет», как металлический сенсор. Это считают лучшим результатом, поскольку это ясно указывает на потребность в замене сенсора, тогда как металлический тензорезистивный сенсор продолжает функционировать с ухудшенными ненормированными параметрами.

В данной работе также были проанализированы датчики давления разных разновидностей для контроля различных технологических процессов, в том числе при работе в агрессивных средах. Особое внимание было уделено датчикам-реле и микропроцессорным датчикам давления.

МЕТОДИКА КАЛИБРОВКИ ИЗМЕРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОВЕРХНОСТИ СО СТАТИЧЕСКИМ ЗОНДОМ

Студент гр. 11312120 Сороко Ю. Д.

Д-р техн. наук, профессор Жарин А. Л., ст. преподаватель Самарина А. В.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

При контроле изделий и материалов с прецизионными поверхностями используются различные модификации бесконтактных способов измерения электрического потенциала поверхности, основанные на методе Кельвина [1]. Одним из существенных факторов, влияющих на формирование измерительного сигнала, является однородность поверхности под отсчетным электродом. Неоднородность пространственного распределения потенциала поверхности связана с различиями в работе выхода электрона на разных микроучастках поверхности. Невозможность проведения измерений с пространственным разрешением менее размеров отсчетного электрода в случае статического зонда [1] вызывает необходимость описывать природу формирования потенциала поверхности моделью эффективной работы выхода [2]. При этом измеряемое значение электрического потенциала обуславливается не определенными поверхностными состояниями, а средним значением работы выхода микроучастков на поверхности, а наблюдаемые изменения поверхностного потенциала могут быть вызваны не изменением работы выхода электрона на дефектах нового типа, а только изменением соотношения площадей микроучастков поверхности с разным составом дефектов. Моделирование свойств поверхности и формирования измерительного сигнала в потенциально-зондовых методах показывает сложную зависимость измерительного сигнала от различных факторов [3]. Обычно поверхность контролируемого образца S в проекции зонда Z можно представить не более чем четырьмя составляющими. Например, основным участком поверхности a , скоплением точечных дефектов b , относительно большим микроднородным участком c поверхности с отличающимся от участка a потенциалом, линейным дефектом d или их скоплением (рис. 1, *a*). При моделировании реальная поверхность может быть заменена на ее эквивалент с замещающими составляющими a^* , b^* , c^* , d^* (рис. 1, *б*).

Для проведения процедуры калибровки измерителя электрического потенциала поверхности предлагается использовать эталонный образец, образованный четырьмя металлическими поверхностями, на частичные электроды A , B , C , D (рис. 1, *в*) которого подаются напряжения, моделирующие участки поверхности a^* , b^* , c^* , d^* . Относительная доля поверхности, формирующая данный потенциал, моделируется изменением положения зонда Z относительно A , B , C , D .

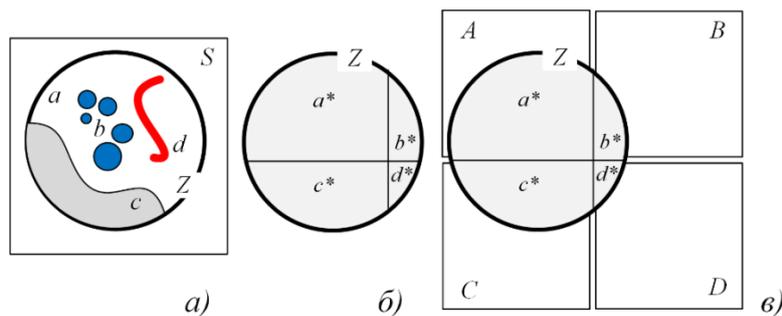


Рис. 1. Схема калибровки измерителя электрического потенциала поверхности

Литература

1. Kronik, L. Surface photovoltage phenomena: theory, experiment, and applications / L. Kronik, Y. Shapira // Surface Science Reports, 1999. – № 37. – P. 1–206.
2. Woodall, I. M. Summary Abstract: Are they really Schottky barriers after all / I. M. Woodall, I. L. Freouf // J. Vac. Sci. Technol., 1982. – Vol. 21, № 2. – P. 574–576.
3. Алгоритм неразрушающего контроля изделий с прецизионными поверхностями на основе методологии измерения параметров объектов с неопределенными состояниями / Р. И. Воробей [и др.]. – Метрология и приборостроение, 2012. – № 2. – С. 29–36.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОТКЛИКА ЦИФРОВЫХ КАМЕР В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТОЧНОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ

Студенты Трапенко Н. В., Косенко А. Д., Мозгалёв С. В., магистрант Кольчевская И. Н.
Кандидат физ.-мат. наук Дудчик Ю. И., кандидат физ.-мат. наук, доцент Кольчевский Н. Н.
НИИ ПФП им. А. Н. Севченко, БГУ, Минск, Беларусь

Для работы в рентгеновском диапазоне длин волн в качестве детектора используются цифровые ПЗС камеры. Для получения статистически достоверного изображения необходимо обеспечить достаточный поток фотонов на отдельный пиксель цифрового детектора, что приводит к большим затратам по времени и радианной нагрузке на объект исследования. Связи с этим, для моделирования отклика цифровых камер в рентгеновском диапазоне, были разработаны программы: SMI, CSM, SMI2, IHRF.

SMI – моделирует попадания рентгеновских фотонов на детектор прошедших через объект при равномерном освещении, после распознает моделируемый объект с заданной достоверностью, обусловленной статистикой рентгеновских фотонов.

CSM – проводит статистический анализ равномерного освещения попадания рентгеновских фотонов на детектор для заданных параметров детектора и числа фотонов.

SMI2 – моделирует попадания рентгеновских фотонов на детектор через периодические структуры в виде решеток, производит анализ отклонения от равномерного освещения, по которому производится распознавание направления ориентации решетки и ее вида с заданной точностью и достоверностью, обусловленной статистикой рентгеновских фотонов.

IHRF – производит графическую обработку экспериментальных изображений с определением попаданий фотонов на матрицу, исходя из диапазона чувствительности камеры к рентгеновскому излучению, после производит распознавание по алгоритму SMI2.

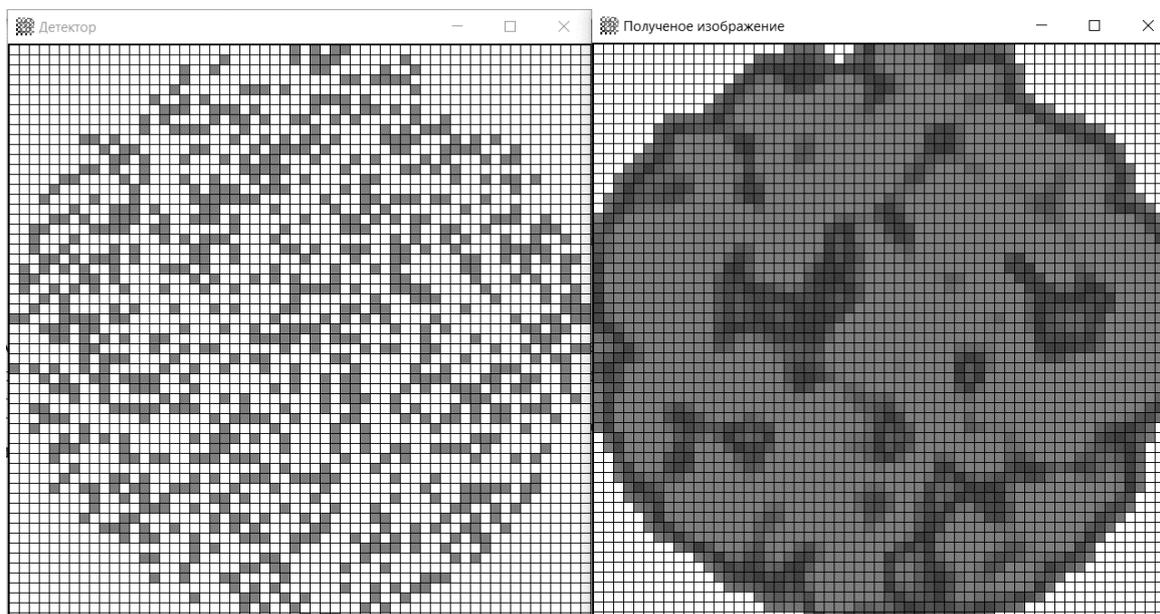


Рис. 1. Результат отклика детектора в SMI

Литература

1. MacDonald, K. A. X-ray Physics, Optics, and Applications / K. A. MacDonald. – Princeton University Press, 2017.
2. Ахманов, С. А. Введение в статистическую радиофизику и оптику / С. А. Ахманов, Ю. Е. Дьяков, А. С. Чиркин. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы. – 1981. – 640 с.
3. Рентгеновская оптика: современное состояние и области применения / Г. И. Грейсух [и др.]. – 2014.

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ В ДЫМОВЫХ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЯХ

Аспирант Третьяк И. Б.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Антошин А. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Конструкция электрических соединителей в дымовых пожарных извещателях значимо не только с точки зрения облегчения выполнения электромонтажных работ на объектах при подключении пожарных извещателей в шлейфы системы пожарной сигнализации. Качество соединителей имеет существенное значение для надежности функционирования систем пожарной сигнализации. Исследование причин ложных срабатываний пожарной автоматики показало, что порядка 5 % всех ложных срабатываний на атомных электростанциях России некачественными контактами электрических соединений и релейных выходов [1].

Для разъёмного подключения пожарных извещателей к системе пожарной сигнализации применяются переходные розетки, содержащие клеммно-контактные группы. Совершенствование конструкции розеток может проходить по следующим направлениям: изменение формы, устройства и способа присоединения проводников контактных площадок; присоединение, фиксация и центрирование корпусов извещателей; повышение технологичности и удобства монтажа корпуса розетки.

По результатам патентного поиска в информационных базах «Федеральный институт промышленной собственности» [2] и «Национальный центр интеллектуальной собственности» [3], выявлены следующие перспективные решения. Предлагается применение упругой безвинтовой фиксации электропроводных контактных элементов, соответствующие ответным контактам основания и образующие с ними при повороте устойчивую механико-электрическую связь [4]. Новым является то, что на боковой поверхности розетки выполнен опирающийся паз, соответствующий горизонтально расположенной упругой защелке корпуса, а контактная площадка содержит сквозной паз для установки электропроводного контактного элемента и его упругой безвинтовой фиксации. Техническим результатом является повышение прочности электрического соединения, обеспечение быстрого действия и надежности контактирования, упрощение конструкции. Предложено изменение формы контактной пластины [5], за счет чего обеспечивается экономия материалов, улучшение условий для подключения проводников шлейфа пожарной сигнализации и возможность уменьшения массогабаритных характеристик розетки. Кроме того, решается дополнительная задача – увеличение пространства в середине базы для размещения запаса проводников шлейфа при проведении монтажных работ. Для повышения технологичности изготовления и монтажа и увеличения надежности электромеханического контакта с пожарным извещателем, а также с целью снижения массогабаритных характеристик устройства предлагается изменение расположения контактных площадок с объединением их в единый контактный блок [6]. Повышение надежности электрического соединения между розеткой и электрическими проводами шлейфа осуществляется за счет прижимного усилия рычажного зажима, что обеспечивает стабильное контактное давление. При этом упрощение монтажа соединения происходит за счет нахождения электрического проводника в зоне прямой видимости.

Литература

1. Фомин, В. И. Исследование причин ложных срабатываний пожарной автоматики на атомных электростанциях России / В. И. Фомин, Т. А. Буцынская, С. Ю. Журавлев. – Вестник Академии Государственной противопожарной службы, 2007. – № 7. – С. 9–13.
2. Федеральный институт промышленной собственности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fips.ru/registers-web/action?acName=clickRegister®Name=RUPAT>. – Дата доступа 03.03.2023-10.03.2023.
3. Национальный центр интеллектуальной собственности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://search.ncip.by/database/> – Дата доступа: 04.03.2023-10.03.2023.
4. Stable trifluorostyrene containing compounds, and their use in polymer electrolyte membranes: patent WO2005113491A1 / Zhen-Yu Yang. – Publ. 25.06.2004.
5. Контакт базы пожарного извещателя: патент RU 2364941 / В. В. Баканов [и др.]. – Оpubл. 19.11.2007.
6. Static charge eliminator of electrical insulation sheet and manufacturing method of the same: patent JP2007115559A / Yasuyuki Hirai [et al.]. – Publ. 21.10.2005.

УДК 681

ЦИФРОВАЯ РЕНТГЕНОГРАФИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ГАЗОПРОВОДОВ

Студенты гр. 11312119 Ценев В. А., Логачёв С. А.

Ст. преподаватель Куклицкая А. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Через территорию Республики Беларуси проходит более 2500 км газопроводов. Кроме этого, ОАО «Газпром трансгаз Беларусь» обслуживает 575 км магистрального газопровода «Ямал–Европа» и сварные соединения газопроводов нуждаются в периодическом контроле сварных соединений труб. Основным методом контроля является радиография, в том числе цифровая.

Цель работы: разработка алгоритма цифрового рентгенографического контроля сварных соединений газопроводов.

В целях сокращения времени проведения контроля и отсутствия необходимости приобретать расходные материалы (пленку, реактивы и другие) переход на цифровую рентгенографию выглядит наиболее целесообразным решением. Цифровая радиография – современный метод неразрушающего контроля, который давно и успешно используется на объектах ПАО «Газпром».

Для получения цифровых изображений сварных соединений используются плоскочувствительные детекторы типа TFT (thin film transistor). Стремительное развитие технологии получения цифровых изображений привело к созданию моделей, которые имеют размер пикселя меньше 80 мкм («DRC 2430 NDT», «ПРОДИС. Марк 1215», «VIVIX–V 1723») [1].

Предлагаемая методика контроля предполагает следующие пункты: подготовка объекта контроля (очистка от грязи и др.), крепление детектора и его позиционирование относительно объекта контроля, установка рентгенаппарата с противоположной от детектора стороны, проведение контроля, расшифровка результатов.

Пример цифрового изображения, полученного по предложенной методике с помощью плоскочувствительного детектора [2]:

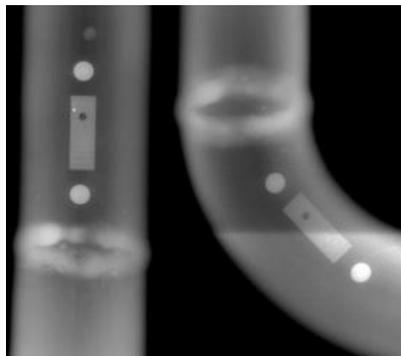


Рис. 1. Контроль через две стенки детектор DRC 2430 NDT

Заключение: предложенная методика обеспечивает разрешение не менее 10 пар лин./мм.

Рассмотренные технологии цифровой рентгенографии показали хорошие результаты в отношении качества снимков при значительном сокращении времени экспозиции по сравнению с радиографической.

Литература

1. ООО «Ньюком-НТД». «Vivix-V 1723T» («VXTD-1723CCW») плоскочувствительный детектор для цифровой рентгенографии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://newcom-ndt.ru/ploskopanelnye-detektory/ploskopanelnye-detektory-vivix/vivix-s-0810p-ploskopanelnyj-detektor>. – Дата доступа 03.03.2023.

2. Росстандарт. ГОСТ ISO 17636-2-2017. Неразрушающий контроль сварных соединений. Радиографический контроль. Часть 2. Способы рентгено- и гаммаграфического контроля с применением цифровых детекторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200158604>. – Дата доступа: 03.03.2023.

УДК 681

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ПЕРВИЧНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

Студент гр. 11312119 Ценев В. А.

Ст. преподаватель Ломтев А. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В современных технических системах невозможно обойтись без датчиков. Датчики являются фундаментом измерений.

Основой ультразвуковых преобразователей является закономерность взаимодействия звуковых колебаний с веществом. Пример конструкции пьезоэлектрического преобразователя представлен на рис. 1. Такая конструкция нашла широкое применение в ультразвуковом контроле.

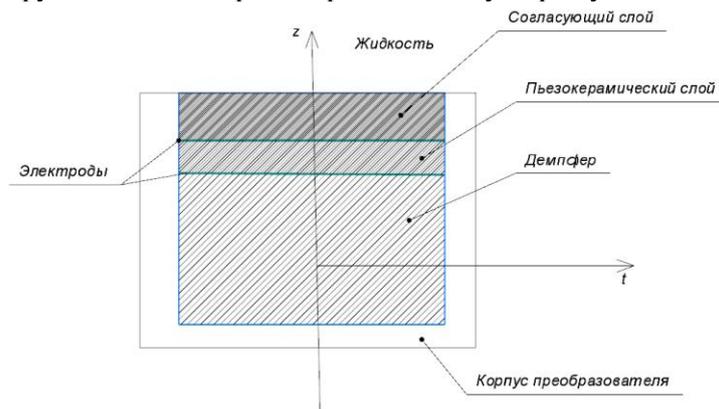


Рис. 1. Конструкция пьезоэлектрического преобразователя

Показанный на рисунке преобразователь имеет применение для излучения ультразвуковых колебаний в твердую или жидкую среду, а также для измерения расхода газа. Главным элементом пьезоэлектрического преобразователя является пьезоэлемент (пьезокерамический диск), находящийся между согласующим слоем и демпфером. Рассеяние и поглощение звука зависит от частоты колебаний, от характеристик среды

Основным свойством пьезоэлектриков, в частности пьезокерамики, является, что при сжатии или растяжении в определенных направлениях под действием внешнего механического давления на их поверхности возникают электрические заряды.

Это свойство получило название «прямой пьезоэлектрический эффект». Впоследствии, исследования пьезоэффекта показали, что его свойства зависят от свойств элементарной ячейки структуры материала, которая в свою очередь, является наименьшей симметричной единицей материала. При ее многократном повторении можно получить микроскопический кристалл. Необходимой предпосылкой для появления пьезоэффекта является отсутствие центра симметрии в элементарной ячейке.

Поясним пьезоэлектрический эффект на примере титаната бария. Пьезокерамика титаната бария широко применима для изготовления ультразвуковых преобразователей, где нет жестких требований к стабильности по температуре. Сжатие или растяжение в определенных направлениях, действующее на пьезоэлектрическую пластину, приводит к деформации всех элементарных ячеек. При этом, происходит взаимное смещение центров тяжести зарядов внутри элементарных ячеек, которые теперь располагаются преимущественно параллельно. В результате чего возникает электрическая поляризация с образованием зарядов на поверхности.

Выбранный эффект для первичного измерительного преобразователя ультразвука позволяет широко применять его в неразрушающем контроле.

Литература

1. Ультразвуковые датчики. Ультразвуковые преобразователи. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://engineering-solutions.ru/ultrasound/transducers>. – Дата доступа 05.03.2023.
2. Пьезоэлектрический преобразователь: без него любой дефектоскоп – просто умная коробка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://defektoskopist.ru/page.php?p=ultrazvukovaya-defektoskopiya/pezoelektricheskiy-preobrazovatel>. – Дата доступа 05.03.2023.

К ВОПРОСУ ВЫБОРА ОРОСИТЕЛЯ В ДИКТУЮЩЕЙ ТОЧКЕ

Магистрант Шабан Е. И.

Кандидат техн. наук, доцент Мисюкевич Н. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Существующие технические нормативные правовые акты (ТНПА), описывая расчет установок водяного и пенного пожаротушения, не дают представления о том, каким образом задать начальные условия для расчета и выбрать ороситель в наиболее удаленной (диктующей точке) трубопроводной сети установки пожаротушения. Для этого необходимо или иметь базовые знания в области гидравлики, или изменить изложение методики расчета, приведенной в ТНПА, сделав дополнения, понятные для впервые приступающего к данному виду деятельности. Эти дополнения сделаны в ходе проведенной работы.

Расход оросителя должен удовлетворять требованиям тактики пожаротушения, и каждая точка защищаемой поверхности должна орошаться с интенсивностью не ниже минимально необходимой для достижения эффекта тушения. Вид огнетушащего вещества (вода или пена) выбирается в зависимости от свойств веществ и материалов подлежащих тушению.

Нормативная интенсивность орошения определяется по таблицам А2 и А3 СН 2.02.03-2019 [1]. Интенсивность зависит от группы помещений, которая определяется в соответствии с табл. А.1 [1].

Для начала расчета необходимо выбрать ороситель путем подбора и последующей проверки соответствия его расхода требуемой минимально необходимой интенсивности орошения для ликвидации пожара.

Зная площадь защиты оросителя S , имея карту и эпюру орошения, определяем необходимый расход огнетушащего вещества из оросителя Q_p , исходя из минимально необходимой интенсивности орошения для ликвидации пожара. Для этого вводим отсутствующую в СН 2.02.03-2019 [1] формулу расхода, соответствующую данному техническому параметру:

$$Q_p = I \cdot S. \quad (1)$$

Данный расход является минимально необходимым для достижения эффекта тушения. Соответствует ли полученное значения расхода из выбранного оросителя расходу, определяемому по технической характеристике оросителя Q_0 проверяем по формуле (2):

$$Q_0 = 10 \cdot K \cdot \sqrt{P}, \quad (2)$$

где K – коэффициент производительности оросителя; P – необходимое минимальное давление для раскрытия карты орошения, МПа.

В зависимости от полученных данных необходимо увеличить или уменьшить диаметр выбранного оросителя для соответствия его расхода, требуемому по формуле (1).

Для оптимизации значений расхода в диктующей точке необходимо проверить их возможные изменения при изменении диаметров выходных отверстий оросителей – изменение номенклатуры применяемых технических изделий. Если для выбранного методом подбора оросителя расход по формуле (1) существенно меньше расхода по формуле (2), необходимо выбрать ороситель с меньшим диаметром выходного отверстия, если существенно больше – выбрать ороситель с большим диаметром выходного отверстия.

Определены подходы по расчету расхода, а также по выбору видов оросителей, обеспечивающих нормативные интенсивности подачи огнетушащих веществ.

Литература

1. Строительные нормы Республики Беларусь. Пожарная автоматика зданий и сооружений: СН 2.02.03-2019. – Введ. 16.08.2020. – Минск: Минстройархитектуры, 2021. – 100 с.

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ ЗОНДА КЕЛЬВИНА НА ПЛИС

Магистрант гр. 61315022 Ясько Н. Е.

Кандидат техн. наук, доцент Тявловский А. К.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Одним из вариантов цифровой обработки сигналов, является обработка сигналов с применением программируемых логических интегральных схем (ПЛИС, англ. FPGA). ПЛИС, по сравнению с микроконтроллерами, обладает более высокой производительностью и позволяет параллельно выполнять различные процедуры. Параллельность выполнения команд реализована в ПЛИС аппаратно. Преимущество ПЛИС состоит в том, что ПЛИС можно применять в многоканальных системах, без потери производительности. Еще одним преимуществом является наличие большого количества внутренних ресурсов и памяти.

Целью исследования является анализ скорости цифровой обработки сигналов одного из методов цифровой обработки сигналов на ПЛИС.

В качестве применяемого метода был выбран метод быстрого преобразования Фурье (БПФ, англ. FFT) [1]. В качестве ПЛИС используется SoC Xilinx Zynq 7010 [2], содержащая на одном кристалле процессорную часть и программируемую логику.

На вход АЦП приходит сигнал с зонда Кельвина. АЦП оцифровывает данные и передает их в ПЛИС. Внутри ПЛИС имеется свой процессор, который организует передачу данных между различными блоками по внутреннему 32-битному интерфейсу. Обработанные и не обработанные данные хранятся в памяти BRAM, которая служит буфером.

Основным узлом в системе выступает блок БПФ. Блок выполняет математические преобразования. На выходе этого блока формируются готовые данные, по которым строится спектральная характеристика частот.

Измеренные данные отправляются на компьютер через USB-UART преобразователь. Также, системой можно управлять с компьютера.

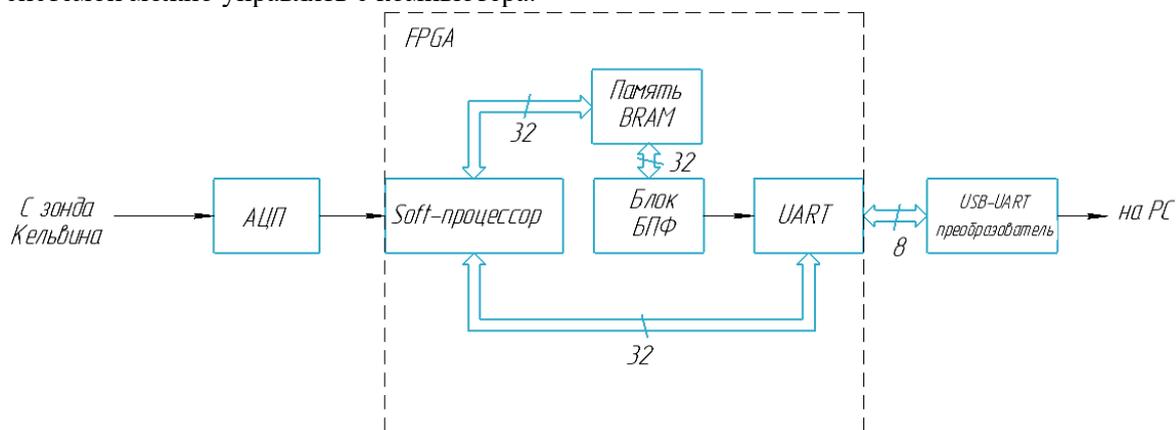


Рис. 1. Блок-схема ЦОС на ПЛИС

Разработка программного обеспечения на ПЛИС достаточно проста. В процессе разработки, разработчики часто прибегают к построению блок-схем с использованием IP-ядер [3]. В исследовании будет применяться IP-ядро для БПФ. Это позволяет ускорить разработку, а также быстро реконфигурировать параметры используемого блока без необходимости вмешательства в программный код.

Литература

1. Принцип построения алгоритмов быстрого преобразования Фурье [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.dsplib.org/content/fft_introduction/fft_introduction.html. – Дата доступа: 09.03.2023.
2. Zynq-7000 SoC Data Sheet: Overview [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.xilinx.com/v/u/en-US/ds190-Zynq-7000-Overview>. – Дата доступа: 09.03.2023.
3. IP-cores [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/IP-cores>. – Дата доступа: 09.03.2023.

ВИХРЕТОКОВЫЙ ПЕРВИЧНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

Студент гр. 11312119 Крючков Н. И.

Ст. преподаватель Ломтев А. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Вихретоковые датчики представляют собой современные контроллеры, работающие по принципу изменения индуктивности электромагнитного поля. Они предназначены для бесконтактных замеров вибрации, осевого сдвига, частоты вращения, контроля положения деталей и других важных технических параметров. На рис. 1 представлена принципиальная схема вихретокового первичного измерительного преобразователя.

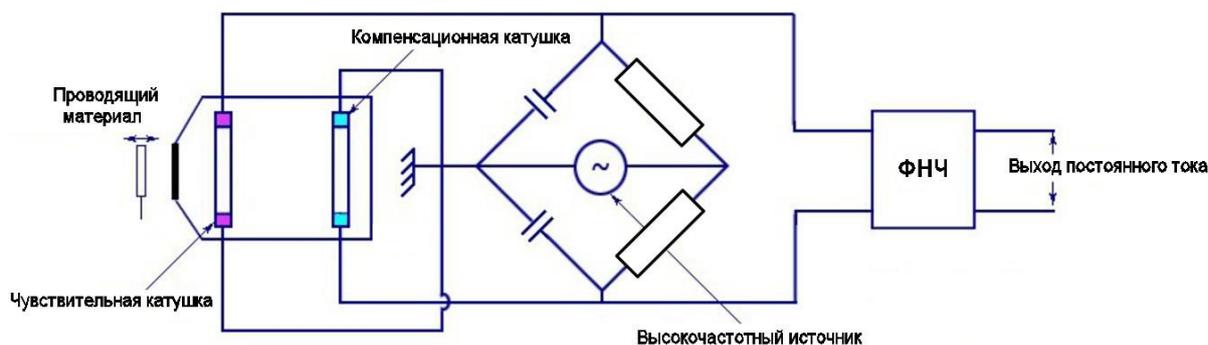


Рис. 1. Принципиальная схема вихретокового преобразователя

Эффективность вихретокового преобразователя зависит в основном от качества источника переменного тока, который подается на набор катушек. Одна катушка называется активной катушкой, а другая обеспечивает температурную компенсацию (компенсационная катушка), являясь соседним плечом мостовой схемы. Обе катушки помещаются внутрь зонда, активная катушка при этом располагается ближе к объекту контроля.

Объект контроля из проводящего материала расположен рядом с активной катушкой, которая, в свою очередь, реагирует на присутствие объекта, а также на приближение или отдаление его от катушки. Магнитный поток индуцируется в активной катушке и проходит по объекту контроля, возбуждая вихревые токи. Плотность вихревых токов будет максимальной у поверхности объекта и будет уменьшаться по мере увеличения глубины.

Высокочастотный источник действует как мостовая схема и питает катушку через два конденсатора. Величина индуцируемого вихревого тока увеличивается по мере уменьшения расстояния между проводящим материалом и активной катушкой. Это вызывает изменение импеданса активной катушки и тем самым разбалансирует мостовую схему. Мостовая схема дает выходной сигнал, пропорциональный расстоянию между объектом контроля и активной катушкой. Выход мостовой схемы подается на фильтр нижних частот (ФНЧ), а затем рассчитывается выходной постоянный ток.

Приоритетной областью использования вихретоковых измерителей является контроль осевого смещения и поперечного биения валов больших турбин, компрессоров, электромоторов, в которых используются подшипники скольжения, контроль линейных размеров тонких пластинок и толщины покрытий, а также обнаружения дефектов – поверхностных царапин и трещин.

Литература

1. Eddy current transducer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.instrumentationtoday.com/eddy-current-transducer/2011/08>.
2. Вихретоковые датчиковые системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zetlab.com/podderzhka/raznoe/izmerenie-peremeshheniya/vihretokovyye-datchikovyye>.

УДК 681

ВЫНОСНАЯ ПАНЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАННО-ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ С ПРОВОДНЫМ (RS-485) ИНТЕРФЕЙСОМ

Студенты гр. 11301120 Любинский К. А., Гулич А. Ю., Голубович А. И.

Ст. преподаватель Исаев А. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Выносная панель управления охранно-пожарной сигнализацией является устройством, которое позволяет удаленно управлять системой (используется при формировании постов охраны). Выносная панель управления (ВПУ) является устройством индикации и управления, которое дополняет систему и позволяет дистанционно управлять шлейфами охранной и пожарной сигнализации и адресных устройств системы и отображать их состояние. Выносная панель управления имеет память, в которой кроме основных данных хранятся полученные ранее извещения из системы. Через ВПУ может осуществляться постановка и снятие с охраны зон, шлейфов тревожных кнопок и пожарной сигнализации, а также дистанционное управление устройствами автоматики. ВПУ может применяться для организации постов охраны, как в автономном, так и в сетевом режимах работы. ВПУ является адресным устройством в объектовой линии связи.

Работа выносной панели управления построена на получении и обработке информации с прибора приемно-контрольного (ППК). Сигналы, содержащие необходимую информацию для постов охраны от ППК и подключенных устройств, обрабатываются микропроцессором. Информация, обработанная микропроцессором, выводится на ЖК дисплей, а также отображается с помощью световых индикаторов «ПИТАНИЕ», «ТРЕВОГА», «ПОЖАР», «АВТ. ОТКЛ.», «НЕИСПР». ВПУ имеет интерфейс RS-485, который позволяет подключать к ней несколько устройств, что делает ее удобной для использования в различных комбинациях с несколькими ППК. Интерфейс RS-485 позволяет организовывать подключение с максимальной длиной линии 1200 м, что позволяет расположить ВПУ в удобном месте. Подключение ВПУ к адресным устройствам пожарной и охранной сигнализации позволяет отображать информацию о статусе каждого устройства и контролировать их работу. Ручное управление ВПУ производится с помощью клавиатуры, ЖК дисплея и индикации. Панель питается от сети постоянного тока напряжением 10,2–28,4 В. Для получения доступа к выносной панели индикации можно воспользоваться электронным ключом, либо ввести код доступа с встроенной клавиатуры.

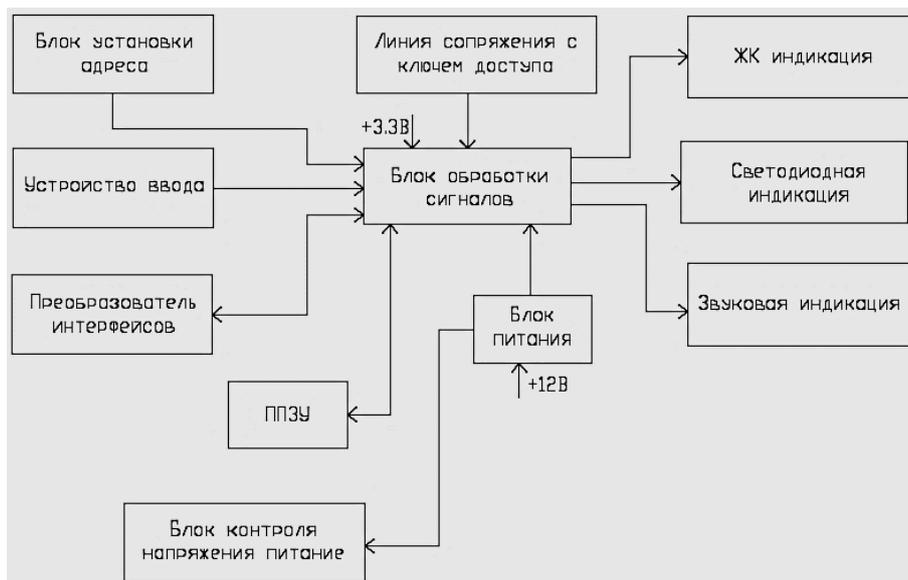


Рис. 1. Структурная схема выносной панели управления охранно-пожарной сигнализацией с проводным (RS-485) интерфейсом

Из основных функций ВПУ реализованы следующие: отображение состояния охранных, пожарных и тревожных шлейфов сигнализации; постановка и снятие шлейфов и зон с охраны;

индикация состояний системы; оповещение о пожаре, тревоге и неисправностях в системе, сброс тревог, отключение адресных устройств, пуск и останов средств светового, звукового и речевого оповещения, противодымной защиты, инженерного оборудования.

Из основных преимуществ выносной панели управления можно выделить легкость доступа: выносная панель управления позволяет быстро и легко получать доступ к системе управления без необходимости подниматься на лестницу или искать другой способ доступа к основному устройству. Удобство использования: панель управления, расположенная на уровне глаз, обеспечивает удобный доступ к функциям системы управления. Это может снизить вероятность ошибок при использовании системы и сократить время на ее настройку. Удобство монтажа: выносная панель управления легче монтировать, так как ее необходимо просто закрепить на стене или другой поверхности. Это может сократить время и затраты на установку системы. Увеличение безопасности: выносная панель управления может устанавливаться в безопасном месте, например, вне зоны риска пожара или других опасных зон. Это может снизить риск повреждения панели и обеспечить более безопасную эксплуатацию системы.

УДК 681.58

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗРЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Студенты гр. 11303121 Молчан Е. В., Курсевич Н. Р.

Кандидат техн. наук, доцент Савёлов И. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Для увеличения производительности труда, автоматизации промышленных процессов, которые при их функционировании, требуют анализа визуальной информации и принятие дальнейших действий, широко применяется техническое зрение.

Система технического зрения обеспечивает обработку и анализ исходного изображения, осуществляет поиск и классификацию объектов, контроль их местонахождения в рабочей зоне, определение ориентации деталей в пространстве или на плоскости и т. д. С помощью технического зрения можно определять размеры объекта, положение деталей при механической обработке, обнаружить бракованные детали на производственной линии, контролировать нарушение сотрудниками техники безопасности и т. д.

Аппаратная часть технического зрения состоит (рис. 1) из датчиков оптической информации, средств обработки и анализа изображения и других устройств, обеспечивающих функционирование системы [1].

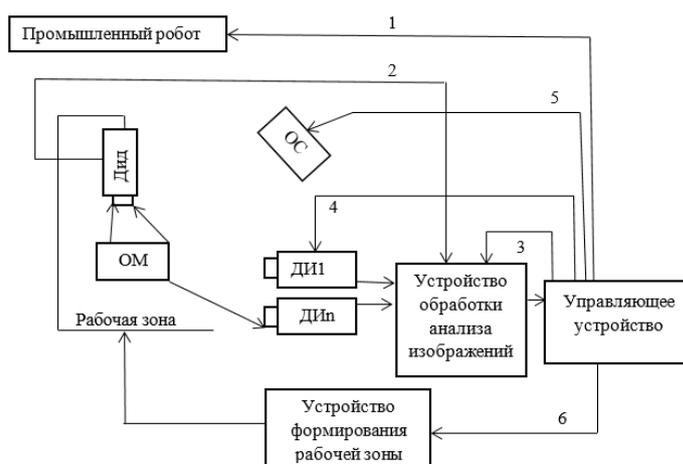


Рис. 1. Структурная схема системы технического зрения: ОМ – объект манипулирования; ДИ1...n – датчик изображения; Дид – датчик вспомогательной цепи; ОС – освещение

Для решения производственных задач были разработаны модели камер различного функционального назначения: линейные, матричные, 3D камеры.

Техническое зрение широко используется в самых разных сферах: от мобильных устройств до роботов, в фармацевтике, автомобилестроении и приборостроении. В Беларуси техническое зрение используют следующие предприятия: СЗАО «БЕЛДЖИ», СЗАО «Зенит-БелОМО», «Европрибор», завод «Оптик» и т. д.

Таким образом, техническое зрение позволяет обеспечить высокую производительность труда, контролировать возникновение нештатных ситуаций на производстве линии и заменить человека при выполнении рутинных, однообразных задач. Для расширения сфер применения технического зрения необходимо конструктивно обеспечить пыле- и влаго- защищенность аппаратной части, повысить скорость обработки информации схмотехническими и программными способами.

Литература

1. Системы технического зрения: Справочник / В.И. Сырямкин [и др.]; под общ. ред. В. И. Сырямкина, В. С. Титова. – Томск: МГП «РАСКО», 1992. – 367 с.

УДК 543.27.-8

ПОРТАТИВНЫЙ АНАЛИЗАТОР КОНЦЕНТРАЦИИ МЕТАНА

Студент гр. 31303121 Печень М. В.

Кандидат техн. наук, доцент Савёлов И. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Безопасность людей, работающих в шахтах, в немалой степени зависит от оперативного определения концентрации метана в атмосфере **системы подземных горных выработок, так как метан является самым активным газом, выделяющихся из горных пород и угольного пласта и самым опасным. Метан не имеет цвета, запаха и вкуса, поэтому органами чувств человека не обнаруживается. В шахтах газ скапливается в пустотах среди пород, в основном, под кровлей выработок и от малейшей искры может в любой момент взорваться. Обычно выброс метана происходит одновременно с выбросом или обрушением угольной породы.**

Опасность метана в замкнутых помещениях заключается в его горючих и взрывоопасных свойствах. Смесь метана с воздухом воспламеняется. При концентрации 5 % об. сгорает голубым пламенем; при концентрации в пределах от 5 до 16 % об. – взрывается; наибольшей силой взрыва обладает рудничный воздух, содержащий 9–9,5 % об. метана. При содержании метана свыше 16 % об. – смесь не взрывается и не поддерживает горения из-за недостатка кислорода.

Существует два вида контроля за состоянием воздуха в шахтах: плановый и оперативный. Плановый контроль осуществляется путем отбора проб воздуха в горных выработках и последующего анализа этих проб в лаборатории. Преимущества этого вида контроля является в том, что с его помощью можно определить полный газовый состав шахтного воздуха. Он обеспечивает высокую точность определения содержания примесей в воздухе. Недостатком является то, что с момента взятия пробы и до получения результатов проходит большое количество времени (3–24 часа).

Оперативный контроль осуществляется приборами двух типов: автоматическими (непрерывного действия) и приборами эпизодического действия. Положительная сторона оперативного контроля в том, что он позволяет определять содержание вредных газов прямо на месте взятия пробы. Но при этом каждое отдельное взятие пробы приборами для оперативного контроля позволяет установить содержание только одного газа в воздухе, причем с меньшей точностью чем плановый контроль.

Приборы для контроля концентрации метана в шахте М01 и Сигнал 5 представлены на рис. 1. Газоанализатор портативный М-01, применяется для оперативного автоматического непрерывного измерения, непрерывной и эпизодической (по команде оператора) фиксации содержания концентраций метана или горючих газов в шахтах. Анализатор метана переносной «Сигнал 5» предназначен для непрерывного автоматического контроля и измерения объемной доли метана в атмосфере горных выработок в диапазоне от 0 до 100 %, отображения информации световой и звуковой сигнализацией при достижении предельно допустимого значения объемной доли метана.

Существующие на данный момент измерители концентрации метана не в полной мере отвечают современным требованиям безопасности:



а



б

Рис. 1: *а* – газоанализатор серии м 01 (исполнение 2); *б* – анализатор метана переносной сигнал 5

1. Отсутствует возможность непрерывного мониторинга состояния атмосферы.
2. Непродолжительное время автономной работы.
3. Отсутствует возможность сопряжения с компьютером для проведения анализа результатов измерения и состояния воздушной атмосферы в контролируемом объеме.
4. Газоанализаторы концентрации метана в Республике Беларусь не производятся.

Таким образом, актуальной является разработка портативного устройства, обеспечивающего взрывозащищенное исполнение, осуществления контроля концентрации метана с применением современной элементной базы, конструкционных материалов и расширенными функциональными возможностями. Разработка новой конструкции газоанализатора является импортозамещением и будет востребована не только на предприятиях горнодобывающей промышленности, но и на газодобывающих и газоперерабатывающих организациях, подразделениях жилищно-коммунального хозяйства.

УДК 621.382.2/3

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ В ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЕ

Студент гр. 11303120 Чистов П. В.

Кандидат техн. наук, доцент Савёлов И. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В цифровых схемах электронной аппаратуры коммутатор сигналов применим для какого-либо конкретного схемотехнического решения и состоит из большого количества логических элементов и триггеров. Использование компонентов в виде отдельных микросхем существенно усложняют конструкцию коммутационного блока, увеличивают габариты устройства.

Решением данной проблемы является применение электронных компонентов, в которых возможна реализация различной архитектуры на основе базовых логических элементов. Такими микросхемами являются программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС), которые являются универсальными коммутационными устройствами [1].

ПЛИС в основном применяется для создания конфигурируемых цифровых электронных схем. В настоящее время применяются различные типы программируемых логических интегральных схем: PAL, GAL, CPLD, FPGA. Структурная схема таких устройств приведена на рис. 1.

Безусловным преимуществом ПЛИС является скорость их работы. За счет высокоскоростной и параллельной обработки данных программируемые логические интегральные схемы значительно быстрее микропроцессоров, кроме того, они обладают высокой адаптивностью к предъявляемым схемотехническим требованиям. В стандартном микроконтроллере нельзя изменять внутренние связи между простейшими элементами, а в ПЛИС возможна произвольная коммутация линий связи при помощи программирования.

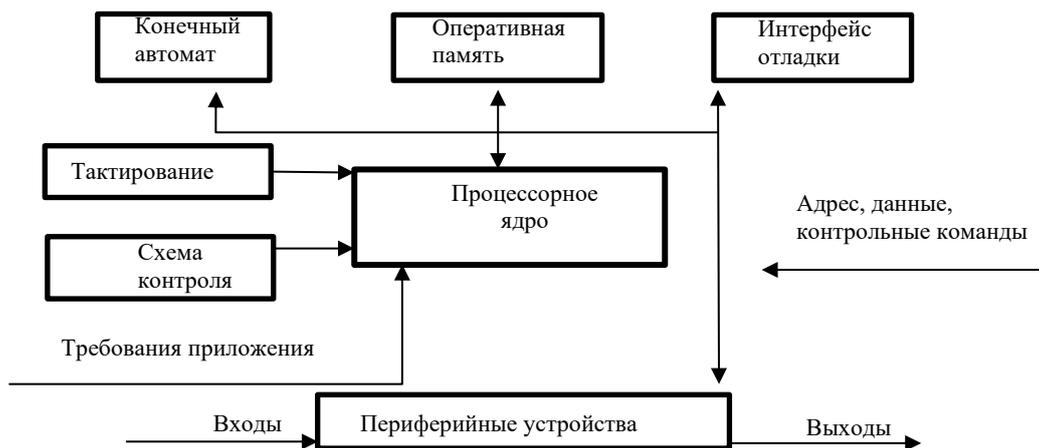


Рис. 1. Структура ПЛИС

Недостатком ПЛИС является отсутствие энергонезависимой памяти, поэтому после включения питания прошивку нужно вновь загружать или должен быть дополнительный компонент - постоянное запоминающее устройство [2].

Таким образом, ПЛИС целесообразно применять для функционирования компьютерных сетей: увеличения скорости передачи данных (локальных, персональных, нейросетей и т.д.), выполнения высокопроизводительных вычислений, обработки фото- и видеоизображений. Применение ПЛИС в устройствах информационно-измерительной техники позволит расширить функциональные возможности электронной аппаратуры благодаря повышению точности измерений и детерминированности обработки информации.

Литература

1. Тарасов, И. Е. Разработка цифровых устройств на основе ПЛИС с применением языка VHDL / И. Е. Тарасов. – М.: «Современная электроника», 2005. – 36 с.
2. Соловьев, В. В. Проектирование встраиваемых систем на ПЛИС / В. В. Соловьев. – М.: Все об электронике, 2016. – 145 с.

УДК 621.396.621(621.93)

ВЫСОКОТОЧНЫЙ УГЛОМЕРНЫЙ ПРИЕМНИК ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ НЬЮТОН-3

Ведущий инженер Конопляников А. А.¹, начальник отдела Односторонцева Д. А.¹,
главный инженер Морошек П. М.¹

Кандидат техн. наук, доцент Фёдорцев Р. В.^{1,2}

¹ООО «НТЛаб-ИС», ²Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь

Высокоточный угломерный приемник глобальных навигационных спутниковых систем «Ньютон-3» (группа компаний «НТЛаб») имеет широкие области практического применения включая автомобильную промышленность, морской и железнодорожный транспорт, авиацию и геодезию (рис. 1). В основу функционирования Ньютон-3 заложены технологии: позиционирования высокой точности (PPP, Precise Point Positioning) и кинематика реального времени (RTK, Real Time Kinematic) в статическом и динамическом режимах работы. Ньютон-3 может быть легко интегрирован в существующее оборудование с помощью различных беспроводных и проводных интерфейсов. Это позволяет приемнику принимать сигналы от различных служб дифференциальной коррекции. Кроме того, он может быть оснащен высокоточным дополнительным оборудованием, таким как датчики угловых перемещений, одометр или спидометр. Ньютон-3 поддерживает различные микроэлектромеханические системы инерциальных навигационных систем (МЭМС ИНС), что позволяет выбирать ИНС, необходимые для использования в конкретной ситуации. Данные от ГНСС и ИНС доступны для вторичной обработки, что дает

потребителям возможность разрабатывать собственные приложения на базе имеющейся платформы. Кроме того, приемник может быть дополнен высокопроизводительной системой определения курса и пространственного положения летательных аппаратов (AHRS).



Рис. 1. Внешний вид приемника ГНСС Ньютон-3

Одной из ключевых особенностей приемника является надежный алгоритм интеграции ГНСС+ИНС со свободной связью. Это позволяет объединять данные ГНСС и ИНС в режиме реального времени с помощью расширенного фильтра Калмана. Такая интеграция обеспечивает точное и надежное определение положения, скорости, времени (PVT) и отклонений (крен, тангаж, рысканье) в самых сложных условиях, в том числе и при отсутствии сигналов от некоторых систем спутникового позиционирования (GPS, ГЛОНАСС, Beidou). Основные выходные технические характеристики представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Технические характеристики Ньютон-3

Точность позиционирования в зависимости от режима (горизонталь/вертикаль)				
Автономный	SBAS	PPP	RTK	
1,1 м / 1,8 м	0,6 м / 0,9 м	0,05 м / 0,1 м	0,005 м / 0,008 м	
Точность измерения углов				
Крен	Тангаж		Рысканье	
0,15°, <1°	0,15°, <1°		0,06°, <1°	
Частота опроса в зависимости от режима				
Автономный	PPP	RTK	ГНСС+ИНС	ГНСС
20 Гц (1, 2, 5, 10)	20 Гц (1, 2, 5, 10)	20 Гц (1, 2, 5, 10)	до 200 Гц	20 Гц (1, 2, 5, 10)
Холодный старт			< 60 с	
Переопределение			< 2 с	
Условия использования				
Высота			до 18000 м	
Скорость			до 512 м/с	
Точность по времени			+/- 20 нс	
Проводные интерфейсы			2×RS422, 1×Ethernet ⁽⁴⁾ , 1×CAN ⁽⁴⁾	
Беспроводные интерфейсы			GSM/LTE, Wi-Fi + Bluetooth, NB-IoT, LoRa, UHF	
Температурный диапазон			- 40 ... +80 °С	
Защита от внешних воздействий			IP67	
Габаритные размеры (Д×Ш×В)			141×81×51 мм	
Масса			< 1 кг	

УДК 681

ТЕПЛОВОЙ НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ЖИЛЫХ ОБЪЕКТОВ

Студенты гр. 11312121 Драница М. Ю., Коваленко А. А.

Ст. преподаватель Куклицкая А. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Тепловой контроль – вид неразрушающего контроля, основанный на регистрации поверхностных тепловых полей. Метод очень актуален, так как он позволяет найти дефекты в системах отопления, водоснабжения и водоотведения, вентиляции и кондиционирования, допущенные при строительстве и эксплуатации жилых объектов.

Цель работы: выбрать метод и устройство для теплового контроля жилых объектов – многоэтажных зданий.

Предлагается использовать метод термографии. Термография – один из методов теплового неразрушающего контроля состояния объектов, основанный на бесконтактной фиксации

инфракрасного излучения, и преобразования его с последующей визуализацией поверхностных тепловых полей.

Преимущества данного метода: бесконтактность, быстрота фиксации результатов, безопасность для оператора.

Недостатки данного метода: влияние факторов окружающей среды и состояние поверхностей объекта контроля.

Для реализации метода рекомендуется использовать тепловизор FLUKE TIX580, представленный на рис. 1, с углом обзора 240°, позволяющий получить полную термограмму многоэтажного жилого здания, предоставленного на рис. 2.



Рис. 1. Тепловизор fluke tix580

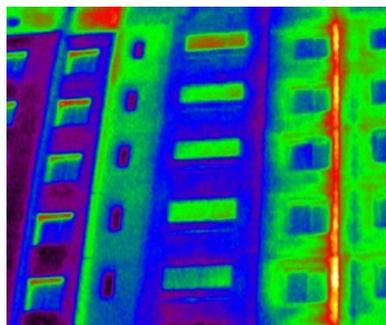


Рис. 2. Термограмма многоэтажного жилого здания

Таким образом, для контроля многоэтажных жилых зданий целесообразно использовать метод термографии и тепловизоры с большим углом обзора и высоким разрешением.

УДК 681

ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛЬНО-СОВМЕЩЕННЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТРУКТУРЫ ЧУГУНОВ

Париза И. А., Забогонский К. А.

Кандидат техн. наук Асадчая М. В., ст. преподаватель Самарина А. В.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Повышение надежности и достоверности контроля структуры чугуновых отливок различной формы и габаритов является весьма важной производственной задачей, как в нашей стране, так и за рубежом, т. к. контроль структуры чугунов на многих предприятиях производится преимущественно разрушающим методом, выборочно, что, сказывается на качестве выпускаемой продукции и производственных затратах.

Для разбраковки чугунов используется конструкция пьезоэлектрического раздельно-совмещенного преобразователя (ПЭП), приведенного на рис. 1 с рабочей частотой 5 МГц и электронный блок, выполняющий функцию измерителя отношения амплитуд опорного сигнала A_0 и зондирующего сигнала A^* , характеризующего усредненную амплитуду поверхностных колебаний, попадающих на приемный преобразователь после прохождения через зону контакта рабочей поверхности ПЭП с поверхностью контролируемого объекта. При этом величина A^* обусловлена сложным характером формирования поля дифрагирующего сигнала, зависящего как от структуры контролируемого материала, так и их углов излучения-приема. Значительный вклад в величину A^* вносят как особенности трансформации продольной волны в поверхностные (подповерхностные) волны при их излучении и приеме, так и их рассеяние на включениях (графитовых образованиях), что поясняется на рис. 2.

В результате сил взаимодействия магнитной системы, установленной в корпусе ПЭП, с металлом осуществляется его удержание в любом пространственном положении и постоянный прижим. Это позволяет обеспечить стабильность акустического контакта и повысить точность измерительной процедуры по сравнению с условиями ручного прижима ПЭП к объекту, а также производительность контроля.

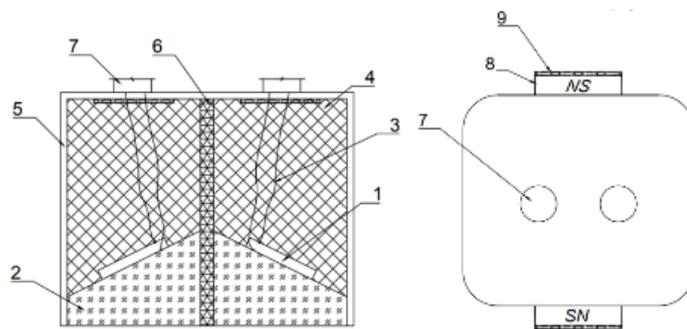


Рис. 1. Конструкция ПЭП для разбраковки чугунов: 1 – пьезопластина; 2 – призма; 3 – проводники; 4 – демпфер; 5 – корпус; 6 – звукоизолирующая перегородка; 7 – разъем; 8 – магниты; 9 – магнитопровод

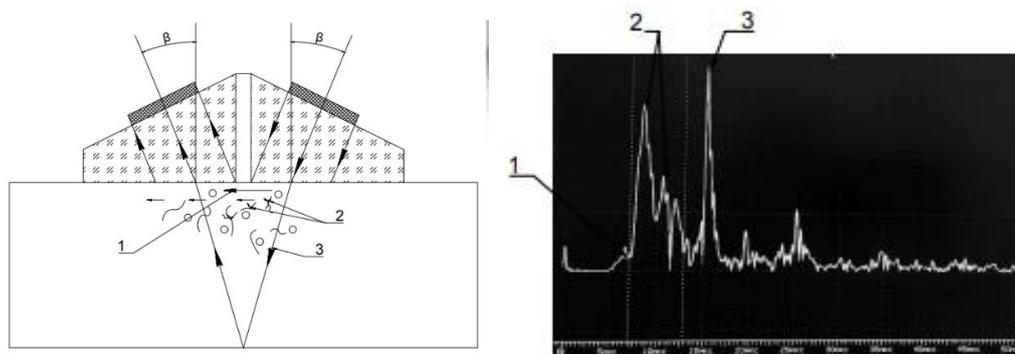


Рис. 2. Схема прозвучивания чугуна: 1 – головная волна; 2 – дифрагированный сигнал; 3 – донный сигнал

СЕКЦИЯ 2. КОНСТРУИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ПРИБОРОВ

УДК 621.31.019.3:64

УСТРОЙСТВО КУХОННОЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ

Студент гр. 11302219 Антонович М. В.

Ст. преподаватель Суровой С. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Кухонный комбайн – многофункциональный электромеханический бытовой прибор, предназначенный для обработки различных продуктов.

Прогрессирующее повышение мощности и улучшение качества сборки таких систем позволило моделям, представленным на сегодняшнем рынке, достичь уровня профессиональной техники.

Развитие подобных систем позволяет автоматизировать процесс приготовления пищи, обеспечивать хорошее качество и скорость обработки.

Кухонный комбайн сочетает в себе ряд универсальных функций: миксер, терка, блендер, мясорубка, ломтерезка, шинковка, чистка, так же присутствует возможность использования индукционной плиты, для приготовления пищи путем термической обработки.

Кухонный комбайн состоит из нескольких основных крупных элементов, а также дополнительных элементов конструкции, которые могут варьироваться в зависимости от устройства. По своему строению эти приборы имеют много отличий, поскольку предназначены для разных нагрузок и количества операций. Но есть элементы, которые присутствуют абсолютно во всех комбайнах:

Все эти элементы могут изготавливаться из разных материалов, но их предназначение и строение остается одинаковым. Основным составляющим любого кухонного комбайна является двигатель. Именно благодаря ему происходит быстрая и эффективная обработка продуктов. Если двигатель в устройстве установлен маломощный, то, сколько бы ни было у него скоростных режимов и насадок – правильного использования добиться сложно из-за недостаточной мощности прибора.

Проанализировав вышеописанные конструкции кухонных комбайнов, а также отзывы конструкторов, потребителей данной продукции, пришел к выводу, что наиболее удачным является вариант, при котором вращение от электродвигателя передается, на шкив, после со шкива на зубчатые конические и цилиндрические колеса, которые необходимо изготовить из пластмассы, что позволит уменьшить шум и стоимость изделия.

Литература

1. Саламатов, Ю. П. Система законов развития техники (основы теории развития технических систем): учеб. пособие / Ю. П. Саламатов. – 2-е изд. – Красноярск: InstituteofInnovativeDesign, 1996. – 136 с.
2. Альтшуллер, Г. С. Маленькие и необъятные миры: стандарты на решения изобретательских задач / Г. С. Альтшуллер // Нить в лабиринте: сборник / сост. А. Б. Селюцкий. – Петрозаводск: Карелия, 1988. – С. 165–230.
3. Бытовая техника для дома и кухни. Стиральная машина типы виды функции. Кухонный комбайн. Соковыжималка. Виды холодильников типы холодильников. Блендер. Миксер. Мультиварка виды конструкция. Духовой шкаф (духовка). Инфракрасный (ИК) обогреватель [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://elcotoc.blogspot.com/2013/02/blog-post_3.html?m=1/. – Дата доступа: 05.04.2022.
4. Каталог кухонный комбайнов от Кенвуда. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://kenwood-shop.by/detailed/kuhonnyie-mashini/kenwood_cooking_chef_xl.htm. – Дата доступа: 05.04.2022.

СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ МАТЕРИАЛА ГУБЧАТОЙ КОСТИ В СИСТЕМЕ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА ANSYS

Аншиц А. А.¹, Минченя В. Т.², Ситник А. А.³, Дежец В. И.⁴

¹ГП «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»,

²Белорусский национальный технический университет,

³ГУ «РНПЦ травматологии и ортопедии», Минск, Беларусь,

⁴УЗ «Брестская областная клиническая больница», Брест, Беларусь

Губчатый (трабекулярный) слой кости представляет собой пористую кость, состоящую из трабекулярной костной ткани. Несмотря на то, что трабекулярная кость содержит много межтрабекулярного пространства, ее пространственная сложность способствует максимальной прочности при минимальной массе (рис. 1, *а*). Как правило, процент пористости губчатой кости находится в диапазоне 75–95 %, а плотность колеблется от 0,2 до 0,8 г/см³ [1]. Увеличение случаев тотального эндопротезирования суставов и развитие методов остесинтеза приводят к необходимости моделирования структуры костной ткани с учетом различных факторов, включая анатомическое расположение, плотность кости, возрастные изменения и др.

Общая структура была построена на примере титанового скаффолда, имитирующего трабекулярную структуру [2], и показана на рис. 1, *б*. Элементарная ячейка, как исходная структура, которая точно помещается в квадратное тело с длиной стороны 1,2 мм, является ромбической, а диаметр трабекулярного стержня составляет 0,1 мм, что соответствует пористости в 92,5 %.

Для последующего использования полученной модели материала кости в конечно-элементном анализе использовался встроенный инструмент Ansys Material Designer. Material Designer предполагает, что рассматриваемый материал имеет микромасштабную структуру, которую можно описать представительной элементарной ячейкой. Элементарная ячейка – это небольшой объем материала, достаточный для корректного описания макроскопических свойств. На рис. 1, *в* изображена полученная вычислительная сетка, которая будет использоваться для последующих расчетов.

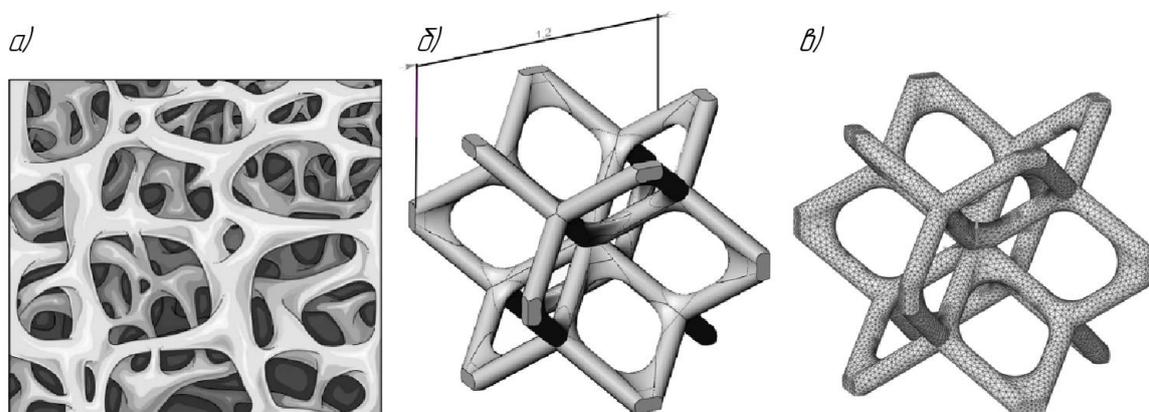


Рис. 1. Трабекулы губчатой кости: *а* – структура в норме; *б* – модель элементарной ячейки; *в* – вычислительная сетка

Применение более точных моделей структуры кости позволит в последствие проектировать оптимальные эндопротезы и импланты для остесинтеза, учитывающие порозность губчатой кости и другие изменения, вызванные различными факторами.

Литература

1. Meyers, M. A. Biological Materials Science: Biological Materials, Bioinspired Materials, and Biomaterials / M. A. Meyers, P. Y. Chen. – Cambridge: Cambridge University Press, 2014. – P. 224.
2. Mechanical behavior of a titanium alloy scaffold mimicking trabecular structure / C. Zhang [et al.] // J. Orthop Surg Res. – 2020. – № 14. – P. 40. – Mode of access: <https://doi.org/10.1186/s13018-019-1489-y>. – Date of access: 02.03.2023.

ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ САДОВЫЙ

Студент гр. 11302219 Бода Я. В.

Ст. преподаватель Суровой С. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Измельчитель веток (другие названия: садовый измельчитель, «чиппер» – от англ. chip – щепка; «шредер» – отнем. schredder – измельчитель) – устройство, предназначенное для измельчения растительных остатков (ветвей, стеблей, листьев и т. п.).

Садовый измельчитель веток помогает быстро утилизировать растительные материалы (ветки, сучья, стволы небольших деревьев, траву, листву и т. д.) путем их дробления (перемалывания) для уменьшения объема и удобства транспортировки, а также для удобства дальнейшего использования в качестве мульчи, покрытия садовых дорожек, приготовления удобрений и др.

Применяются в основном в парковых и садовых хозяйствах. Также выпускаются менее производительные садовые измельчители для использования на приусадебных и дачных участках.

Измельчитель растительных материалов содержит загрузочный желоб, камеру с режущим устройством и разгрузочную зону. Режущее устройство состоит, по меньшей мере, из одного ротора с диском, имеющее одно лезвие для получения грубых обрезков, установленное на стороне диска, обращенной в направлении загрузочного желоба. Так же режущее устройство имеет одно отверстие для прохода грубых обрезков и одно, измельчающее, лезвие, установленное на стороне диска, обращенной в направлении разгрузочной зоны. Измельчитель обеспечивает однородное измельчение растительных материалов с достаточной производительностью.

Обычно измельчители имеют либо электрический, либо бензиновый двигатель, который может быть, как двух-, так и четырехтактным. Могут быть стационарными, либо совмещенными с садовыми пылесосами.

Как и любая техническая система, измельчитель садовый состоит из следующих основных частей: источник питания, двигатель, трансмиссия, рабочий орган и система управления.

Ветки загружаются в загрузочный бункер, режущим инструментом производится измельчение веток (размер измельченного материала можно регулировать с помощью регулировочного винта), в последствие которые поступают в разгрузочный бункер.

От мощности измельчителя прямо зависит его производительность. Для измельчителя это означает, какой момент силы нужно приложить, чтобы измельчить объект. Эта величина измеряется в н·м (Ньютон-метр). Чем она выше, тем проще устройство справится с измельчением нужного нам объекта. Однако излишний крутящий момент может повредить режущую часть измельчителя, поэтому в предлагаемой нами модификации используется специальная муфта для регулировки крутящего момента измельчителя.

Литература

1. Жуков, А. И. Лесное ресурсоведение / А. И. Жуков, И. В. Григорьев. – СПб, 2008. – 46 с.
2. Материалы в машиностроении / под ред. И. В. Кудрявцева. – М.: Машиностроение, 1977. – 372 с.
3. Справочник конструктора-приборостроителя. Проектирования. Основные нормы / В. Л. Соломахо [и др.] // Минск: Высш. шк., 1998.– Т. 1, 2. – 272 с.
4. Решетов, Д. Н. Надежность машин / Д. Н. Решетов, А. С. Иванов, В. З. Фадеев. – Москва: Высшая школа, 1988. – 238 с.
5. Измельчитель растительных материалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/patents/2512309>. – Дата доступа: 12.09.2022.
6. Садовый измельчитель [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Садовый_измельчитель. – Дата доступа: 13.09.2022.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СОСУДОВ

Студент гр. 11307220 Бондаренко В. А.

Кандидат техн. наук, доцент Монич С. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Сердечно-сосудистые заболевания остаются причиной номер один смертности во всем мире. При лечении сердечно-сосудистых заболеваний с помощью аортокоронарного шунтирования ни один из существующих кровеносных сосудов малого диаметра (<6 мм) с тканевой инженерией не отвечает клиническим требованиям. В частности, сложное взаимодействие между кровотоком и тканых сосудов часто может вызывать воспалительные реакции, приводящие к тромбозу, неинтимальной гиперплазии или скоплению гладкомышечных клеток вблизи каркаса [1].

Чтобы решить эти проблемы, искусственные сосуды следующего поколения должны не только функционировать как каркасы для обеспечения механической поддержки и облегчения рекрутирования клеток-хозяев, но также иметь возможность активно реагировать на естественный процесс ремоделирования и взаимодействовать с ним, чтобы обеспечить адаптивное лечение после имплантации. Для разработки электронных сосудов команда использовала цилиндрический стержень, чтобы свернуть металлополимерную проводящую мембрану, изготовленную из поли(L-лактид-ко-ε-капролактона), продемонстрировав в лаборатории, что электрическая стимуляция кровеносного сосуда увеличивает пролиферацию и миграция эндотелиальных клеток для заживления ран (рис. 1) [2].



Рис. 1. Конструкция гибкого и биоразлагаемого электронного кровеносного сосуда

Это открытие предполагает, что электрическая стимуляция может способствовать формированию новой эндотелиальной ткани кровеносных сосудов и, таким образом, потенциально способствовать восстановлению сосудов. Исследователи также объединили гибкую схему кровеносных сосудов с устройством, которое применяет электрическое поле, чтобы сделать клеточные мембраны более проницаемыми, которое называется устройством электропорации. Результатом этих комбинированных технологий стала доставка ДНК зеленого флуоресцентного белка в три типа клеток кровеносных сосудов в лаборатории [2].

В результате такие конструкции электронных кровеносных сосудов прокладывают путь к интеграции гибкой биоэлектроники в сосудистую систему, которая может служить платформой для проведения дальнейших методов лечения, таких как генная терапия, электрическая стимуляция и высвобождение лекарств с электронным управлением. Однако перед этим предстоит пройти множество проверок, опытов и разработать меньшие электронные устройства.

Литература

1. Electronic Blood Vessel: Matter [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.cell.com/matter/fulltext/S25902385\(20\)304938?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2590238520304938%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/matter/fulltext/S25902385(20)304938?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2590238520304938%3Fshowall%3Dtrue). – Дата доступа: 03.03.2023.
2. Electronic Artificial Blood Vessels Created for New Vascular Treatments [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.designnews.com/industry/electronic-artificial-blood-vessels-created-new-vascular-treatments>. – Дата доступа: 04.03.2023.

УДК 616.8-009.18-071

ПРИМЕНЕНИЕ СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ПРИ РЕАБИЛИТАЦИИ ПОСТИНСУЛЬТНЫХ БОЛЬНЫХ

Студент гр. 11307220 Бондаренко В. А.

Кандидат техн. наук, доцент Габец В. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Нарушения пострального баланса являются одним из наиболее частых двигательных симптомов у больных после инсульта, которые не только влияют на ограничение подвижности пациентов, а также на их способность выполнять повседневную деятельность.

Проведение исследований в этой области – важный элемент планирования эффективной физиотерапии. Количественным методом диагностики, позволяющим объективно оценить устойчивость организма, является статическая постурография, проводимая на стабилOMETРИЧЕСКИХ ПЛАТФОРМАХ (рис. 1) [1].



Рис. 1. Пример стабилOMETРИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ: стабилОПЛАТФОРМА st-150

Конструкция обычно представляет собой жесткое основание с прикрепленными датчиками силы, на которых сверху крепится плита. Дополняется платформа различными опорами. Принцип действия стабилОПЛАТФОРМЫ заключается в вычислении значения равнодействующей вертикальных сил, прилагаемых к платформе. При спокойном стоянии определяют проекцию общего центра тяжести обследуемого, также можно получить траекторию перемещения равнодействующей нагрузки [1].

Группа польских ученых в 2020 году провела исследование на 2 группах постинсультных больных. Первая группа проходила полный курс реабилитации с физиотерапией и упражнениями на стабилОПЛАТФОРМЕ, а другая – без этих упражнений. Результаты исследования подтверждают полезность стабилOMETРИЧЕСКИХ ПЛАТФОРМ с использованием метода биологической обратной связи как для диагностики, объективного контроля результатов, так и для реабилитации больных после инсульта: люди после инсульта, у которых была комплексная физиотерапевтическая программа с использованием тренировки равновесия на платформе, добились большего улучшения способности поддерживать равновесие, по сравнению с пациентами, получавшими терапию без использования платформенной тренировки [2].

Эффективность стабилОПЛАТФОРМ и стабилОТРЕНАЖЕРОВ доказана и многими другими исследованиями. Она обусловлена высокой точностью полученной информации, безболезненностью и простотой выполнения диагностики, упражнений. СтабилOMETРИЯ не стоит на месте, ежегодно платформы дополняются: конструкции становятся менее громоздкими, точность измерений повышается. Предложена модель портативной стабилОПЛАТФОРМЫ.

Литература

1. Скворцов, Д. В. СтабилOMETРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ: краткое руководство / Д. В. Скворцов. – М.: Маска, 2010. – 172 с.
2. Assessment of the Impact of Training on the Stabilometric Platform Using the Biofeedback Method on Improving Balance and Functional Efficiency of Patients After a Stroke [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/352919000_Assessment_of_the_Impact_of_Training_on_the_Stabilometric_Platform_Using_the_Biofeedback_Method_on_Improving_Balance_and_Functional_Efficiency_of_Patients_After_a_Stroke. – Дата доступа: 03.03.2023.

УДК 616.24-073.43:534.7:615.47

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРИОДА ДЫХАТЕЛЬНОГО ЦИКЛА ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ПРОГРАММЫ МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ

Студенты гр. 11302220 Борисенко Р. А., Занько А. И., Валай М. А.

Кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Период дыхательного цикла – параметр, легко подлежащий измерению посредством укрепленного рядом с лицом человека микрофона. Одновременно он достаточно хорошо коррелирует с уровнем физического развития человека и состоянием его здоровья, о чем свидетельствует описанный ниже эксперимент.

Для группы студентов из 15 человек был измерен период дыхания до и после 15 приседаний. Результаты измерений представлены на рис. 1.

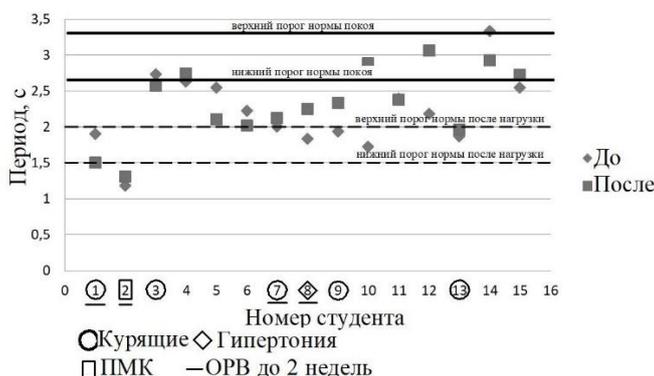


Рис. 1. Период дыхания до нагрузки (ромбы) и после нагрузки (квадраты)

На рис. 1 сплошными и пунктирными линиями указаны диапазоны нормальных значений периода дыхания соответственно в покое и после нагрузки, приведенные в [1, 2].

Сравнение периодов дыхания до и после нагрузки нормальным диапазоном свидетельствует о несоответствии норме для большинства студентов. В этом случае необходимо выяснять причины такого несоответствия, изучая состояние здоровья данных студентов. Возможно проводить мониторинг лиц по этому параметру, регулируя физическую нагрузку.

Литература

1. Оценка функционального состояния дыхательной системы при физической нагрузке / З. С. Абишева [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2016. – Вып. 1, ч. 4. – С. 503–505.
2. Состояние внешнего дыхания студентов / З. С. Абишева [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2016. – Вып. 1, ч. 4. – С. 508–509.

УДК 621.9.048.6

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КАВИТАЦИИ В УЛЬТРАЗВУКОВОЙ МОЙКЕ

Студент гр. 11307119 Боровская Н. Ю.

Кандидат техн. наук, доцент Савченко А. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время для отчистки от сложных загрязнений инструментов, деталей и других предметов в основном используют ультразвуковые мойки. Ультразвуковая мойка – это ванна, снабженная ультразвуковым генератором, обеспечивающая эффективную очистку деталей и инструментов [4].

Любая УЗ-мойка состоит из генератора, формирующего электрические колебания, и излучателя, который преобразует электрические колебания в механические. Излучатель крепится ко

дну или стенкам ванны и воздействует на раствор, который находится в ней. Работа такого устройства основана на применении эффекта кавитации.

Кавитация (от лат. *cavitas* – пустота) – физический процесс образования пузырьков (пустот) в жидких средах, с последующим их схлопыванием и высвобождением большого количества энергии, которое сопровождается шумом и гидравлическими ударами [1].

Кавитационное течение характеризуется безмерным параметром (числом кавитации) и рассчитывается по формуле (1):

$$X = \frac{2(P - P_s)}{\rho V^2}, \quad (1)$$

где P – гидростатическое давление набегающего потока, Па; P_s – давление насыщенных паров жидкости при определенной температуре окружающей среды, Па; ρ – плотность среды, кг/м³; V – скорость потока на входе в систему, м/с [5].

Кавитация возникает при достижении поток граничной скорости $V = V_c$, когда давление в потоке становится равным давлению парообразования (насыщенных паров). Этой скорости соответствует граничное значение критерия кавитации.

Достоинствами этого процесса является способность разрушать частицы загрязнений и отделять их от поверхности. Таким образом, снижается потребность в опасных и вредных для здоровья чистящих веществах. К недостаткам можно отнести развитие коррозии и образования большого давления при схлопывании пузырьков, что отрицательно воздействует на поверхности металлов [2].

Измеряют уровень кавитации с помощью приборов, называемых кавитометрами. Работает он следующим образом: акустический сигнал, генерируемый кавитационной областью (кавитационный шум), принимается датчиком прибора и преобразуется в электрический. Последний обрабатывается электронным блоком, значение активности кавитации выводится на индикатор [3].

Для исследования процесса кавитации и особенностей процесса ультразвуковой мойки предлагается установка, которая содержит ультразвуковую ванну и траверсу с набором датчиков. Это позволит определять оптимальные режимы мойки и сопутствующие явления. Разрабатываемая установка также будет использоваться для лабораторных работ по технологическим дисциплинам.

Литература

1. Акуличев, В. А. Кавитация в криогенных и кипящих жидкостях / В. А. Акуличев. – М.: Наука, 1978. – 280 с.
2. Перник, А. Д. Проблемы кавитации. 2-ое изд. / А. Д. Перник. – Л.: Судостроение, 1977. – 435 с.
3. Кавитометр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cavitation.bsuir.by/kavitometr/>. – Дата доступа: 05.03.2022.
4. Как работает ультразвуковая ванна [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vpoutbuke.ru/faq/kak-rabotaet-ultrazvukovaya-vanna/>. – Дата доступа: 05.03.2022.
5. Федоткин, И. М. Кавитация, кавитационная техника и технология, их использование в промышленности (теория расчеты и конструкции кавитационных аппаратов) / И. М. Федоткин, И. С. Гулый. – К.: Полиграфкнига, 1997. – 940 с.

УДК 616.24-073.43:534.7:615.47

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ ЧЕЛОВЕКА ПО ВРЕМЕННЫМ И ЧАСТОТНЫМ АКУСТИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ

Студенты гр. 11302220 Валай М. А., Занько А. И., Борисенок Р. А.

Кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Для исследования состояния здоровья человека по времени восстановления дыхания после нагрузки и по изменению ширины $\Delta\nu$ частотного диапазона после нагрузки микрофоном производилась запись дыхания испытуемых до и после нагрузки. Испытанию подвергались 15 человек. Физическая нагрузка состояла из 15 приседаний в произвольном темпе. Результаты обработки полученных данных представлены соответственно на рис. 1.

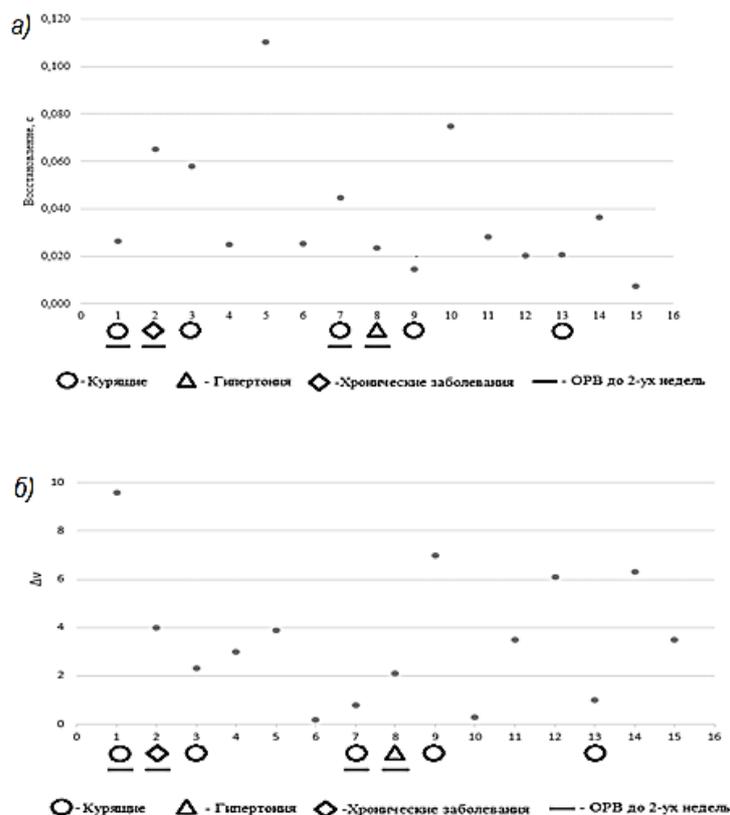


Рис. 1. Диаграммы времени восстановления дыхания после нагрузки (а) и изменения ширины частотного диапазона после нагрузки (б)

Анализ результатов эксперимента показывает, что, как правило, у курящих испытуемых и перенесших заболевания время восстановления периода дыхания больше, чем у некурящих и здоровых. Изменение ширины частотного диапазона показало меньшую корреляцию. Возможно, это обусловлено зависимостью ширины спектрального диапазона от анатомических особенностей испытуемого, что требует дополнительных исследований.

Предлагаемая методика эксперимента может быть использована при формировании заданий учащимся на занятиях по физкультуре, коррекции физической нагрузки при индивидуальных экспериментах. На основании этой методики можно создать систему дистанционного мониторинга состояния человека, которая может быть связана с учреждениями здравоохранения. Кроме того, возможно создание совокупности измерительного устройства и соответствующего программного обеспечения для индивидуальных занятий физкультурой в домашних условиях.

УДК 617.3

КРЕСЛО-СТУЛ ДЛЯ ДЕТЕЙ С ДЦП

Студент гр. 11307119 Галаваченко П. О.

Кандидат техн. наук, доцент Габец В. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Детский церебральный паралич представляет собой целую группу детских заболеваний с патологиями центральной нервной системы, нарушением координации речи, движения, задержкой в интеллектуальном развитии, дисфункцией мышечной и двигательной систем. Очень часто к такому заболеванию приводит сочетание сразу нескольких отрицательных факторов, проявляющихся как при родах, так и при беременности. Существуют следующие методы лечения ДЦП:

хирургия; нейрохирургия; иглотерапия; рефлексотерапия; ортопедия; лечебный массаж с его разновидностями; лечебная физкультура ЛФК; ФИТО терапия; логопедические занятия и др.

Кресло-стул является техническим средством социальной реабилитации детей с нарушением опорно-двигательного аппарата, либо с другими ограничениями функций жизнедеятельности. Данное приспособление может применяться в лечебном или профилактическом учреждении, а также в домашних условиях. К нему предъявляется ряд требований по ГОСТ 20790-93 [1].

Данное медицинское приспособление предназначено для детей с диагнозом: ДЦП разных типов; повреждения мозга и спинного мозга разного происхождения с параличем конечностей, тяжелой потерей равновесия и координации движений; черепно-мозговая грыжа; генетические болезни с параличем конечностей, дегенеративные и неврологические заболевания.

Разработанное устройство позволяет размещать и фиксировать детей в вертикальном, наклонном или горизонтальном положении при приеме пищи, чтении, выполнении письменных, подлочных и других развивающих занятий с целью приобретения ребенком навыков для обеспечения жизнеспособности в условиях ограничения жизнедеятельности в лечебном или профилактическом учреждении, а также в домашних условиях.

В отличие от разработанных ранее устройств – Кресло-коляски для детей больных ДЦП [2] и Устройства для фиксации детей с ДЦП [3], обладающих конструктивными особенностями, такими как: наличие регулируемых упоров для удержания головы, спинки, подлокотников, сиденья, оснащенного подушкой, подножек с фиксирующими ремнями, предусмотренного нагрудника для дополнительной фиксации ребенка и полного исключения возможности его падения, конструкция разработанного устройства имеет съемный столик, устанавливаемого на подлокотники, регулируемый по высоте и углу наклона, обеспечивающий дополнительные возможности при проведении развивающих занятий с ребенком, оснащена электроприводом, с помощью которого производится регулировка сиденья по высоте и углу наклона. Боковые опоры, выполненные в форме «Зубренка», придают конструкции эстетический вид.

В процессе реабилитации с ребенком проводят занятия и игры, развивающие мелкую моторику рук, отвлекая его от непривычного положения, а также для общего развития интеллектуальных и других способностей ребенка, таким образом, корректируя его патологическую позу, развивая его интеллект.

Таким образом, предложенная конструкция устройства позволяет создать опору для размещения ребенка как на спине, так и на животе и стоя, производить перевод его из горизонтального положения до вертикального с наличием подножек и подлокотников, а также оснащена столиком, для выполнения развивающих занятий с ребенком.

Литература

1. Приборы, аппараты и оборудование медицинское. Общие технические требования: ГОСТ 20790-93. – ИПК Издательство стандартов. – 01.01.1994.
2. Кресло-коляска для детей больных ДЦП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/121422/278.pdf?sequence=1>. – Дата доступа 08.03.2023.
3. Устройство для фиксации детей с ДЦП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/36308/Ustrojstvo_dlya_fiksacii_detej_s_DCP.pdf?sequence=1. – Дата доступа: 08.03.2023.

УДК 617

СТЕНД ИСПЫТАНИЯ ПОДВИЖНЫХ ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Студент гр. 11302119 Герасимович А. Г.

Кандидат техн. наук, доцент Есьман Г. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Шлицевые соединения – вид соединения валов со втулками по сопрягаемым поверхностям сложного профиля с выступами (шлицами) и впадинами. Они предназначены для передачи крутящего момента, обеспечивают хорошее центрирование втулки на валу, легкое относительное перемещение деталей вдоль оси.

Подвижные шлицевые соединения предусматривают взаимное осевое перемещение соединяемых деталей и передачу крутящего момента путем их совместного вращения.

Надежность соединений зависит от кинематической точности, соответствующего контакта зубьев, плавности зацепления, шумности работы. Эти показатели обеспечиваются точностью геометрических параметров зубчатых колес, расстоянием между осями и их взаимным расположением, размером бокового зазора между зубьями. Правильность зацепления сопрягаемых зубчатых колес проверяют, измеряя боковой зазор между ними и определяя пятно контакта (касание). Боковой зазор замеряют щупом, свинцовой проволокой, пластинкой либо специальным индикаторным приспособлением. Пятно контакта определяют с помощью краски. Значение бокового зазора, а также размер, форма и расположение пятна контакта должны соответствовать требованиям технических условий на сборку и испытания машин.

Испытание подвижных шлицевых соединений производится для проверки их работоспособности и того на сколько происходит их износ при рабочих нагрузках.

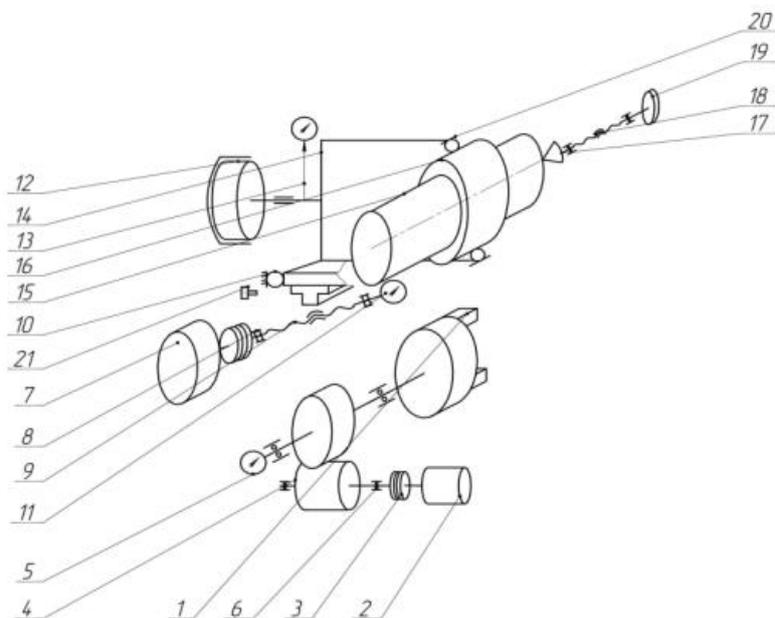


Рис. 1. Кинематическая схема стенда

Испытуемый вал (15) устанавливается в центрах (1). Настраиваются микропереключатели (21) на размер длины вала. Включаются привод вращения (17) испытуемого вала через редуктор (4) от электродвигателя (7), после этого включается привод вращения винта (9), который перемещает узел нагружения (12) с втулкой до микропереключателей (21), которые включают реверс электродвигателя (2). В пневматический цилиндр подается воздух при этом шток через ось перемещает кронштейн, который создает радиальное усилие на шлицевую поверхность. После прохождения необходимого количества циклов вал снимается и производится его внешний осмотр, а также измерение параметров шлицев.

Литература

1. Стенд для испытания подвижных шлицевых соединений фрикционных узлов: а.с. 746233 СССР / С. Г. Борисов, В. Я. Юденко, В. А. Воробьев, С. П. Козырев. – Оpubл. 07.07.80.
2. Решетов, Д. Н. Надежность машин / Д. Н. Решетов, А. С. Иванов, В. З. Фадеев. – М.: Высшая школа, 1988. – 238 с.

УДК 681.2.08:531.714.8

СТЕНД ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ШТАНГЕНРЕЙСМУСОВ

Студент гр. 31302118 Гречишникова В. И.

Кандидат техн. наук, доцент Филонова М. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Измерительный прибор – средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне. Часто измерительным прибором называют средство измерений для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия оператором.

Различают измерительные приборы прямого действия и сравнения.

Штангенрейсмус – это высокоточный инструмент для измерения высоты и вертикальной разметки деталей. Инструмент простой в применении, позволяет производить измерения и разметку с точностью до 0,05 мм без наличия специальных знаний и навыков.

Данный измерительный инструмент широко применяется для выполнения разметки заготовок и деталей в машино- и приборостроении, при производстве металлоконструкций, в металлообработке, ремонтных и сборочных операциях. Также областью применения штангенрейсмусов является и точное определение высоты деталей, размещенной на разметочной плите.

С целью повышения качества изготовления измерительных приборов, в частности штангенрейсмусов, проводят их испытания на надежность на стендах. Они применяются в метрологических службах крупных машино – и приборостроительных предприятий, на предприятиях, выпускающих мерительный инструмент, в институтах метрологии и поверочных лабораториях. С помощью стенда определяют наработку на отказ измерительного прибора.

Критерием отказа является нарушение работоспособности штангенрейсмусов, приводящее к невыполнению определенных требований.

Известны конструкции стендов для испытаний изделий на циклические и динамические нагрузки [1], стенд для циклических испытаний [2], испытательный стенд [3]. Совершенствование конструкций стендов ведется в направлении увеличения скорости проведения цикла испытаний, снижения динамических нагрузок на изделие, уменьшения погрешности измерения при испытаниях, уменьшения виброактивности стендов.

Предлагаемая усовершенствованная конструкция дает возможность одновременно испытывать мерительные инструменты, различные как по типу исполнительного движения, так и по пределам измерения, имея более простую конструкцию.

Литература

1. Стенд для испытания изделий на циклические динамические нагрузки: а.с. 1270602 СССР / В. М. Чулин, Е. И. Баканов, В. Д. Уханов, Ю. И. Тютюнук. – Оpubл. 15.11.86.
2. Стенд для циклических испытаний: а.с. 1490577 СССР / О. В. Фастовец, М. З. Цемах. – Оpubл. 30.06.89.
3. Испытательный стенд: а.с. 796704 СССР / Л. Н. Мусихин, В. А. Сергеев. – Оpubл. 15.01.81.

УДК 617.57-77

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ПОДХОД К КОНСТРУИРОВАНИЮ ПРОТЕЗОВ ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

Студент гр. 11307220 Грузд Н. А.

Кандидат техн. наук, доцент Габец В. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Отсутствие верхней конечности, будь то врожденное или приобретенное, оказывает значительное влияние на образ жизни и психоэмоциональное состояние человека. Восполнить функцию утраченной части тела в некоторой степени позволяют протезы кисти, предплечья и аналогичные им технические средства реабилитации, наподобие механических крюков, рабочих протезов и т. д.

Согласно ГОСТ Р 58267-2018 протезы верхних конечностей классифицируют по возрастному признаку, по уровню ампутации или врожденного недоразвития, по конструктивному исполнению, функциональному назначению и способу управления [1]. Рабочие и косметические протезы на протяжении многих лет удовлетворяли потребности пользователя при выполнении повседневных задач, однако в современных реалиях человеку необходим куда больший функционал, нежели тот, что способны предоставить стандартные модели.

Протезирование усложняется задачей обмена информацией между техническим средством и телом пациента. С середины XX века широкое распространение получили устройства, для управления которыми используются биоэлектрические потенциалы мышц. Протезы такого рода носят название биоэлектрических или бионических.

По конструктивному исполнению бионические протезы преимущественно экзоскелетные, т. е. имеют жесткую внешнюю конструкцию. Такие устройства по определению не позволяют воссоздать внешний вид утраченной конечности, что может негативно сказаться на адаптации пациента в социуме.

С другой стороны, сервоприводы, применяемые в современных моделях, по функциональным и массогабаритным параметрам на порядок уступают поперечно-полосатой мускулатуре человека, что определяет интерес к разработке ее технического аналога.

Альтернативный подход к конструированию протезов, описанный Журавлевым Д. А. позволяет решить ряд существенных проблем, связанных с обеспечением необходимой подвижности искусственной конечности [2]. Результат достигается за счет размещения системы исполнительных элементов на жестком каркасе, изготовленном в соответствии со строением костного скелета человека.

Исполнительным элементом может послужить бионический привод или другие аналоги искусственной мышцы. Широкое распространение получили конструкции на основе интерметаллидов и других материалов с памятью формы, способные воспроизводить заданную конфигурацию в результате нагрева или посредством пропускания тока.

Такое исполнение позволяет с высокой точностью воспроизводить механику движений утраченной конечности, в том числе имитировать температуру тела и работу естественных мышц. В перспективе разработка может послужить основой для создания интегрируемых протезов, управление которыми осуществляется непосредственно за счет восстановленных мионевральных синапсов.

Соответствие внешнего вида протеза кожным покровам человека на сегодняшний день достигается за счет применения фотографических систем, позволяющих с высокой точностью сканировать тон кожи, особенности формы здоровой конечности. Изделия под названием «Живая кожа» изготавливаются из силикона, что делает возможным размещение массива гибких датчиков для очувствления искусственной конечности.

Интеграция новейших разработок в области мио- и нейроинтерфейсов, биосовместимых мягких приводов, прогрессивных методов печати изделий из металлов в скором времени изменит протезирование конечностей в привычном для нас понимании.

Литература

1. Протезы наружные верхних конечностей. Термины и определения. Классификация: ГОСТ Р 58267-2018. – Введ. 01.11.2018. – Москва: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2018. – 10 с.
2. Бионическая конечность и способ ее изготовления: пат. RU 2559417 / Д. А. Журавлев. – Оpubл. 10.08.2015.

УДК 617.57+611.77

ЭЛЕКТРОННАЯ КОЖА В НАНОСТРУКТУРЕ «ЯДРО-ОБОЛОЧКА»

Студент гр. 11307220 Едало Е. И.

Кандидат техн. наук, доцент Монич С. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Кожа человека – это сложная сенсорная система, которая улавливает внешние раздражители и передает информацию в мозг. Она выполняет функцию терморегуляции за счет увеличения или уменьшения теплоотдачи. Реологические свойства кожи зависят от структуры и свойств компонентов [1].

Электронная кожа, реагирующая на силу, влажность и температуру, представлена путем объединения пьезоэлектрического оксида цинка (ZnO) и гидрогеля этиленгликоля дивинилового эфира в наноструктуре ядро-оболочка.

Сенсоры, подобные коже, состоят из множества чувствительных к прикосновению участков, называемых тактильными пикселями, которые могут измерять более одного свойства. В природе тактильное распознавание, то есть обнаружение признаков объекта, таких как текстура поверхности, осуществляется большим количеством свободных нервных окончаний, чувствительных к механическим раздражителям. Психофизические исследования показали, что предельное пространственное разрешение кончиков пальцев человека составляет порядка 1 мм. В норме кожа испытывает многоосевые силы и ряд угловых и линейных движений в разных местах тела [2]. Эта неоднородность в движениях и напряжениях кожи указывает на необходимость оптимизации датчиков в искусственных кожных покровах и протезах для конкретных мест. Для обнаружения давления и силы в наиболее распространенных методах используются пьезоэлектрические, пьезорезистивные или емкостные датчики. В то время как пьезоэлектричество ZnO обеспечивает чувствительность к внешней силе, терморреактивность ядра гидрогеля обеспечивает чувствительность к изменениям окружающей температуры и влажности. Ядро гидрогеля оказывает механическое напряжение на оболочку ZnO, что преобразуется в измеримый пьезоэлектрический сигнал [3].

Гибкий сенсор, реагирующий на множественные стимулы (сила, влажность и температура) может быть сконструирован как массив вертикальных наностержневых пикселей. Таким образом, датчик реагирует на воздействие в зависимости от местоположения. Эта конструкция позволяет создать модель электронной кожи, где активный слой состоит из массива наностержней ядро-оболочка, состоящих из гидрогелевого ядра. Таким образом, изменения температуры и влажности в окружающей среде воспринимаются ядром, которое в результате набухает. Набухание гидрогеля механически напрягает оболочку ZnO, и, в свою очередь, генерируется измеримый ток/заряд из-за его пьезоэлектрической природы [4]. Концепция реализуется с использованием биосовместимых материалов в упрощенной конструкции, которая обеспечивает чувствительность к множеству стимулов с высоким пространственным разрешением, что является необходимым условием для эффективной электронной кожи.

Литература

1. Epidermal keratinocytes as the forefront of the sensory system // Wiley Online Library [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0625.2006.00529.x>. – Дата доступа: 27.02.2023.
2. Дженкинс, У. Л. Методы психологии // John Wiley & Sons Inc, 1948. – P. 250–267.
3. Influence of annealing temperature on the structural, optical and mechanical properties of ALD-derived ZnO thin films / C. Y. Yen [et al.] // Applied Surface Science, 2011. – Vol. 257, iss. 17. – P. 7900–7905.
4. Initiated chemical vapor deposition of thermoresponsive poly(N-vinylcaprolactam) thin films for cell sheet engineering / Bora Lee [et al.] // Acta Biomaterialia, 2013. – Vol. 9, iss. 8. – P. 7691–7698.

БИОНИЧЕСКИЙ ПРОТЕЗ СТОПЫ

Студент гр. 11307220 Едало Е. И.

Кандидат техн. наук, доцент Габец В. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Протез – это механическое приспособление, заменяющее отсутствующие сегменты конечностей и служащее для косметического и функционального восполнения дефекта. Протез стопы используется в качестве конечного устройства для протеза нижней конечности. Различают пассивные и активные адаптивные протезы. Пассивные протезы предназначены для работы с силой тела пользователя и без суставов, приводимых в действие приводом. Полностью пассивные устройства относительно ограничены в возможностях движения. Активные протезы предназначены для управления приводными суставами с внешним питанием. Требуется хорошо спроектированная структура управления для одновременного управления всеми суставами, чтобы имитировать реальные движения стопы человека. Активные протезы позволяют разработчикам больше сосредоточиться на функциях стопы, а не на механизмах пассивного питания устройства. Принцип работы заключается в том, что в нем установлены различные датчики скорости, угла наклона, ускорения, информация с которых подается на процессор, установленный на этом протезе [1].

Голеностопный сустав допускает тыльное и подошвенное сгибание. Пронацию и супинацию стопы обеспечивают нижняя часть лодыжки и мелкие суставы плюсны. Протез нижней конечности должен выполнять все перечисленные выше задачи, а также нести нагрузку тела, выполнять динамические функции вместо утраченной ноги. Таким образом, обеспечивается максимальная польза для человека с ампутированной конечностью в соответствии с его деятельностью. Протез заменяет потерянный вес для поддержания баланса, восстанавливает целостность сенсорной обратной связи. В идеале протез должен обеспечить симметричное ощущение нагрузки [2]. Чтобы протезы вообще могли двигаться, во время ампутации используется хирургическая пересадка нерва для увеличения общего количества сигналов управления мышцами. Ампутированные периферические нервы повторно соединяются с оставшимися мышцами в культе ампутации. Этот метод считается очень успешным, поскольку пораженные мышцы восстанавливаются через несколько месяцев и используются для лучшего контроля протеза.

Большое количество рецепторов в ткани подошвы стопы предоставляет человеку важную информацию, необходимую для правильного распределения массы тела. Существуют концепции позволяющие воспроизвести эту функцию. Принцип работы таких протезов заключается в том, что датчики в подошве регистрируют сенсорные впечатления и передают их оперированным нервным окончаниям на бедре. Затем эти импульсы передаются в мозг, который информирует его о температуре или состоянии почвы [3]. Это облегчает распознавание препятствий, а также значительно снижает риск падения при ходьбе. Кроме того, восстановленная передача информации также способствует более естественной интеграции протеза в образ тела пациента. Особенно пользу от него получают люди с сильными фантомными болями.

Литература

1. Dillingham, T. Limb amputation and limb deficiency: epidemiology and recent trends in the United States / T. Dillingham, L. Pezzin, E. J. MacKenzie // *South Med J.*, 2002. – P. 875–883.
2. Adaptive Foot in Lower-Limb Prostheses // *Journal of Robotics* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.hindawi.com/journals/jr/2017/9618375/>. – Дата доступа: 08.03.2023.
3. Michael, J. W. Lower limb prosthetic components: updated classification and passive, body-powered components / J. W. Michael, P. M. Stevens. – P. 429–443.
4. Increasing prosthetic foot energy return affects whole-body mechanics during walking on level ground and slopes // *Scientific Reports* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nature.com/articles/s41598-018-23705-8>. – Дата доступа: 08.03.2023.

УДК 621.923

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ ПРЕЦИЗИОННЫХ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Аспирант Еромин Е. С.

Д-р техн. наук, доцент Степаненко Д. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Магнитно-абразивная финишная обработка (МАФО) является перспективным методом отделочной обработки плоских поверхностей неметаллических изделий, таких как полупроводниковые подложки и прецизионные оптические детали, позволяющим достичь шероховатости Ra 0,7–2 нм при минимальной глубине дефектного слоя. Важную роль для прецизионных деталей также играют отклонения формы поверхности, описываемые для кремниевых подложек параметром TTV (Total Thickness Variation), который для сверхплоских подложек не должен превышать 1 мкм. Для минимизации погрешностей формы используется технология компьютерно-управляемой (детерминистической) финишной обработки, основанная на программном управлении длительностью контакта инструмента (dwell time) с различными участками поверхности заготовки в зависимости от требуемой величины съема припуска. Длительность контакта варьируется за счет изменения кинематических параметров движения инструмента относительно заготовки. Разработка алгоритма расчета длительности контакта требует экспериментального измерения или компьютерного моделирования погрешностей формы, возникающих при обработке со стандартной кинематикой (обычно это совокупность равномерных рабочих движений инструмента и заготовки). В данной работе предложена компьютерная модель кинематики МАФО кремниевых подложек, позволяющая прогнозировать возникающие при обработке погрешности формы. При рассмотрении двумерной модели на поверхности подложки вводится регулярная сетка из $N_r \times N_a$ точек, равномерно распределенных по N_r concentрическим окружностям, и для каждой точки вычисляется приближенное время ее пребывания в зоне обработки (области проекции полюсного наконечника магнитной системы). Для этого вводится матрица длительности контакта размером $N_r \times N_a$ с нулевыми начальными значениями элементов, а затем в дискретные моменты времени, равномерно распределенные с шагом Δt , проверяются геометрические условия принадлежности точек подложки зоне обработки. Для точек, находящихся в зоне обработки, значения соответствующих им элементов матрицы увеличиваются на Δt . При моделировании рассматривается кинематика, характерная для станка мод. 3905 и представляющая собой сочетание вращательного движения подложки с угловой скоростью Ω и радиального поступательного движения инструмента со скоростью v_r . На рис. 1 приведены результаты расчета относительной длительности контакта (по отношению к общей длительности обработки) для следующих исходных данных: радиус подложки $R = 150$ мм, радиус полюсного наконечника $r = 50$ мм, $\Omega = 1$ об/с, $v_r = 1$ мм/с, $N_r = 151$, $N_a = 360$, $\Delta t = 0,56$ мс, начальная координата центра полюсного наконечника ρ_{c0} , конечная координата центра полюсного наконечника ρ_{c1} .

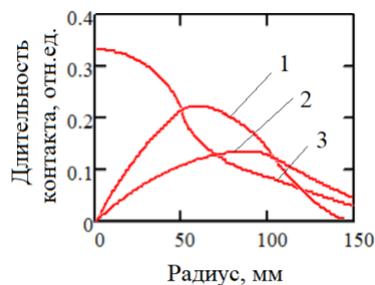


Рис. 1. Результаты расчета длительности контакта: 1 – $\rho_{c0} = R - r$, $\rho_{c1} = r$; 2 – $\rho_{c0} = R$, $\rho_{c1} = r$; 3 – $\rho_{c0} = R$, $\rho_{c1} = 0$

Как видно из рис. 1, распределение длительности контакта при обработке со стандартной кинематикой характеризуется значительной неравномерностью. В дальнейшем планируется введение в разработанную модель функции влияния инструмента (tool influence function), что позволит рассчитывать распределение величины съема припуска по поверхности заготовки.

УДК 616.24-073.43:534.7:615.47

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЫХАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ ЧЕЛОВЕКА ПО АКУСТИЧЕСКИМ СПЕКТРАЛЬНЫМ ПАРАМЕТРАМ

Студенты гр. 11302220 Занько А. И., Борисенко Р. А., Валай М. А.

Кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Исследование дыхательной функции человека на сегодняшний день является актуальной задачей. Малая подвижность человека приводит к ухудшению общего состояния здоровья и развитию дыхательной недостаточности. Контроль дыхания необходим для людей с заболеваниями сердечно-сосудистой системы, респираторной системы, спортсменов. Также контроль дыхания помогает определить уровень физической подготовки человека.

В связи с этим нами было проведено исследование в котором приняло участие 15 студентов БНТУ. Все студенты были опрошены и выявлены курящие, недавно перереболевшие ОРВИ и COVID-19, и испытуемые с наличием хронических заболеваний сердечно-сосудистой и (или) респираторной системы. Сначала были сняты показания дыхания в состоянии покоя. Затем каждый студент подвергся физической нагрузке в виде 15 приседаний, и были повторно сняты показания. Показания снимались с помощью микрофона, который устанавливался на расстоянии 5 см от носа испытуемого. Студент дышал носом на протяжении 10-15 секунд. Затем полученные данные были обработаны в программе Spectrogram. С ее использованием была вычислена в Mathcad площадь под графиком логарифма распределения мощности по частоте до и после нагрузки для каждого участника эксперимента (рис. 1). Отрицательные значения на графике получились за счет логарифмирования значений, меньших 1.

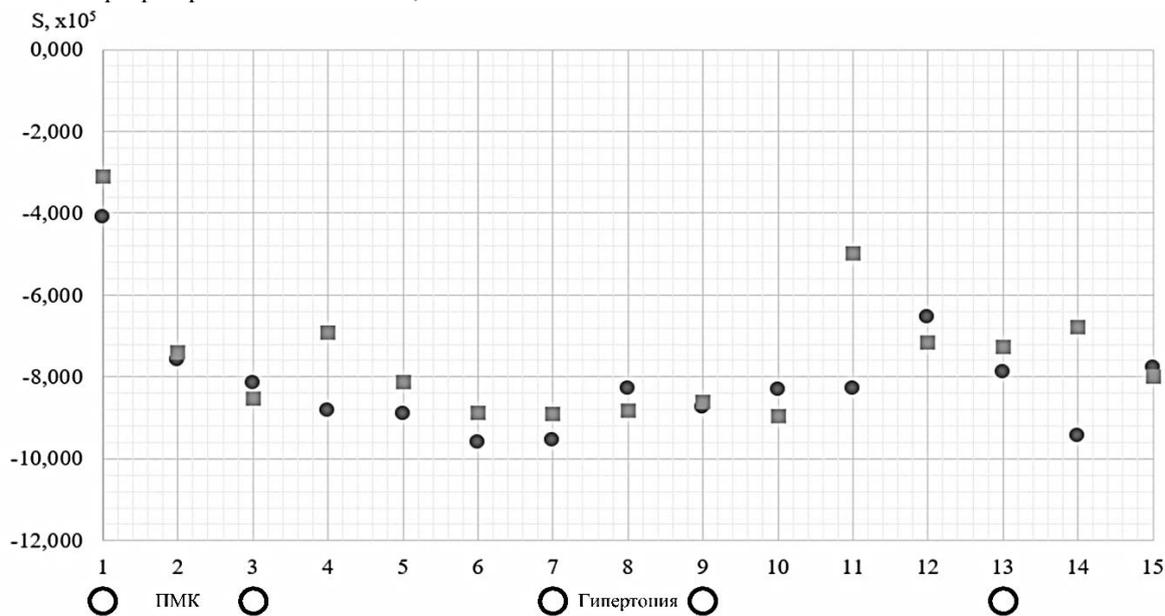


Рис. 1. Результаты расчетов в Mathcad: ● – до нагрузки (S1); ■ – после нагрузки (S2); ○ – курящие

Разность между значениями площади распределения мощности по частоте может использоваться как критерий устойчивости к физическим нагрузкам. Например, можно сказать, что испытуемый под номером 9 более устойчив к физическим нагрузкам чем испытуемый 11. Низкие значения площади свидетельствуют о слабой интенсивности дыхания. Соответствующие показания у испытуемых под номерами 3, 8, 10, 12 и 15 вызваны такими факторами как курение (испытуемый 3), гипертония (8) и неполноценным восстановлением после COVID-19 у оставшихся.

УДК 617.58-77

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЭНДОПРОТЕЗА КОЛЕННОГО СУСТАВА

Магистрант Зарихта А. С.

Кандидат техн. наук, доцент Савченко А. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Эндопротез коленного сустава предназначен для применения в травматологии и ортопедии, а именно для тотальной замены коленного сустава при его тяжелых заболеваниях.

Одним из ключевых аспектов совершенствования конструкции эндопротеза является точность подгонки размера компонентов под каждого пациента. Ранее эндопротезы были стандартизованы по размерам и форме, что могло привести к неудачному подбору для конкретного пациента. Однако, в настоящее время, благодаря использованию компьютерных технологий, в частности 3D-моделированию, эндопротез может быть индивидуально спроектирован и изготовлен в соответствии с анатомическими особенностями пациента. Это позволяет добиться более точной посадки эндопротеза, что уменьшает риск осложнений и увеличивает долговечность эндопротеза и комфортность для пациента

Эндопротез создает оптимальные условия для функционирования коленного сустава: выполняются минимальные опиловы бедренной и большеберцовой костей, максимально близко повторяется анатомия коленного сустава, борозда для надколенника выполняется криволинейно, что позволяет надколеннику занимать правильное положение при сгибании колена и снимает риск вывиха надколенника, так же снимается нагрузка в сопрягаемых компонентах и уменьшается износ за счет увеличения пятна контакта.

Пример эндопротеза коленного сустава представлен на рис. 1.



Рис. 1. Эндопротез коленного сустава

Эндопротез коленного сустава (рис. 1) состоит из трех компонентов:

- 1) компонент бедренный – устанавливается на резецированную бедренную кость, заменяя пораженный участок;
- 2) компонент тибиальный – устанавливается на резецированную большеберцовую кость, заменяя пораженный участок;
- 3) вкладыш полиэтиленовый тибиальный – располагается между бедренным и тибиальным компонентами, выполняет функцию хрящевой ткани и подбирается в зависимости от уровня резекции большеберцовой кости.

Первые два компонента изготавливаются из кобальт-хром-молибденового сплава по ISO 5832-4 [1], а третий из высокомолекулярного полиэтилена по ГОСТ 16337-77 [2]. Вышеуказанные материалы обладают высокой степенью биосовместимости, не токсичны, не вызывают воспаления и аллергии.

Литература

1. Импланты для хирургии. Металлические материалы. Часть 4. Кобальт-хром-молибденовый сплав: ГОСТ Р ИСО 5832-4-2011. – Введ. 01.10.2012.
2. Полиэтилен высокого давления. Технические условия: ГОСТ 16337-77. – Введ. 01.01.1979.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ АДАПТИВНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Магистрант гр. 1-438001 Клявдо М. А.

Кандидат техн. наук, доцент Савкова Е. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Система адаптивного освещения, являясь средством обеспечения визуальной среды, реализуется комбинаторикой технических и программных средств, сочетаемых по критериям результативности и эффективности применительно к конкретным условиям и пользователям.

Техническая реализация систем адаптивного освещения возможна с применением различных протоколов управления освещением, таких как:

1. Wi-Fi управление LED лентами на оборудовании LIC CONTROL.

Набор оборудования: Wi-Fi контроллер на ESP8266 и силовой модуль на MOSFET транзисторах. Эти платы помещаются в стандартный подрозетник и позволяют управлять 4-мя 12 В LED лентами до 120 Вт каждая.

2. Управление освещением по протоколу DALI.

На каждый драйвер с поддержкой DALI по силовому кабелю постоянно подается напряжение 220 В. По сигнальному, 2-х жильному кабелю к драйверам от контроллера передаются команды управления. Контроллеры управления могут устанавливаться в электрический щит или монтироваться прямо в коробку выключателя. Светильники и контроллеры объединяются в группы по 64 шт. Каждый светильник имеет свой уникальный адрес. С любого выключателя в сети можно подать команду на любой из светильников в группе по его адресу.

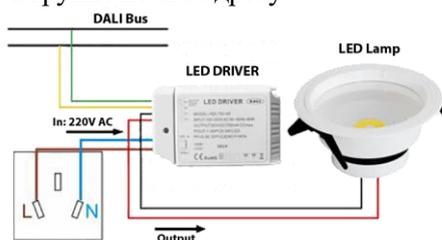


Рис. 1. Пример типичной структурной схемы управления на базе DALI

3. PWM управление LED лентами на ARDUINO.

Данная схема позволяет управлять включением/выключением и яркостью каждой группы освещения а также автоматизировать этот процесс.

4. Управление LED лентами по протоколу DMX-512.

Управление осуществляется с DMX512 консоли или через компьютер, смартфон или DMX панель. Это позволяет иметь до 512 независимых групп управления. Для каждой группы можно установить свою яркость свечения светодиодов.

5. Управление по протоколу DMX RDM и др.

DMX – это однонаправленный протокол. Это означает, что контроллер DMX отправляет сигналы только водителю – драйвер не может отправлять сигналы на контроллер. Тем не менее, разработан протокол расширения RDM, который добавляет двунаправленную связь к DMX. Без RDM канал должен быть назначен каждому устройству

Протокол DALI является стандартной международной системой управления освещением. Кроме индивидуальных команд, в сети можно подавать и групповые команды, управляя несколькими светильниками параллельно. Этим обеспечивается максимальная гибкость управления освещением, что особенно актуально для больших помещений. Серьезным плюсом такого управления является возможность существенного снижения расходов на электроэнергию за счет автоматизации включения-выключения света в зависимости от освещенности и/или присутствия людей в помещении.

Литература

1. Способы управления освещением на светодиодах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lic.com.ua/article20.html>. – Дата доступа: 10.02.2023.

2. Технология Dali [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ledprom.ru/stati/intellektualnaya-sistema-upravleniya-vnutrennim-svetodiodnym-osveshcheniem-po-protokolu-dali/>. – Дата доступа: 10.02.2023.

СТЕНД ИСПЫТАНИЯ ПРУЖИН СЖАТИЯ

Студент гр. 11302119 Колос П. В.

Кандидат техн. наук, доцент Есьман А. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Пружины широко используются в различных областях приборостроения. Их применяют: для создания заданных постоянных сил: начального сжатия или натяжения в передачах трением, фрикционных муфтах, тормозах, предохранительных устройствах, подшипниках, уравнивания сил тяжести и других постоянных сил.

Стенд относится к устройствам для испытания пружин сжатия.

Для испытания пружин в заводских условиях применяют гидравлические и механические прессы, установленные в механических лабораториях. В лаборатории испытывают пружины на полное сжатие или максимальное растяжение. При испытании определяют усилие и величину сжатия пружины. После трехкратного обжатия и снятия нагрузки с пружины определяют величину осадки пружины. Если высота пружины больше трех ее диаметров, то при испытании во избежание прогиба пружины применяют подставку с гладким цилиндрическим штоком, обеспечивающим свободное перемещение витков при сжатии.

Чтобы провести испытание изделие устанавливается на стол 16 и зажимают нижний фланец рычагами 14, при помощи штока гидроцилиндра 13, а верхний фланец зажимают рычагами 10, установленными шарнирно на опорах траверсы 5 при включенных насосах. После достижения заданных давлений насосы отключаются и на протяжении всего времени испытания давление зажима фланцев и давление испытания пружины сжатия обеспечивается гидроаккумуляторами 22.

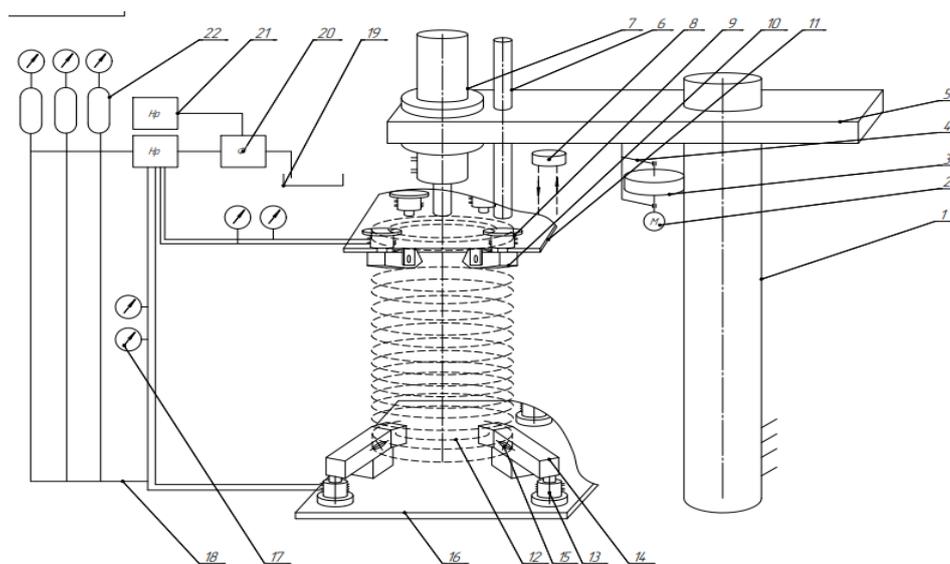


Рис. 1. Кинематическая схема стенда:

1 – колонна; 2 – двигатель поворота траверсы; 3 – ролик; 4 – кронштейн с механизмом прижатия ролика; 5 – траверса; 6 – направляющая; 7 – гидроцилиндр перемещения верхней плиты; 8 – датчик положения плиты; 9 – рабочий гидроцилиндр верхней плиты; 10 – рычаг; 11 – плита, верхняя; 12 – испытуемая пружина; 13 – рабочий гидроцилиндр нижней плиты; 14 – рычаг; 15 – ось; 16 – плиты нижняя; 17 – манометр; 18 – соединительные шланги; 19 – бак; 20 – фильтр; 21 – насос; 22 – аккумулятор гидравлический

Литература

1. Решетов, Д. Н. Машины и стенды для испытания деталей / Д. Н. Решетов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 651 с.
2. . Способ испытания пружин сжатия: патент РФ 2143081 / И. Х. Бадамшин. – Оpubл. 25.02.1998. УДК 621.914

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ОПТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИБОРОВ

Студент гр. 11302120 Колосова К. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Традиционная технология обработки элементов приборов из изотропных оптических материалов предусматривает обработку последовательно связанным, а затем свободным абразивом – химикомеханическое полирование в среде полировальной суспензии. К основным недостаткам такой технологии относятся: возникновение поврежденного слоя обработанной поверхности; шаржирование обработанной поверхности абразивными частицами; низкая производительность процесса полирования оптических поверхностей. Для изменения технологии, сокращения или исключения операций полирования, травления и ионно-лучевой обработки предлагается использовать алмазное шлифование на сверхточных станках [1, 2]. Однако для алмазного шлифования остается открытым вопрос о возможности достижения предельных требований по качеству обработки.

Основными недостатками типового техпроцесса изготовления таких оптических поверхностей как подложек диэлектрических зеркал, основанных в том числе на использовании современных электрохимических и электрофизических методов обработки материалов, являются высокая трудоемкость (более 12 часов) и наличие трещиноватого слоя обработанной поверхности глубиной 500 нм и более.

В рамках проведенных исследований был проведен сравнительный анализ результатов применения различных методов обработки оптических материалов, акцент был сделан на поликристаллических материалах с очень мелкими равномерно распределенными по объему кристаллами, которые соединены прослойками остаточного стекла, были рассмотрены различные способы повышения качества обработки путем правки инструмента, в том числе с применением электроэрозионной и абразивно-жидкостной с применением ультразвука [3, 4].

На основании проведенного анализа было установлено, что механическая правка алмазных кругов, применяемых для шлифования труднообрабатываемых материалов в оптическом приборостроении, не дает возможности получить такие показатели использования шлифовальных кругов после правки, при которых бы обеспечивалась необходимая точность и производительность обработки. Также установлено, что наиболее перспективным является использование более экономичной электроэрозионной правки.

В [2] обосновано, что качественные изменения процесса обработки оптических поверхностей элементов приборов возникают при переходе от хрупкого разрушения к пластичному деформированию материала при взаимодействии с алмазным зерном, при этом нормальная сила, действующая на режущий выступ алмазного зерна, не должна превышать для ситалла 19 мН. Подтверждено, что пластичное деформирование материала обеспечивает минимальную шероховатость поверхности и глубину трещиноватого слоя. Для получения глубины трещиноватого слоя не более 50 нм и шероховатости поверхности не более Ra 10 нм, размер алмазного зерна не должен превышать 5 мкм. Кроме того, важным фактором, влияющим на качество получаемой поверхности, является сохранение формы и отсутствие износа инструмента, решаемое проведенной вовремя правкой.

Литература

1. Шавва, М. А. Сверхточная обработка хрупких оптических материалов в нанометровом диапазоне толщин срезаемого слоя / М. А. Шавва, В. В. Лапшин, С. В. Грубый. – Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2016. – № 4 (673). – С. 52–59.
2. Ультрапрецизионная обработка хрупких оптических материалов / М. А. Шавва [и др.] // Вестник машиностроения. – 2015. – № 91 – С. 26–30.
3. Шавва М. А. Экспериментальная установка для алмазного шлифования с применением непрерывной электрохимической правки шлифовального круга / М. А. Шавва, Е. М. Захаревич. – Наука и образование. Эл №ФС77-48211. – 2014. – № 3. – С. 44–58.
4. Киселев, М. Г. Электрофизические и электрохимические способы обработки материалов: учебное пособие для вузов по машиностроительным и приборостроительным специальностям / М. Г. Киселев, Ж. А. Мрочек. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2014. – 388 с.

УДК 902.65

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ РЕГИДРОКСИЛЯЦИОННОЙ ДАТИРОВКИ
АРХЕОЛОГИЧЕСКОЙ КЕРАМИКИ**

Студенты гр. 11309120 Коляда Е. А., Запольская К. В.

Д-р техн. наук, доцент Степаненко Д. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Существующие методы датировки археологических объектов делятся на относительные и абсолютные. Относительные методы определяют хронологическое положение объекта относительно других и не позволяют определить возраст количественно. Абсолютные методы дают количественную оценку возраста и включают в себя в основном радиоизотопные методы: радиоуглеродный, калий-аргоновый, аргон-аргоновый, метод урановых серий и метод треков. Помимо радиоизотопных существуют методы датировки, основанные на наличии у некоторых минералов эффекта «памяти». Например, термолюминесцентный метод позволяет датировать керамику и другие объекты, содержащие зерна кварца и полевых шпатов, подвергавшиеся высокотемпературному воздействию, путем регистрации светового излучения, возникающего при нагреве образца: таким образом определяется дата последнего высокотемпературного воздействия на образец. Археомагнитная (палеомагнитная) датировка основана на измерении остаточной намагниченности содержащихся в образце ферромагнитных минералов, например, магнетита, подвергавшихся воздействию высокой температуры: эта намагниченность связана с величиной магнитного поля Земли в момент нагрева, что позволяет при известной истории изменения поля определить дату воздействия. Описанные методы, несмотря на свое разнообразие, имеют ряд недостатков: дороговизна, широкий разброс дат, необходимость применения специального оборудования и деструктивный характер. С точки зрения устранения этих недостатков перспективным является метод регидроксиляционной датировки, предложенный английскими учеными в 2009 году.

В основу метода регидроксиляционной датировки положено дегидроксилирование (удаление гидроксильных групп («кристаллической» воды) из кристаллической решетки глинистых минералов) путем нагрева исследуемых образцов керамики до высокой температуры с последующим весовым контролем кинетики накопления «кристаллической» воды в ходе повторного гидроксирования (регидроксилирования): первичное гидроксирование происходит после обжига керамики при ее изготовлении. Для проведения эксперимента использовались программируемая печь ЭКПС-10 и лабораторные весы Ohaus Explorer с точностью 0,1 мг. На первом этапе образцы керамики выдерживались в печи при температуре 120 °С до достижения постоянной массы, чтобы удалить капиллярную воду, которая накапливалась неконтролируемым образом в процессе захоронения образца и его подготовки к исследованию. Для образцов массой 2,5–3,5 г суммарная продолжительность сушки составила 13–13,5 часов. На втором этапе образцы помещались в химический эксикатор с насыщенным раствором хлорида натрия, в результате чего происходило контролируемое накопление капиллярной воды в условиях постоянной температуры (около 20 °С) и влажности (около 75 %; влажность зависит от состава используемой соли). Процесс гидратации продолжался до достижения постоянной массы m_2 , которая затем используется при определении возраста. Третий этап эксперимента предполагает нагрев образцов при температуре 500 °С до достижения постоянной массы с последующей выдержкой в эксикаторе в тех же условиях, что и на втором этапе. Кривая зависимости массы образца от времени в степени 1/4 характеризуется наличием двух участков: начального нелинейного, характеризующегося параллельным накоплением капиллярной и «кристаллической» воды, и линейного, на котором происходит накопление только «кристаллической» воды после насыщения образца капиллярной водой. Использование степенной зависимости с показателем степени 1/4 объясняется тем, что, по мнению авторов методики регидроксиляционной датировки, такая зависимость является универсальной для всех образцов керамики. Для определения возраста требуется знание двух параметров: коэффициента α_m наклона линейного участка кривой $m(t^{1/4})$ и значения m_4 массы, получаемого путем экстраполяции линейного участка кривой до пересечения с вертикальной осью. Возраст определяется по формуле $t = ((m_4 - m_2) / \alpha_m)^4$.

УКРАШЕНИЯ ТРАНСФОРМЕРЫ – ХИТ СЕЗОНА ИЛИ ЗАБЫТАЯ МОДА ПРОШЛОГО

Студенты гр. 11309120 Коляда Е. А., Запольская К. В.

Кандидат техн. наук, доцент Луговой В. П.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Большое разнообразие современных ювелирных украшений требует новых необычных решений для создания уникальных украшений, позволяющих изменять украшения в различных вариациях, по собственному воззрению из одного вида в другой. К их числу относятся украшения-трансформеры, которые меняются либо по внешнему виду, либо по функции (украшения с переменной функцией). В литературе их определяют по двойному названию: «брошь-браслет» или «брошь-кулон» [4]. Современные украшения трансформеры не только новый виток моды, но и прекрасная возможность совместить творчество и инженерию.

Точная дата создания украшений-трансформеров доподлинно неизвестна. Считается, что такие украшения появились в эпоху позднего Возрождения и представляли собой простые механизмы (например, брошь превращалась в шпильку для волос) [1]. Эпоха Барокко усовершенствовала механизмы и особое внимание уделила корсажным брошам, которые разделялись на мелкие составляющие и носились самыми разными способами. Последующий за ним период Рококо заострил внимание публики на ожерельях-ривьерах, способных превращаться в абсолютно любое ювелирное украшение: от пуговицы до броши-застежки [2]. Но самым интересным и плодотворным с ювелирной точки зрения стал XX век. К наиболее известным трансформерам относятся кольцо-браслет Zip и молния, созданная фирмой Van Cleef & Arpels в 1954 г. (рис. 1, а), которая в закрытом состоянии являет собой браслет, а в открытом состоянии – эффектное кольцо. Современные дизайнеры предлагают поистине уникальные украшения. Так, например, трансформер «часы – брошка – подвески» ювелирного Дома Harry Winston (рис. 1, б) декорированы россыпью бриллиантов. Такое украшение может быть браслетом, если прикрыть крышку циферблата, брошкой – если снять крышку на задней стороне и крепление, а если вставить в само ушко еще и цепочку – образует оригинальный кулон [3].

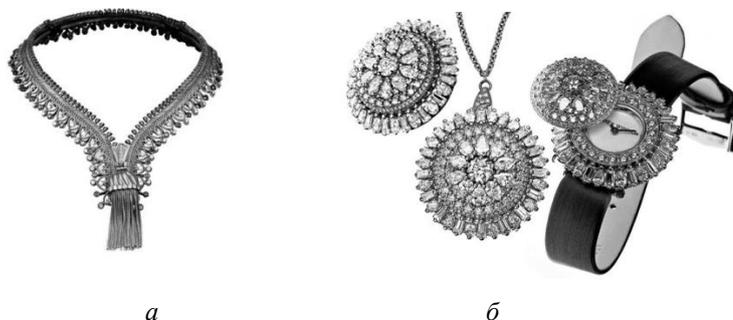


Рис. 1. Колье-браслет Zip, Van Cleef & Arpels, 1954 г. (а) и часы Harry Winston (б)

Приведенные примеры, свидетельствуют о том, что данный вид украшений, являясь по сути классическим украшением, прошедшим сквозь столетия, открывает новые возможности в дизайне и разработке новых современных ювелирных изделий.

Литература

1. Украшения-трансформеры [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://is.gd/xkIKPE>. – Дата доступа: 24.02.2023.
2. Ювелирные украшения-трансформеры: как появились, особенности и преимущества [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://is.gd/iBK7CH>. – Дата доступа: 25.02.2023.
3. Украшения-трансформеры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://is.gd/eRpvb9>. – Дата доступа: 26.02.2023.
4. Ювелирное изделие – трансформер [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://is.gd/EUeFoY>. – Дата доступа: 26.02.2023.

УДК 671

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЕЛИЧИНЫ ЗАЗОРОВ В ПОДШИПНИКАХ

Студент гр. 11302119 Коровицкий В. А.

Кандидат техн. наук, доцент Есьман Г. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Зазор в подшипниках качения – это расстояние между кольцами и телами качения, которое обеспечивает небольшую свободу перемещения колец относительно друг друга в радиальном или осевом направлениях.

Различают подшипники на шариковые и роликовые. Шариковые подшипники бывают радиальными, упорными и радиально-упорными, в зависимости от нагрузки, для которой они предназначены. Роликовые подшипники классифицируются по форме роликов – цилиндрические, конические и т. д.

Зазор в подшипнике качения нужен для предотвращения заклинивания тел вращения (шариков, роликов) подшипника с кольцами при работе. Этот зазор компенсирует уменьшение расстояния между внутренним и внешним кольцом подшипника при различных нагрузках (рис. 1).

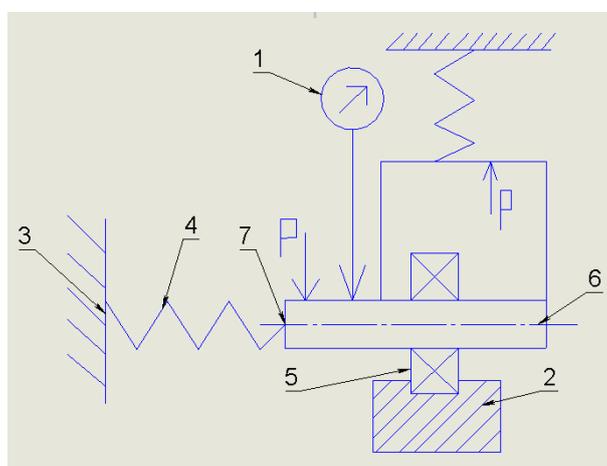


Рис. 1. Схема оценки зазоров в подшипниках

Оценку зазоров в подшипниках предлагается проводить, контролируя их с использованием следующего устройства, которое состоит из основания, на котором установлена стойка с индикатором 1, кронштейн с тисками-призмой 2 и уголок 3 с закрепленной на нем пружиной 4. Испытуемый подшипник 5 устанавливается на ось 6 и жестко фиксируется внешнее кольцо подшипника тисками-призмой 2, пружина 4 крепится к оси 6 на которой установлен подшипник 5 с помощью кронштейна 7. На индикаторе выставляется нулевое значение. При нажатии на пружину 4 создается нагрузка, вызывающая смещение как в радиальном, так и в осевом направлениях, это отклонение фиксируется индикатором.

Литература

1. Справочник конструктора-приборостроителя. Детали приборов / В. Л. Соломахо [и др.]. – Минск: Выш. Шк., 1990. – 440 с.
2. Говердовская, Р. Г. Подшипники качения / Р. Г. Говердовская, Н. П. Замолотчикова, Е. И. Евтеева. –1981. – 447 с.

БЕЛОРУССКИЕ КЛОНЫ «СПЕКТРУМА»

Студент гр. 31302222 Косьянчук В. И.

Кандидат техн. наук, доцент Бокуть Л. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Как известно, после распада СССР изменились рыночные принципы торговли, открылись границы, и много конкурентно способной электроники, произведенной за границей, попало в Республику Беларусь. Белорусским производителям приходилось конкурировать с импортными аналогами электронной продукции, такими как, например, зарубежный массово производившийся дешевый компьютер Spectrum. Повлияли простота копирования комплектующих, готовая база программного обеспечения Spectrum, легкость написания своего нового ПО, дешевизна и простота в изготовлении. Поэтому отечественные производители разработали много своих копий, например, компьютер Byte, который выпускался Брестским электромеханическим заводом, Santaka-002 выпускался Минским приборостроительным заводом имени Ленина (сегодня ОАО «Амкадор Белвар»), ASTRA – производитель НПО «ГРАНАТ», Инфотон-030 – производитель «Белвар» и т. д.

К началу 90-х уже заработали новые рыночные процессы, довольно сильно отличавшиеся от советских идеалистических взглядов, которые заключались в том, что производить необходимо только все самое лучшее и современное. Как известно, в конкурентных рыночных отношениях главное не разработать и произвести, а реализовать продукт, поэтому нередко лидерами рынка становятся вовсе не самые качественные товары, а товары, которые активнее рекламируют и продвигают и которые приносят наибольшую прибыль производителю. Это хорошо видно на примере того же Spectrum, который был далеко не лучшим персональным компьютером 1980-х, используемым в домашних условиях, но выпускался в различных модификациях на протяжении почти 10 лет и являлся одним из самых популярных на Западе. Подобные рыночные процессы сработали и у нас. К началу 90-х устаревший по архитектуре и весьма слабый по параметрам зарубежный ПК ZX Spectrum с огромным набором уже готовых программ, сравнительно простой и дешевый в изготовлении на производстве, но с высокой розничной стоимостью и первоначальной престижностью, как у любой иностранной техники того времени, оказался более выгодным нашим предприятиям, чем значительно более трудоемкие в производстве, но более совершенные советские разработки.

По программному обеспечению ПК Spectrum был вне конкуренции на рынке Республики Беларусь. Рынок программного обеспечения для домашних ПК в Республике Беларусь был не развит, конкуренции среди программистов практически не было. Большинство программ, особенно игры, создавались не профессиональными программистами, художниками и музыкантами, а простыми любителями – обладателями соответствующих ПК, однако, отчасти такая же ситуация наблюдалась и за рубежом. Приблизительно сопоставимое количество и качество программ и игр существовало, пожалуй, только для ПК «БК-0010/0011» и «Вектор-06Ц», но и они на порядок уступали в этом ПК «Синклер».

Выяснилось, что большинство компонентов Spectrum можно заменить отечественными компонентами, что было очень важно при дефиците радиодеталей того времени. Единственной импортной деталью оставался центральный процессор Z80, впрочем, белорусская промышленность вскоре освоила производство и его аналогов, а впоследствии и аналогов звуковой микросхемы АУ-3-8910.

Для наглядности приведем характеристики отечественного компьютера «Byte», созданного на основе ПК Spectrum: процессор: Z80; ОЗУ: 48 КБ, позже научились расширять до 128 КБ и даже до 1024 КБ; дополнительное ПЗУ со знакогенератором (кириллический шрифт); трехканальный звуковой синтезатор; клавиатурный джойстик, дублировавший клавиши внешнего подключаемого джойстика; «ТВ»; «RGB» – для подключения RGB-монитора; «МФ» – для подключения кассетного магнитофона; «Сист» – для подключения внешних интерфейсов. Стандартно «Byte» позволял подключать как отечественную периферию для «Byte», так и Spectrum-периферию: КВУ, специально разработанный для «Byte» и содержащий несколько ИГМД и НЖМД, принтер.

БИОНИЧЕСКИЕ ПРОТЕЗЫ РУК

Студенты гр. 11307119 Кузнецов С. А., Декевич Е. Ю.

Кандидат техн. наук, доцент Монич С. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

На данный момент, в современном обществе одной из существенных проблем является адаптация людей, получивших необратимые повреждения организма, такие как потеря конечностей или внутренних органов.

Современные бионические протезы являются частичным решением этой проблемы. Бионическим является протез, который частично или полностью восполняет утраченный орган и выполняет его функции.

Бионические протезы рук подразделяются на односхватовые и многосхватовые.

Отличие этих двух видов, как понятно из названия, заключается в количестве видов схвата. Если односхватовые имеют один мотор на всю кисть, который и обеспечивает лишь один вид схвата, то многосхватовые имеют по одному мотору на каждый палец, благодаря чему обеспечивается множество видов схвата и жестов. Количество жестов программируется в соответствии с желаниями пользователя.

Конструкция в общем виде представляет собой набор из трех компонентов:

1. Каркас.
2. Механика.
3. Контроллер.

Каждый компонент выполняет собственную функцию.

Каркас – корпус, изготовленный из легких металлических сплавов, обычно титана. Также сейчас все чаще применяют пластик благодаря технологии 3D печати. Имитирует руку и обеспечивает защиту внутренних компонентов. Содержит культеприемник с ЭМГ датчиками.

Механика – то, что обеспечивает подвижность протеза. Набор тяг, шарниров и электрических приводов. В современных протезах количество подвижных частей обеспечивается минимум пятью приводами и рычажной системой на каждый палец.

Контроллер – управляющий центр протеза. Электрическая схема на базе микропроцессора, обеспечивающая обработку ЭМГ показаний и движение приводов в соответствии с ними.

На данный момент разрабатываются бионические протезы с расширенными возможностями, такими как: поворот кисти, способность чувствовать кончиками пальцев, управление непосредственно нервами и много другое.

Благодаря постоянным разработкам в данной сфере, люди утратившие собственные органы, могут получить возможность приблизиться к тому уровню жизни который могут позволить себе здоровые люди.

Литература

1. Рука помощи: как устроен бионический протез [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rostec.ru/news/ruka-pomoshchi-kak-ustroen-bionicheskiy-protez>.
2. Бионические протезы: кто создает киборгов в России? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rb.ru/longread/bionic-cyborgs/#rec146998314>.
3. Бионический протез: современное средство реабилитации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://motorica.org/bionicheskiy-protez>.
4. Разрабатываем бионический протез руки с нуля / Хабр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/572146/>.

ДВУХОСНЫЙ СТАБИЛИЗАТОР НА МИКРОМЕХАНИЧЕСКИХ ДАТЧИКАХ

Студент гр. 120891 Лезина Е. С.

Кандидат техн. наук, доцент Погорелов М. Г.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Объектом разработки является система стабилизации видеокамеры малогабаритного гражданского беспилотного летательного аппарата на базе индикаторного гиросtabilизатора с микромеханическими датчиками первичной информации.

Для обеспечения независимой стабилизации для угла тангажа и крена вращение полезной нагрузки в разработанном стабилизаторе осуществляется с помощью двух рамок (внутреннее вращение по тангажу и внешнее по крену). Блок микромеханических акселерометров располагается на внутренней рамке и служит для вычисления текущих значений углов «тангажа» и «крена» внутренней рамки. На внутренней и наружной рамках располагаются одноосевые микромеханические гироскопы, необходимые для определения текущих угловых скоростей стабилизируемого объекта. Ось чувствительности микромеханического гироскопа, расположенного на внешней рамке, совпадает с продольной осью летательного аппарата (ЛА). Ось чувствительности второго гироскопа совпадает с осью вращения внутренней рамки и поперечной осью ЛА (при нулевом угле поворота внешней рамки относительно корпуса) (рис. 1).

Вращение внешней и внутренней рамки осуществляется с помощью двух электродвигателей. Управление электродвигателем осуществляет вычислитель с помощью усилителя мощности. Требуемый угол стабилизации «тангажа» внутренней рамки посредством цифрового интерфейса передается на вычислитель (по умолчанию стабилизируются нулевые углы тангажа и крена). Источник питания преобразует входное напряжение питания в напряжения, необходимые для каждого компонента. В процессе работы устройства по цифровому интерфейсу могут передаваться текущие показания инерциальных датчиков и сигналы управления электродвигателей.

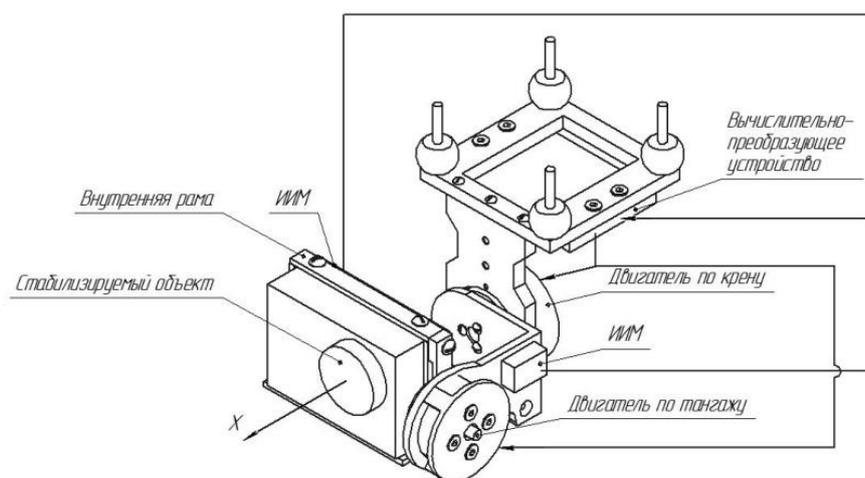


Рис. 1. Схема двухосного гиросtabilизатора

В работе приводится описание принципа действия и выбор элементной базы двухосного гиросtabilизатора видеокамеры малогабаритного гражданского беспилотного летательного аппарата на базе микромеханических датчиков первичной информации. Описана схемотехническая реализация и приведены результаты имитационного моделирования. Показано, что использование пропорционально-дифференциального закона управления позволило достичь приемлемого качества стабилизации в установившемся режиме.

Литература

1. Матвеев, В. В. Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации на МЭМС-датчиках / В. В. Матвеев, В. Я. Распопов. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. – 225 с.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ОБЪЕМА ЛЕГКИХ

Студент гр. 11307120 Лещенко Е. Г.

Кандидат техн. наук, доцент Монич С. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Человеческие легкие представляют собой орган дыхательной системы, предназначенный для обеспечения клеток кислородом, который необходим для реакций окисления и получения энергии в виде АТФ, а также вывода углекислого газа и паров воды.

Главными методами исследования функции внешнего дыхания человека являются: спирометрия и спирография. Оба метода основываются на измерениях объема легких и скоростных показателях дыхания.

Спирометрия – самый распространенный метод определения показателей характеризующих вентиляционную функцию легких, к которым относятся объемы и емкости воздуха, находящегося в дыхательных путях пациента во время вдоха и выдоха. На данные спирометрии влияют такие факторы, как: пол, возраст, вес, рост и этническая принадлежность. Современные спирометры работают по принципу пневмотахометров и измеряют скорость движения воздуха при дыхательных маневрах, что в лучшей степени позволяет изучить наличие болезней.

Спирометр включает в себя три основных блока: измерительный блок; процессор, который проводит расчет показателей и их сравнение с нормой для каждого пациента; принтер. Подключение спирометра к компьютеру позволяет делать более информативный анализ результатов, сохранять данные, сравнивать их в динамике.

Перед началом исследования необходимо вести данные температуры, атмосферного давления и влажности воздуха в помещении. Методика проведения заключается в усаживании пациента с прямой спиной боком к врачу, измерительный блок должен быть направлен слегка вверх, для уменьшения его загрязнения слюной и мокротой, на нос укладывают зажим, который должен полностью перекрывать носовое дыхание, пациент захватывает одноразовый мундштук зубами, так чтобы он оттеснял язык вниз, а губами обхватывает конец фильтра. Исследование начинают с измерения жизненной емкости легких. Вначале проводится запись спокойного дыхания в течении 10–20 секунд, на этом этапе могут быть рассчитаны показатели дыхательного объема, частоты дыхания и минутный объем дыхания. Проба жизненной емкости легких проводится не менее трех раз для получения трех воспроизводимых результатов, различие между которыми не должно превышать 150 мл. Далее после отдыха пациента измеряют форсированную жизненную емкость легких. Человек делает глубокий полный вдох и максимально быстро, с наибольшим напряжением выдыхает.

Спирография – это метод графической регистрации изменения легочных объемов и скоростей во время дыхательного движения, который позволяет определить показатели, интегративно (эластические свойства легких) и динамические (проходимость дыхательных путей). Спирография является частью спирометрии, поэтому на ее показатели влияют такие же факторы, однако, современные компьютерные спирографы используют программу, которая позволяет ввести демографические и антропометрические данные пациента и определить его соответствующие показатели, что позволяет получить дополнительную и более важную информацию о состоянии здоровья пациента.

Основным недостатком применения ранее представленных методов исследования объема легких является то, что для измерения показателей разных пациентов используется один спирограф. Таким образом, даже при одноразовых насадках в аппарат попадают различные биологические жидкости человека, что способствует развитию бактерий и болезней в дальнейшем.

Литература

1. Старшов, А. М. Спирография для профессионалов / А. М. Старшов, И. В. Смирнов. – М.: Познавательная книга пресс. – 2003. – 77 с.
2. Стручков П. В. Спирометрия / П. В. Стручков, Д.В. Дроздов, О. Ф. Лукина. – М.: Руководство для врачей. – 2020. – 45 с.

ШЕРОХОВАТОСТЬ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ

Студент гр. 11302121 Лис И. С.

Кандидат техн. наук, доцент Филонова М. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Шероховатость поверхности является одной из основных геометрических характеристик качества поверхности деталей и оказывает влияние на эксплуатационные показатели. Шероховатость поверхности – совокупность неровностей с относительно малым шагом, выделенных с помощью базовой длины [1].

В условиях эксплуатации машины или прибора, внешним воздействиям, в первую очередь, подвергаются поверхности их деталей. Износ трущихся поверхностей, зарождение трещин усталости, смятие, коррозионное и эрозионное разрушения, разрушение в результате кавитации и др. – это процессы, протекающие на поверхности деталей и в некотором прилегающем к поверхности слое. Естественно, что придание поверхностям деталей специальных свойств, а именно – прочности, антикоррозионной стойкости, герметичности, теплопроводности, износостойкости и др., способствует существенному повышению показателей качества машин в целом и в первую очередь показателей надежности [2].

Шероховатость поверхности оценивают двумя основными методами: качественным (применение метода визуального осмотра возможно только в случае, если толщина обработки поверхности невысока; при визуальном осмотре используются специальные микроскопы) и количественным (он основан на измерении параметра при помощи профилометра или профилографа). Измерение параметров при использовании количественного метода осуществляется при контакте инструмента с поверхностью. Для измерения микронеровностей применяют профилометр конструкции В. М. Киселева, принцип действия которого заключается в возбуждении электродвижущей силы в результате колебательных движений ощупывающей иглы. Для определения шероховатости поверхности в труднодоступных местах применяют метод снятия с исследуемой поверхности слепков. При технологической целесообразности для оценки микрогеометрии поверхности применяют также метод среза.

Технологу необходимо знать, как достигнуть заданной конструктором шероховатости и уметь проконтролировать или измерить ее параметры. Выбор средств измерений зависит от масштаба производства или количества находящихся в эксплуатации одноименных технических систем. При выборе средств измерений по метрологическим характеристикам необходимо учитывать, что цена деления шкалы должна выбираться с учетом заданной точности измерения. В мелкосерийном и индивидуальном производстве основными являются универсальные средства измерений, поскольку применение других организационно и экономически невыгодно.

Литература

1. Кравчук, М. А. Определение шероховатости обработанной поверхности / М. А. Кравчук, С. Э. Крайко, В. К. Шелег. – Минск: БНТУ, 2019. – 6 с.
2. Влияние шероховатости на качество продукции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mash-xxl.info/info/80301/>. – Дата доступа: 01.03.2023.

УДК 629.3.05

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПИЛОТАЖНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ

Мл. научный сотрудник ЛИДПИ, СОиН Логуа Т. Т.

Д-р техн. наук, профессор Матвеев В. В.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Авиационные приборы и бортовые измерительно-вычислительные комплексы служат для контроля параметров полета, работы силовых установок, различных бортовых систем и агрегатов, а также состояния окружающей атмосферы. Создан программно-аппаратный комплекс визуализации пилотажной навигационной информации на базе микроэлектромеханических (МЭМ) датчиках. В качестве элементной базы использовались: инерциальный измерительный модуль MPU-6050, контроллер *Arduino Nano*, GPS модуль *GY-NEO6MV2*.

Для реализации работы использовалось 2 среды программирования. В среде *Arduino* разработано программное обеспечение для контроллера, позволяющее производить начальную калибровку датчиков инерциального измерительного модуля, считывание данных с инерциального измерительного модуля в машинных единицах и конвертирование их в рабочие единицы измерения. После того, как «сырые» данные инерциального измерительного модуля обработаны, контроллер адресует их в COM-порт. В среде *Processing* написано программное обеспечение, которое визуализирует считанные данные с COM-порта и выводит их на экран в виде бортовых приборов. Результат работы программного обеспечения представлен на рис. 1.

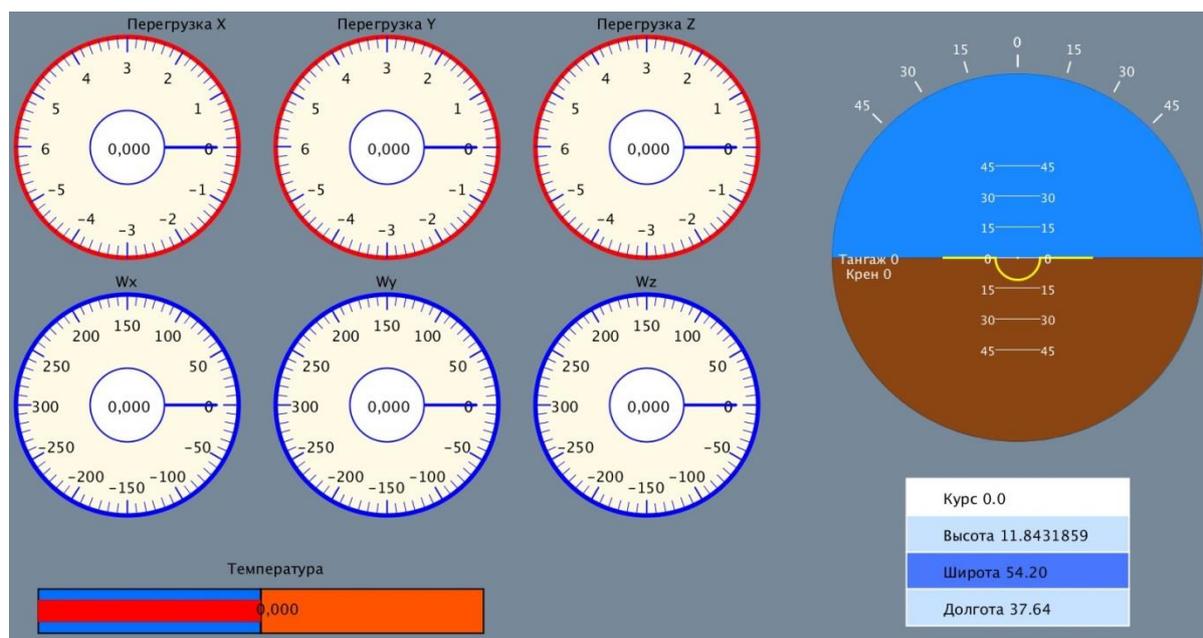


Рис. 1. Визуализация пилотажной информации

Данная программа позволяет отслеживать температуру за бортом, навигацию, перегрузки и угловые скорости по 3 осям, а также показывает ориентацию летательного аппарата в пространстве.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания FEWG-2022-0002.

Литература

1. Матвеев, В. В. Основы построения бесплатформенных систем / В. В. Матвеев, В. Я. Распопов. – СПб.: ЦНИИ Электроприбор, 2009. – 280 с.

КРЕСЛО БАРАНИ МЕХАНИЗИРОВАННОЕ

Студент гр. 1130719 Лукашени И. С.

Кандидат техн. наук, доцент Есьман Г. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Кресло Барани – вращающееся в горизонтальной плоскости кресло, предложенное в 1906 г. Р. Барани для искусственного раздражения вестибулярного аппарата.

Вестибулометрия – исследование функции вестибулярного аппарата. Термин «вестибулометрия» прочно вошел в практику оториноларингологии и охватывает физиологические, клинические и лабораторные методы исследования.

При исследовании испытуемый садится в кресло, ставит ноги на подставку, которая не касается пола, и застегивает впереди себя укрепленную на подлокотниках стальную штангу (цепочку), чтобы не выпасть из кресла во время вращения. Врач при помощи стержня вручную вращает кресло с различной скоростью необходимое число раз в зависимости от характера исследования, затем останавливает и наблюдает за нистагмом.

Кресло Барани механизированное предназначено для проведения нистагматических исследований, проведения тренировки вестибулярных аппаратов сменов, летчиков и т. д.

Область применения устройства: медицинские и научные исследовательские центры, базы подготовки спортсменов, военные базы и т. д.

Недостатком кресел Барани вращающихся вручную является невозможность воспроизведения разных скоростей вращения в следствии непостоянства, воздействующей силы.

По причине этого авторами предложена схема механизированного кресла Барани.

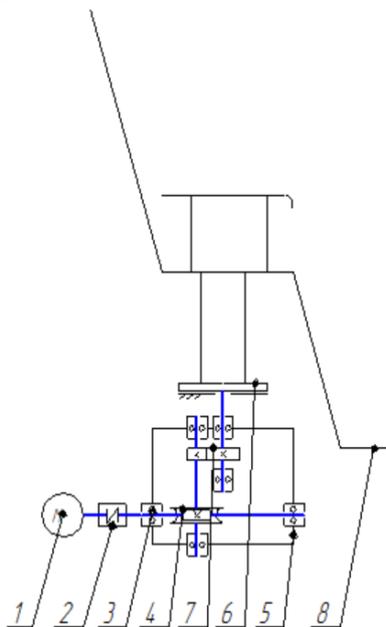


Рис. 1. Схема кинематическая кресла Барани механизированного

Пациент размещается в кресле 8. Включается электродвигатель 1, который через червячно-цилиндрический редуктор 4, 7 вращает опору 6, на которой закреплено кресло 8.

Разработанное кресло позволяют изучать влияние на лабиринт различных ускорений с графической регистрацией вестибулярных реакций.

Литература

1. Устройство для контроля и оценки вестибулярной (статокинетической) устойчивости [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet.

УДК 616.24-008.4

КОНЦЕПЦИЯ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ДЫХАНИЯ С ПОМОЩЬЮ МИКРОФОНОВ

Магистрант Мохамад Альмахлеф Абдул Вахаб¹

Кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е. Г.²

¹Сирия, ²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Очевидно, что мониторинг дыхания пациента как составная часть концепции дистанционной медицины является актуальной задачей. Большое количество измерительных устройств параметров дыхания, описание звуков дыхательных путей, их классификация и стандартизация, создали возможности для перехода к компьютерному анализу. На основе существующей технической базы и программного обеспечения возможно создать модуль мониторинга и стимуляции дыхательной системы человека в рамках концепции дистанционной медицины.

Дыхание человека определяется его состоянием и одновременно влияет на его состояние. Параметры внешнего дыхания можно разделить на две основные группы: параметры, связанные с дыхательным объемом, и временные характеристики дыхания, определяющие как длительность, так и интенсивность. Мониторинг параметров, связанных с дыхательным объемом, затруднителен вследствие достаточно больших по размеру и массе измерительных устройств (спирометров и пневмотахометров).

Оптимально проводить мониторинг временных характеристик дыхания, определяющих как длительность, так и интенсивность дыхания с использованием встроенных в одежду микрофонных матриц из миниатюрных MEMS-микрофонов (рис. 1).

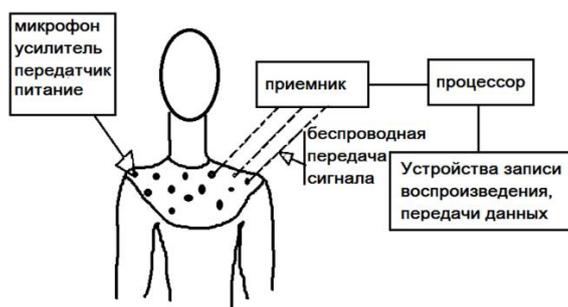


Рис. 1. Схема мониторинга дыхания пациента

Сигнал поступает на усилитель, входящий в состав микросхемы, где также располагается элемент питания и передатчик сигнала. Сигнал передается в приемник по беспроводной связи. Приемник сигнала, процессорный блок для его обработки, устройства для записи, воспроизведения и дальнейшей передачи обработанного сигнала дистанционно удалены от пациента.

УДК 616.24-008.4

СХЕМА ДИСТАНЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ ПРИ НАЛИЧИИ НОЧНОГО АПНОЭ

Магистрант Мохамад Альмахлеф Абдул Вахаб¹

Кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е. Г.²

¹Сирия, ²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В обзоре [1] указано, что ночное апноэ (перерывы в дыхании во время сна) увеличивает риск рака, венозных тромбозов и психического здоровья. Обструктивное апноэ сна вызвано расслаблением мышц гортаноглотки или нарушением передачи в мозг сигналов дыхательным мышцам [2]. Предотвратить апноэ возможно электростимуляцией нерва языка. Соответствующее устройство содержит миниатюрный генератор, дыхательный сенсор и электрод, по которому проходит ток для электростимуляции. Все компоненты имплантируются под кожу на передней

Цель исследования – совершенствование технологического процесса изготовления каркаса стент-графта.

Стент-графт (рис. 1) представляет собой тубулярное трубчатое устройство со стенками из гибкого листового материала, поддерживаемыми для повышения жесткости каркасом, который обычно изготавливается из сверхупругого металла.



Рис. 1. Внешний вид стент-графта

Стент-графты обычно сформированы из двух составляющих. Из усиливающей конструкции, придающей жесткость стенту, назначение которой состоит в обеспечении прижатия стент-графта к стенкам сосуда и в поддержании открытым просвета сосуда, и трубчатого графта, который прикреплен, по меньшей мере, к придающей жесткость конструкции.

В ходе анализа процесса изготовления проволоки на предприятие была выявлено, что из-за неравномерного натяжения проволоки в приспособлении при термической обработке наблюдается значительный разброс механических характеристик.

В процессе исследования были проанализированы методы и режимы термической обработки нитинола при различных условиях натяжения, была выявлена связь между изменением усилия натяжения проволоки и ее механическими характеристиками после термообработки.

УДК 517.97:615.47

ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ ПЛАСТИН ДЛЯ ОСТЕОСИНТЕЗА

Студенты гр. 11307121 Билейчик А. А., Охремчик В. А., аспирант Муудинов И.

Д-р техн. наук, доцент Степаненко Д. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Переломы костей являются одним из самых распространенных видов травм. Так, в 2019 году общее число случаев переломов в мире составило около 178 миллионов. Существующие методы лечения переломов можно разделить на консервативные, например, наложение гипсовых повязок после закрытой репозиции костных отломков, и хирургические. Разновидностью хирургических методов является накостный (экстрamedулярный) остеосинтез, при котором отломки фиксируются в правильном взаимном положении, достигнутом путем репозиции, с помощью пластин-фиксаторов, соединяемых с костью шурупами или винтами.

В настоящее время для создания оптимальных конструкций ортопедических имплантатов широко используется метод топологической оптимизации. В отличие от оптимизации формы, в которой возможные варианты конструкции формируются из исходного путем деформации существующих границ, топологическая оптимизация допускает формирование новых границ, например, отверстий в изначально сплошном материале, то есть допускает изменение топологии. Результатом топологической оптимизации обычно является создание облегченной по массе конструкции изделия, не уступающей по своим характеристикам базовой конструкции из сплошного материала. Существует несколько подходов к решению задач топологической

оптимизации: эволюционная структурная оптимизация, метод плотности и метод гомогенизации. При использовании метода плотности область оптимизации разбивается на конечные элементы, каждому из которых в конечной оптимизированной топологии может соответствовать нулевое значение безразмерной плотности $\rho = 0$ (отсутствие материала) или единичное значение плотности $\rho = 1$ (наличие материала). В результате решения задачи оптимизации плотность распределяется таким образом, чтобы минимизировать податливость конструкции при ограничении верхнего предела массы, например, 50 % от исходного значения. Расчетное распределение плотности помимо значений 0 и 1 может содержать промежуточные значения, которые не могут быть интерпретированы при изготовлении изделия из сплошного материала. Для устранения промежуточных значений плотности используют такие приемы как проецирование плотности и пороговая классификация.

В данной работе описана методика топологической оптимизации пластин для остеосинтеза с применением программы COMSOL Multiphysics. Проведен сравнительный анализ характеристик (продольной жесткости, массы и максимального напряжения по Мизесу) базовой конструкции пластины и двух оптимизированных вариантов, полученных при различных значениях порога классификации расчетных значений плотности. В целях сравнительного анализа характеристик базовой конструкции пластины и двух оптимизированных вариантов проводился статический анализ всех трех вариантов конструкции. Граничные условия, нагрузки, свойства материала и параметры конечно-элементной сетки сохранялись такими же, как и при топологической оптимизации. Качественно оптимизированная топология пластин согласуется с результатами, полученными другими исследователями. Показано, что оптимизированные варианты конструкции обеспечивают снижение массы пластины на 49–54 %, а продольной жесткости – на 43–53 %, что является положительным эффектом с точки зрения снижения степени экранирования напряжений (разгрузка кости от действия нормальных физиологических напряжений, вызванная высокой жесткостью крепежных пластин и приводящая к снижению минеральной плотности и прочности костной ткани). Максимальное напряжение по Мизесу повышается для оптимизированных конструкций на 19–27 % по сравнению с базовой, что не является критичным при наличии достаточного запаса прочности у исходной конструкции. Оптимизированные варианты конструкции различаются по характеру деформаций и поэтому должны быть дополнительно исследованы с точки зрения клинической эффективности.

УДК 616.71-089.844:616-77

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИМПЛАНТАТОВ

Студенты гр. 11307121 Билейчик А. А., Охремчик В. А.

Д-р техн. наук, доцент Степаненко Д. А., кандидат техн. наук, доцент Филонова М. И.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Металлические имплантаты широко используются для временной фиксации отломков костей при переломах и постоянного замещения дефектов костной ткани (при резекции пораженных заболеваниями участков костей). Современные пациент-специфические имплантаты проектируются и изготавливаются с учетом особенностей анатомии индивидуально взятого пациента. Они обычно имеют сложную геометрическую форму и пористую структуру, упрощающую интеграцию с костной тканью, что делает сложным или невозможным их изготовление традиционными методами, основанными на удалении материала с заготовки. В связи с этим сложные металлические имплантаты в настоящее время изготавливают с помощью аддитивных производственных технологий (АПТ), таких как лазерное и электронно-лучевое плавление в заранее сформированном слое (laser and electron beam powder-bed fusion, LPBF and EPBF), 3D-печать с прямым подводом энергии и материала (directed energy deposition, DED) и 3D-печать с использованием связующего вещества (binder jetting). Все эти технологии имеют свои достоинства и недостатки с точки зрения производительности, спектра используемых материалов, уровня остаточных напряжений и других факторов. В качестве материала используют порошки из биосовместимых сплавов, таких как титановые, танталовые, кобальт-хромовые и магниевые сплавы, легированные

стали и интеллектуальные материалы (нитинол). Для достижения оптимальных механических свойств изделий их проектируют с использованием методов топологической оптимизации, позволяющих установить наиболее рациональное распределение материала в изделии с точки зрения прочности, жесткости и других параметров. В итоге топологической оптимизации обычно получаются изделия сложной геометрической формы, что является дополнительным аргументом в пользу применения АПТ. Оптимизации могут подвергаться как форма изделия, так и структура материала. АПТ позволяют изготавливать изделия из материалов с пористой структурой, которая может быть стохастической или регулярной. Регулярные структуры могут быть решеточными, либо строиться на основе трижды-периодических минимальных поверхностей. Структурирование материалов позволяет имитировать структуру костной ткани и создавать облегченные конструкции с высокими прочностью и способностью к остеоинтеграции. Преимущество таких материалов также состоит в возможности управления их упругими свойствами и их согласования со свойствами костной ткани. Разновидностью структурированных материалов являются ауксеттики, обладающие отрицательным коэффициентом Пуассона, чрезвычайно редко наблюдаемым в природных материалах. В качестве примера использования ауксетиков можно привести ножку протеза тазобедренного сустава. Так как ножка испытывает изгибную деформацию, то одна из ее боковых поверхностей подвергается растяжению, а вторая – сжатию. При использовании материала с положительным коэффициентом Пуассона на одной из боковых поверхностей будет наблюдаться положительная деформация материала в направлении нормали к границе его раздела с костной тканью, а на другой – отрицательная, что может приводить к отрыву имплантата от костной ткани. Если одна половина ножки изготовлена из нормального материала, а вторая – из ауксетика, то на обеих боковых поверхностях будет наблюдаться положительная деформация. АПТ позволяют создавать имплантаты из функционально-градиентных материалов (ФГМ), характеризующихся управляемым пространственным изменением физико-механических свойств, достигаемым путем изменения состава и размера и формы ячеек материала. Использование ФГМ позволяет удовлетворить взаимно-противоречащие требования к свойствам материала. Например, увеличение пористости повышает способность к остеоинтеграции, однако приводит к снижению прочности и жесткости. Использование ФГМ с радиальным градиентом пористости, характеризующимся ее снижением в центре изделия, позволяет обеспечить высокую способность к остеоинтеграции в сочетании с высокими прочностью и жесткостью.

УДК 621.384

РАЗРАБОТКА ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРА ОРИЕНТАЦИИ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Младший научный сотрудник ЛИДПИ, СОиН Петрухин М. В.

Д-р техн. наук, профессор Матвеев В. В.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Одной из функций МКА является ориентирование по определенным направлениям, например на солнце. В связи с этим целью работы является разработка оптико-электронного прибора ориентации космического аппарата.

Для достижения поставленной цели была предложена оптико-электронная система ориентации космического аппарата, с использованием современной микросистемной техники, а так же изготовлен макетный образец МКА.

Оптическая система прибора размещается внутри обтекателя – концентрической линзы, выполняющей функции герметизирующего элемента. Ее внешний радиус уточняется при проектировании. Предполагается, что линза имеет размеры больше полусферы.

Оптическая система состоит из двух каналов. Излучение от Солнца в основном канале последовательно проходит объектив и попадает на прямоугольную призму с зеркальным покрытием на гранях, составляющих прямой угол. Ребро, образованное пересечением этих граней, устанавливается на оптической оси входного объектива в его фокальной плоскости перпендикулярно направлению сканирования. Световой пучок расщепляется гранью призмы на два пучка, попадающие на зеркала. После отражения от зеркал пучки падают через конденсоры на фотоэлементы. Сигналы фотоэлементов оцифровываются АЦП и подаются на контроллер. Контроллер

сравнивает сигналы фотоэлементов и вырабатывает разностный сигнал, который поступает на исполнительные органы космического аппарата. В качестве контроллера предполагается использовать *Arduino NANO* с частотой обработки 16 МГц.

Для подтверждения предлагаемых схемотехнических решений были разработаны и испытаны макетные образцы МКА. Предварительно был произведен выбор элементной базы. В качестве контроллера- *Arduino Nano*, в качестве гироскопического датчика модуль *GY-521*, фоторезистор *GL5506*, микросхема *L293D*, двигатель *K140-08500* и разработаны 2 маховика к нему.



Рис. 1. негабаритный макет МКА



Рис. 2. Габаритный макет МКА

Литература

1. Федосеев, В. И. Оптико-электронные приборы ориентации и навигации космических / В. И. Федосеев, М.П. Колосов. – М.: Логос, 2007. – 185 с.

УДК 671.739

БЕЛОРУССКИЙ ОРНАМЕНТ В СОВРЕМЕННОМ ЮВЕЛИРНОМ ИСКУССТВЕ

Студенты гр. 11309120 Циркун А.С., Пинигина А. В.

Кандидат техн. наук, доцент Луговой В. П.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Белорусское народное орнаментальное искусство является одной из разновидностей этнического декоративно-прикладного искусства, которое нашло отражение в ткачестве. Широкую известность как предметы народного творчества с использованием орнаментов получили Слуцкие пояса. Элементы белорусских орнаментов включены даже в государственную символику – Государственный флаг Республики Беларусь. Этой теме все в большей мере посвящают свои работы мастера ювелирного дела в нашей стране. В некоторых работах ювелиров отображающие мотивы, посвященные истории и символике Беларуси. Однако, как показывает анализ работ ювелирных предприятий Беларуси, имеющих в свободном доступе, этой теме посвящено незначительное число работ.

В связи с этим, целью данного исследования является обобщение данных и анализ тенденции развития ювелирного искусства, посвященных данной теме. Примером ювелирных украшений, выполненных современными дизайнерами и мастерами Беларуси, являются изделия, приведенные на рис. 1. В 2016 году бренд *Alte* заказал коллекцию украшений у ювелирного завода *Алькор*, дизайн которых представляет собой стилизованный белорусский орнамент, выполненный в бело-красных цветах. Витебский бренд «*EGO-ART*» выпустил серию украшений, посвященных Беларуси, в которых отображены элементы традиционного орнамента красно-черно-белого цвета, синие васильки, а также украшения с изображением аиста.

Минский часовой завод «*Луч*» в 2017 году также выпустил первую коллекцию наручных часов в стиле белорусского орнамента и стилизации василька, а в 2019 году дизайнеры усовершенствовали коллекцию «*Вышиванка*».



Рис. 1. Ювелирные украшения с белорусским орнаментом



Рис. 2. Часы завода «Луч» с элементами белорусского орнамента

Таким образом, можно заключить, что данная тематика ювелирных изделий с белорусской символикой представляет интерес среди покупателей, является брендом ювелирной продукции в стране и требует дальнейшего развития с целью расширения ассортимента.

УДК 671.1:620.22

МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ИСТОРИЧЕСКИХ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Студенты гр. 11309120 Циркун А. С., Пинигина А. В.

Д-р техн. наук, доцент Степаненко Д. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Материаловедческая экспертиза исторических ювелирных изделий, в частности, археологических находок и предметов музейных коллекций, позволяет решать две важные задачи: 1) установление подлинности изделия; 2) атрибуция изделия к определенной эпохе и культуре. Возможность решения этих задач объясняется тем, что состав и технологии изготовления и обработки материалов, используемых в ювелирных изделиях, зачастую имеют уникальные хронологические и территориальные особенности, далеко не всегда учитываемые при изготовлении реплик. В настоящее время в материаловедческой экспертизе используется ряд физико-химических методов, таких как рентгенофлуоресцентный анализ (РФА, XRF), рентгеноспектральный анализ с ионным возбуждением (PIXE), электронно-зондовый микроанализ (ЭЗМА, EPMA), рентгенофазовый анализ, рамановская спектроскопия, лазерно-искровая эмиссионная спектроскопия (LIBS), масс-спектрометрия индуктивно-связанной плазмы с лазерной абляцией (LA-ICP-MS), масс-спектрометрия вторичных ионов (SIMS) и другие методы. Основным требованием к используемым методам является неdestructивный или минимально-destructивный характер. Выбор конкретного метода зависит от технических возможностей и специфики решаемой задачи, например, при необходимости изотопного анализа образцов используют масс-спектрометрические методы. Наиболее доступными из перечисленных методов являются РФА и ЭЗМА. Одним из достоинств метода РФА является наличие портативных приборов для его реализации, что позволяет исследовать ювелирные изделия непосредственно в музейных экспозициях, что особенно важно для предметов высокой материальной и/или историко-культурной ценности. В данной работе методы РФА и ЭЗМА в совокупности со стандартными геммологическими методами исследования использованы для установления элементного состава сплавов и ювелирных вставок перстней, найденных на территории Беларуси.

Объектами исследования являлись 4 образца перстней, датированные по стилистическим особенностям XVIII–XIX веками. Перстни выполнены из медных сплавов, покрытых патиной в результате химического взаимодействия компонентов сплава с окружающей средой. 3 перстня имеют цветные вставки, идентифицированные по совокупности признаков (наличие газовых микровключений и отсутствие двулучепреломления) как стекла. Вставки имитируют ограненные драгоценные камни, однако визуальное исследование вставок (в частности, наличие скруглений на их ребрах) показало, что грани на вставках сформированы в результате заполнения литейной или штамповочной формы, что подтверждает идентификацию материала как стекла. Один из исследованных образцов имеет дефект формообразования в виде сильного отклонения от плоскостности грани. Цветные стекла («пасты») использовались как имитации драгоценных камней еще в Древней Месопотамии и Древнем Египте, однако стеклянные имитации ограненных камней получили распространение лишь после изобретения технологии фацетной огранки. В некоторых случаях хромофоры, придающие стеклу необходимый цвет и обычно представляющие собой ионы переходных металлов, могут быть идентифицированы стандартными геммологическими методами, например, исследование с помощью фильтра Челси показало, что в одной из исследованных вставок источником синего цвета являются ионы Co^{2+} . В остальных случаях для установления природы окраски требуется использование физико-химических методов анализа, в частности, РФА или ЭЗМА. Особенности используемых хромофоров и общего состава стекла в ряде случаев могут давать важную для атрибуции изделия информацию. 4-й исследованный образец имеет вставку в виде линзовидного плоско-выпуклого кабошона из бесцветного стекла, на обратную плоскую поверхность которого нанесено рельефное изображение цветка розы. Подобная технология «обратной инталии» известна с античных времен, однако в дорогостоящих изделиях изображение создавалось методом глиптики, а в более дешевых изделиях (наподобие изученного перстня) – методом литья или горячей штамповки.

УДК 671.739

ДИЗАЙН ЭТНИЧЕСКОГО УКРАШЕНИЯ В ДРЕВНЕСКАНДИНАВСКОМ СТИЛЕ ЕЛИНГ

Студент гр. 113309119 Попов Р. Н.

Кандидат техн. наук, доцент Луговой В. П.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Под скандинавскими этническими украшениями подразумевают украшения викингов в эпоху Великого переселения народов. Общим мотивом этих украшений являлся так называемый «звериный стиль», свойственный язычникам на территории Скандинавии вплоть до XII века. Ювелирные изделия эпохи викингов отличаются самобытностью, в отличие от предметов остальной Европы, на которые повлияла Римская Империя. Украшения выполнялись в технике литья, чеканки, плетения и зерни из позолоченной или посеребренной бронзы и олова. Драгоценные камни, эмаль и инкрустации викинги в ювелирном искусстве не применяли.

Мужчины носили торквесы – шейные гривны или подвески в виде молота Тора, перстни и цепи. К самым часто встречающимся типам украшений относились такие украшения как мужские ожерелья – торквесы, амулеты в форме Мьельнира, амулеты-подвески, шейные гривны, браслеты, кольца и перстни, фибулы и пряжки, женские амулеты в форме богини Фрейи. Отдельным видом украшения мужчин были украшения-оружия: серебрянные чеканные или литые накладки на ножны мечей и пояса, тнкрустированные серебром рукояти, навершия и гарды мечей, вставки из драгоценных камней, шлем ярла или конунга.

Типичным женским нагрудным украшением были две парные фибулы, крепившиеся к платью-сарафану, и несколько рядов бус с разнообразными подвесками между ними, выполненные из цветного стекла, керамики, полудрагоценных камней (горного хрусталя, янтаря, сердолика), кости и клыков животных. Выделяют несколько стилей в искусстве викингов в искусстве резьбы, которые сменяли друг друга с VIII по XII век, которым давали названия по местностям, с которыми связаны находки артефактов Осеберг, Броа, Борре, Еллинг, Мамман, Рингерике, Урнес (рис. 1, а).

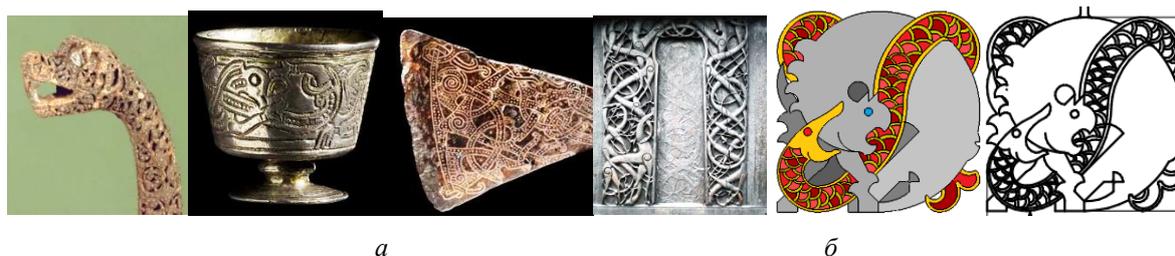


Рис. 1. Изделия в скандинавском стиле Осеберг, Еллинг, Маммен, Урнес (а) и эскиз украшения (б)

В связи с повышенным интересом к скандинавским украшениям среди молодежи в последние годы, автором был разработан проект украшения в стиле **Еллинг**, композиция которого состоит из изображения двух животных – змея и зверя, скрестившихся в схватке между собой, который вписан в квадрат. Образ представлен в виде динамичного асимметричного изображения, уравновешенного между собой отдельными элементами, который вписан в квадрат. Фигуры выполнены упрощенно, согласно древней изобразительной культуре, скандии, изображение голов так же канонично и соответствует традиции. Контраст в композиции образован противопоставлением плавных и мягких формы змея, угловатым и грубым контурам зверя, а также светотеневым противопоставлением рельефов поверхностей: чешуйчатой поверхности змея и гладкой поверхности зверя. Контраст фигур усилен разными цветами, подчеркивающими фактурную особенность змея.

УДК 615.471

ДЫХАТЕЛЬНЫЙ ТРЕНАЖЕР С ФУНКЦИЕЙ АЭРОЛИЗАЦИИ

Студент гр. 11307121 Прокопенко Н. А.

Кандидат техн. наук, доцент Монич С. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время существует большое разнообразие дыхательных тренажеров, позволяющих проводить тренировки и лечение дыхательной системы человека, но с целью расширения функциональности подобного устройства предлагается конструкция дыхательного тренажера, приведенная на рис. 1.

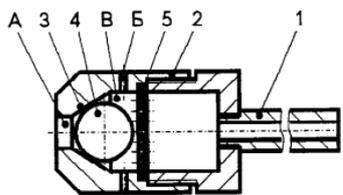


Рис. 1. Устройство дыхательного тренажера

Устройство дыхательного тренажера включает в себя мундштук-воздуховод 1, корпус с крышкой 2, седло 3 с центральным отверстием А и шарик 4 [1]. Для закрытия на выдохе центральное отверстие А имеет обратный клапан. Седло обратного клапана имеет форму конического углубления и в нем есть центральное отверстие. Перепускные каналы Б, созданные в корпусе дополнительно, имеют средство для регулировки их площади и тем самым способны преобразовывать площадь в зависимости от совершаемого вдоха или выдоха. Совмещенные радиальные отверстия в корпусе и кольце и/или крышке с функцией ограниченного поворота относительно корпуса представляет собой средство регулирования площади перепускных каналов. Для ограничения хода шарика под ним устанавливается перфорированная мембрана 5, которая способна поджимать шарик к седлу. Мембрана 5 может колебаться с различной частотой для аэролизации лекарственных препаратов (рис. 1).

Использование дыхательного тренажера с функцией аэролизации в учреждениях здравоохранения позволит более эффективно лечить бронхолегочные заболевания, гипертонию, артрит, сердечно-сосудистые заболевания, проводить обезболивание и профилактику не только

легочных, но и других заболеваний [1]. Уменьшение габаритов устройства сделало его более удобным для использования в любое время и в любой ситуации. Дыхательным тренажером для тренировки легких стали пользоваться как спортсмены, так и здоровые люди. Применение изобретения помогло наладить массовый выпуск тренажера, использование его пациентами различных возрастных групп за счет настройки регулировок по заданным программам.

Литература

1. Дыхательный тренажер: патент РФ 2245170 / Н. Б. Болотин, С. Е. Варламов. – Оpubл. 27.01.2005.

УДК 616.77; 681.2

ФОРМООБРАЗОВАНИЕ НИТИНОЛА С УЛЬТРАЗВУКОМ

Аспирант Сатторов С.

Кандидат техн. наук, доцент Савченко А. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Объектом исследования является проволока из сплава никелида титана (нителин), которая используется для изготовления различных изделий. В настоящее время в Научно-технологическом парке БНТУ «Политехник» из нителиновой проволоки изготавливают эндопротезы сосудов – стент-графты, фильтры-ловушки и др.

Для интенсификации процессов формообразования проволоки предлагались различные дополнительные технологические факторы, в том числе ультразвук [1].

Целью работы является совершенствование технологии формообразования изделий медицинского назначения из никелида титана с использованием дополнительных технологических факторов в виде ультразвуковых колебаний.

Для исследования были взяты образцы проволоки из никелида титана, используемой для изготовления каркасов стент-графтов, фирмы «Фукарава» (Япония). Процентное соотношение металлов: Ti-44,48; Ni-49,16; Cu-6,02, диаметр 0,36 мм.

В ходе исследования производилась оценка влияния ультразвука частотой 22...27 кГц на следующие технологические операции.

1. Формирование требуемых механических характеристик и проявления эффекта памяти формы в требуемом температурном диапазоне за счет воздействия ультразвука до термообработки или взамен ее.

2. Воздействие ультразвука при формообразовании изделий на оправках перед термообработкой для снижения изгибной жесткости и трения между проволокой и элементами оправки.

3. Воздействие энергии ультразвука при гибке и резке проволоки для интенсификации процесса.

4. Воздействие ультразвука на проволоку для выявления неоднородностей и дефектов.

В ходе ранее выполнявшихся исследований было установлено следующее [1].

1. В местах дефектов и неоднородностей появляются пластические деформации, что позволяет использовать возбуждение проволоки ультразвуковыми колебаниями для выбора однородных участков проволоки.

2. Обработка ультразвуком практически не оказывает влияние на изгибную жесткость образцов из нителиновой проволоки, хотя в процессе возбуждения изгибная жесткость несколько ниже исходной.

3. При ультразвуковом воздействии резко снижаются силы трения в зонах контакта проволоки и оснастки, и повышается точность копирования изгибов на выступах, так как нителиновая проволока при воздействии ультразвука хорошо копирует приспособления и при отжиге сохраняет свою заданную на приспособлении форму.

Указанные выводы уже внедрены. Вместе с тем представляется перспективным процесс пластического деформирования нителиновой проволоки с использованием ультразвуковых колебаний. В процессе ультразвукового воздействия происходит деформация кристаллической решетки нителинола, что должно привести к изменению механических характеристик, часть которых должна

проявиться после термической обработки. Для этого изготовлено специальное устройство для ультразвуковой прокатки, включающее излучатель с волноводом-концентратором и установленным на нем подшипником качения, используемым в качестве инструмента.

Литература

1. Разработка и исследование технологии формообразования изделий медицинского назначения из никелида титана с использованием дополнительных технологических факторов: отчет о НИР (заключ.) / БНТУ; рук. В. Т. Минченя. – Минск, 2018. – 98 с.

УДК 615.82

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УДАРНО-ВОЛНОВОЙ ТЕРАПИИ В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ МЕДИЦИНЫ

Магистрант Сяб М., студент гр. 11307220 Грузд Н. А.

Кандидат техн. наук, доцент Мониц С. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Предпосылками для использования ударно-волновой терапии (УВТ) при лечении дегенеративных заболеваний позвоночника является целый ряд заболеваний позвоночника, в основе которых лежит нарушение обмена веществ и дегенеративные процессы в тканях (остеохондроз, сколиоз, спондилез, протрузия межпозвоночных дисков и др.). При их лечении используют консервативные и оперативные методы, которые не всегда эффективны и, кроме того, занимают много времени.

Исходя из проведенных уже исследований воздействия УВТ на нервную систему и ткани организма, можно предположить, что данный вид физиотерапии можно использовать и для лечения дегенеративных заболеваний позвоночника. Но этот метод лечения должен иметь следующие особенности: должна быть ограничена глубина проникновения ударных импульсов в биообъект во избежание повреждения спинного мозга. Во-вторых, нужно ограничить плотность энергетического потока (меньше 280 Дж/м²) и давление в фокусе (меньше 0,041 МПа), чтобы не травмировать ткани позвоночника, а только стимулировать в них кровообращение и обменные процессы.

Под влиянием ударной волны ожидается локальное усиление кровотока, изменение проницаемости клеточных мембран, активизация обмена веществ и восстановление клеточного ионного обмена. Это обеспечит интенсивное выведение конечных продуктов катаболизма и стимуляция восстановительных процессов тканей. Образования типа почечных камней разрушаются под влиянием высокого давления, растягивающих сил и эффектов кавитации. Эффект действия ударных волн, используемых для ортопедических приложений, не полностью изучен даже по истечении более чем трех десятков лет их успешной работы в ортопедии и травматологии.

Для объяснения болеутоляющего воздействия ударной волны выдвигается несколько теорий [1]:

- оболочка клетки ноцицепторов в фокусе может быть повреждена, так что источник боли уже не может возникнуть;
- принцип гиперстимулирующей анальгезии: необычайно сильное раздражение, передаваемое через нейроны в головной мозг.

Предполагается, что остеогенез подвергается воздействию ударной волны. При этом возникают микротрещины и благодаря механическим повреждениям, фибробласты трансформируются в остеобласты.

Под влиянием ударной волны отмечается локальное усиление кровотока, изменение проницаемости клеточных мембран, активизация обмена веществ и восстановление клеточного ионного обмена. Тем самым обеспечивается интенсивное выведение конечных продуктов катаболизма, стимуляция восстановительных процессов тканей, противовоспалительный и противоречный эффект [1].

Под действием большой энергии ударной волны в воспаленных тканях происходит гидроудар, разрушающий фибриновые отложения и «прочищающий поры мембран клеток и межклеточное вещество» [2]. Под действием ударных волн костные клетки и кальциевые отложения отделяются от мягких тканей и легче разлагаются макрофагами.

Литература

1. Extracorporeal shock wave therapy for the calcifying tendinitis of the shoulder / J.-D. Rompe [et al.] // Clinical Orthopedy. – 1995. – Vol. 321. – P. 196–201.
2. Extracorporeal shock wave therapy for chronic painful heel syndrome: a prospective, double blind, randomized trial assessing the efficacy of a new electromegnetic shock wave device // Gollwitzer [et al.] // The J. of foot & ankle surgery. – Vol. 46. – P. 348–357.

УДК 531.383

МАЛОГАБАРИТНЫЙ ГИРОСКОПИЧЕСКИЙ МАЯТНИК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛОВ ТАНГАЖА И КРЕНА ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА

Лаборант-исследователь Складчиков И. А.

Д-р техн. наук, профессор Матвеев В. В.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Определение истинной вертикали или горизонта на подвижном основании (самолет, судно и т. п.) является одним из наиболее существенных факторов, без знания которого невозможно решение многих задач навигации. Определение истинной вертикали на неподвижной платформе не представляет никаких затруднений и может быть осуществлено посредством простого отвеса. Однако на движущемся основании отвес не может быть применен, так как он испытывает возмущение от сил инерции, возникающих при ускорении платформы, и, следовательно, указывает не истинную, а кажущуюся вертикаль.

Как известно, на подвижном объекте для обеспечения точной вертикали и уменьшения влияния скоростей необходимо применить устройство с достаточно большим периодом собственного колебания. К числу таких устройств необходимо, прежде всего, отнести гироскопические маятники.

Для разработки гироскопического маятника была разработана 3D-модель в программе «Компас-3D», детали которой были распечатаны с помощью 3D печати. В качестве гиromотора была выбрана отечественная модель ГМС-0,1Д, а также были установлены потенциометры. Гиromаятник в собранном состоянии представлен на рис. 1.



Рис. 1. Макетный образец гиromаятника: 1 – основание; 2 – внешняя рамка; 3 – внутренняя рамка; 4 – гиromотор; 5 – бронзовая втулка; 6 – подшипники; 7 – потенциометр

После подключения потенциометров были экспериментально определены периоды колебаний в режиме физического маятника (рис. 2, а) и в режиме гиromаятника (рис. 2, б).

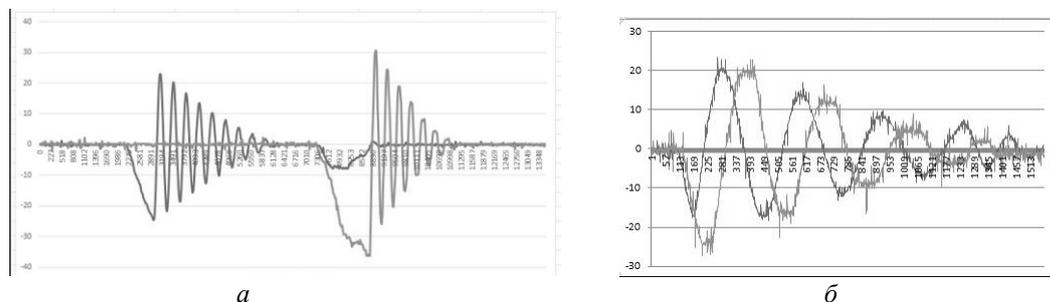


Рис. 2. Периоды колебания: а – в физическом состоянии; б – гироскопическом состоянии

В режиме физического маятника период собственных колебаний составил 0,20 с, а в режиме гиromаятника – 6 с. Таким образом, период колебаний увеличился в 28 раз. Это позволяет определить более точно углы тангажа и крена подвижного объекта при его ускоренном движении.

Литература

1. Сайдов, П. И. Вопросы прикладной теории гироскопов «Судпром ГИЗ» / П. И. Сайдов, Э. И. Сливов, Р. И. Чертков. – Ленинград, 1961. – 426 с.
2. Павлов, В. А. Гироскопический эффект, его проявление и использование / В. А. Павлов // Судостроение. – Ленинград, 1967.

УДК 628.941

ОПТИМИЗАЦИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ИЗЛУЧЕНИЯ СВЕДОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ

Магистрант Степаненко А. И.

Кандидат техн. наук, ст. преп. Богдан П. С.,

кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время большое внимание уделяется оптимизации искусственного освещения, в том числе и его спектрального состава. Вследствие ряда преимуществ основным типом источника излучения является светодиод. Большая световая отдача присуща белым светодиодам холодного белого света, спектральное распределение излучения которых представлено на рис. 1, *a* сверху. График имеет ярко выраженный максимум в синей области спектра, что неблагоприятно для зрения. Известно [1], что повреждение синим светом, развивается в течение 12–24 ч после облучения и проявляется как появление слепой области (скотомы) в поле зрения, а при сильном повреждении происходит необратимая потеря зрения.

Очевидно, что при искусственном освещении необходимо стремиться к моделированию спектра солнечного излучения (рис. 2, *б*). Применение для этой цели красных очков [2], (график спектрального распределения представлен на рис. 1, *a* снизу) некомфортно.

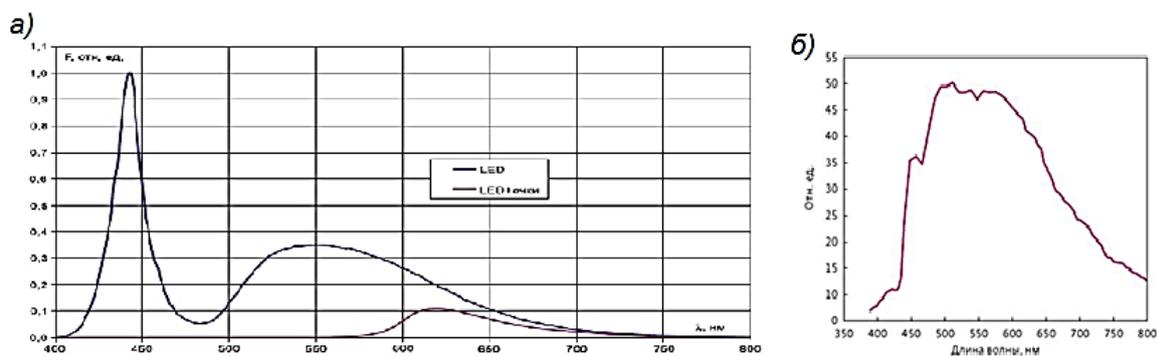


Рис. 1. Спектры излучения: *a* – светодиода XM-L холодного белого света (верхний график) и спектр этого же светодиода через красные очки (нижний) [1]; *б* – Солнца [2]

Другим вариантом решения проблемы является применение «теплых» и органических светодиодов (OLED). При этом спектр излучения не изменяется во времени. В то же время в течение дня происходит изменение спектрального состава излучения, которое через сетчатку и нервные волокна стимулирует головной и спинной мозг, регулируя физическую активность и психическое здоровье человека. Следовательно, представляет интерес использование RGB светодиодов, у которых можно независимо регулировать интенсивность красного, зеленого и синего канала, и соответственно, создать систему управления спектральным составом искусственного освещения в течение суток. В настоящее время их использование ограничено низкой световой эффективностью. Промежуточным вариантом является светильник, содержащий комбинацию белых и RGB светодиодов, что позволит увеличить эффективность и сохранить возможность варьирования спектрального состава в диапазоне его естественного изменения в течение дня.

Заслуживает внимания также изучение необходимости синхронного изменения уровня освещенности и параметров микроклимата индивидуально в соответствии с состоянием.

Литература

1. Шаракшанэ, А. Защита зрения при работе со светодиодами без рассеивателя / А. Шаракшанэ. – Полупроводниковая светотехника. – 2012. – № 6 (20). – С. 40–41.
2. Моделирование спектра солнечного излучения с помощью светодиодов / В. В. Афонин [и др.] // Фотоника, 2016. – № 2 (56). – С. 72–77.

УДК 620.179.14

ВОЗДЕЙСТВИЕ МАГНИТОИНДУКЦИОННОГО КОСМЕТОЛОГИЧЕСКОГО АППАРАТА НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ТКАНИ

Магистрант Степаненко А. И.¹Генеральный директор Матюшко А. В.²¹Белорусский национальный технический университет,²ООО «Технология и Медицина 2030», Минск, Беларусь

При разработке косметологических магнитоиндукционных аппаратов важным фактором является определение мощности магнитного индукционного поля аппарата, воздействующего на человека во время процедур. Количественная и качественная оценка данного фактора необходима производителям косметологических магнитоиндукционных аппаратов, косметологам и конечным потребителям для понимания особенностей воздействия подобного оборудования и максимально использования всего спектра его функционала.

Для более наглядного отображения информации при проведении опытных испытаний с косметологическим аппаратом применялся ферромагнитный порошок. Применение такого порошка дает более представление о конфигурации магнитного поля самого аппарата. Ферромагнитный порошок в магнитном поле намагничивается и выстраивается вдоль линий индукции магнитного поля аппарата в виде геометрических рисунков. Визуализация индукционных линий при помощи ферромагнитного порошка позволяет наглядно представить область воздействия магнитного поля косметологического аппарата на кожу человека при его использовании. Результаты опытов представлены на рис. 1.

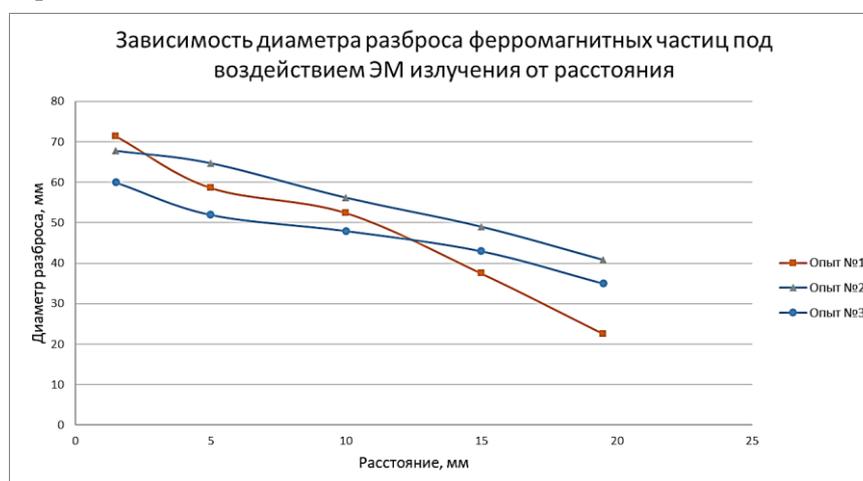


Рис. 1. Зависимость разброса ферромагнитных частиц под воздействием ЭМ излучения от расстояния

Параметры магнитной индукции косметологического аппарата изменяются в зависимости от расстояния. Так на расстоянии 19,5 мм индукция равнялась 0,1 Тл., 15 мм – 0,15 Тл., 10 мм – 0,25 Тл., 5 мм – 0,4 Тл., 1,5 мм – 0,5 Тл. Проведенные исследования показали, что диаметр разброса имеет обратную корреляционную зависимость расстояния между расположенными на поверхности ферромагнетиками и магнитоиндукционным косметологическим аппаратом. Таким образом, в ходе выполнения эксперимента была подтверждена гипотеза о том, что присутствует зависимость между разбросом частиц и расстоянием между ними и магнитоиндукционным косметологическим аппаратом. Подтверждение этой гипотезы найдет применение в

косметологии и других областях, связанных с магнитной индукцией. Анализ полученных в ходе исследования результатов и оформление их в виде рекомендаций по использованию позволит повысить практическую ценность применения для потребителей косметологического аппарата.

Литература

1. Невзгодова, Е. Современная экспериментальная физика. 3-е изд. / Е. Невзгодова. – СПб, 2009. – С. 35–37.

УДК 628.941

УПРАВЛЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫМ СОСТАВОМ ИЗЛУЧЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ СВЕДОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ

Магистрант Степаненко А. И.

Кандидат техн. наук, ст. преп. Богдан П. С.,

кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Регулировка спектрального состава излучения для имитации естественного освещения возможна с использованием RGB светодиодов, но они имеют низкую световую отдачу. Поэтому целесообразно создать комбинированные светильники, в состав которых входят как RGB, так и белые светодиоды с большей светоотдачей.

Количество светодиодов, необходимых для освещения помещения, может быть рассчитано по формуле:

$$n_i = \frac{ES}{Ai}, \quad (1)$$

где E – требуемая освещенность, S – площадь помещения, Ai – световая отдача светодиода (белого или одного из трех R, G, B светодиодов, обладающего минимальной световой отдачей).

Суммарный световой поток создается совокупностью излучений белых и RGB светодиодов, причем ток, а, следовательно, и мощность потребления каждой из четырех групп (белая, R, G, B) регулируется. Желаемое изменение спектрального состава обеспечивается регулировкой тока в цепях питания R, G, B светодиодов, а ток питания группы белых светодиодов вычисляется и устанавливается из условия сохранения требуемой суммарной освещенности всеми четырьмя группами:

$$ES = A_R n_{RGB} p_R + A_G n_{RGB} p_G + A_B n_{RGB} p_B + A_W n_W p_W, \quad (2)$$

где A_R, A_G, A_B, A_W – световая отдача R, G, B и белого светодиодов соответственно, n_{RGB} – число RGB светодиодов, вычисленное по формуле (1), n_W – число белых светодиодов, вычисленное по формуле (1), p_R, p_G, p_B, p_W – относительные значения тока питания соответственно R, G, B и белого светодиодов, вычисляемые по формуле:

$$P_i = \frac{j_i}{j_{i \max}},$$

где j_i – значение тока, регулирующего спектральный состав излучения для R, G, B и белого светодиодов, $j_{i \max}$ – максимальное значение тока для R, G, B и белого светодиодов.

Регулировка спектрального состава осуществляется следующим образом. Оператор вручную устанавливает требуемое значение освещенности, оно вводится в процессорный блок, где уже имеется информация о площади помещения, числе светодиодов, вычисленное по формуле (1) для максимально возможного значения освещенности, световая отдача и максимальный ток для каждого типа светодиодов. После этого изменяется значение тока питания для R, G, B светодиодов, при этом процессор регулирует значение тока питания таким образом, чтобы соблюдалось условие (2) сохранения требуемого значения освещенности.

На основании данного алгоритма возможно обеспечить автоматическую регулировку уровня и спектрального состава освещенности. Для этого необходимо установить математические зависимости, связывающие спектральный состав каждого из четырех светодиодов и значения их тока питания.

Имитация естественного освещения подразумевает необходимость изменять освещенность и спектральный состав в течение светового дня. Указанные характеристики зависят от географической широты местности и климата на данной территории. Следует иметь ввиду необходимость коррекции имитации естественного освещения вследствие миграции населения недостатка или избытка солнечных и пасмурных дней в данной местности, состояния здоровья конкретного человека. Эта коррекция должна осуществляться постоянно с учетом мониторинга перечисленных выше факторов.

УДК 628

ТИПЫ СКОЛЬЖЕНИЯ ПОДШИПНИКОВ И ЕГО ВКЛАДЫШИ В КОЛЕНЧАТОМ ВАЛЕ ДВС

Магистрант гр. 5А310601 Тахирова Г. Ш.

Кандидат техн. наук Бабашев К. А.

Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова,
Ташкент, Узбекистан

Подшипниковые узлы являются основными опорами для главных движущихся частей двигателя. К подшипникам двигателя предъявляются особые требования по следующим причинам:

1. Зазор между подшипниками и шейками коленчатого вала является основным фактором, обеспечивающим необходимый уровень давления масла во всем двигателе. Конструкция большинства двигателей призвана обеспечить максимальную защиту, и первоочередное обеспечение смазкой подшипников двигателя.

2. Долговечность двигателя основывается на длительности жизни подшипников. Выход из строя любого подшипника обычно приводит к немедленному отказу двигателя.

3. Подшипники двигателя предназначены для восприятия рабочих нагрузок двигателя и, в условиях предписанного режима смазки, обеспечивают минимальное трение. Смазка может быть обеспечена только при работе двигателя. Подшипники должны оставаться в рабочем состоянии в течение длительных периодов времени, даже при наличии небольших инородных частиц в смазке.

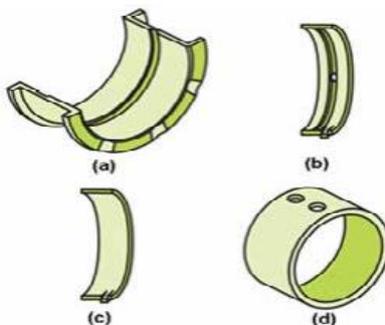


Рис. 1. Типичные подшипники, применяемые в современных автомобильных двигателях:

a – полу-корпусной упорный подшипник; *b* – верхний вкладыш коренного подшипника;

c – нижний вкладыш коренного подшипника, или вкладыш шатунного подшипника;

d – полнотелый вкладыш подшипника распределительного вала

Типы подшипников в большинстве подшипников двигателя относятся к одному из двух типов: подшипник скольжения, втулочный подшипник.

Экономичность, надежность, во многих случаях и габаритные размеры машин зависят от конструкции опор трения, поэтому подшипниковым узлам предъявляют повышенные требования, обусловленные увеличением частот вращения, статических и динамических нагрузок и необходимостью значительного увеличения надежности подшипниковых узлов.

При выборе типа подшипника существенным фактором является стоимость, в которую входят стоимость изготовления и стоимость технического обслуживания подшипника и сопряженных с ним деталей. Разработка нормализованных подшипников скольжения, централизованное производство и их систем смазки значительно сократит стоимость и расширит сферу применения подшипников скольжения.

Большая часть разъемных подшипников, или вкладышей подшипников, не имеют одинаковую толщину. Самая толстая часть вкладыша находится в его середине, которая называется верхушкой (венцом) подшипника. От середины подшипника к его краям толщина вкладыша подшипника постепенно сужается, и самая тонкая часть вкладыша расположена возле разделительной поверхности.

Современные автомобильные двигатели комплектуются высокоточными корпусными вкладышами подшипников. Подшипник изготавливают с высокой точностью, и по размерам, утвержденным международными стандартами, так, чтобы подшипник мог корректно работать, будучи установленным в любой постели двигателя, и в условиях контакта со стандартными смазочными материалами. Из этого следует, что подшипник должен быть сделан с высокой точностью из правильных материалов при строгом контроле качества изготовления.

При изготовлении подшипников скольжения для автомобильных двигателей поверхность, обращенная к движущейся детали, может быть покрыта одним из трех материалов: баббит, свинцово-медный сплав, алюминий. Подшипник двигателя, часто называемый вкладышем, имеет оболочку, которая представляет собой стальную подложку с нанесенным на нее покрытием из антифрикционного материала. Сталь обеспечивает распределение нагрузки по всей поверхности подшипника. Антифрикционный материал придает подшипнику необходимые эксплуатационные свойства.

Литература

1. James, D. Halderman Principles, Diagnostics and service, 2012. – 35 с.
2. Саидов, Ш. В. К обоснованию конструктивных параметров подшипника скольжения для коленчатых валов автотракторных двигателей / Ш. В. Саидов, К. А. Бабашев. – Вестник ТашГТУ, 2002. – № 1. – С. 62–66.
3. Титаренко, Д. Коленчатые валы, балансировочные валы и подшипники / Д. Титаренко. – ТВ-2052. Публикации, 2012. – 135 с.
4. Воскресенский, В. А. Расчет проектирования опор скольжения: справочник / В. А. Воскресенский, В. И. Дьяков. – М.: Машиностроение, 1980. – С. 7–12.

УДК 617.3

ПОДЪЕМНИК ДЛЯ ИНВАЛИДОВ АВТОМОБИЛЬНЫЙ

Студент гр. 11307119 Хатковский Е. В.

Кандидат техн. наук, доцент Есьман Г. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Людей с нарушением опорно-двигательного аппарата часто перевозят в автомобилях. Однако транспортировка человека таким образом сопряжена с различными недостатками. Например, обычно требуются обширные конструктивные модификации автомобиля для размещения человека с ограниченными физическими возможностями и кресла с электроприводом. Требуемые модификации могут включать в себя опускание пола автомобиля, поднятие крыши автомобиля и т. д. Модификация автомобиля, таким образом, может привести к значительным расходам для владельца автомобиля. Более того, поскольку автомобиль претерпевает специализированные структурные модификации, то его стоимость при последующей перепродаже может резко снизиться.

Можно возразить что на современном рынке представлены бюджетные решения, такие как гидролифты или гидropодъемник. Но данные средства рассчитаны либо на большие машины: микроавтобусы или бусы, либо требует изменения (усиления) конструкции автомобиля. Что касается территории Беларуси, то у нас распространены небольшие автомобили класса В, а также малые и среднеразмерные кроссоверы.

В настоящее время человек с ограниченными возможностями обычно садится в такие автомобили, располагаясь в инвалидной коляске в непосредственной близости от открытой двери, и буквально поднимается в транспортное средство с помощью дверного проема, автомобильного сиденья и других доступных частей кузова автомобиля. Излишне говорить, что это очень трудная задача. И проблема выхода из транспортного средства почти так же сложна.

В связи с вышеизложенными рассуждениями целью работы является конструирование автомобильного сиденья, которое буквально может выдвигаться из самого транспортного средства. И при этом конструкция должна стремиться к достижению следующих параметров:

- относительная дешевизна;
- простота ремонта и обслуживания;
- универсальность – человек с минимальными финансовыми затратами сможет переставить подъемник с одного автомобиля в другой;
- крепление в штатные места автомобиля.

Краткое описание возможности конструкции: подъемник установлен на тележке, которая, в свою очередь, перемещается по опорной плите, прикрепленной к кузову автомобиля в штатные места крепления направляющих для сиденья. Тележка перемещается по траектории между первым положением, в котором сиденье расположено в подходящем для пользователя месте для движения в транспортном средстве, и вторым положением, в котором сиденье в тележке находится полностью снаружи автомобиля в «подвешенном» состоянии. Сиденье можно поднимать и опускать на тележке, когда оно находится вне транспортного средства. В поднятом положении сиденье может быть возвращено в исходное положение внутри транспортного средства, а в опущенном положении пассажиру легче сесть на него или сойти с него. Различные движения, предусмотренные для сиденья, приводятся в действие либо механически от силы рук сопровождающего лица, либо от электромоторов, подключенных к бортовой сети автомобиля.

Литература

1. Movable automobile seat: patent US4155587 / Richard H. Mitchell. – Publ. 22.05.1979.
2. Seating systems for motor vehicles: patent US7845703B2 / T. A. Panzarella [et al.]. – Publ. 07.12.2010.
3. Конюшко, Г. В. Основы конструирования механизмов электронного машиностроения: учебное пособие / Г. В. Конюшко, В. И. Воронин, С.М. Лисовский. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2006.

УДК 621.9.048.4

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ИЗНОСОМ ЭЛЕКТРОД-ИНСТРУМЕНТА В ПРОЦЕССЕ МИКРОЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ

Студент гр. 11307120 Храмкова А. С.¹, студент гр. 113 071 22 Салахлы Фарид²
Кандидат техн. наук, доцент Монич С. Г.

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь, ²Азербайджан

Процесс электроэрозионной обработки представляет собой технологию электротермической обработки, при которой материал заготовки удаляется за счет эрозионного действия электрических разрядов.

Микроэлектроэрозионная обработка – это гибкая технология, широко используемая для изготовления сложных трехмерных микроструктур и инструментальных вставок для микролитья под давлением и горячего тиснения. Благодаря гибкости процесса электроэрозионной обработки и ее способности создавать сложные трехмерные структуры, эта технология в настоящее время используется в следующих операциях: прошивка, фрезерование, шлифование и копировально-прошивочная.

Износ электрод-инструмента является важной проблемой при использовании микро-электроэрозионной обработки, поскольку объемный износ, определяемый как соотношение между износом электрода и детали, относительно высок и его нельзя считать пренебрежимо малым. Объемный износ изменяет процесс обработки, так как площадь будет изменяться по мере износа электрода, что повлияет на точность и качество обрабатываемой детали.

Одним из методов является повторение процесса несколько раз с новыми или регенерированными микроэлектродами, пока не будет достигнута необходимая глубина. Основным недостатком является то, что это может занять много времени и трудно предсказать количество необходимых электродов.

Для коррекции износа электрод-инструмента также используется микроэлектроэрозионное шлифование. Такой способ позволяет придать электроду необходимую форму и обеспечивает высокую точность получения малых размеров инструмента (до 5 мкм). Существуют следующие методы электроэрозионного шлифования: профилирование инструмента с помощью электрод-пластины, использование вращающегося дискового электрода и проволоочное электроэрозионное шлифование. Суть метода заключается в использовании кинематики относительного

перемещения между электродом и инструментом, помещенных в диэлектрическую жидкость. Электроду придается вращение, затем система ЧПУ станка приводит электрод в контакт с инструментом, создавая разряд, что позволяет осуществить правку.

Проблемы, связанные с износом электрод-инструмента, становятся более сложными для решения при обработке сложных трехмерных микрополостей. Либо износ слишком велик, чтобы можно было использовать электроды сложной формы в классическом процессе штамповки, либо геометрия электрода сложна для изготовления. Таким образом, для производства микротрехмерных полостей в качестве альтернативной стратегии обработки было предложено использовать микроэлектроэрозионное фрезерование с электродами простой формы. В этом случае можно применить базовый метод, называемый методом равномерного износа. Применяется стратегия послойной обработки, которая на основе оценки коэффициента износа компенсирует износ при обработке каждого слоя постоянной подачей электрода по оси Z. Для этого метода требуется очень точная оценка износа [1, 2].

Основным недостатком применения ранее представленных методов компенсации износа является то, что они в значительной степени зависят от точности используемых ими моделей оценки износа. Таким образом, при использовании этих методов недооценка или переоценка степени износа приведет к неточностям обработки.

Литература

1. Забайкин, С. М. Микроэлектроэрозионная обработка. Состояние и перспективы развития / С. М. Забайкин, Б. П. Саушкин // РИТМ машиностроения. – 2020. – № 5. – С. 30–35.
2. Rees, A. Micro Electrical Discharge Machining: Axis-symmetric component manufacture and surface integrity / A. Rees. – United Kingdom: University of Wales, 2011. – 214 p.

УДК 535.317

АНАЛИЗ ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ И ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ДИФРАКЦИОННЫХ ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Магистрант Шарко Д. С.

Д-р техн. наук, профессор Артюхина Н. К.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Дифракционные оптические элементы (ДОЭ) представляют собой тонкую структуру, нанесенную на любую преломляющую или отражающую поверхность, на которой после преломления (или отражения) свет претерпевает дифракцию. В программных компьютерных средах возможно использование ДОЭ как на плоской, так и на сферической (или несферической) поверхности. Для описания структуры ДОЭ принята голографическая модель, которая образуется как результат записи интерференционной картины взаимодействия двух волновых фронтов, исходящих из двух когерентных источников [1].

В настоящей работе проведен обзор и анализ ДОЭ и областей их применения. Работа посвящена актуальной тематике совершенствования тепловизионной техники.

Примером простейшего ДОЭ является *зонная пластинка Френеля*. Зонная пластинка Френеля представляет собой элемент с чередующимися концентрическими непрозрачными окружностями, радиус которых совпадает с радиусами зон Френеля, что позволяет ей фокусировать излучение в точку только за счет дифракции.

Особенностью дифракционных элементов наличие множества порядков дифракции, что в случае с изображающими ДОЭ приводит к появлению нескольких дополнительных точек фокуса со значительной долей интенсивности в них [2].

Профиль, обеспечивающий 100 % энергии только в нужном порядке дифракции, называется структурой типа «*киноформ*». Киноформ рассматривается как бесконечно тонкий транспарант с заданным амплитудным коэффициентом пропускания. Изготавливаются в основном методом фотолитографии. Эти элементы используют для коррекции не только сферической, но и хроматических аберраций, что позволяет отказаться, например, от применения в объективах дорогих

марок стекол с особым ходом дисперсии и заменить их киноформами со специально рассчитанным профилем.

Киноформная линза находит применение в системах фокусировки излучения лазера, в дисковых видеопроигрывателях, в лазерных дальномерах и др., заменяя дорогие многолинзовые объективы. Киноформные элементы позволяют решать самые экзотические задачи по формированию световых пучков, которые решить с помощью традиционных оптических элементов часто не представляется возможным.

Применение киноформов в ОС позволяет сократить число компонентов в них за счет объединения функциональных свойств нескольких элементов в одном. Киноформы в сочетании с обычными оптическими элементами позволяют сократить габариты, массу и стоимость традиционных ОС и создать принципиально новые ОС, не имеющие аналогов (например, двухфокусный микроскоп с пластинкой Вуда – наблюдение микрообъектов, находящихся в различных предметных плоскостях и выставки их вдоль одной линии).

В работе предполагается исследование применения ДОЭ в оптической системе вариообъектива для ИК области спектра. Существующие вариообъективы состоят из большого числа линз, в том числе с асферическими поверхностями. Применение в оптической схеме объектива дифракционных оптических элементов позволит уменьшить количество линз в объективе, а, значит, и уменьшить его массу и габариты. Это в свою очередь позволит расширить область применения объектива.

Литература

1. Запрягаева, Л. А. Расчет и проектирование оптических систем / Л. А. Запрягаева, И. С. Свешникова. – М.: Логос, 2000. – 584 с.
2. Ландсберг, Г. С. Оптика: учебное пособие для вузов / Г. С. Ландсберг. – 6-е изд., стереот. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 848 с.

УДК 641.5.06

ВЫБОР ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ НАГРЕВАТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА В ДУХОВОМ ШКАФУ

Студент гр. 11302219 Шик Д. В.

Ст. преподаватель Самойлова М. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время вся бытовая техника, в соответствии законам развития технических систем, развивается в направлении увеличения функциональных способностей, и уменьшению их габаритов и энергоемкости.

Пароконвектомат является многофункциональным духовым шкафом. Расположение теплоэлектронагревательных элементов прямо влияет на распределение тепла по всему объему духовой камеры. Для определения градиента температур были использованы удельные теплоемкости воздуха и нержавеющей стали, толщина стали и тепловой поток.

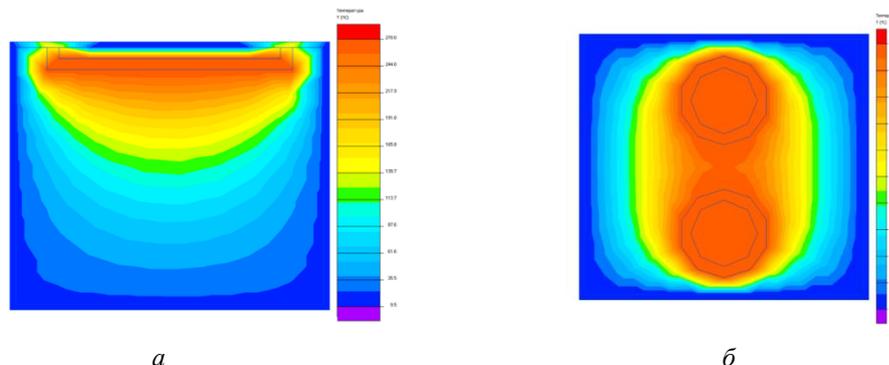


Рис. 1. Распределение температуры в духовом шкафу с круговыми теплоэлектронагревательными элементами: вид сверху (а); вид спереди (б)

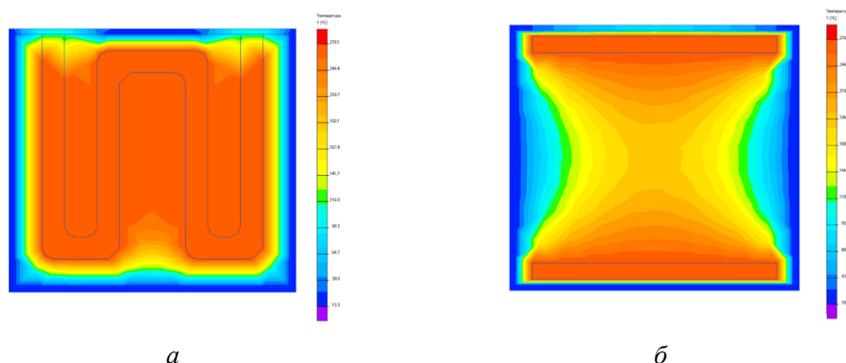


Рис. 2. Распределение температуры в духовом шкафу со спиральными теплоэлектронагревательными элементами: вид сверху (а); вид спереди (б)

Литература

1. Законы развития технических систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/7373011/page:13/>. – Дата доступа: 07.03.2023.

УДК 616-74

КРОВАТЬ МЕДИЦИНСКАЯ ОРТОПЕДИЧЕСКАЯ С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Студент гр. 11307119 Шорников Д. А.

Кандидат техн. наук, доцент Габец В. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Медицинская ортопедическая кровать – это кровать со специальной конструкцией, разработанной для размещения лежачих пациентов в послеоперационный период, а также иммобильных пациентов в период постельного режима и тяжелобольных.

Кровать так же является медицинской, с возможностью регулировки ложа по высоте и наклону, что часто является необходимым при уходе за пациентом, регулировка осуществляется по средствам привода, что значительно упрощает работу пациенту или человеку, который за ним ухаживает, вешалка для больных помогает опереться больному или патронажному специалисту. Однако, отсутствие возможности регулировки секций ложа и ортопедического основания, может повысить время восстановления и существенно снизить качество жизни пациента [1].

Кровать является ортопедической исходя из структуры основания: решетка с выгнутыми сверху упругими перекладинами: ламелями. Такая конструкция позволяет принять пациенту положение правильное, чем на сплошном основании, а также увеличить эксплуатационный срок матраса без потери полезных свойств [2].

Медицинские ортопедические кровати используются в стационарах медицинских учреждений, в домах престарелых, различных социальных учреждениях и в домашних условиях. Конструкционные особенности медицинской кровати облегчают медперсоналу и родным уход за больным и позволяют размещать его в комфортной и физиологически более выгодной позе.

Классификация ортопедических кроватей составляется исходя из следующих параметров:

– количество секций:

- а) односекционные;
- б) двухсекционные;
- в) трех- и четырех-секционные медицинские кровати;

– вид кровати:

- а) без привода;
- б) с механическим приводом;
- в) с пневматическим приводом;
- г) с гидравлическим приводом;
- д) с электрическим приводом;
- е) со смешанным приводом;

- вид регулировки:
- а) без регулировки;
- б) с регулировкой угла наклона секций;
- в) с регулировкой угла наклона ложа;
- г) с регулировкой высоты ложа.

В ходе дипломного проекта разработана кровать медицинская ортопедическая с электроприводом, в которой предусмотрен механизм регулировки секций кровати, а также высоты ложа.

Кровать медицинская ортопедическая состоит из следующих узлов:

- кровать;
- блок питания;
- пульт управления;
- матрац;
- вешалка для подтягивания [3].

Контур кровати представляет собой металлические рамы, металлические стойки с деревянными спинками. Внутренний контур состоит из подвижных рам, а также одной неподвижной рамы, в которых распложены деревянные ламели.

Конструкция является полностью разборной, это необходимо для облегчения транспортировки и монтажа кровати вне зависимости от помещения.

Регулировка секций кровати и высоты ложа осуществляется линейными позиционирующими устройствами: актуаторами. Актуатор – электромеханический привод, который поступательно перемещает выходной звено – шток.

К конструктивным особенностям разработанного изделия можно отнести тип ложа, регулировку секций, а также расположение актуаторов и колесиков.

Литература

1. Кровать функциональная с электроприводом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/88088/127.pdf?sequence=1>. – Дата доступа 05.03.2023.
2. Полезные свойства ортопедического основания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://promtkm.ru/poleznye-stati/126-poleznye-svoystva-ortopedicheskogo-osnovaniya-dlya-krovati/>. – Дата доступа 05.03.2023.
3. Медицинская кровать и ее виды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://med-magazin.ua/articles/view/99/>. – Дата доступа 05.03.2023.

УДК 615.47

ПОРТАТИВНЫЙ ДЕТЕКТОР ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ВИРУСОВ

Студенты гр. 11307121 Якубович А. Д., Попкович А. И.

Кандидат техн. наук, доцент Монич С. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Портативные детекторы для обнаружения вирусов приобретают все большее значение в последние годы, особенно в свете пандемии COVID-19. Эти устройства предназначены для обнаружения присутствия вирусных частиц в окружающей среде, на поверхностях или даже в воздухе. Они компактны и портативны, что делает их идеальными для использования в самых разных условиях, включая больницы, аэропорты и общественный транспорт.

Портативные детекторы важны для обнаружения вирусов по нескольким причинам:

1. Быстрая диагностика: портативные детекторы могут выдавать быстрые и точные результаты, что имеет решающее значение для ранней диагностики и лечения вирусных инфекций. Это особенно важно в случаях, когда время имеет решающее значение, например, во время вспышек или пандемий.

2. Доступность: портативные детекторы могут использоваться в условиях, когда традиционное лабораторное тестирование невозможно или недоступно. Это включает в себя удаленные районы или районы с ограниченными ресурсами, полевые настройки и тестирование на дому.

3. Мониторинг и эпиднадзор: портативные детекторы могут использоваться для мониторинга и эпиднадзора за вирусными инфекциями среди населения. Это может помочь должностным лицам общественного здравоохранения отслеживать распространение вирусов и осуществлять меры контроля для сдерживания вспышек.

4. Экономическая эффективность: портативные детекторы могут быть более экономичными, чем традиционное лабораторное тестирование, особенно в условиях, когда требуется большое количество тестов или где отсутствует специализированное оборудование и помещения.

В целом, портативные детекторы для обнаружения вирусов могут помочь улучшить показатели общественного здравоохранения, обеспечивая быструю и точную диагностику, повышая доступность тестирования и облегчая мониторинг вирусных инфекций.

Одним из ключевых преимуществ портативных детекторов вирусов является их скорость и точность. Эти устройства, как правило, способны обнаруживать вирусные частицы в течение нескольких минут, обеспечивая быстрые результаты, которые могут помочь предотвратить распространение инфекции. Кроме того, многие из этих детекторов обладают высокой чувствительностью, что означает, что они могут обнаруживать даже небольшие количества вирусных частиц, повышая их эффективность в выявлении потенциальных источников инфекции.

Еще одним преимуществом портативных детекторов вирусов является их простота в использовании. Многие из этих устройств спроектированы так, чтобы быть удобными в использовании и требовать минимальной подготовки для эффективной работы. Это делает их идеальными для использования медицинскими работниками, сотрудниками службы безопасности аэропортов и другими лицами, которым может потребоваться быстрое и точное выявление потенциальных источников инфекции.

В целом, портативные детекторы для обнаружения вирусов являются важным инструментом в борьбе с инфекционными заболеваниями. Эти устройства обеспечивают быстрый, точный и простой в использовании способ обнаружения вирусных частиц в широком диапазоне условий, помогая предотвратить распространение инфекции и сохранить людей в безопасности и здоровыми. Поскольку технологии продолжают развиваться, вполне вероятно, что в ближайшие годы мы увидим еще более инновационные и эффективные портативные детекторы вирусов.

Литература

1. Портативный детектор для обнаружения вирусов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mikrobiki.ru/>. – Дата доступа: 06.03.2023.

УДК 621.3.049.75

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Студенты гр. 11307121 Якубович А. Д., Попкович А. И.

Кандидат техн. наук, доцент Филонова М. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Технологический процесс создания печатных плат – сложный многооперационный процесс, включающий более 50 операций, который подразумевает использование порядка 40–50 единиц технологического оборудования, требующий не только узкоспециализированных специалистов в данной области, но и специалистов более широкого профиля, представляющих все проблемы и пути их комплексного решения, стоящих в настоящее время в производстве печатных плат.

При изготовлении печатных плат происходит загрязнение воздушного пространства парами свинца, а соединения кислот и щелочей загрязняют сточные воды предприятия. В технологиях производства ЭВМ используются процессы, отрицательно воздействующие на окружающую среду, такие как литье, термическая, гальваническая и механическая обработка, резка, сварка, пайка и окраска. Все эти виды технологических процессов являются источниками загрязнения как атмосферы, так и гидросферы. В частности, с такими проблемами сталкиваются такие предприятия, как завод JLPCB (первый в Китае завод, специализирующийся на производстве печатных плат), завод «Технотех», компания HCC GROUP и др.

На сегодняшний день используется 2 метода изготовления элементов проводящего рисунка печатных плат и их слоев: на основе субтрактивных методов с использованием фольгированных диэлектриков (узор выполняется методом удаления лишних частиц фольги); на основе аддитивного метода с использованием нефольгированных диэлектриков (медь наносится на подготовленную маску).

Показателями уровня производства печатных плат являются: ширина проводников; расстояние между проводниками (зазоры); диаметр переходных отверстий и др.

Платы, изготовленные аддитивным методом, имеют высокую разрешающую способность (проводники шириной до 0,1 мм), затраты на производство таких плат снижаются на 30 % по сравнению с субтрактивными методами, экономятся медь, химикаты для травления и улучшается экологическая обстановка на предприятиях. Однако применение аддитивного метода в массовом производстве ограничено низкой производительностью процесса химической металлизации, интенсивным воздействием электролитов на диэлектрик, недостаточной адгезией проводников.

Существует связь производственных участков различных цехов печатных плат. Типовой технологический процесс с использованием полуаддитивного метода таков: нарезка заготовок слоев МПП (многослойных печатных плат), получение рисунка схемы слоев, травление меди с пробельных мест, удаление маски, образование базовых отверстий, прессование слоев МПП; образование металлизированных отверстий; химическая очистка отверстий; химическая металлизация отверстий; гальваническая металлизация платы; получение рисунка схемы; гальваническая металлизация рисунка; нанесение металлорезиста на рисунок; удаление маски; травление меди с пробельных мест; оплавление металлорезиста; обработка платы по контуру; маркировка платы, нанесение защитного покрытия; окончательный контроль платы.

Печатные платы применяются практически во всех отраслях народного хозяйства, и потребность в них постоянно возрастает. Опережающие темпы развития микроэлектроники требуют непрерывного повышения их технического уровня, который определяется ростом плотности монтажа электрорадиоизделий, повышения требований к надежности, увеличением частоты следования импульсов. Обеспечение этих требований зависит от достижений в области конструирования и развития технологии производства печатных плат.

Литература

1. Пирогова, Е. В. Проектирование и технология печатных плат / Е. В. Пирогова. – М.: Форум, Инфра-М, 2005. – 560 с.

УДК 534.6.08

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭХО-ИМПУЛЬСНОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ ЗВУКА

Магистрант гр. 51315022 Якутович А. А., аспирант Киндрук А. Н.

Д-р техн. наук, доцент Степаненко Д. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Задачей исследования являлась разработка методики моделирования процессов формирования и обработки сигналов при измерении скорости звука эхо-импульсным методом, основанной на применении программ Comsol Multiphysics и MathCad. Создание подобной методики является актуальной научно-педагогической задачей, решение которой позволит повысить качество усвоения студентами учебных дисциплин, связанных с изучением ультразвуковых методов неразрушающего контроля и медицинской диагностики. Выбор программы Comsol Multiphysics обусловлен наличием в ней специализированных модулей для решения задач акустики и моделирования распространения упругих волн.

В качестве примера рассмотрена осесимметричная модель цилиндрического образца из конструкционной стали размерами $\varnothing 60 \times 30$ мм. На участке верхней поверхности образца диаметром 20 мм задавалось граничное условие Prescribed Velocity (заданная колебательная скорость), имитирующее взаимодействие с ультразвуковым преобразователем. Зависимость колебательной

скорости от времени описывалась синусоидальным сигналом с амплитудой 1 м/с и частотой $f_0 = 1,5$ МГц, промодулированным гауссовой огибающей с положением максимума $t_0 = 2T_0$ и полушириной $\text{FWHM} = T_0(\ln(2))^{1/2}$, где $T_0 = 1/f_0$ – период синусоидального сигнала. Максимальный размер конечных элементов задавался равным $2\lambda/3$, где λ – длина волны. При использовании конечных элементов с функциями формы 2-го порядка максимальный размер элементов не должен превышать $\lambda/6$, однако в рассматриваемом случае используются функции формы 4-го порядка, что позволяет увеличить размер элементов. Динамический анализ (Time Dependent Study) производился с помощью явного решателя (модуль Elastic Waves, Time Explicit).

Как предсказывает теория, при отражении импульса от донной поверхности образца происходит его инверсия (изменение фазы на 180°) (рис. 1).

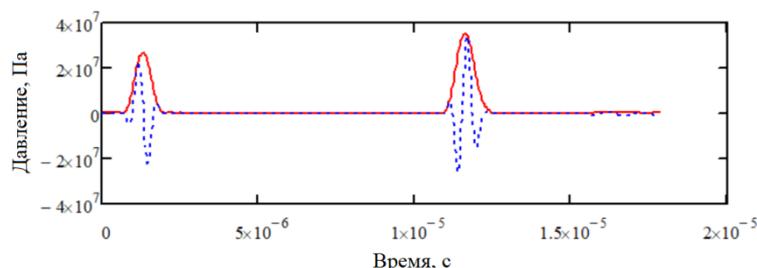


Рис. 1. Расчетная форма импульсов давления и их огибающих

Увеличение давления в эхоимпульсе объясняется интерференцией, падающей и отраженной волн на поверхности преобразователя. В приборах ультразвукового контроля выделяется огибающая эхоимпульса с помощью квадратурного детектирования. Эта операция была смоделирована в программе MathCad путем умножения импульса на опорные гармонические сигналы с последующей фильтрацией. Огибающая рассчитывалась по формуле $2((I(t))^2 + (Q(t))^2)^{1/2}$, где $I(t)$ и $Q(t)$ – выходные сигналы фильтров синфазного и квадратурного каналов. Скорость звука рассчитывалась по задержке времени Δt между максимумами огибающих зондирующего и отраженного импульсов и составила 5840 м/с, что хорошо согласуется с теоретическим значением для бесконечного изотропного образца, составляющим 5860 м/с.

Таким образом, разработана методика моделирования эхо-импульсного метода измерения скорости звука, которая может найти применение в учебном процессе для повышения качества усвоения студентами дисциплин, связанных с изучением акустических методов неразрушающего контроля и медицинской диагностики.

УДК 534

АВТОСАМПЛЕР

Студент гр. 11307119 Ларионов Н. П.

Кандидат техн. наук, доцент Есьман Г. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Автосамплер (автоматический пробоотборник) обычно представляет собой устройство, которое соединено с аналитическим прибором, периодически предоставляющим образцы для анализа. Автосамплер можно также понимать как устройство, которое периодически собирает пробы из большого источника проб, например, из атмосферы или озера.

Автосамплеры позволяют значительно повысить производительность и точность во многих медицинских анализах и подготовках проб и поэтому широко используются в лабораториях. Область применения устройства: медицинские лаборатории, научные центры.

Назначения устройства: проведение отборов проб и их доставки в устройство анализа. Автосамплер сочетает в себе автоматический пробоотборник и дозатор, который работает в 3-х измерениях пространства. Он обеспечивает все необходимое для ввода стандартных жидких образцов, паровой фазы и твердофазной микроэкстракции. Переключение между типами вводимых

СЕКЦИЯ 3. МИКРО- И НАНОТЕХНИКА

УДК 577

РАСТИТЕЛЬНЫЙ СИНТЕЗ НАНОСТРУКТУР

Студент гр. 11310122 Васькин И. Н.

Ст. преподаватель Люцко К. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Фотосинтез является основным процессом, который определяет эволюцию планеты и прямо или косвенно питает большинство форм жизни. Уникальной особенностью растительных клеток является их клеточная стенка, которая обеспечивает механическую стабильность растения и способность выдерживать большие потери воды без умирания. Передача сигналов у растений в основном происходит через биомолекулы, которые либо синтезируются локально в ткани действия, либо в отдаленных тканях.

Основными преимуществами биологических систем на растительной основе для производства наночастиц являются низкая стоимость культивирования, короткое время синтеза конечного продукта, биобезопасность процесса, возможность получения необходимого количества продуктов без дополнительных затрат. Предложен и реализован метод получения частиц золота, серебра и железа различной морфологии из солей соответствующих металлов с использованием растительного экстракта в качестве восстановителя. Биоэлектронные технологии на растениях только начали появляться, хотя за последние десятилетия область биоэлектроники значительно продвинулась в области биомедицины. Исследования по мониторингу и модуляции физиологии растений все еще находятся на уровне доказательства концепции, и для того, чтобы эти технологии показали свой истинный потенциал и были установлены в науке о растениях, необходимо провести более продвинутое исследование. Определение правильных биологических вопросов, в которых биоэлектроника может быть выгодной по сравнению с традиционными методологиями, является важной задачей, которая может быть решена только путем расширения сотрудничества между сообществами биоэлектроники и науки о растениях [1].

Основными классами молекул, сигнализирующих о растениях, являются фитогормоны, которые присутствуют в низких концентрациях и регулируют рост и развитие растений на многих различных уровнях. Фитогормоны являются сигнальными молекулами и выступают в качестве основных регуляторов роста и развития растений. Например, ауксин является ключевым регулятором многочисленных физиологических процессов в растениях, таких как удлинение клеток, дифференцировка фототропизма, гравитропизм, апикальное доминирование, развитие плодов и абсциссия; в то время как жасмонаты активируют защитные реакции растений на элициторы.

Применение экзогенных гормонов является важным экспериментальным методом для понимания того, как гормоны организуют рост и развитие растений. Кроме того, многие физиологические процессы растений и стрессоустойчивость могут быть значительно модулированы с помощью экзогенной доставки гормонов. Нанобкньюжированные полимерные наночастицы также использовались в качестве световых трансдукционных блоков для модуляции физиологии растений. Недавно группа Antognazza продемонстрировала использование наночастиц для светоиндуцированной модуляции апертуры устьиц.

Литература

1. Gwennaël Dufil Plant Bioelectronics and Biohybrids: The Growing Contribution of Organic Electronic and Carbon-Based Materials / Gwennaël Dufil, Iwona Bernacka-Wojcik, Adam Armada-Moreira // American Chemical Society. – 2021. – 122 p.

СОВРЕМЕННЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ЗАПИСИ ИНФОРМАЦИИ

Студент гр. 11310120 Абмётко Н. В.^{1, 2}

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е. Н.²

¹ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению»,

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Современные магнитные накопители обладают фундаментальным ограничением на предел плотности записи. Оно соответствует минимальному размеру магнитного домена [1].

Целью данной работы является проведение литературного обзора, на уже существующие или разрабатываемые технологии, используемые для записи информации.

В первую очередь необходимо рассмотреть явление записи информации в молекулы ДНК. Гены, подобно алмазам, долговечны, но в не совсем так, как алмазы. Отдельный кристалл алмаза постоянно сохраняет неизменную атомную структуру. Молекула ДНК не обладает таким постоянством. Жизнь каждой отдельной физической молекулы ДНК невелика, составляя порядка нескольких месяцев, и безусловно не больше, чем продолжительность жизни человека. Но молекула ДНК может продолжать существование в виде копий самой себя в течение сотни миллионов лет. Плотность информации в ДНК поражает воображение. Журнал Nature оценивает, что все данные мира возможно записать в ДНК-хранилище весом до одного килограмма [1].

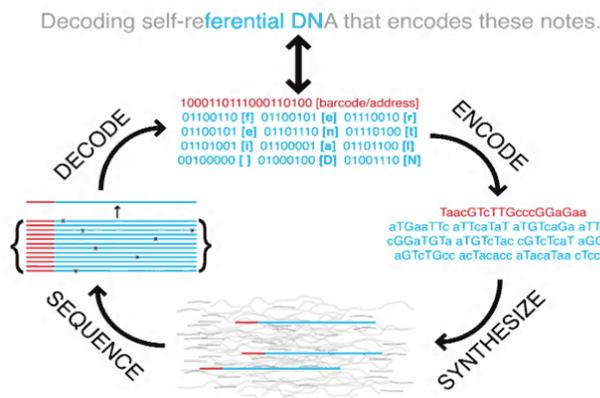


Рис. 1. Схематический процесс использования ДНК в качестве носителя информации

К настоящему моменту были созданы полностью автоматические образцы, которые уже могут использоваться для хранения информации.

Одним из альтернативных способов записи информации могут являться наноструктуры. Например, в 2016 году инженеры из Университета Дельфта создали пластину из меди, на поверхности которой была выстроена решетка из атомов хлора. Меняя расположения «дырок» в решетке, авторы кодируют биты. На одном квадратном сантиметре поверхности подобного материала помещается до 10 терабайт [1]. В 2017 году международная группа физиков добилась стабильной записи и хранения информации на протяжении нескольких часов в одиночных атомах гольмия.

Необходимо так же упомянуть технологию eternal 5D. Данная технология основана на оптической записи информации с очень высокой плотностью. Запись производится фемтосекундным лазером, который создает внутри материала наноразмерные структуры 500×500 нанометров внутри стекла. Так же по похожей технологии, для записи информации можно использовать дефект в трехмерной решетке алмаза: NV-центр. Однако информация полностью сотрется при воздействии на алмаз света.

Литература

1. Какие накопители человечество будет использовать в будущем вместо магнитных и оптических? / PCnews [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pcnews.ru>. – Дата доступа: 23.03.2021.

УДК 620.22

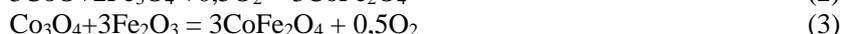
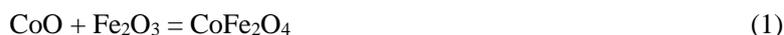
ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ИСХОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОБАЛЬТОВЫХ ФЕРРИТ-ШПИНЕЛЕЙ

Студент гр. 11310120 Абмётко Н. В.^{1,2}Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е. Н.²¹ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению»,²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является установление влияния химического состава исходных оксидов (Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , CoO и Co_3O_4) на фазовый состав и структурные характеристики кобальтовых феррит-шпинелей (CoFe_2O_4), синтезированных методом твердофазных реакций.

Ферриты со структурой шпинели – магнитные многокомпонентные оксиды, в основе которых ионы железа. Химическая формула феррит-шпинелей характеризуется общей формулой $\text{M}^{\text{II}}\text{Fe}_2\text{O}_4$, где M^{II} – ионы двухвалентных металлов: никель, кобальт, марганец, магний, медь, железо, цинк, кадмий [1]. Шпинели имеют ферримагнитный тип упорядочения. Ферриты со структурой шпинели синтезируются различными методами, однако наиболее технологически выгодным и менее затратным является метод твердофазных реакций. При использовании исходных оксидов с отличающимся химическим составом (Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , CoO и Co_3O_4) в процессе синтеза за счет особенностей фазообразования могут формироваться итоговые продукты (кобальтовые феррит-шпинели) с различной текстурой и особенностями распределения катионов по кислородным координациям.

Уравнения (1)–(4), представленные ниже описывают химические реакции синтеза итогового CoFe_2O_4 и стехиометрическое соотношение исходных оксидов:



Образцы были синтезированы методом твердофазных реакций. Расчет навесок исходных оксидов был выполнен по катионной стехиометрии. Смеси исходных оксидов предварительно механически активировались и гомогенизировались в шаровой мельнице (1000 об./мин. в течение 30 мин.) и подвергались двухстадийному спеканию при температуре 1100 °С в течение 6 часов (с промежуточным размолом и просеиванием).

Для изучения структурно-фазового состояния порошкообразных CoFe_2O_4 проведены исследования по дифракции рентгеновских лучей (в $\text{Cu-K}\alpha$ -излучении на дифрактометре POWDIX 600). На рис. 1 представлены спектры рентгеновской дифракции синтезированных образцов.

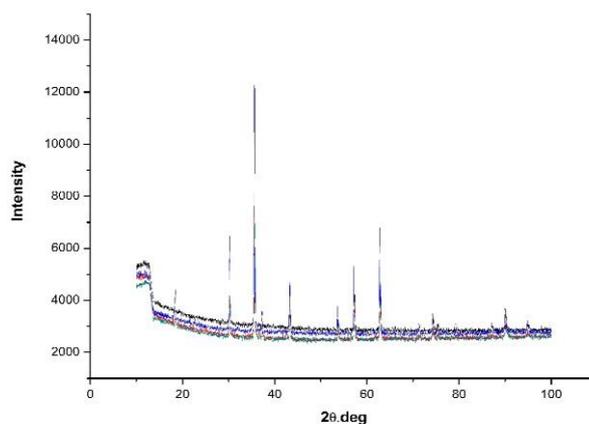


Рис. 1. Результаты измерения образцов на дифрактометре

В результате рентгенофазового анализа установлено, что все образцы являются однофазными составами (Пр. Гр. Fd-3m) со структурой типа шпинели. Примесных фаз не выявлено. Показано

изменение в соотношении интенсивностей основных дифракционных максимумов, что может являться следствием формирования различных преимущественных ориентаций зерен. В настоящий момент осуществляется расчет параметров элементарной ячейки и запланированы эксперименты по изучению микроструктуры с использованием сканирующей электронной микроскопии.

Литература

1. Смит, Я. Ферриты: Физические свойства и практические применения / Я. Смит, Х. Вейн. – М. : ИИЛ, 1962. – 532 с.

УДК 621

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ГЕКСАФЕРРИТА БАРИЯ

Студент гр. 11310120 Абмётко Н. В.^{1, 2}

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.²

¹ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению»,

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Сложные оксиды ионов железа, они же ферриты, привлекают особое внимание исследователей по многим причинам. Во-первых, возможность управления их магнитными и электрическими свойствами в широком диапазоне за счет изменения химического состава и структурных параметров. Во-вторых, химическая стабильность и коррозионная стойкость обеспечивают требуемые свойства, позволяющие использовать их практически повсеместно. В-третьих, относительная простота синтеза и низкая стоимость компонентов для ферритов позволяют синтезировать их в значительных объемах и с невысокой себестоимостью [1, 2].

В результате проведенного анализа литературы можно сделать вывод, что гексагональные ферриты М-типа являются одним из наиболее активно исследуемых и широко применяемых на практике классов ферритов. Зависимость параметров кристаллической структуры, зарядового и спин-орбитального упорядочения от химического состава позволяет рассматривать гексагональные ферриты как модельные объекты для объяснения природы их магнитных и электрических свойств в системах с несколькими подрешетками.

Таким образом, можно выразить цель нашего исследования – составление и описание технологической схемы получения керамических материалов на основе гексаферрита бария. Цель будет достигнута в первую очередь подробным анализом литературы, откуда будут взяты основное количество данных, рассчитанных или полученных эмпирическим методом.

Процесс синтеза порошкообразных гексаферритов в настоящее время достаточно хорошо изучен. На основании ранее выполненных работ по синтезу замещенных гексаферритов методом твердофазных реакций, в качестве основных технологических параметров, влияющих на фазовый состав и как следствие свойства синтезируемых замещенных гексаферритов бария, можно выделить четыре фактора:

1. Концентрация исходных компонентов (в нашем случае исходными компонентами будут: оксида железа (III) Fe_2O_3 , карбонат бария $BaCO_3$, оксид висмута Bi_2O_3).

2. Температура синтеза или термические условия ферритизации (должна находиться в диапазоне 1000–1300 градусов).

3. Время гомогенизации и механической активации (смешивание и размол) смеси исходных компонентов – в нашем случае достаточно 0,5 ч.

4. Продолжительность синтеза, составляющую не менее 6 часов, а для получения более качественной керамики возможно увеличение продолжительности спекания до 10 ч.

В результате синтеза был получен висмут-замещенный гексаферрит бария, на следующей картинке представлены данные, полученные с помощью электронно силового микроскопа.

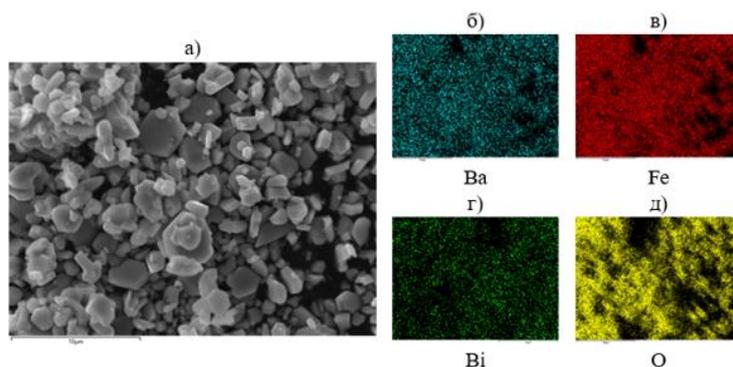


Рис. 1. Изображение, микроструктуры (а) и карты элементов (б, в, г, д)

Литература

1. Смит, Я. Ферриты: Физические свойства и практические применения / Я. Смит, Х. Вейн. – М.: ИИЛ, 1962. – 532 с.
2. Cruickshank, D. Microwave materials for wireless applications / D. Cruickshank. – Norwood: Artech House, 2011. – 221 p.

УДК 541

ОСНОВЫ ОБРАЗОВАНИЯ ПЕННЫХ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Студент гр. 11310121 Артемук А. И.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Данная исследовательская работа посвящена анализу методов получения пен и особенностям формирования пенных систем. В работе проведен обзор литературных источников в области изучения дисперсных систем. Особое внимание уделено изучению классификации дисперсных систем по различным признакам (рис. 1).



Рис. 1. Классификация дисперсных систем

В работе подробно изучены особенности образования пенных систем. Пены представляют собой дисперсные системы, которые находятся в неустойчивом энергетическом состоянии. Это связано с тем, что они имеют высокоразвитую поверхность раздела. Энергетическим условием существования устойчивого состояния является уменьшение термодинамического потенциала. Поэтому процессы в пенах направлены на ее коалесценцию. Это самопроизвольный процесс, принцип которого построен на контакте одних пузырьков пен с другими [1].

Пены представляют собой систему, состоящую из ячеек (рис. 2). Пенная ячейка состоит из узлов, пленки и каналов. Любая дисперсная система включает в себя дисперсную фазу и дисперсионную среду. В структуре пены дисперсионная среда локализуется в каналах, но частично может находиться и в пленках. Узел структурной ячейки формируется как вершина соединения 4 каналов. В итоге формируется разветвленная пористая структура, позволяющая дисперсионной среде перемещаться [2].

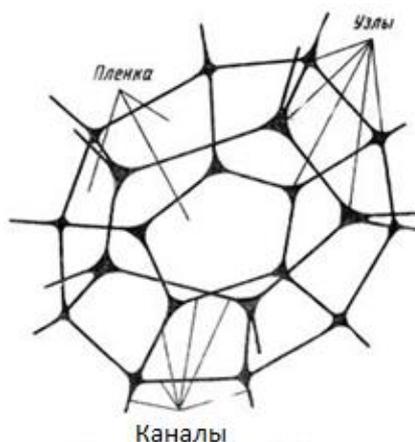


Рис. 2. Строение пенной ячейки

Поверхностно-активный компонент – незаменимая добавка для получения устойчивой пены. В работе изучены подробно основные факторы устойчивости пенных дисперсных систем. К ним относятся: толщина адсорбционного слоя, высокая вязкость, наличие ПАВ-пенообразователя, достаточное поверхностное натяжение и концентрация.

Литература

1. Фролов, Ю. Г. Поверхностные явления и дисперсные системы / Ю. Г. Фролов. – М.: Химия, 1982.
2. Кругляков, П. М. Пена и пенные пленки / П. М. Кругляков, Д. Р. Ексерова. – М.: Химия, 1990.

УДК 539.2

ИМПУЛЬСНАЯ ФОТОННАЯ ОБРАБОТКА ТОНКОПЛЕНОЧНОЙ СИСТЕМЫ SI/MG/SI/СИТАЛЛ

Аспирант Асанов Д. Ж.¹

Д-р физ.-мат. наук, профессор Маркевич М. И.²,
кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е. Н.³

¹Нукусский государственный педагогический институт имени Ажинияза,
Нукус, Узбекистан,

²Физико-технический институт НАН Беларуси,

³Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Силицид магния Mg_2Si является одним из материалов, которые имеют обширную область применения, особенно в термоэлектрических преобразовательных устройствах и фотоэлектрических устройствах. Кроме того, Mg_2Si обладает еще рядом характеристик, включая узкую запрещенную зону 0,6–0,8 эВ, высокую подвижность электронов, высокий коэффициент оптического поглощения и ряд других.

Однако большинство применяемых методов формирования тонких пленок Mg_2Si на различного типа подложках не позволяют получить пленки высокого качества либо являются дорогостоящими. Например, достаточно распространенный для получения пленок силицида магния стехиометрического состава на кремнии метод молекулярно-лучевая эпитаксия.

Поэтому поиск новых способов формирования пленок Mg_2Si на кремнии ии на других подложках, в частности, ситалле, представляет научный и практический интерес.

В данной работе для формирования Mg_2Si применялся методом электронно-лучевого осаждения тонкопленочная система Si-Mg-Si на ситалл. Соотношение толщин слоев в многослойной композиции Si-Mg-Si, оптимальное для формирования силицида Mg_2Si , составляло 20-100-20 нм. Затем для формирования силицида магния на установке УОЛП-1М осуществлялась импульсная фотонная обработка полученной тонкопленочной композиции, при этом процесс нагревания исследуемой структуры описывался уравнением теплового баланса.

В результате выполнения работы отработана методика нанесения трехслойной композиции кремний-магний-кремний на ситалловые подложки. Проведено компьютерное моделирование изменения температуры от времени в системе Si-Mg-Si-ситалл при импульсной фотонной обработке, на основании которого определены оптимальные температуры и длительности импульса для синтеза силицида магния.

Характерные зависимости изменения температуры от времени в исследуемых нами режимах приведены на рис. 1.

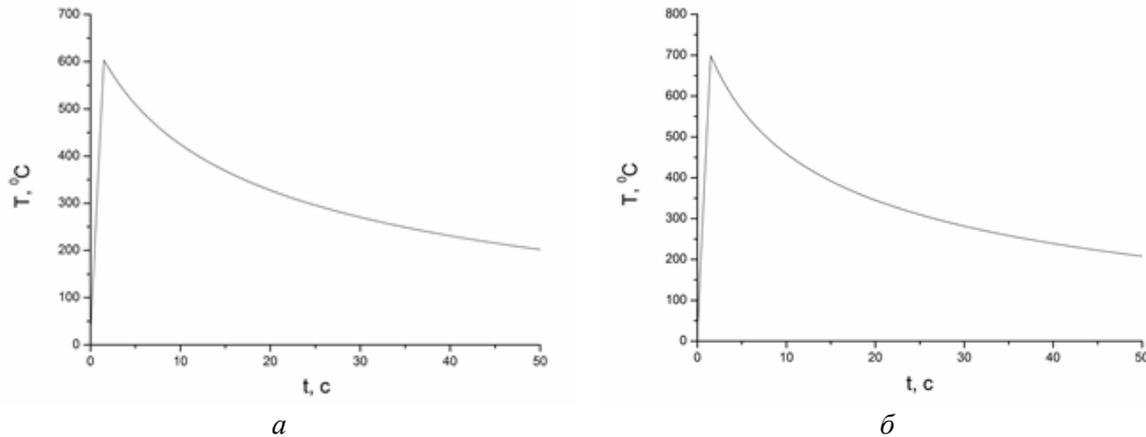


Рис. 1. Изменения температуры образца в зависимости от времени при плотности энергии 288 Дж/см² (а), 337,5 Дж/см² (б) (длительность импульса 1,5 с)

Как показывает анализ полученных зависимостей, температура достигает максимального значения в течение первых секунд импульсного воздействия и затем наблюдается ее постепенное снижение.

УДК 621

ФУНКЦИОНАЛЬНО-ГРАДИЕНТНЫЕ ПОКРЫТИЯ TiN И AlN

Студент гр. 11310119 Баган Н. П.¹

Кандидат техн. наук Лапицкая В. А.^{1,2},

д-р техн. наук, профессор Чижик С. А.^{1,2},

ст. научный сотрудник Николаев А. Л.³, мл. научный сотрудник Садырин Е.³

¹Белорусский национальный технический университет,

²Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, Минск, Беларусь,

³Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

Функционально-градиентные материалы представляют собой новые композиционные материалы с постепенными изменениями состава и структуры по всему объему и изменением таких свойств как механические и трибологические. Слои, сформированные на основе нитридных и карбидных соединений, получили широкое практическое применение в машиностроении, среди которых можно выделить нитрид алюминия [1] и нитрид титана. Покрытия нитрида титана (TiN) успешно зарекомендовали себя как средство повышения долговечности обрабатываемых инструментов за счет повышенной износостойкости [2]. Нитрид алюминия (AlN), обладающий диэлектрическими свойствами с низким коэффициентом теплового расширения и высокой теплопроводностью является перспективным материалом для практической реализации таких покрытий за счет своих теплофизических свойств. Покрытия из нитрида алюминия используются в качестве износостойких и ударопрочных покрытий с диэлектрическими свойствами для элементов электронной аппаратуры [1]. Производство градиентных покрытий на основе TiN и AlN путем изменения содержания азота по глубине покрытия способно значительно увеличить износостойкость покрытий, что было экспериментально продемонстрировано в [3]. В [4] показано преимущество градиентных TiN покрытий по сравнению с однослойными покрытиями при

сопротивлении циклическим ударным нагрузкам. Градиентные TiN покрытия по сравнению с однослойными покрытиями показывают повышение трибологических характеристик при испытаниях на трибометре в режиме «блок-кольцо» в паре трения с упрочненной сталью без присутствия смазки [5], что делает их перспективными в направлении «зеленой трибологии», уменьшающих нагрузку на экологию. Комплексное исследование механических свойств, адгезии покрытия к подложке, микроструктуры и химического состава было проведено в [6] для ряда покрытий TiN разной композиции. Наилучшие результаты показало градиентное покрытие.

Практически во всей научной литературе встречаются градиентные покрытия AlN только в качестве промежуточного слоя, например, использование его как промежуточного слоя с переменной твердостью для создания гибридного покрытия, на которое наносится алмазоподобное покрытие (АПП) [7], которое позволяет уменьшить распределение механического напряжения в АПП и увеличить адгезионную прочность. Встречается использование AlN в многослойных покрытиях с чередованием CrN и AlN различной толщины, что позволило создать градиент в атомной и электронной структурах за счет наличия фазовых превращений и, таким образом, улучшить комплекс свойств покрытий.

Благодарности. Латицкая В. А. благодарит за поддержку грант БРФФИ №Т23РНФ-132, Николаев А. Л. благодарит грант Российского научного фонда № 23-49-10062

Литература

1. Formation of transition gradient layers in the process of creating a surface composite “steel coating (Al, Al-N)” at vip treatment / L. M. Petrov [et al.] // Journal Of Physics. – 2019. – № 1281.
2. Gerth, J. The influence of metallic interlayers on the adhesion of PVD TiN coatings on high-speed steel / J. Gerth, U. Wiklund // Intelligent Information Management. – 2009. – Vol. 1, № 3. – P. 885–892.
3. Fukumoto, M. Fabrication of functionally graded TiN coating by reactive plasma spraying / M. Fukumoto, S. Itoh, S. Itoh // Surface Engineering. – 1997. – Vol. 13, № 4. – P. 315.
4. Cao, X. A method for evaluating the impact wear behavior of multilayer tin/ti coating / X. Cao, W. Xu, W. He // Science and technology on plasma dynamics laboratory, air force engineering university. – 2020. – Vol. 2, № 10. – P. 132.
5. Microstructure and wear performance of gradient Ti/tin metal matrix composite coating synthesized using a gas nitriding technology / Z. D. Cui [et al.] // Surface and Coatings Technology. – 2005. – Vol. 3, № 190. – P. 309–313.
6. Microstructure and mechanical properties of gradient Ti (C, N) and tin/Ti (C, N) multilayer PVD coatings / L. Chen [et al.] // Materials Science and Engineering: A. – 2008. – Vol. 2, № 478. – P. 336–339.
7. Wear and Friction Characteristics of AlN/Diamond-Like Carbon Hybrid Coatings on Aluminum Alloy / N. Masashi [et al.] // Journal of Materials Engineering and Performance. – 2015. – Vol. 10, № 24. – P. 3789–3797.

УДК 621

ПРИМЕНЕНИЕ БИОСЕНСОРОВ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Студент гр. 11310119 Баган Н. П.

Ст. преподаватель Люцко К. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Безопасность пищевых продуктов – один из самых важных вопросов, непосредственно связанных со здоровьем и благополучием населения любой страны.

Надзор за качеством и безопасностью пищевых продуктов является важной глобальной проблемой. Мониторинг уровня безопасности и качества пищевых продуктов имеет решающее значение для обеспечения того, чтобы пищевые продукты, поступающие к потребителям, были безопасными для употребления.

Пищевые продукты часто сохраняют на желаемом уровне характеристики качеств, чтобы гарантировать сохранение их полезных свойств. Поскольку приготовление и хранение пищевых продуктов нуждаются в надлежащем контроле, то крайне важно полностью понимать влияние методов сохранения пищевых продуктов и каждый шаг, связанный с обработкой пищевых продуктов.

Информацию о составе пищевых продуктов можно найти на упаковке пищевых продуктов, чтобы гарантировать потребителям, что пищевые продукты были проверены и не содержат вредных и нежелательных веществ. Если они не будут следовать международным рекомендациям по пищевым продуктам, производители могут столкнуться с серьезными судебными исками с экономическими последствиями, а также с проблемами, которые касаются непосредственно здоровья населения.

В настоящее время традиционные аналитические методы, такие как высокоэффективная жидкостная хроматография и газовая хроматография, хорошо применяются и считаются золотыми стандартами для контроля качества и безопасности пищевых продуктов. Но эти обычные процедуры обременительны и занимают много времени, требуют дорогого оборудования и квалифицированных операторов.

В качестве альтернативы биосенсоры могут стать бесценным методом диагностики агропищевых продуктов, поскольку они удобны, портативны и не требуют специальных навыков для работы. Биосенсоры в пищевой промышленности могут использоваться для анализа питательных веществ, обнаружения природных токсинов и антинутриентов, для мониторинга пищевой промышленности и для обнаружения генетически модифицированных организмов. Благодаря ферментативным и иммуногенным реакциям биосенсоры можно использовать для определения содержания пестицидов, антибиотиков, белков, комплекса витаминов группы В и жирных кислот в пищевых продуктах.

Как известно, исследования и разработки в области биосенсоров для пищевых продуктов в последнее десятилетие шли удивительно быстро, и ожидается, что они будут так же быстро развиваться в связи с достижениями в материаловедении и биотехнологии.

Различные типы инструментов, необходимых для агрорынка диагностики пищевых продуктов можно в основном разделить на большие мультианализаторы, настольные портативные приборы и одноразовые датчики.

В заключении можно сказать, что развитие биосенсорных технологий в наши дни набирает большие темпы. Это очень важно для сохранения природы, которая нас окружает, а также для здоровья населения, ведь без контроля вредных веществ, которые могут содержаться в продуктах питания, это первые отрасли нашей жизни, которые пострадают больше всего.

Литература

1. Syazana, Abdullah Lim Introduction to food biosensors / Abdullah Lim Syazana, Uddin Ahmed Minhaz // Royal society of chemistry. – 2016. – № 8. – Pp. 1–21.

УДК 666.65

ВЛИЯНИЕ ЛЕГКОПЛАВКИХ ОКСИДОВ ИОНОВ-МОДИФИКАТОРОВ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ МАНГАНИТА ИТТРИЯ

Аспирант каф. ТСИК Бука А. В.¹

Кандидат техн. наук, доцент Дятлова Е. М.¹, кандидат техн. наук, доцент Попов Р. Ю.¹,
кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.²

¹Белорусский государственный технологический университет,

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время наиболее интенсивно развивается промышленность радио- и микроэлектроники, которая требует новые виды материалов, сочетающих в себе весь комплекс электромагнитных свойств. Данный комплекс могут обеспечить керамические материалы, включающие уникальные характеристики, такие как сегнетоэлектричество, магнетизм и ряд других. Достигнуть уникальности характеристик позволяет введение различных добавок-модификаторов, которые способны изменить конечные свойства материалов, путем искажения пространственной структуры исходного керамического мультиферроика.

Целью исследования является оценка влияния легкоплавких оксидов ионов-модификаторов на основные физико-химические свойства керамики на основе манганита иттрия.

Для синтеза керамического мультиферроика – модифицированного манганита иттрия использовали следующие компоненты классификации (ХЧ): Y_2O_3 , Mn_2O_3 . В качестве ионов-модификаторов исследовались Bi_2O_3 и TeO_2 , которые вводились в количестве 2 и 4 мас. % к стехиометричному манганиту иттрия. Исходные компоненты смешивались и подвергались измельчению в вибрационной мельнице, полученная смесь обжигалась в электрической печи при температуре 1200 °С, с выдержкой при температуре 850 °С 1 ч. и при максимальной температуре 2 ч. Данные выдержки обусловлены тем, что при температуре 850 °С $YMnO_3$ претерпевает достаточно большие объемные изменения, также происходит перестройка его кристаллической решетки, а выдержка при максимальной температуре требуется для достижения наиболее полного взаимодействия между оксидами и получения модифицированного манганита иттрия, который отвечает формуле $Y_{1-\delta}A_{\delta}MnO_3$ (где А – ион-модификатор). После обжига полученный спек измельчался в вибрационной мельнице и повторно обжигался в электрической печи с вышеуказанными параметрами обжига.

Опытные образцы из модифицированного манганита иттрия характеризовались следующими значениями свойств: водопоглощение – от 1,12 до 13,80 %; открытая пористость – от 4,35 до 40,70 %; кажущаяся плотность – от 2670 до 3890 кг/м³. При введении TeO_2 происходит снижение водопоглощения, но с увеличением его содержания наблюдается незначительный рост В и П_о. Bi_2O_3 благоприятно влияет на степень спекания исследуемых материалов, т. к. увеличивается количество расплава, который более полно проникает в поры, тем самым закрывая их для прохождения жидкости (газов). По результатам фазового анализа состав синтезированных материалов представлен YMn_2O_5 , $MnYO_3$ и $YMnO_3$. Наибольшая интенсивность дифракционных максимумов $YMnO_3$ соответствует межплоскостному расстоянию 2,63 Å [1]. Установлено, что фазовый состав и степень совершенства кристаллической структуры материалов определяется режимом синтеза, а также природой и количеством иона-модификатора, введенного в состав сырьевой композиции, что позволяет получать материалы с заданной структурой и физико-химическими свойствами [1].

Литература

1. Особенности процесса фазообразования при синтезе керамических материалов на основе модифицированного манганита лантана и иттрия / Е. М. Дятлова [и др.] // Химическая технология и техника: Материалы 86-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 31 января – 12 февраля 2022 года / Отв. за издание И. В. Войтов. – Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2022. – С. 49–51.

УДК 621

ПРИМЕНЕНИЕ ФУЛЛЕРЕНОВ В МЕДИЦИНЕ

Студент гр. 11310119 Венскевич Н. Н.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Проведен обзор в работе по теме использования в современных направлениях одной из модификации углерода – фуллеренов – в медицине.

Очень важная и перспективная цель – исследование механизмов молекулярного взаимодействия в биосистемах. Особенно важно проводить исследования в области оригинальных и инновационных структур. Фуллерен особый вид наноструктуры. Это связано с тем, что он представляет собой модификацию углерода. Фуллерен C_{60} , самый маленький, за которым следует фуллерен C_{70} – самые простые для получения соединения.

Многие обзоры посвящены антиоксидантным свойствам фуллерена. Фуллерен C_{60} сам по себе является мощной радикальной ловушкой. Его лекарственные свойства основаны на дефиците электронов в его молекулах и легкости присоединения свободных радикалов. Для производных фуллерена присущ антиоксидантный эффект. В качестве антиоксидантов широко используются нековалентные водорастворимые комплексы с биосовместимыми полимерами. Было показано, что эти фуллереновые полимерные композиты являются мощными поглотителями свободных радикалов в культурах кератиноцитов человека и могут обеспечивать защиту от окислительного повреждения, кроме того, УФ-излучение по своей природе вредно для кожи.

Недавно появился новый тип соединений, сочетающие в себе два принципа работы: диагностика и лечения в одной частице. Такой механизм получил название тераностика. Сейчас тераностики также могут быть получены на основе эндофуллеренов, но пока основной способ получения – это комбинация полимеров и углеродных наноструктур. Фуллерен может быть вспомогательным элементом при создании тераностиков. В то же время, благодаря фуллеренам, тераностики могут представлять собой отдельные молекулы, а не наночастицы, как обычно считается.

Важнейшим направлением в современной медицине является изучение уникальных сочетаний свойств фармацевтических наноматериалов и их биологической активности. Эта активность способствует повышению эффективности действия препарата за счет оптимизации биологического распределения. Фармацевтические наноструктуры могут быть использованы для адресной доставки вакцин в центральную нервную систему. Это может быть использовано для борьбы с онкологическими, кардиологическими и другими заболеваниями.

В настоящее время фуллерены и все возможные их модификации находят все больше областей для применения. Исследование биологических особенностей фуллеренов показывает, что они обладают противоопухолевыми, антиоксидантными, радиационно-защитными антибактериальными и др. свойствами. При исследовании лекарств можно вносить точные «ухищрения» в структуру, чтобы получить лекарство с определенными результатами, или создать панацею, чтобы доставить лекарство к месту действия, не вызывая побочных эффектов в мышцах, органах и других тканях.

Литература

1. Думпис, М. А. Биологическая активность фуллеренов – реальность и перспективы / М. А. Думпис, В. В. Ильин. – Научные обзоры. – 2018. – № 5. – С. 1–20.

УДК 621

ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ КАРБИДОКРЕМНИЕВОЙ КЕРАМИКИ

Студент гр. 11310119 Венскевич Н. Н.

Кандидат техн. наук Лапицкая В. А.^{1,2}, д-р техн. наук Гринчук П. С.²

¹Белорусский национальный технический университет,

²Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Карбид кремния благодаря одновременному сочетанию высоких физико-механических и электропроводящих свойств [1, 2], низкой теплопроводности, отличной износо- и коррозионной стойкости [2] является наиболее перспективным и предпочтительным материалом, как в космической отрасли [3], так и в твердотельной микроэлектронике [4].

Цель работы – определение трещиностойкости композиционной карбидокремниевой керамики методом индентирования. Исследования проводились на двух образцах. Первый образец был с 86 об.% SiC, второй – с 92 об.% SiC. Отпечатки микротвердости на образцах выполнялись с помощью микротвердомера ПМТ-3М (ЛОМО, Россия). Исследования поверхности образцов керамики и морфологии отпечатков на них проводились на атомно-силовом микроскопе Dimension FastScan (Bruker, США) в режиме PeakForce QNM. Микротвердость H и модуль упругости E образцов определяли при помощи наноиндентора (НИ) Hysitron 750 Ubi (Bruker, США) при постоянной нагрузке 10 мН. Расчет трещиностойкости (вязкости разрушения) проводили по формулам, приведенным в [5].

Методом наноиндентирования получены значения микротвердости H и модуля упругости E на каждом из образцов. При исследовании фазы кремния Si на образце с 86 об.% SiC были получены значения E и H , характерные для чистого кремния – 149 и 12,3 ГПа. У образца с 92 об.% SiC значения E увеличивается до 155 ГПа, а H незначительно уменьшается до 11,8 ГПа.

При исследовании фазы Si+SiC M5 получены, как и значения, характерные для кремния, так и значения, характерные для SiC. На образце с 86 vol.% SiC среднее значение E и H для этой фазы составило 217 и 22,4 ГПа соответственно, а для образца с 92 vol.% SiC – 232 и 24,3 ГПа. Значения E и H для фазы SiC на образце с 86 об. % SiC составили 285 и 32,5 ГПа, а на образце с 92 об. % SiC увеличиваются до 310 и 36,8 ГПа соответственно. Вязкость разрушения K_{IC} исследуемых образцов керамики определена для каждой фазы отдельно. Образец с 92 об. % SiC показал значения (K_{IC}) по всем фазам выше по сравнению с образцом 86 об. % SiC. У обоих образцов

фаза с самыми низкими значениями K_{IC} оказалась фаза кремния Si: у образца 86 об. % SiC – $1,3 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$, у образца 92 об. % SiC – $1,5 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$. Значения K_{IC} у фазы SiC для у образца 86 об. % SiC – $3,0 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$, для образца 92 об. % SiC – $3,6 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$.

Литература

1. Lim, K. Y. Mechanical properties of electrically conductive silicon carbide ceramics / K. Y. Lim, Y. W. Kim, K. Joo Kim // *Ceram. Int.* – 2014. – Vol. 40. – P. 10577–10582.
2. Effects of carbon and silicon on electrical, thermal, and mechanical properties of porous silicon carbide ceramics / G. D. Kim [et al.] // *Ceram. Int.* – 2020. – Vol. 46. – P. 15594–15603.
3. Characterization of thermal sprayed Si on sintered SiC for space optical applications / T. D. P. V. Jalluri [et al.] // *Surf. Eng.* – 2021. – Vol. 37. – P. 558–571.
4. Recent progress in synthesis, properties and potential applications of SiC nanomaterials / R. Wu [et al.] *Prog. Mater. Sci.* – 2015. – Vol. 72. – P. 1–60.
5. Methods for accuracy increasing of determining the fracture toughness of solid brittle materials / V. A. Lapitskaya [et al.] // *Приборы и методы измерений.* – 2022. – Т. 13, № 1. – С. 40–49.

УДК 621

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПАУТИНЫ

Студент гр. 11310119 Венскевич Н. Н.

Ст. преподаватель Люцко К. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Паутина, которую формируют разные виды паукообразных – это самое поразительное научно-техническое открытие природы. Материал паутины (2/3 ее состава) представляет собой нерастворимый в воде белок фиброин (фибрилярный белок). Присутствие фибриллярного белка в паутине объясняет высокую прочность данного материала. Химический состав данной субстанции представляет собой комплекс простых белков (альбуминов), d-аланина (теонин), глутаминовой, а также аминокислоты. Клейкость паутине гарантирует серицин (шелковый клей). Также в состав химической структуры паутины, кроме того, всего перечисленного вступает нитрат, а также гидрофосфат калия, обеспечивающие защиту от микроорганизмов, а также грибов.

Структура нити не имеет однородный вид, т. к. она составлена из жестких белковых кристаллов, прочно соединенных между собой гибкими связками. Согласно химическому составу, а также по различным свойствам паутина схожа на шелк тутового шелкопряда, однако паутина намного прочнее. Нить сохраняет надежность при отсутствии растяжения, никак не перекручивается, в том числе и при продолжительном вращении. Заключительное особенность называется «шарнирность». Солнечный свет, низкая влажность, а также сверхвысокие температуры – все это ухудшает качество нити.

Нити паутины неповторимы, поскольку их механические свойства превышают по многочисленным критериям другие используемые материалы. К примеру, предел прочности на разрыв паутины у обычного крестовика является $1,1\text{--}2,7 \text{ ГПа}$, у человеческого волоса – $0,25 \text{ ГПа}$, а у стали $0,4\text{--}1,5 \text{ ГПа}$. Плотность паутины составляет 1/6 плотности стали ($1,3 \text{ г/см}^3$). В таком случае получается, если обойти Землю паутиной, в таком случае ее масса составит в целом только 500 грамм. Кроме того, шелк пауков весьма пластичный, т.е. способен растягиваться в 5 раз от первоначальной длины (в расслабленном состоянии) без каких-либо разрывов. Результативная вязкость паутины сравнима вместе с полиарамидными нитями. Паутина способна перенести жар от $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ до $220 \text{ }^\circ\text{C}$. Помимо этого, биоразлагаемые, а также биосовместимые качества шелка делают его подходящей целью использования в медицинских целях.

В основе нити паутины находится особенная белковая структура. Ее первичный циклический «мотив» – аминокислотная цепочка. Эксперты обнаружили 394 подобных мотивов. Последовательности цепочек на втором уровне формируются в что-то на подобное «кассет» (уникальные виды, повторяемые с двух вплоть до четырех раз), а на основании этого на третьем уровне эксперты обнаружили целые ансамблевые повторы. Подобная трехуровневая организация белков паутины вместе с циклическими компонентами, как оказалось, тесно связана с предназначением разных типов нитей.

В процессе последующего рассмотрения было определено, то, что 78 % первичных мотивов попадают в большинстве белков-спиндроинов. Но структуры второго порядка – «кассеты» –

уже значительно более уникальные системы. Фактически, 95 % «кассет» были уникальными для любого вида спидроинов. Непосредственно данные «кассеты» в большей степени обусловили многофункциональные особенности белка, нежели структуры первого порядка.

Как обнаружили ученые, в основе формирования различных видов паутины находится явление альтернативного сплайсинга, развитие различных видов белка в основе одного и того же гена. Эксперты полагают, то, что дешифрация генома паутины – первый этап к биотехнологиям на ее основе.

Литература

1. Раков, Э. Г. Химическая тайна паутины / Э. Г. Раков. – Химия, 2002. – № 35. – С. 17–19.

УДК 621

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА И ИЗДЕЛИЙ ИЗ НЕГО

Студент гр. 11310120 Войтюк Д. М.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной научной работы является изучение технологического процесса получения полиэтилентерефталата и изделий из него. В работе проведен критический анализ обзора литературных источников в области изучения технологии получения полиэтилентерефталата.

Полиэтилентерефталат (ПЭТФ) представляет собой термопластичный полимер, обычно используемый в производстве широкого спектра продуктов, включая бутылки, текстиль, упаковочные материалы и другие. Этот тип пластика широко используется из-за его свойств, таких как высокая долговечность, прочность и отличная устойчивость к химическим веществам и влаге.

Получение полиэтилентерефталата включает процесс, называемый полимеризацией. Процесс начинается с образования мономеров этиленгликоля и терефталевой кислоты. Реакция протекает при точных условиях температуры и давления, и для ускорения реакции используется катализатор.

В работе используются систематизация знаний о получении полиэтилентерефталата, а также изделий из него. Получение полиэтилентерефталата должно начинаться с получения терефталевой кислоты и этиленгликоля.

При проведении работы по получению полиэтилентерефталата был разработан технологический процесс. Основные стадии технологического процесса:

- перемешивание в реакторе;
- переэтерификация;
- поликонденсация;
- охлаждение;
- сушка.

Таким образом, получение полиэтилентерефталата является важнейшим процессом, позволяющим производителям создавать широкий ассортимент продукции, широко применяемой во многих отраслях промышленности. Без этого процесса многие продукты, которые мы используем ежедневно, были бы недоступны, и нам пришлось бы полагаться на альтернативные материалы, которые могут не обладать такими же свойствами и долговечностью, как ПЭТ.

Был произведен процесс изучения процесса производства изделия из полиэтилентерефталата. Самым простым способом производства реальных изделий из данного полимера является 3D-печать. Данный способ и был опробован в работе.

3D-печать – это процесс аддитивного производства, потому что, в отличие от традиционного субтрактивного производства, трехмерная печать не удаляет материал, а добавляет его, слой за слоем – то есть выстраивает или выращивает.

В самом начале была подготовлена 3D-модель корпуса для одноплатного компьютера. После этого модель была загружена в программу для подготовки к печати. Где она была нарезана на слои, которые состоят из путей прохождения экструдера.

Файл, полученный из этой программы «слайсера», состоит из координат XYZ и некоторых других команд, которые сообщают принтеру, куда перевести экструдер, а также где именно выталкивать полимер из сопла. Стол для печати покрывается либо лаком, либо другим липким

веществом для того, чтобы модель имела лучшую адгезию со столом и не отлипала в процессе печати. После начинается печать. По прошествию некоторого времени получаем две детали, которые уже можно использовать.

Литература

1. Технология полимерных материалов / под ред. В. К. Крыжановского. – СПб: Профессия, 2008. – 533 с.
2. Технология пластических масс / под ред. В. В. Коршака. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Химия, 1985. – 560 с.

УДК 621

ТЕХНОЛОГИИ БЫСТРОГО ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТАРИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В ПРОИЗВОДСТВЕ МЭМС

Студент гр. 11310120 Войтюк Д. М.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной научной работы является изучение технологий быстрого прототипирования инструментария, используемого в производстве МЭМС. В работе проведен критический анализ обзора литературных источников в области изучения технологий быстрого прототипирования.

Микроэлектромеханические системы (МЭМС) – это небольшие устройства, в которых электронные схемы сочетаются с механическими компонентами. Эти устройства становятся все более популярными во многих отраслях, включая аэрокосмическую, биомедицинскую, телекоммуникационную и бытовую электронику. Одной из проблем производства МЭМС является необходимость быстрого прототипирования инструментов. Именно здесь на помощь приходят технологии быстрого прототипирования.

Одной из ключевых технологий быстрого прототипирования инструментов, используемых при производстве МЭМС, является 3D-печать. 3D-печать – это процесс, при котором цифровая модель печатается в физическом объекте. Эта технология позволяет быстро и эффективно производить инструменты МЭМС и значительно снижает стоимость, время и сложность производства этих инструментов. Технология 3D-печати устраняет необходимость в дорогостоящих процессах изготовления инструментов и сокращает время, необходимое для проектирования и производства инструментов, позволяя дизайнерам и инженерам быстро тестировать и совершенствовать свои прототипы.

Другой технологией является электрохимическая обработка (ЭХО). Она включает использование электролита и электрического тока для удаления материала с заготовки. ЕСМ используется для создания сложных форм и для материалов, которые трудно обрабатывать традиционными методами, таких как титан и нержавеющая сталь.

Еще одной технологией быстрого прототипирования инструментов, используемых в производстве МЭМС, является лазерная обработка. Лазерная обработка включает в себя использование мощного лазерного луча для удаления материала с заготовки, создавая желаемую форму или функцию. Технология лазерной обработки может использоваться для производства небольших и сложных компонентов, которые трудно изготовить с использованием традиционных процессов обработки. Эта технология также может использоваться для создания сложных геометрических форм с высокой степенью точности и аккуратности, что делает ее идеальной для производства инструментов МЭМС.

Наконец, обработка с числовым программным управлением (ЧПУ) – это еще одна технология, которая используется для быстрого прототипирования инструментов, используемых в производстве МЭМС. Обработка с ЧПУ предполагает использование машин с компьютерным управлением для создания сложных и точных компонентов из сырья. Эта технология идеально подходит для производства инструментов МЭМС, поскольку она эффективна, точна и масштабируема.

Кроме того, существуют также программные пакеты, которые используются для проектирования и моделирования микрожидкостных устройств, такие как COMSOL и ANSYS. Эти программные пакеты позволяют моделировать поток жидкости и оптимизировать конструкцию перед созданием физического прототипа.

В заключение, технологии быстрого прототипирования играют жизненно важную роль в производстве МЭМС. Эти технологии позволяют создавать сложные геометрические формы, выполнять точные измерения и выполнять многочисленные итерации за короткий промежуток времени. Среди популярных технологий – 3D-печать, лазерная микрообработка, электрохимическая обработка и программное обеспечение для моделирования и проектирования. Данные технологии позволяют производителям быстро и эффективно проектировать и производить МЭМС-продукты, принося пользу различным отраслям, которым требуются МЭМС-технологии.

Литература

1. Евстифеев, М. И. Методы проектирования конструкций микромеханических гироскопов: учеб. пособие / М. И. Евстифеев. – СПб.: Университет ИТМО, 2018. – 182 с.
2. Распопов, В. Я. Микромеханические приборы: учеб. пособие / В. Я. Распопов. – М.: Машиностроение, 2007. – 400 с.

УДК 621

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ СУЛЬФИДА КАДМИЯ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ

Студент гр. 11310120 Воробей Д. А.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью работы является изучение технологического процесса получения наночастиц сульфида кадмия в водном растворе для дальнейшего изучения его оптических свойств.

В работе проведен обзор литературных источников в области синтеза наноматериалов, особое внимание было уделено классификации наноматериалов и методам их получения. Подробно изучены нанопорошки, их структура, свойства и область применения. В результате анализа обзора литературы установлено, что метод химической конденсации имеет ряд преимуществ, таких как высокая чистота полученных образцов, довольно простая методика, недорогое сырье. Как правило, именно они делают этот метод распространенным и часто применяемым.

Начало технологического процесса заключается в подборе исходных компонентов, в нашем случае это хлорид кадмия и сульфид натрия. Так же важным компонентом является стабилизатор, который предотвращает процессы коагуляции и седиментации в растворе. В своей работе мы использовали 3-меркаптопропил-триметоксисилан (МПС), который предварительно был растворен в этаноле и прошел процесс поликонденсации.

После получения наночастиц сульфида кадмия был проведен контроль параметров, в который входит: микрофотография наночастиц для определения их количества и основных размеров, рентгенофазовый анализ, мало угловое рассеяние рентгеновского излучения и нейтронов, изучение оболочек полученных наночастиц.

В результате изучения и анализа технологического процесса разработана его схема, которая представлена на рис. 1.

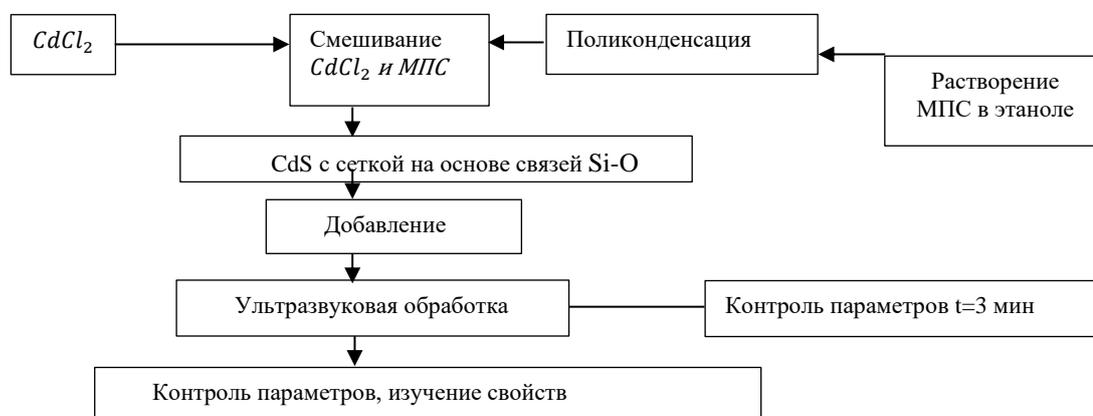


Рис. 1. Технологическая схема получения наночастиц сульфида кадмия в водном растворе

Важность наночастиц сульфида кадмия объясняется их потенциальным использованием в солнечных элементах, благодаря уникальным оптическим свойствам.

Литература

1. Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. – Москва, 2005. – 316 с.
2. Кожевникова, Н. С. Наночастицы сульфида кадмия / Н. С. Кожевникова. – Екатеринбург, 2015. – 165 с.

УДК 620.179

ИЗМЕРЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА С ПОМОЩЬЮ ХИМИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ

Магистрант гр. 51315022 Галацевич В. В.

Ст. преподаватель Люцко К. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является анализ и исследование разных химических сенсоров, предназначенных для определения концентрации углекислого газа в воздухе.

Диоксид углерода (CO_2) – это бесцветный и не имеющий запаха газ, который естественным образом присутствует в атмосфере Земли. Он также является парниковым газом, способствующим глобальному потеплению и изменению климата. Поэтому важно отслеживать и контролировать концентрацию CO_2 в воздухе. Один из способов сделать это – использовать химические датчики.

Химические сенсоры – элементы, предназначенные для генерации сигналов, которые зависят от концентрации в смеси компонента, которого нужно определить. Важный элемент таких сенсоров – преобразователь энергии физических и химических сигналов в электрические, которые для дальнейшей обработки передается в электронное устройство.

Данные сенсоры предназначены для определения нужного химического вещества и для обработки полученной информации.

Достоинствами химических сенсоров являются:

- малая масса и размеры;
- небольшая потребляемая мощность;
- возможность работы в автоматическом и непрерывном режиме.

Одной из важнейших задач анализа является определение концентрации одного компонента многокомпонентной газовой смеси [1].

Электрохимические датчики работают путем измерения тока, возникающего при реакции молекул CO_2 с химическим электродом. Производимый ток пропорционален концентрации CO_2 в образце. Электрохимические датчики относительно недороги и просты в использовании, но имеют ограниченный срок службы и могут подвергаться воздействию температуры и влажности.

Оптические датчики используют свет для обнаружения CO_2 . Они работают путем измерения поглощения или рассеяния света молекулами CO_2 в образце. Интенсивность светового сигнала пропорциональна концентрации CO_2 в воздухе. Оптические датчики обладают высокой чувствительностью и могут обнаруживать низкие концентрации CO_2 , но на них могут влиять температура и влажность.

Твердотельные датчики основаны на принципе адсорбции. В них используется материал, например, цеолит, который может избирательно адсорбировать молекулы CO_2 из воздуха. Затем концентрация CO_2 определяется путем измерения изменения электрического сопротивления или емкости материала. Твердотельные датчики обладают высокой чувствительностью и длительным сроком службы, но на них может влиять влажность.

В целом, химические датчики обеспечивают простой и надежный способ измерения концентрации CO_2 в воздухе. Они широко используются в различных областях, включая мониторинг качества воздуха в помещениях, контроль промышленных процессов и исследование климата.

Литература

1. Химические газовые сенсоры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studref.com/361765/tehnika/himicheskie_gazovye_sensory. – Дата доступа: 03.03.2023.

УДК 620.179

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ВЫХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Магистант гр. 51315022 Галацевич В. В.

Ст. преподаватель Люцко К. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является определение и исследование основных характеристик пьезоэлектрических измерительных преобразователей.

Пьезоэлектрические измерительные преобразователи – это устройства, в которых чувствительными элементами являются монокристаллические или поликристаллические материалы. Их основной задачей является измерение динамических процессов.

Конструкция пьезоэлектрического преобразователя состоит из пяти важнейших структур:

1. Две кремниевые пластины.
2. Пластина из стекла.
3. Пластина из оксида алюминия.
4. Слой пьезоэлектрического материала.

Схема конструкции представлена на рис. 1

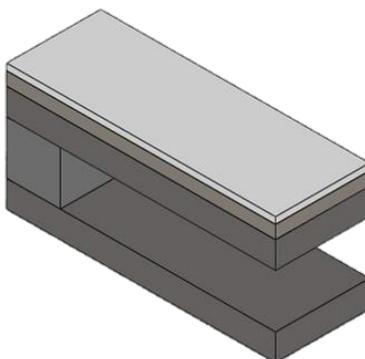


Рис. 1. Конструкция пьезоэлектрического преобразователя

Основными преимуществами преобразователей являются: примитивная конструкция, малая чувствительность, широкий диапазон измерений, небольшой размер преобразователей, большая ударная и вибрационная прочность.

Недостатки пьезоэлектрических преобразователей – большое выходное сопротивление и невозможность наблюдения постоянной составляющей процесса.

В ходе работы в качестве основных были определены следующие технические характеристики:

- диапазон рабочих температур;
- чувствительно к переменному магнитному полю и деформации;
- предельное ускорение;
- резонансная частота чувствительного элемента;
- акустическая чувствительность [1].

Улучшение конструкций пьезоэлектрических измерительных преобразователей возможно при постоянном совершенствовании их технических характеристик и создания новых моделей.

Литература

1. Основные характеристики и виды пьезоэлектрических преобразователей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/7581857/page:2/>. – Дата доступа: 03.03.2023.

УДК 621

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЛЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЗАЩИТЫ

Студент гр. 11304120 Гапеев Д. О.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью работы является изучение технологического процесса получения пленочных материалов для электромагнитной защиты на примере сплава Ni-Fe.

Проведен критический обзор литературы в области синтеза пленочных материалов. Особое внимание было уделено изучению материалов, которые могут быть применены для электромагнитной защиты.

Общие требования к пленочным материалам для электромагнитной защиты – равномерность толщины пленки, химическая и структурная однородность, высокая адгезия с подложкой и другими материалами, с которыми она контактирует.

Особое внимание уделено изучению методов получения покрытий. Изучены методы получения пленок для электромагнитной защиты: магнетронное распыление, ионно-плазменное напыление и электрохимическое осаждение. В работе для получения покрытий выбран метод электрохимического осаждения и изучены виды покрытий, их свойства, структуры. Исследование электролита производилось из следующего состава:

- NiSO₄ – 210 г/л; NiCl₂ – 20 г/л;
- FeSO₄ – 15 г/л; H₃BO₃ – 30 г/л;
- MgSO₄ – 60 г/л;
- трилон Б – 30 г/л;
- добавка – 2 г/л;
- аскорбиновая кислота – 2 г/л; pH = 1,51, T = 35–40 °С.

На рис. 1 изображен внешний вид опытных образцов широкополосных электромагнитных экранов на корпусах реальных приборов технологическая схема процесса получения пленок из Ni-Fe.

Покрытия на основе железно-никелевых сплавов получили широкое применение в электронной промышленности, для записи и хранения информации в компьютерах, а также других областях техники. Электрохимическое осаждение является эффективным способом получения магнитных покрытий. В сравнение с никелевым сплавом, сплав железо-никель значительно дешевле в получении коррозионноустойчивых покрытий с отличными физико-механическими свойствами [1]. На рис. 2 изображен микроснимок пленки Ni-Fe.



Рис. 1. Внешний вид опытных образцов

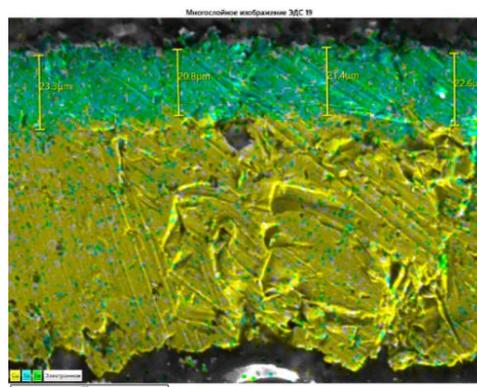


Рис. 2. Микроснимок пленки Ni-Fe

Литература

1. Дамаскин, Б. Б. Электрохимия / Б. Б. Дамаскин. – М.: Лань, 2015. – 672 с.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ

Студент гр. 11304120 Герман С. А.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В различных областях современной промышленности большую популярность получило ионизирующее излучение – оно широко используется в медицине, ядерной энергетике, военной промышленности. Однако вред ионизирующего излучения тяжело оспорить. Соответственно, отказываться от него нельзя, но нужно надежно защититься. Эффективным методом защиты от ионизирующего излучения является экранирование тяжелыми металлами. Наибольшее распространение получил свинец (плотность $11,35 \text{ г/см}^3$). Однако, из-за его токсичности, стоит вопрос о поиске альтернативных материалов, которые смогут заменить свинец. Альтернативой является вольфрам (плотность $19,25 \text{ г/см}^3$), однако, из-за его тугоплавкости, получение экранов из вольфрама является тяжелой задачей.

Целью работы является изучение технологического процесса получения композиционных материалов радиационной защиты на примере композита $W99\%(Bi_2O_3)1\%$.

В работе проведен обзор литературных источников в области синтеза материалов и был изучен метод изостатического горячего прессования. Метод основан на воздействии большого давления на смесь порошков в замкнутом объеме при больших температурах.

Процесс горячего изостатического прессования заключается в одновременном термобарическом воздействии на замкнутый объем. Значения температур достигаются путем пропускания тока через систему графитовых нагревателей с низким сопротивлением, из-за чего высокие значения температур достигаются быстро.

Высокие температуры прессования оказывают большое воздействие на свойства зерен порошков, то есть возрастает их пластичность, благодаря чему возможно получение материалов со значением плотности близкому к теоретическому. Так, при достижении больших температур ($600 \text{ }^\circ\text{C}$ и выше), синтезирование $W99\%(Bi_2O_3)1\%$ сопровождается началом ОВР, в которой оксид висмута восстанавливается до металла, окисляя вольфрам.

Высокая скорость процесса обеспечивается тем, что охлаждение и нагревание проводят под постоянным воздействием высокого давления. Графическое описание данного процесса приведено на рис. 1.

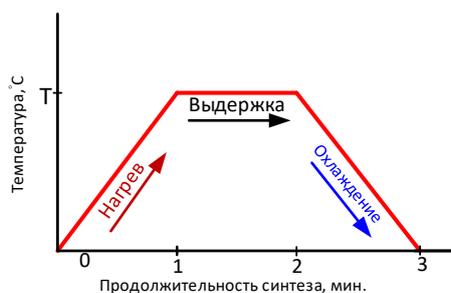


Рис. 1. Графическое описание процесса горячего изостатического прессования

В результате выполнения работы был проведен расчет значений плотности полученных образцов. Процесс получения композиционных материалов для радиационной защиты напрямую зависит от условий проведения процесса. Так, удовлетворительный результат при синтезировании $W99\%(Bi_2O_3)1\%$ можно получить только в интервале невысоких температур ($25\text{--}600 \text{ }^\circ\text{C}$). С помощью метода горячего изостатического прессования можно получить композиционные материалы с достаточной плотностью для применения их в области радиационной защиты.

Литература

1. Беспалов, В. И. Лекции по радиационной защите: учеб. пособие / В. И. Беспалов. – 5-е изд., расшир. – Томск: ТПУ, 2017. – 695 с.
2. Radiation shielding technology (J. Kenneth Shultis and Richard E. Faw).

ПОЛИМЕРНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ МЭМС-ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ

Студент гр. 11310120 Довгаль М. И.¹

Кандидат техн. наук, доцент Мельникова Г. Б.²,
академик, д-р техн. наук, профессор Чижик С. А.^{1,2}

¹Белорусский национальный технический университет,

²ГНУ «Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси», Минск, Беларусь

Актуальность использования полимерных материалов обусловлена их высокой функциональностью. Модификация полимерных материалов нанокompозитами позволяет изменить их свойства в зависимости от прикладной задачи.

Целью работы является анализ полимерных покрытий, используемых для МЭМС-датчиков температуры.

Для МЭМС-датчиков анализа температуры используются: платина, никель, медь, оксид алюминия и др. Одним из перспективных типов являются полимерные покрытия, что обусловлено повышением термо-чувствительности, точности, воспроизводимости результатов.

На основании проведенного анализа научной литературы показано, что одним из часто используемых полимеров является полиметилметакрилат (ПММА).

В работе [1] показано, что покрытия ПММА толщиной 5,2 мкм и 6,5 мкм в диапазоне температур от 26° до 80° характеризуются средней температурной чувствительностью 312,5 пм / °С и 257,0 пм / °С, соответственно.

Применение покрытия толщиной 10 мкм, которое состоит из полимерной керамики с наполнителем SiCN и наночастиц TiB₂, ZrB₂ и SiC, позволило уменьшить сопротивление тонкой пленки с повышением температуры и продемонстрировало хорошую воспроизводимость при температурах от комнатной до 800° в воздушной среде. Температурный коэффициент сопротивления в этом же диапазоне составляет от $\approx -0,53\%$ / К до $\approx -0,18\%$ / К [2].

Для улучшения характеристик МЭМС-датчика использовали покрытие из полимерной керамики SiAlCN (карбонитрид кремнезема и алюминия). Показано, что сопротивление головки потенциометрического датчика монотонно уменьшается с ростом температуры окружающей среды. При температуре до 830 °С демонстрирует хорошую повторяемость при однонаправленных, так и при двунаправленных изменениях температуры. Датчик с данным покрытием обладает высокой точностью и воспроизводимостью и может применяться в условиях высоких температур [3].

Для изменения модуля упругости использовали покрытие из ПММА с наночастицами диоксида кремния [4]. Увеличение концентрации наночастиц SiO₂ приводит к возрастанию локальных значений модуля упругости от 439,9 до 860,4 МПа. Нагревание пленки до 140° вызывает снижение модуля упругости до 390 МПа, что обусловлено размягчением полимера и переходом в вязкотекучее фазовое состояние.

Таким образом, полимерные покрытия ПММА с наночастицами являются перспективным материалом для применения в МЭМС-датчиках температуры, из-за их высокой функциональности.

Литература

1. High sensitivity temperature sensor based on Fresnel reflection with thermosensitive polymer: control of morphology and coating thickness / T. Salunkhe [et al.] // Jpn. J. Appl. Phys. – 2020 – P. 1–7.
2. Polymer-derived ceramic thin-film temperature sensor / C. Zaifu [et al.] // Sensors and Actuators A: Physical. – 2021. – Vol. 332, Part 1.
3. Temperature sensor made of polymer-derived ceramics for high-temperature applications / R. Zhao [et al.] // Sens. Actuator-Phys. – 2014. – № 219. – P. 58–64.
4. Термомеханические свойства ленгмюра–блоджетт пленок полиметилметакрилата с наночастицами диоксида кремния / Г. Б. Мельникова [и др.]. – Полюкомтриб, 2022. – С. 103–111.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Студент гр. 11304121 Дорошенко С. С.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

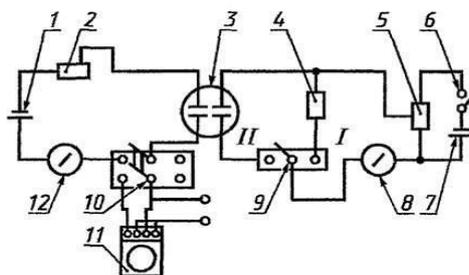
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Цель работы – изучение физико-химических основ проведения электрохимических исследований. В данной работе проведен обзор литературы в области физико-химического анализа. Особое внимание направлено на изучение методов исследования, которые основаны на электролизе и законе Фарадея. Электрохимические методы анализа (ЭМА) имеют не только теоретическое, но и определенное практическое применение. Указанные методы позволяют не только изучить электрохимические реакции, но и определить характеристики, необходимые для управления электродными процессами. Различают равновесные и неравновесные методы. Равновесными ЭМА являются методы потенциометрии, кулонометрии и кондуктометрии. На рис. 1 представлена классификация электрохимических методов исследования.



Рис. 1. Классификация методов

В работе подробно изучен метод кулонометрии. Кулонометрия – электрохимический метод анализа. Этот метод основан на определении количества электричества, которое требуется для протекания процесса электропревращения (окислительного или восстановительного). Изучен метод кулонометрического титрования. Схема кулонометрии представлена на рис. 2.



1 – источник постоянного тока; 2 – переменный резистор на 5 кОм; 3 – кулонометрическая ячейка; 4 – постоянный резистор; 5 – переменный резистор от 100 до 200 Ом (потенциометр); 6, 9, 10 – тумблеры; 7 – сухая батарея; 8 – микроамперметр; 11 – электросекундомер; 12 – миллиамперметр

Рис. 2. Схема электрическая для кулонометрического титрования

Прямая потенциостатическая кулонометрия (проводится при постоянном потенциале):

$$I = I_0 \exp(-Kt).$$

Прямая гальваностатическая кулонометрия (процесс проходит при постоянной силе тока):

$$Q = It.$$

Для данного исследования был использован учебный комплекс по физической химии. Обработка результатов проведена с помощью компьютерной программы.

Литература

1. Электрохимические методы анализа: учеб. пособие / А. Н. Козицина [и др.]. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. – 128 с.

УДК 541

СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Студент гр. 11304121 Елин И. В.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является изучение структурно-механических свойств дисперсных систем. В данной работе проведен обзор литературных источников по теме свойства дисперсных систем.



Рис. 1. Основные свойства дисперсных систем

Реология – раздел физики, изучающий закономерности деформации и течения тел. Если вязкость характеризует способность жидкости сопротивляться движению, тогда текучесть – это подвижность данной жидкости под действием внешнего давления. Вязкость есть результат межмолекулярного взаимодействия, следовательно, с увеличением силы молекулярного взаимодействия, увеличивается и вязкость вещества.

Если к жидкости применить некоторое давление, она начинает течь. Это течение подразделяют на два вида: ламинарное, когда слои жидкости движутся по взаимно параллельным траекториям, и турбулентное, когда слои движутся хаотично, смешиваясь, при этом, друг с другом.

Вязкость жидкостей при повышении концентрации растворенных или диспергированных в ней компонентов увеличивается. Это является следствием того, что частицы дисперсной фазы препятствуют слоям движущейся жидкости. Траектория движения жидкости искривляется, увеличивается и за то же время вытекает меньше жидкости. Эффект усиливается, если дисперсные частицы имеют вытянутую форму.

К разбавленным дисперсным системам относят ньютоновские, псевдопластические и дилатантные жидкости.

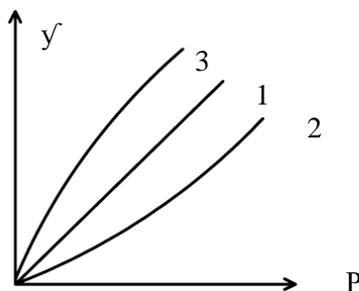


Рис. 2. Кривые течения жидкообразных тел: y – скорость деформации сдвига; P – напряжение сдвига

Литература

1. Ельцов, С. В. Физическая и коллоидная химия. Часть 2. Коллоидная химия / С. В. Ельцов, Н. А. Воздкая. – Харьков, 2005. – С. 241.

БИОЭЛЕКТРОНИКА РАСТЕНИЙ

Студент гр. 11310119 Козуля А. А.

Ст. преподаватель Люцко К. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является актуализация природы растений со стороны биологической науки и технологических аспектов жизнедеятельности человека. В статье рассмотрим научный прогресс в области биоэлектронных устройств для растений и гибридных систем.

Растения крайне необходимы для выживания человека на нашей планете. Благодаря своим уникальным свойствам, они обеспечивают человечество и окружающую среду самыми полезными материалами. Это позволяет в последующем применять растения не как элемент живой природы, а использовать их в науке и технике. Далее рассмотрим растения со стороны научно-технического прогресса, эти аспекты изучает область биоэлектроники, которая определяется биомедициной: разработка инновационных методов лечения, диагностика инструментов. Биоэлектроника нашла свое применение в нанотехнологии, сельском хозяйстве, машиностроении, изучении микроклимата и других не менее важных отраслях человечества. Так в сельском хозяйстве активно внедряются технологии для мониторинга микроокружения растений в воздухе и почве. А также для мониторинга жизненно важных параметров путем интеграции датчиков в растения. Биоэлектронные технологии могут, как дополнять уже существующие традиционные методы, так и использоваться самостоятельно, предлагая новые возможности реального времени. Биоэлектронные датчики на основе растений могут преобразовывать сложные входные данные в электрический сигнал путем смешанной проводимости, что на качественном уровне определяется тесной связью с ионной биологической средой.

Главной задачей биоэлектроники является создание высокоточных устройств и механизмов, применение которых не поставит под угрозу жизнь растительного мира, а также минимизирует реакцию растений после интеграции датчика, чтобы не повлиять на физиологическое состояние растения.

В ходе изучения литературы было выявлено создание относительно недорогого метода нанесения рисунка путем переноса наноматериалов графена на ленту для изготовления гибких микросенсоров.

Как известно, удельное сопротивление резистивных датчиков изменяется при деформации, такой принцип использовался при создании носимых растягивающихся датчиков. Его крепят к растущей части растения, чтобы при удлинении ткани сопротивление датчика менялось. Такие устройства дают возможность мониторинга развития плодов.

Перспективным направлением в биоэлектронике является спектроскопия электрохимического импеданса. Этот метод применяют для оценки клеточной структуры и наличия содержания влаги, что дает возможность выявления и предотвращения инфицирования растений на ранней стадии заражения. Сам метод заключается в проникновении металлических игл в само растение, а именно, его ткань. Большим недостатком спектроскопии электрохимического импеданса является повреждение места опыта, что в последствии может повлечь за собой возникновение некроза. Альтернативными методами являются: применение эпидермальных проводящих пластмасс и метод нанесения проводящих полимерных пленок непосредственно на листья растений, используя парофазную полимеризацию.

Определяющим фактором в большинстве биологических процессов растений является ионная сигнализация. Поэтому мониторинг внутренних процессов растений находится на высоком уровне. Концентрация ионов внутри растения и на поверхности раздела границ дает информацию для отслеживания механизмов солеустойчивости и оптимизации процессов удобрения для селекционной направленности. Анализ ионов в растениях проводился с использованием атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой, атомно-абсорбционной спектроскопии или масс-спектрометрии, которые требуют высушивания и измельчения ткани, препятствуя динамическому мониторингу в неповрежденных растениях. Ионоселективные электроды преобразуют концентрации ионов непосредственно в изменения электрического потенциала, и они широко используются в биологическом анализе, предлагая простой и надежный недорогой метод.

Мировая тенденция изучения растений за последние десять лет продвинулась вперед в области биомедицины. Новейшие технологии показали истинный потенциал, проводится большая работа по изучению биоэлектроники и науки о растениях на международном уровне.

УДК 621

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОУРОВНЕВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ

Студент гр. 11310119 Козуля А. А.¹

Д-р физ.-мат. наук, профессор Маркевич М. И.²,
кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е. Н.¹

¹Белорусский национальный технический университет,

²Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Металлизация – это процесс, при котором компоненты микросхем соединяются между собой проводником. В результате этого процесса образуется тонкопленочный металлический слой, который будет служить необходимой схемой проводника для соединения различных компонентов на чипе. Другим применением металлизации является создание металлизированных каналов – связующих площадок. Металлизация отверстия – это процедура, при которой отверстие покрывается металлом, так что стенки отверстия становятся токопроводящими. Такое отверстие часто используется как точка соединения (пайки) вывода компонента, и также может использоваться как переходное соединяющее слои отверстие. На рис. 1 приведена схема последовательности этапов изготовления печатной платы с металлизацией отверстий.

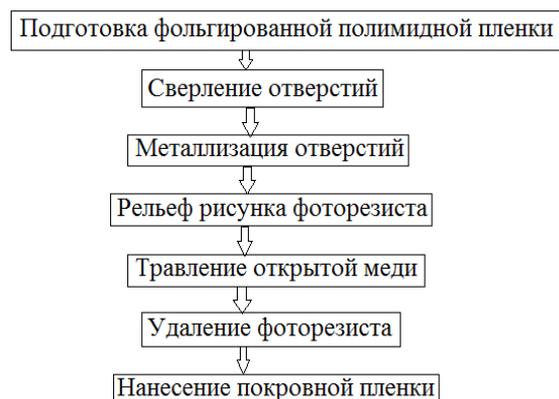


Рис. 1. Схема этапов изготовления печатной платы с металлизацией отверстий

Инновационные разработки проектов, связанных с созданием многоуровневых систем металлизации, на сегодняшний день занимают лидирующие места в нано-и микроэлектронике. Формирование качественной многоуровневой металлизации электронной аппаратуры является одним из важных инструментов повышения ее надежности и снижения стоимости реализации технологического процесса. Отметим, что технология и материалы для создания ИМС, а именно нанесение рисунка в слоях интегральных микросхем занимают важное место в формировании многоуровневой металлизации.

В данной работе мы рассмотрим методы формирования многоуровневой металлизации, ее достоинства и недостатки, а также разберем проблемы, и решения создания слоев многоуровневой металлизации по отношению к поверхности микросхемы. Все материалы, используемые для создания многоуровневой металлизации, делятся на несколько типов: металлы (проводники) и диэлектрики (изоляторы). Для последующей работы устройств, необходимо точно и правильно подобрать составы с соответствующими характеристиками. Технология для обработки этих материалов также подразделяются на категории: осаждение и формирование структуры.

Анализ литературы показал, к наиболее распространенным методам формирования многоуровневой металлизации относят системы на основе алюминия (Al) и меди (Cu). В свою очередь,

медь имеет ряд достоинств, таких как: высокая проводимость ($\rho_{Cu} = 1,67 \text{ мкОм} \cdot \text{см}$), большая прочность, масса и температура плавления по отношению к алюминию. Процесс создания структуры с многоуровневой медной металлизацией включает в себя ряд важных подготовительных этапов: очистка поверхности, формирование барьерного слоя, создание затравочного слоя, электрохимическое осаждение с нанесением завершающего слоя тонкой пленки состава SiN. Появление интегральных микросхем с многоуровневой металлизацией дает возможность масштабировать ИМС, также снизить число температурных обработок путем использования в структуре «полупроводник-металл-диэлектрик» тонких пленок материала межуровневой изоляции, что позволяет на завершающих этапах снизить температуру обработки на $300 \text{ }^\circ\text{C}$.

УДК 541

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ. ПОТЕНЦИОМЕТРИЯ

Студент гр. 11304121 Курныш В. В.

Кандидат тех. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В физической химии активно применяются физико-химические методы исследования различных систем. Эти методы основаны на фиксировании свойств на определенных приборах. Эти методы называются инструментальными.

Целью данной работы является изучение методов исследования химических систем в физической химии с применением их в микроэлектронике. В работе проведен анализ обзора литературы в области физико-химических методов анализа. Особое внимание уделено классификации методов, их сущности и аппаратурному исполнению.



Рис. 1. Классификация методов анализа

Подробно изучены методы исследования, основанные на протекании электрохимических и окислительно-восстановительных реакциях. К ним относятся следующие методы: вольтамперометрия основана на изучении взаимосвязи тока поляризации и напряжения; кулонометрия основана на измерении доли вещества, выделяющегося на электроде. При этом проходит электрохимическая реакция в соответствии с законами Фарадея и законами эквивалентности; потенциометрия представляет методы, базирующиеся на нахождении электродвижущей силы цепей, когда потенциал рабочего электрода стремится к равновесному значению.

При осуществлении указанных методов происходит изменение концентрации исходных веществ, внутренней структуры и химического состава.

Рассмотрим более подробно потенциометрию и нахождение среднего коэффициента активности электролита. Задачами потенциометрии будут являться: измерение ЭДС гальванического элемента; способом графического экстраполирования определить значение стандартной ЭДС; рассчитать значение среднего коэффициента активности.

Для определения среднего коэффициента активности применяют формулу:

$$E^\circ = E - \frac{2RT}{F} \ln f_{\pm} - \frac{2RT}{F} \ln c_{к-ты}$$

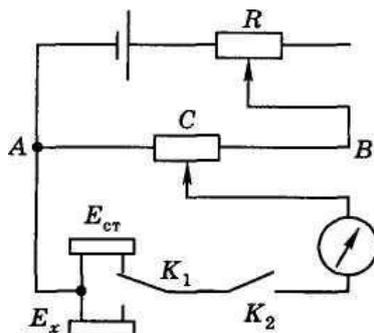


Рис. 2. Схема установки для потенциметрических измерений: AB – реохорд; R – реостат; C – подвижный контакт; E_x – ЭДС исследуемого элемента; $E_{ст}$ – ЭДС; K_1 – переключатель; K_2 – ключ

В данной работе использовался учебно-лабораторный комплекс «Химия», используемый в учебном процессе на кафедре «Микро- и нанотехника». С помощью метода потенциометрии определяют средний коэффициент активности электролита, произведение растворимости солей, рН растворов, констант устойчивости комплексов и термодинамические характеристики реакции.

Литература

1. Антропов, Л. И. Теоретическая электрохимия / Л. И. Антропов. – М.: Высшая школа, 1975. – 568 с.
2. Физическая химия / под ред. К. С. Краснова. – М.: Высшая школа, 1995. – Ч. 1. 512 с.; Ч.2. 319 с.

УДК 541

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КАЛОРИМЕТРИИ

Студент гр.11310121 Лагун Д. В.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью этой научной работы является исследование физико-химических основ калориметрии. В работе проведен анализ обзора литературных источников в области физико-химических основ калориметрии.

В химии и термодинамике калориметрия (от латинского calor «тепло» и греческого μέτρον (метр) «мера») представляет собой науку или действие по измерению изменений переменных состояния тела с целью определения теплопередачи, связанной с изменениями теплоты. Его состояние, обусловленное, например, химическими реакциями, физическими изменениями или фазовыми переходами при заданных ограничениях.

В данной работе для проведения эксперимента использовался учебный комплекс «Химия» с одновременной обработкой экспериментальных данных на компьютере. На модуле «Термостат» с термодатчиком определяли теплоту нейтрализации сильной кислоты (5 М HCl) сильным основанием (0,15 М NaOH). В основе проведения эксперимента лежит положение о том, при взаимодействии моль-эквивалента сильной кислоты с сильным основанием выделяется равное количество тепловой энергии при стандартной температуре.

Теплоту нейтрализации определили по формуле:

$$-g = (m_1c_1 + m_2c_2 + K)\Delta T_1 - (m_2c_2 + m_3c_3 - K)\Delta T_2, \quad (1)$$

где m_1c_1 – масса и теплоемкость; m_2c_2 – масса и теплоемкость кислоты; m_3c_3 – масса и теплоемкость воды; ΔT_1 , ΔT_2 – при нейтрализации и разведении.

В работе применяется специальный прибор калориметр (рис. 1). Калориметры – приборы, используемые для измерения количества энергии в образце путем измерения количества тепла, выделяющегося или поглощаемого при сгорании. Калориметры систематизируют по принципу измерения теплового эффекта, характеру теплообмена калориметрической ячейки с окружающей средой, а также по типу исследуемых процессов. Различают калориметры сгорания, испарения, смешения, титрования. На практике используются следующие режимы калориметрических измерений: изотермический режим, адиабатический режим, сканирующий режим.

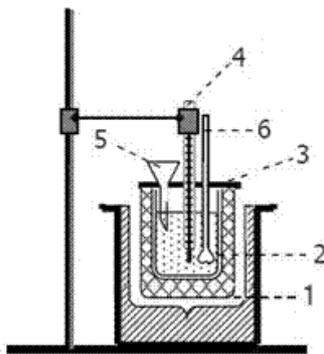


Рис. 1. Схема калориметра: 1, 2 – стаканы, 3 – крышка, 4 – термометр, 5 – воронка, 6 – мешалка

Итоги калориметрических измерений находят обширное практическое использование в теплотехнике, металлургии, химической технологии. Калориметрия широко применяется в областях термохимии для расчета энтальпии, стабильности, теплоемкости. Калориметрические измерения позволяют определять области устойчивости разнообразных минералов и выяснять условия совместного присутствия их в горных породах.

Литература

1. Хеммингер, В. Калориметрия. Теория и практика / В. Хеммингер, Г. Хёне. – М.: Химия, 1984. – 176 с.

УДК 621.382

ОСОБЕННОСТИ СИЛОВЫХ ПРИБОРОВ НА ОСНОВЕ GAN

Магистрант гр. 61315022 Литвинова А. В.

Кандидат техн. наук, доцент Ефименко С. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Силовые полупроводниковые приборы развиваются за счет уменьшения базовой стоимости, расширения диапазона рабочих температур, увеличения срока службы, уменьшения статических и динамических потерь, увеличения предельного значения изменения тока и напряжения, повышения надежности прибора и долговечности компонентов в аварийных режимах, а также повышения радиационной стойкости. Результат решения указанных проблем неразрывно связан с совершенствованием технологии, а значит, в среднем каждые 20 лет появляется новое поколение силовых приборов: 1970–1990 годы – кремниевые MOSFET и тиристоры, 1990–2010 годы – кремниевые IGBT, 2010 и следующие годы – силовые SiC- и GaN-приборы [1]. Использование мощных GaN- или SiC-транзисторов может привести к более простым и эффективным решениям для преобразования и хранения энергии [2].

Изготовление мощных полупроводниковых приборов обычно происходит с использованием таких перспективных материалов как: GaAs, SiC, алмаз, однако нитрид галлия является предпочтительным, поскольку он демонстрирует более высокие характеристики приборов на его основе с относительно низкой себестоимостью производства. Одной из лучших характеристик нитрида галлия при изготовлении мощных приборов силовой электроники является способность производить гетероструктурные полевые транзисторы AlGaIn/GaN с низким сопротивлением в открытом состоянии (R_{dsON}), что обеспечивает уменьшение рассеиваемой мощности прибором, создание источников питания с более высоким КПД.

Приборные структуры силовой электроники на основе нитрида галлия имеют по сравнению с кремниевыми более высокие блокирующие напряжения, большую плотность рассеиваемой мощности, меньшие значения R_{dsON} , лучшие частотные характеристики, более высокую радиационную стойкость и рабочую температуру. В настоящее время есть результат работы полевых транзисторов на основн GaN при температуре 300 °С, а также при 1000 °С в вакууме [1].

По сравнению с традиционной кремниевой технологией при формировании GaN-структур становятся недоступными такие технологические операции, как диффузия примесей и

окисление. Проблема диффузионного легирования связана с низкими коэффициентами диффузии в GaN таких основных примесей, как Al, Mg, Si. Данная проблема также усугубляется максимально допустимой температурой процессов. Gallium начинает испаряться с поверхности GaN уже при температурах выше 900 °С, а при превышении 1250 °С наблюдается катастрофическая деградация материала. Кроме того, имеет ряд ограничений процесс ионного легирования структур, поскольку даже при максимально допустимой температуре процессов 1250 °С не может быть получена полная активация имплантированной примеси. Основным способом формирования легированных GaN-структур является послойное эпитаксиальное наращивание.

Наибольшее распространение в настоящее время в качестве материала подложек нитридной эпитаксии получили сапфир (Al_2O_3), карбид кремния (SiC) и кремний (Si).

В республике Беларусь проводятся работы по совершенствованию технологии изготовления приборов силовой электроники на основе GaN, что подтверждается публикациями [3].

Литература

1. Основы силовой электроники / А. И. Белоус [и др.]. – М.: Техносфера, 2019. – 424 с.
2. Макушин, М. Тенденции развития силовой электроники / М. Макушин. – ЭЛЕКТРОНИКА наука | технология | бизнес. – 2019. – № 8 (00189). – С. 50–55.
3. Юник, А. Д. Влияние температуры быстрого термического отжига на электрофизические свойства омического контакта металлизации Ti/Al/Ni к гетероструктуре GaN/AlGaIn / А. Д. Юник, Я. А. Соловьёв, Д. В. Жигулин // Доклады БГУИР. – 2022. – Вып. 20, № 3. – С. 13–19.

УДК 621.3

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СБОРКИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВНУТРИКОРПУСНОЙ ВЛАГИ

Магистрант Некрашевич Д. А.¹

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е. Н.²

¹ОАО «Интеграл», Минск, Беларусь

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Сборка ИМС характеризуется многообразием используемого оборудования и применением различных материалов с малыми толщинами, поэтому операции сборки являются наиболее трудоемкими в техпроцессе изготовления ИМС. Если в процессах создания кристаллов применяются групповые методы обработки, то при сборке необходимо производить операции с каждым изделием отдельно. При этом основные параметры процесса сборки – температура нагрева, выдержка, удельное давление – должны быть минимально возможными, чтобы не повредить элементы микросхемы.

Герметизация ИМС в металлокерамических корпусах осуществляется для защиты активной структуры от внешней атмосферы путем присоединения крышки к металлическому ободку основания корпуса методом контактной шовно-роликовой сваркой. Операция выполняется в контролируемой инертной атмосфере с избыточным давлением +200 Па и точкой росы – 63 °С, что соответствует влажности 0,04 об. %. Технологические проемы в камере для доступа и манипуляций оператора снабжены газонепроницаемыми рукавами, исключающими доступ в скафандр внешней атмосферы. Таким образом, обеспечивается локальная среда, необходимая для обеспечения низкого содержания влаги в подкорпусном объеме ИМС. Однако заполнение подкорпусного объема ИС атмосферой скафандра в процессе герметизации не всегда обеспечивает требования по содержанию влаги в подкорпусном объеме ИС (<0,05 об. %), при проведении испытаний содержание влаги в отдельных ИС превышает допустимое содержание влаги в подкорпусном объеме. Образование избыточной влаги в подкорпусном объеме ИС возможно только при наличии внутренних источников влаги и не полном удалении влаги из этих источников на стадии термообработки.

Дополнительные исследования, выполненные специалистами ОАО «Интеграл» выявили источники и механизмы образования избыточной влаги при проведении испытаний ИС, а именно: наличие капилляров в керамике и отвержденном клее. Над поверхностью пор, содержащих конденсированную влагу, создается избыточное давление по капиллярному механизму, которое

препятствует полному удалению из них ранее конденсированной влаги при нагреве в условиях атмосферного давления (в нормальных условиях).

Испытания на содержание подкорпусной влаги проводятся при температуре 100 °С под вакуумом. Это обеспечивает более полное удаление ранее конденсированной влаги из капилляров и попадание ее в масс-спектрометр, что и фиксируется прибором. Из этого следует, что перед герметизацией ИМС необходимо проводить вакуумную сушку. Данная технологическая операция компенсирует избыточное давление над поверхностью капилляров (давление Лапласа) и уменьшает температуру кипения воды. При построении процесса вакуумной сушки необходимо учесть конструктивные особенности и структуру ИМС.

По результатам анализа литературных источников по проблемам снижения влаги в подкорпусном объеме ИС в металлокерамических корпусах было установлено, что в качестве внутренних источников избыточной влаги в герметичных корпусах являются керамика корпуса и клей, используемый для монтажа кристаллов. Объем клеевого шва имеет развитую систему каналов диаметром 2-4 мкм, образованных выходящими из клея летучими веществами при его полимеризации. Для эффективного удаления конденсированной влаги из таких каналов целесообразно использовать концентрированные безынерционные источники энергии инфракрасных волн.

УДК 621

ПЕРИОДИЧЕСКИЕ КОЛЛОИДНЫЕ СТРУКТУРЫ

Студент гр. 11310121 Осокин Д. И.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью научной работы является изучение периодических коллоидных структур. В этой научной работе проведен анализ обзора литературных источников в области периодических коллоидных структур.

Периодические коллоидные структуры (ПКС) – тиксотропные гели и гелеобразные системы. Образование периодических коллоидных структур объясняется теорией устойчивости гидрофобных зольей. Следствием этой теории является взаимодействие дисперсных частиц в коллоидном растворе. Их взаимодействие можно отобразить на графике (рис. 1). Если тепловая энергия в разы превышает глубину дальнего минимума, тогда происходит взаимодействие двух частиц. Между ними находится расстояние, равное 100 нм.

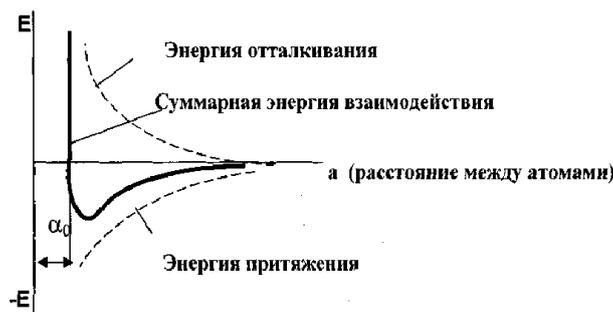


Рис. 1. Зависимость энергии взаимодействия от расстояния между атомами

Частицы, попавшие в потенциальные ямы, не имеют возможности сблизиться или удалиться друг от друга. ПКС образуются в случае если к атомам, попавшим в потенциальные ямы, присоединяются другие атомы. Коллоидные осадки называют гелями. Гели не имеют свойств текучести, но они упруги, пластичны, способны сохранять форму, обладают определенной механической прочностью.

Характерной особенностью ПКС являются – ее структурные элементы, которые имеют определенную степень упорядоченности в расположении.

ПКС являются пластичными или квазипластичными. Им присущи такие свойства как прочность, упругость, пластичность и вязкость.

Слои Лизеганга – представляют собой концентрические кольца, возникшие в процессе диффузии в определенной среде из-за осаждения соединений этой среды (рис. 2).

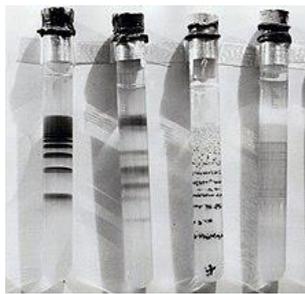


Рис. 2. Слои Лизеганга в пробирках

Слои Лизеганга получают путем проведения диффузии через среду, содержащую в себе вещество способное создавать осадок, который не растворяется в данной среде. Слои Лизеганга являются кольцевыми самоорганизованными структурами, они появляются из-за воздействия автоволновыми процессами на среду.

Литература

1. Ефремов, И. Ф. Периодические коллоидные структуры / И. Ф. Ефремов. – Л.: Химия, 1971. – 192 с.
2. Сумм, Б. Д. Основы коллоидной химии / Б. Д. Сумм. – М.: Академия, 2007. – 240 с.

УДК 541

МИКРОБНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Студент гр. 11310122 Паршин П. С.
Ст. преподаватель Люцко К. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Микробные топливные элементы (МТЭ) – это инновационная технология, которая использует микроорганизмы для преобразования чистых энергетических источников в электрическую энергию. МТЭ являются более экологичными и эффективными по сравнению с традиционными топливными элементами. Они позволяют получать энергию из биоразлагаемых отходов без необходимости сжигать их. Таким образом, микробные топливные элементы могут решить проблемы, связанные с появлением мусора в городах и сократить количество выбросов парниковых газов, таких как углекислый газ, метан и другие.

МТЭ основаны на процессах биоэлектрохимии и используют бактериальные анаэробные процессы для генерации электронов переносчиков. Они работают посредством электронного обмена между микроорганизмами и электродами, что позволяет получать энергию непосредственно из биологических отходов. Бактерии, обитающие на поверхности электрода, используют углеводы, жирные кислоты и другие органические вещества для производства энергии.

Идея МТЭ возникла в начале XX века, однако они стали активно изучаться только в последние два десятилетия. Сегодня МТЭ рассматривают как перспективную технологию, которая может обеспечить энергетическую независимость для специализированных устройств, например, для беспилотных аппаратов и медицинских имплантатов.

МТЭ имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными топливными элементами. Во-первых, они являются более экологичными, т. к. производят энергию из биоразлагаемых отходов. Во-вторых, они имеют высокий уровень эффективности, т. к. микроорганизмы продуцируют большое количество энергии в процессе своей жизнедеятельности. В-третьих, МТЭ обладают высокой надежностью, т. к. они могут работать без прерываний в течение длительного времени.

Существуют различные типы МТЭ, основанных на типах микроорганизмов, используемых в процессе производства энергии. Некоторые МТЭ используют микроорганизмы, способные окислять метан, водород и сероводород, тогда как другие используют микроорганизмы, обладающие способностью к ферментации органических веществ.

Одним из самых известных промышленных применений МТЭ является очистительный процесс сточных вод. МТЭ могут быть использованы для переработки органических отходов, таких как отходы от пищевой и медицинской промышленности, животных ферм и т. д.

В последнее время идет активная работа по оснащению бактерий нанотрубками, которые способствуют повышению производительности МТЭ. Экспериментально была доказана выработка энергии в 15 раз большая, по сравнению с неоснащенными нанотрубками бактериями.

Однако, на данный момент, МТЭ имеют низкую мощность по сравнению с традиционными топливными элементами. Это позволяет использовать эту технологию только для устройств с низким энергопотреблением. Кроме того, МТЭ требуют постоянной поддержки для жизни микроорганизмов, включая такие условия, как температура и питание, что может быть сложно обеспечить в некоторых ситуациях.

В заключение, микробные топливные элементы являются инновационной технологией, которая имеет большой потенциал для решения экологических проблем в различных отраслях. Они позволяют получать энергию из биоразлагаемых отходов без необходимости их сжигания, это может сократить количество выбросов парниковых газов. МТЭ также обладают высоким уровнем эффективности и надежности, что является важным преимуществом перед традиционными топливными элементами.

УДК 621.382

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК CDS-CDSE

Студент гр. 10301222 Пекарский М. В.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Манего С. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Исследования структуры, поиск новых методов формирования и легирования поликристаллических пленок CdS-CdSe является одним из важных аспектов получения дешевых и эффективных оптоэлектронных приборов. Морфологические исследования пленок, полученных в различных условиях рекристаллизации и отжига, проводился на растровом электронном микроскопе фирмы Hitachi S806. Для анализа процессов рекристаллизации и отжига в различных средах использовалась шихта (CuCl-CdCl_2 , AgCl-CdCl_2), пары атомов меди или серебра при температурах около 400–500 °С. Пленки CdS-CdSe, выращенные при таких условиях, имели поры, а сама пленка имела островковый характер с хорошей сплошностью. Последующая рекристаллизация этих пленок приводила к улучшению морфологии поверхности, уменьшению числа пор и к сращиванию отдельных кристаллитов.

Анализ спектров люминесценции поликристаллических пленок CdS подвергнутых отжигу в шихте содержащей соединения меди, кадмия и хлора в течение 2 и 6 часов, показал, что спектры фотолюминесценции пленок, выращенные в присутствии атомов меди, были более плотными, однако присутствовали поры и разориентация кристаллитов. Интенсивность и максимум краевой полосы 535 нм и длинноволновых – 920, 950, 1008, 1050 и 1120 нм полос существенно зависели от условий и времени отжига. Анализ люминесценции инфракрасных полос CdS-CdSe показывает, что положение, интенсивность и полуширина полос люминесценции существенно зависели от состава, условий рекристаллизации и отжига. Так, энергетическое положение уровней ответственных за длинноволновые полосы не зависят от состава поликристаллической пленки (х), а определяются их положением относительно одной из зон. Это указывает на то, что, данные уровни являются глубокими и обусловлены дефектами в поликристаллической пленке. Кроме того, полуширины этих полос достаточно большие ($\Delta\lambda_{1/2} = 171$ нм, $\Delta\lambda_{1/2} = 163$ нм), что указывает на сильное электронно-решеточное взаимодействие, которое также характеризуют глубокие примеси.

Исследование спектров fotocувствительности данных образцов показал, что поликристаллические пленки CdS-CdSe полученные рекристаллизацией в квазизамкнутом объеме (AgCl) имели большую fotocувствительность по сравнению с пленками CdS-CdSe, полученными в квазизамкнутом объеме (CuCl).

ЭКСИТОНЫ

Студент гр. 11310120 Подвицкий Н. В.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Сернов С. П.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Данная работа выполнялась с целью рассмотрения экситонов, как средства обнаружения дефектов в структуре полупроводников.

Экситоны представляют собой квазичастицы, являющиеся электронным возбуждением в полупроводнике, проводнике или диэлектрике. Это возбуждение способно перемещаться внутри кристалла, но не является переносчиком заряда или массы. Экситон образуется при поглощении света, когда электрон переходит с исходного энергетического уровня на более высокий, при этом на исходном уровне положительно заряженную квазичастицу – дырку, с которой он связан электростатическим притяжением. Существует два основных типа экситонов, отличающихся друг от друга радиусом – расстоянием между электроном и дыркой: экситон Ванье-Мотта (он же свободный экситон), радиус которого намного больше, чем период решетки кристалла, и экситон Френкеля (он же связанный экситон), локализованный на дефекте и имеющий малый радиус. Свободный экситон можно представить в качестве атома, подобного водороду, аналогично модели мелких донорных или акцепторных состояний, а его большой радиус объясняется высокой диэлектрической проницаемостью полупроводника, что приводит к ослабеванию силы Кулона между электроном и дыркой. Рекомбинация экситонов Ванье-Мотта при комнатной температуре дает несущественный вклад в люминесценцию, из-за того, что существует большая вероятность термической диссоциации экситонов. В случае, если полупроводник относится к классу непрямозонных, появляется еще и потребность во взаимодействии с фононом при излучательной рекомбинации, что значительно уменьшает ее интенсивность. Экситон Френкеля можно рассматривать в качестве предельного случая экситона Ванье-Мотта, когда электрон и дырка локализованы полностью на узле кристаллической решетки. Стоит отметить, что для излучательной рекомбинации связанных экситонов не требуется участие фононов.

Если концентрация связанных носителей заряда в полупроводнике оказывается больше некоторой критической величины, то из экситонов образуется неравновесная фаза электронных возбуждений, в которой кулоновское взаимодействие между квазичастицами экранировано. Это выродженное состояние, подобное металлу, называется электронно-дырочной жидкостью (ЭДЖ). Когда происходит образование электронно-дырочной жидкости, возникает фазовый переход первого рода. Вследствие этого однородный экситонный газ, заполняющий весь объем кристалла, разделяется на «капли» электронно-дырочной жидкости, в которых наблюдается повышенная концентрация электронно-дырочных пар. Экситоны в ЭДЖ связаны обменными и корреляционными силами взаимодействия, а сами «капли» окружены областями с малой концентрацией квазичастиц, что подтверждает тезис о наличии фазового перехода внутри полупроводника. На практике добиться появления ЭДЖ возможно инъекцией носителей заряда или направленным лучом когерентного монохроматического электромагнитного излучения (лазера), а само образование капель будет сопровождаться появлением в спектрах излучения кроме экситонной линии также широкой полосы, характерной для процесса электронно-дырочной рекомбинации.

Путем изучения спектров кристалла SnO_2 до и после высокотемпературного обжига было установлено, что концентрация связанных экситонов велика на собственных дефектах донорного типа, на них же образуются капли ЭДЖ. При этом следует помнить, что интенсивность экситонной люминесценции сильно снижается выше 40 К. Причиной этого явления, вероятно, являются центры эффективного безызлучательного распада экситонов. Такие центры могут появляться, если зарядовое состояние дефектов определенного типа меняется при помощи активированных термически свободных носителей. Т.е. можно говорить о возможности обнаружения дефектов в полупроводниках при низких температурах с помощью экситонной люминесценции [2].

Литература

1. Келдыш, Л. В. Электронно-дырочные капли в полупроводниках / Л. В. Келдыш. – М., 1988. – 468 с.
2. Степанов, Ю. А. Люминесценция экситонов в кристаллах SnO_2 / Ю. А. Степанов. – СПб, 1992. – Т. 34. – С. 502.

СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАЗМЫ В НАНОТЕХНОЛОГИЯХ

Студент гр. 11310120 Подвицкий Н. В.

Кандидат техн. наук, доцент Щербакова Е. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Данная работа выполнялась с целью рассмотрения способов использования различных видов плазмы для области нанотехнологий.

Плазмой называют одно из четырех агрегатных состояний вещества, представляющее собой ионизированный газ из свободных электронов и положительных ионов плотности которых одинаковы. При этом суммарный заряд плазмы в любом малом объеме будет эквивалентен нулю, т. е. она квазинейтральна. Существует высокотемпературная и низкотемпературная газоразрядная плазма. Наиболее широко на практике применяется низкотемпературная плазма, являющаяся сильно неравновесной системой, создающей экзотическую физическую и химическую среду за счет свободных электронов при низких температурах газа. Эта уникальная среда позволяет обрабатывать чувствительные к температуре материалы с атомарной и молекулярной точностью. Например, получение вертикально-ориентированных углеродных нанотрубок (УНТ) было связано с использованием плазмы дугового разряда, что дало большой импульс развитию нанотехнологии. Другим известным аспектом ее применения является плазмохимический синтез – химический метод получения высокодисперсных порошков нитридов, карбидов, боридов и оксидов, заключающийся в протекании реакции в низкотемпературной плазме вдали от равновесия при высокой скорости образования зародышей новой фазы и малой скорости их роста [1].

Отдельно стоит упомянуть метод плазменной очистки поверхностей полупроводниковых кристаллов, применимый для удаления как физических, так и химических загрязнений использования жидких сред и нагрева [2].

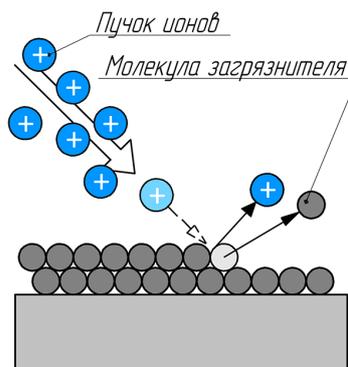


Рис. 1. Физический принцип плазменной очистки

Плазменная очистка отличается своей быстротой, пониженным расходом реагентов и широкими возможностями контроля процесса путем изменения состава ионизированного газа и напряжения. Так, энергии ионов азота и аргона в разряде плазмы подходят для удаления физических загрязнений с поверхности заготовки, но не способны удалить тонкие пленки химических загрязнений толщиной в несколько атомных слоев. Но если добавить в рабочую среду электрически нейтральные, но химически активные радикалы, например кислород, то они образуют с загрязнителем легколетучие соединения. Впрочем, следует помнить, что плазменная очистка обладает низкой селективностью – бомбардирующие ионы могут выбивать не только молекулы загрязнителя, но и молекулы самой заготовки, поэтому необходимо защищать чувствительные элементы топологии с помощью маскирующих покрытий.

Литература

1. Алферов, Ж. И. Двойные гетероструктуры: концепция и применения в физике, электронике и технологии / Ж. И. Алферов. – УФН. 2002. – Т. 172. – № 9. – С. 1072–1086.
2. Плазменные процессы в производстве электронной техники / А. П. Достанко [и др.]. – М.: ФУАинформ, 2001.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕРМОМЕТРИИ

Студент гр. 11304121 Потонейко А. В.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Цель работы заключается в ознакомлении с основами термометрии в термодинамике.

В работе проведен обзор литературных источников в области измерения температур различного диапазона. В обзоре литературы подробно изучены температурные шкалы, история развития науки термометрии. Особое внимание уделено термодинамическим основам термометрии.

Термометрия – раздел технической физики, который изучает методы и средства измерения температуры, теоретические основы построения термодинамических шкал и разработку методов воспроизведения температурных шкал.

Методы измерения температуры различают по термометрическим свойствам и используемым веществам. Термометрическое свойство связано с температурой таким образом, что выбранное свойство для термометрического вещества должно хорошо воспроизводиться и изменяться с изменением температуры. Температура вещества постоянно меняется при его охлаждении или нагревании и в момент фазового перехода в некоем интервале температуры наступает постоянство. Это связано с поглощением или выделением теплоты при изменении фазового состояния.

После введения Международной системы единиц (СИ) наиболее распространены две шкалы – термодинамическую (К) и международную практическую ($^{\circ}\text{C}$). При термометрических измерениях используют шкалу Цельсия, удобно тем, что за нулевую точку считают температуру плавления льда, а за 100°C температуру кипения воды (рис. 1).

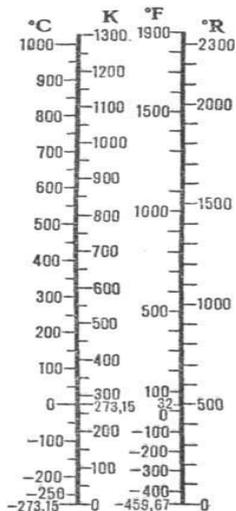


Рис. 1. Температурные шкалы, соотношения между единицами температуры в К, $^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{F}$ и $^{\circ}\text{R}$

Выбор метода измерения основывается на требуемой точности и продолжительности измерения, необходимости регистрации и регулирования температуры. Различают контактные и бесконтактные методы измерений температуры. При контактном методе средство измерения соприкасается с объектом измерения и метод реализуется с помощью термометров. Бесконтактные методы основаны на взаимосвязи разных свойств и температуры. Низкие температуры, в диапазоне до 1 К, измеряют методом газовой термометрии. Метод основан на связи термодинамической температуры и значением скорости звука в газе. Также существуют шумовой, акустический газовый метод термометрии и спектральная радиометрия.

Принцип работы термопары основан на термоэлектрическом эффекте, или эффекте Зеебека. Если соединить два термоэлектрода, чтобы образовалась замкнутая электрическая цепь, то ток будет протекать по этой цепи только в случае поддержания различной температуры в месте контакта веществ. Если ток передается от горячего спая к холодному, то термоэлектрод положительный, от холодного к горячему – отрицательный (рис. 2).

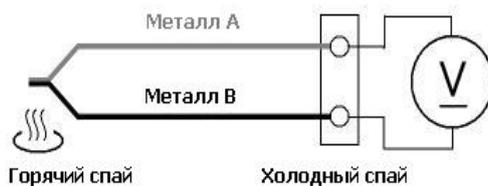


Рис. 2. Принцип действия термопары

Литература

1. Блохин, А. В. Экспериментальные методы физической химии. Основы термодинамики / А. В. Блохин. – БГУ, 2006.

УДК 541

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕМБРАННЫХ ПРОЦЕССОВ

Студент гр. 11310121 Пытченко С. С.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной научной работы является изучение физико-химических основ мембранных процессов. В работе проведен критический анализ обзора литературных источников в области изучения мембранных процессов. Подробно изучены принципы действия мембран.

Мембраны представляют собой полупроницаемый барьер. **Основной принцип мембранной технологии** – организация и осуществление процесса разделения веществ через полупроницаемую перегородку (мембрану) [1]. Разделяемую смесь пропускают через мембрану с одной стороны. Через мембрану проходит пермеат (фильтрат), который обогащен определенным компонентом смеси. Смесь, которая не прошла, называется ретант (рис. 1).

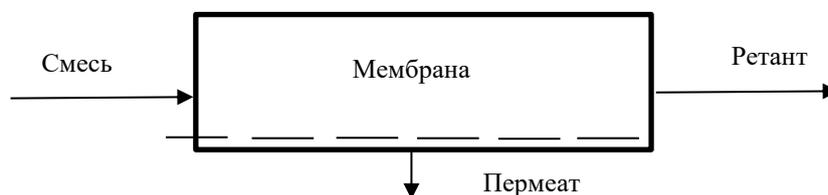


Рис. 1. Схема организации потоков в мембранных процессах

Мембранные процессы – это процессы разделения жидкостей или газов путем полупроницаемых перегородок (мембран) [2]. К основным мембранным процессам относятся:

– ультрафильтрация – процесс очистки жидкости. Раствор под воздействием определенного давления проходит через фильтр, который может пропускать только определенные компоненты. Ультрафильтрацию чаще всего применяют для очищения воды, сохраняя ее минеральный состав;

– обратный осмос – процесс, в котором под действием давления раствор проходит через мембрану из более концентрированного в менее концентрированное состояние, т. е. в противоположном (обратном) направлении в сравнении с осмосом (рис. 2). Возникает, когда давление жидкости превышает осмотическое;



Рис. 2. Осмос

– газоразделение – процесс выборочного газопереноса. Разность концентрации разделяемых компонентов, отделенных мембраной, под действием парциальных давлений на противоположных сторонах мембраны является движущей силой процесса;

– диализ – метод очистки коллоидных растворов и высокомолекулярных веществ от растворенных в них низкомолекулярных соединений при помощи полупроницаемой мембраны. Существует также электродиализ – метод разделения растворов по действием электрического тока;

– дистилляция – термомембранный процесс. В этом случае очистка осуществляется выборочным переносом паров воды через микропористую мембрану, разделяющую два водных раствора с разными температурами. Благодаря этому методу получают пресную воду [2].

В результате работы был проведен критический анализ основных мембранных процессов. Все вышеперечисленные процессы позволяют широко применять мембраны на практике. Эти методы широко используются для очистки, изменения концентрации и разделения жидких смесей на составляющие элементы.

Литература

1. Ярославцев, А. Б. Мембраны и мембранные технологии / А. Б. Ярославцев. – М: Научный мир, 2013. – 612 с.
2. Кулапина, Е. Г. Мембранные процессы в технологии / Е. Г. Кулапина, В. Ф. Киричук. – Саратов, 2013. – 152 с.

УДК 621

ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКЕ

Студент гр. 11310120 Роман А. Н.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В результате анализа литературы было исследовано технологическое применение лазеров в микро- и нанoeлектронике.

Одно из применений – получение отверстий в материале. При плавлении материала отверстие расширяется по диаметру, но испарение приводит к увеличению его глубины. Так как эти процессы зависят от нагрева, то есть от необходимой для этого энергии, используют светофильтры, изменение геометрии светового пучка, а также регулирование энергии импульсной лампы.

Для разрезания материалов используют газолазерную резку, которая заключается в подаче сжатого воздуха, кислорода или инертного газа в точку падения лазерного пучка (по мере его перемещения) на материал. В зависимости от материала и используемого газа механизм резки заключается либо в реакции горения, либо в плавлении и последующем удалении отходов газовым потоком. Чаще всего разогрев в определенной точке происходит за 10^{-8} с.

Лазерная наплавка проходит за счет расплавления подложки и присадки на нее наносимого материала. Причем параметры покрытия будут зависеть именно от присадочного материала, который наносят в виде пасты или подают за счет потока инертного газа или с помощью вибрационного питателя. В отличие от наплавки в результате процесса легирования параметры поверхности зависят от расплава материала подложки и присадочного материала. Процесс легирования заключается в расплавлении обоих материалов одновременно вследствие чего формируется сплав.

Лазерная сварка заключается в проплавлении материала сфокусированным лазерным пучком (постоянным воздействием или периодическим) и последующим его возвращением в твердую фазу. Это позволяет соединять металлические элементы толщиной более миллиметра. На рис. 1 (1 – лазерное излучение, 2 – детали, 3 – расплав, 4 – сварочная ванна, 5 – заглабление, 6 – отверстие, образованное вследствие перехода расплава в газообразную фазу) показаны стадии проплавления материала в зависимости от интенсивности пучка лазерной установки: $a - 10^5-10^6$ Вт/см², $b - 5 \cdot 10^5-5 \cdot 10^6$ Вт/см², $c - 10^6-10^7$ Вт/см² [1].

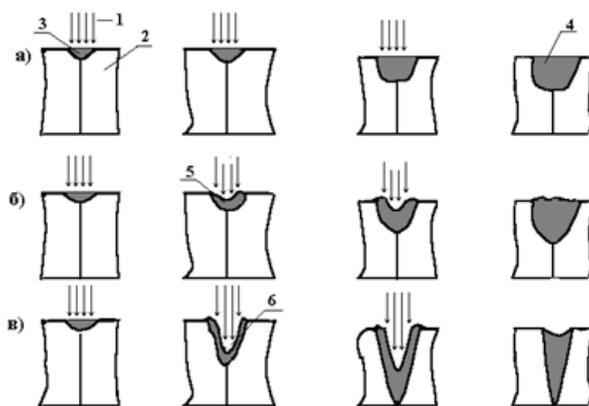


Рис. 1. Стадии проплавки соединяемых деталей: 1 – лазерное излучение; 2 – детали; 3 – расплав; 4 – сварочная ванна; 5 – заглублиение; 6 – отверстие, образованное вследствие перехода расплава в газообразную фазу; а – 10^5 – 10^6 Вт/см², б – $5 \cdot 10^5$ – $5 \cdot 10^6$ Вт/см², в – 10^6 – 10^7 Вт/см²

Литература

1. Лазерные технологии в микро- и нанoeлектронике. Технологические процессы лазерной обработки металлов и сплавов: практическое пособие / В. Н. Мышковец [и др.]. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2019. – 37 с.

УДК 621

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ С МНОГОСТЕННЫМИ НАНОТРУБКАМИ

Студент гр. 11310120 Роман А. Н.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В результате анализа литературы был изучен технологический процесс получения композиционного материала с алюминиевой матрицей наполненного многостенными нанотрубками.

Рассмотрена классификация композиционных материалов с металлической матрицей. У волокнистых композиционных материалов отмечены высокие механические свойства, высокий коэффициент жесткости, жаропрочности и пониженная склонность к трещинообразованию. Но при этом низкая пластичность. У дисперсионно-упрочненных композиционных материалов отмечены высокие значения прочности и жаропрочности [1].



Рис. 1. Технологическая схема получения композиционного материала с МУНТ

Также рассмотрены такие углеродные наноструктуры, как фуллерен, нанотрубка и графен. У нанотрубок отмечены высокие теплопроводящие, механические, диамагнитные и химические свойства. Могут быть как проводниками, так и диэлектриками [2].

В рассмотренном композиционном материале основой для матрицы является 94,4-процентный алюминиевый порошок. Наполнители – 3 вида МУНТ: исходные и функционализированные двумя способами. Порошок алюминия и МУНТ подвергаются ультразвуковому воздействию в этаноле, после чего алюминий и один из типов МУНТ смешиваются в этаноле при воздействии УЗ. Композит получается путем искро-плазменного спекания смеси. Технологическая схема показана на рис. 1.

Наибольшей твердостью обладает композит с исходными МУНТ, в котором массовая доля нанотрубок составит наибольшую концентрацию. Наибольшей твердостью из всех вариаций обладает композит с 0,1 % ФМУНТ второго типа. Среди композитов с 0,1 % нанотрубок вариант с ФМУНТ первого типа обладает средней твердостью [1, 2].

Литература

1. Лахтин, Ю. М. *Материаловедение: учебник для высших технических учебных заведений* / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – 3-е изд. – М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.
2. Колокольцев, С. Н. *Углеродные материалы. Свойства, технологии, применения: учеб. пособие* / С. Н. Колокольцев. – Долгопрудный: Интеллект, 2012. – 296 с.

УДК 537

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Студент гр. 11310120 Россоловский А. Ю.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Сернов С. П.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной научной работы является изучение фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии. В работе приведен анализ обзора литературных источников в области изучения основных параметров, влияющих на работу фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии. Особое внимание было уделено материалам, которые необходимы для формирования солнечного элемента (СЭ).

Солнечная энергия является обильным и чистым источником энергии, который становится все более популярным как способ производства электроэнергии. Одним из ключевых компонентов, используемых для использования солнечной энергии, является фотоэлектрический преобразователь – как солнечный элемент. Эти устройства используются для преобразования световой энергии солнца в электрическую энергию, которая может использоваться для питания домов, предприятий и т. д. Солнечный элемент позволяет превращать энергию оптического излучения напрямую в электроэнергию, исключая стадии тепловой и механической форм энергии. Его работа основана на внутреннем фотоэффекте в полупроводниковой структуре с р-п-переходом (гетеропереходом, барьером Шоттки). СЭ наиболее простой конструкции состоит из двух слоев различных типов проводимости (электронной – n и дырочной – p). Поглощение света полупроводниковой структурой с р-п-переходом приводит к возникновению фотоЭДС, а при существовании внешней цепи – току в этой цепи [1].

Солнечный элемент описывается рядом характеристик и параметров, которые позволяют сравнивать СЭ различного типа. К основным параметрам и характеристикам относят КПД, фактор заполнения, ток короткого замыкания или плотность тока короткого замыкания, ВАХ, напряжение холостого хода и спектральную характеристику. Как правило, солнечные элементы состоят из одного или нескольких слоев полупроводникового материала, включая кремний, теллурид кадмия и селенид меди, индия, галлия. Эти материалы выбраны за их способность поглощать солнечный свет и генерировать электрические заряды.

Еще одним фактором важным фактором является конструкция самой ячейки. В современных солнечных элементах используется ряд различных конструкций, включая однопереходные,

многопереходные и концентрационные элементы. Каждая конструкция имеет свои преимущества и недостатки с точки зрения эффективности, стоимости и практичности.

Помимо достижений в области материалов и дизайна, исследователи также изучают новые способы повышения эффективности солнечных элементов за счет использования передовых технологий, таких как нанотехнологии и квантовые точки. Эти технологии могут значительно повысить эффективность солнечных батарей, а также снизить их стоимость.

В данной работе приведен анализ исследований достижения КПД СЭ на различных материалах. КПД промышленных солнечных батарей на основе кремниевых модулей составляет около 20 %. Данный показатель вырос за последние 15 лет на 4 %. Перспективны пленки на основе теллурида кадмия, они обладают высокой подвижностью носителей заряда, а СЭ на их основе имеют КПД от 10 до 16 %. Максимальный КПД экспериментальных элементов на основе аморфного кремния составляет около 12 %.

Солнечная энергия является обильным и возобновляемым источником энергии, которая является чистой и не производит вредных выбросов газов. Поскольку стоимость солнечных технологий продолжает снижаться, вполне вероятно, что солнечная энергия станет все более важным источником электроэнергии в ближайшие годы. Получение СЭ элементов с более высоким КПД является основной задачей развития технологий этого направления, ведь прорыв в данной области приведет к мировому энергетическому и технологическому прогрессу.

Литература

1. Роках, А. Г. Фотоэлектрические явления в полупроводниках и диэлектриках / А. Г. Роках. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1984.

УДК 621

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК НА ОСНОВЕ МАГНИТНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Студент гр. 11310120 Россоловский А. Ю.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной научной работы является изучение технологического процесса получения квантовых точек (КТ) на основе магнитных полупроводников. В работе проведен критический анализ обзора литературных источников в области изучения технологии получения квантовых точек. Особое внимание было уделено квантовым точкам. Это мельчайшие полупроводниковые частицы, которые стали важными инструментами в широком диапазоне исследований в области биологии, электроники и материаловедения. В последние годы было установлено, что магнитные полупроводники являются ценными «строительными блоками» для эффективного синтеза квантовых точек из-за возможности достижения как магнитных, так и полупроводниковых свойств в одном и том же материале [1].

Получение квантовых точек должно начинаться с подбора правильных материалов электронной техники, т. е. выбор из всех материалов электронной техники именно тех, которые при своем взаимодействии будут обладать определенными полупроводниковыми и магнитными свойствами. Для получения квантовых точек на основе магнитных полупроводников, были выбраны материалы, которые максимально подходят для данной цели, а именно, марганец, галлий, мышьяк и арсенид галлия.

При выполнении работы была изучен технологический процесс. Основные стадии технологического процесса:

- термическая очистка поверхностного слоя;
- выращивание буферного слоя;
- выращивание квантовых точек;
- анализ морфологических свойств;
- оптические исследования.

Технологический процесс начинается с достижения высокой температуры на первой стадии (710 °С), после, данная температура постепенно снижается до значения комнатной.

Технологический процесс получения квантовых точек проводится на установке молекулярно-пучковой эпитаксии МПЭ ЭП-1203.

После формирования квантовых точек свойства этих нанокристаллов можно изучать с помощью различных методов, включая атомно-силовую микроскопию, флуоресцентную спектроскопию и рентгеновскую дифракцию. Эти методы позволяют измерять размер, форму и другие важные физические свойства квантовых точек, такие как их магнитные и оптические свойства.

В данном исследовании были проанализированы морфологические и оптические свойства квантовых точек, применяя атомно-силовую микроскопию для изучения поверхностей образцов. Полученные результаты демонстрируют, что одиночные InAs квантовые точки имеют широкий разброс по латеральным размерам от 10 до 70 нм, в то время как средний размер составляет приблизительно 50 нм. С другой стороны, образцы (In,Mn)As СКТ, синтезированные при температуре 380 °С, имеют характеристические размеры в диапазоне от 10 нм до 100 нм, со средним размером около 40 нм, что было выявлено в ходе изучения их поверхности при помощи АСМ [1]. В результате была разработана технологическая схема процесса.

Получение квантовых точек на основе магнитных полупроводников является очень важным процессом в получении новых композитных материалов и исследовании их различных свойств, что способствует новым достижениям и открытиям в различных областях науки и техники.

Литература

1. Буравлев, А. Д. Молекулярно-пучковая эпитаксия (Ga, Mn)As нитевидных кристаллов на поверхности GaAs(100) / А. Д. Буравлев, Г. О. Абдрашитов, Г. Э. Цырлин. – ПЖТФ. – 2012. – Т. 38. – С. 78–83.

УДК 620

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СКАНЕРОВ ОТПЕЧАТКОВ ПАЛЬЦЕВ

Студент гр. 11310120 Россоловский А. Ю.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной научной работы является изучение технологии изготовления сканеров отпечатков пальцев и их особенностей. В работе приведены систематизированные знания по данной теме.

Изначально сканеры отпечатков пальцев изготавливались по оптическим технологиям. Эти сканеры содержали источник света, который освещал палец, помещенный на сканер, и датчик изображения, который улавливал отражение изображения. Затем программа сравнила уникальные особенности захваченного изображения с уже существующими базами данных для аутентификации пользователя. Однако у оптических сканеров было много ограничений. Они были склонны к ошибкам, вызванным грязью, царапинами и отражениями света. Кроме того, точность изображения зависела от давления на сканер, что не было постоянным.

Современные сканеры отпечатков пальцев изготавливаются по емкостной технологии. Эти сканеры используют набор датчиков, которые распознают узоры, образованные выступами и впадинами на пальце. Сканер использует конденсатор, который представляет собой устройство накопления электрического заряда, для измерения электрической проводимости гребней и впадин отпечатка пальца. Когда палец помещается на поверхность сканера, он генерирует небольшой электрический заряд, который измеряется емкостным датчиком. Точность емкостных сканеров выше, чем у оптических, и пользователи могут получить доступ к своему устройству точно и быстро [1].

Процесс производства современных сканеров отпечатков пальцев включает несколько этапов. Первый этап производственного процесса включает проектирование физической формы и внутренней структуры сканера. Производители используют программное обеспечение для автоматизированного проектирования (САПР) для проектирования формы, размера и внутренних

компонентов устройства. После окончательной доработки дизайна производитель создает прототип для проверки функциональности и эффективности устройства.

Второй шаг заключается в изготовлении электрических датчиков, используемых в сканере. Эти датчики изготавливаются из различных материалов, таких как кремний, арсенид галлия и германий. Процесс создания датчиков включает такие методы, как фотолитография, химическое осаждение из паровой фазы и ионная имплантация. Датчики изготавливаются в чистых помещениях, чтобы пыль или загрязнения не мешали технологическому процессу.

Следующим шагом является сборка датчиков на печатной плате (РСВ). Датчики монтируются на печатную плату, а также добавляются другие электронные компоненты, такие как микроконтроллеры, память и источники питания. Собранный печатный плат затем тщательно тестируется, чтобы убедиться, что она соответствует стандартам производительности и надежности.

Последним шагом является интеграция печатной платы в корпус сканера и завершение электрических соединений. Прежде чем сканер будет отправлен клиентам, он проходит всестороннее тестирование и проверку качества.

В заключение, сканеры отпечатков пальцев эволюционировали от использования оптической технологии к емкостной, что привело к повышению точности и эффективности. Процесс производства современных сканеров отпечатков пальцев включает в себя несколько сложных этапов, включая проектирование, изготовление, сборку и тестирование. Все это гарантирует, что конечный продукт соответствует требуемым стандартам производительности и качества. Поскольку технологии продолжают развиваться, мы можем ожидать, что сканеры отпечатков пальцев станут еще более совершенными, эффективными и безопасными.

Литература

1. John R. Vacca. Biometric Technologies and Verification Systems. – Butterworth-Heinemann, 2007.

УДК 577

УНАСЛЕДОВАННАЯ НАНОБИОНИКА

Студент гр. 11310122 Рухлевич П. М.

Ст. преподаватель Люцко К. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Ученые, занимающиеся нанотехнологиями и работающие на наноуровне, стараются добиться размытых границ между органикой и электроникой. Поэтому в последние годы такая наука, как нанобионика, является одной наиболее интенсивно развивающейся.

В связи с этим неподдельный интерес вызывают открытия в Швейцарской Федеральной политехнической школе Лозанны (EPFL), в которой исследователям удалось поместить углеродные нанотрубки в клетки млекопитающих, использующих эндоцитоз, специфичный для этих видов клеток. В отличие от клеток млекопитающих бактериальные клетки не имеют таких механизмов, и ученые столкнулись с дополнительными трудностями при прохождении частиц через их жесткую оболочку [1].

Исследования ученых EPFL посвящены взаимодействию биологических конструкций, включая живые клетки с искусственными наноматериалами. Появившиеся «нанобионические» технологии, полученные изобретениями нанобионики сочетают в себе преимущества как живого, так и неживого мира. Группа ученых в течение нескольких лет занималась разработкой наноматериалов из однослойных углеродных нанотрубок, обладающих удивительными механическими и оптическими свойствами.

В растительные клетки ученые вводили однослойные углеродные нанотрубки для того, чтобы редактировать их геном. В клетки млекопитающих однослойные углеродные нанотрубки вводились для нахождения новых технологий доставки терапевтических препаратов к их внутриклеточным мишеням. Материалы на их основе были имплантированы живым мышам, чтобы продемонстрировать их способность отображать биологические ткани глубоко внутри тела [1].

Группа профессора Ардемиса Богоссяна и их коллеги из других стран смогли приспособить бактерии спонтанно поглощать однослойные углеродные нанотрубки за счет их соединения с положительно заряженными белками, которые притягиваются, так как имеют отрицательный заряд внешней мембраны бактерий. Исходя из этого, бактерии, накапливающие свет и наполненные наночастицами, теперь смогут воспроизводить электричество в живой фотоэлектрической системе.

Всего было изучено 2 типа бактерий – *Synechocystis* и *Nostoc* – принадлежащие виду *Cyanobacteria* (бактериям, которые, как и растения, получают энергию из фотосинтеза). Эти два типа являются «грамтрицательными» – у них имеется дополнительная внешняя мембрана, которой нет у «грамположительных» бактерий и тонкая клеточная стенка.

Было выявлено, что однослойные углеродные нанотрубки усваиваются цианобактериями в результате селективного, пассивного и зависящего от длительности процесса, позволяющего нанотрубкам спонтанно проникать в клеточные стенки как одноклеточных *Synechocystis* так и многоклеточных *Nostoc*. В результате учеными была изобретена специальная установка, позволяющая получить изображение особой флуоресценции в ближнем инфракрасном диапазоне внутри бактерий.

Алессандра Антонуччи, бывшая аспирантка лаборатории Богоссяна, пояснила: «Особая четкость связана с тем, что длина волны нанотрубок далеко в красном, ближнем инфракрасном диапазоне. За счет этого исходит стабильный сигнал, который нельзя получить от любого другого датчика наночастиц. Теперь мы можем использовать нанотрубки, чтобы увидеть, что происходит внутри клеток, что было трудно изобразить с помощью более традиционных методов» [1].

Благодаря этому, ученые смогли в реальном времени, наблюдая за бактериями, отслеживать рост и деление клеток. В результате было выявлено, что дочерние клетки делящегося микроба помимо всего прочего, также наследуют однослойные углеродные нанотрубки, в связи с этим данное явление получило название «унаследованной нанобионики».

Литература

1. Новые нанотрубки открыли путь к живым фотоэлектрическим элементам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/272445134>. – Дата доступа: 28.02.2023.

УДК 666 3/7

ПОЛУЧЕНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО ВОЛЛАСТОНИТА

Аспирант Самсонова А. С.¹

Кандидат техн. наук, доцент Попов Р. Ю.¹,
кандидат техн. наук, доцент Дятлова Е. М.¹,
кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.²

¹Белорусский государственный технологический университет,

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Перспективность применения керамики обусловлена исключительным многообразием ее свойств по сравнению с другими типами материалов, доступностью сырья, низкой энергоемкостью технологий, долговечностью керамических конструкций в агрессивных средах. Среди огромного разнообразия керамических материалов, особое место занимают волластонитовые. Волластонит способствует образованию керамического черепка, обладающего высокой механической прочностью и термостойкостью. Особенностью волластонита является его инертность к химическому взаимодействию с расплавом алюминия. Это качество позволяет использовать его в металлургии алюминия и его сплавов, в частности, для кокильного литья алюминия [1–2].

Наиболее применимым сырьевым материалом для получения термостойких керамических материалов является природный волластонит с минимальным содержанием примесей и добавками небольшого количества глин. В настоящей работе для синтеза волластонитовой керамики в качестве сырьевых материалов использовали следующие компоненты: природный волластонит, огнеупорные глины Веселовского месторождения и месторождения «Крупейский сад». Изделия

изготавливали методом полусухого прессования. Согласно литературным данным, температура обжига изделий, в основном, находится в области от 1000 °С до 1200 °С и зависит от типа применяемого сырья. Компоненты подвергались совместному помолу в микрошаровой мельнице, далее масса увлажнялась водой до влажности 7–8 мас. % и вылеживалась в течении 1–2 сут. Опытные образцы в виде цилиндров прессовались на гидравлическом прессе при давлении 20–25 МПа, после подвергались сушке в сушильном шкафу. Полученные образцы обжигались в лабораторной печи в интервале температур 1000–1200 °С с выдержкой при максимальной температуре в течение 1 ч.

Исследование свойств синтезированной керамики позволило установить, что лучшими эксплуатационными характеристиками обладают материалы, полученные на основе природного волластонита с введением в массу пластифицирующего компонента – глины месторождения «Крупейский сад» (Республика Беларусь, Гомельская обл.) в количестве до 10 %. Материалы, получаемые на основе указанных сырьевых компонентов при оптимальной температуре обжига 1150 °С, характеризуются следующими показателями свойств: открытая пористость – 31,4 %, водопоглощение – 16,2 %, кажущаяся плотность – 1941 кг/м³, ТКЛР – $6,04 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ в интервале температур (20–300) °С, механическая прочность при сжатии – 28,7 МПа. Электронная микроскопия свидетельствует о том, что структура керамики достаточно однородная, кристаллы характеризуются неизометрической формой.

Литература

1. Матренин, С. В. Техническая керамика: учеб. пособие / С. В. Матренин, А. И. Слосман. – Томск: ТПУ, 2004. – 75 с.
2. Дятлова, Е. М. Синтез волластонитсодержащих керамических материалов технического назначения для предприятий машиностроительной отрасли / Е. М. Дятлова, О. А. Сергиевич, М. А. Руба. – Огнеупоры и техническая керамика. – 2019. – № 6. – С. 31–40.

УДК 539.23

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА С НАНОЧАСТИЦАМИ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Мл. научн. сотр., аспирант Сапсалёв Д. В.^{1,2}, мл. научн. сотр. Петровская А. С.¹,
мл. научн. сотр. Радюкевич Д. Л.¹, мл. научн. сотр., аспирант Хабарова А. В.¹
Кандидат техн. наук, доцент Мельникова Г. Б.¹, д-р техн. наук, профессор Чижик С. А.^{1,3}
¹Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси,
²Белорусский государственный педагогический университет им. Максима Танка,
³Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Введение. К преимуществам применения полимеров и нанокompозитов на их основе в качестве раневых покрытий относятся их более высокая степень защиты по сравнению с тканевыми материалами, а также их полная атравматичность. В связи с этим, существенный интерес представляет исследование структуры и физико-механических свойств композиционных полимерных пленок на наноуровне.

Материалы и методы. Для формирования композиционных пленок готовили рабочие суспензии путем смешения раствора полимера ($c = 0,25 \text{ мг/мл}$ в 1 М уксусной кислоте) и 1 мл водной суспензии наночастиц различной концентрации, полученной последовательным разбавлением исходной суспензии наночастиц (нч) оксида алюминия ($d = 30\text{--}60 \text{ нм}$; Sigma-Aldrich, China, $w = 20 \text{ масс. \%}$) в объемном соотношении 1 к 1 с последующим воздействием ультразвуком в течение 15 мин. Аликвоту раствора хитозана или суспензии хитозан–наночастицы объемом 8 мкл прикапывали на подложки, вращающиеся со скоростью 3200 об/мин. Вращение не прекращали в течение 1 мин (после формирования каждого слоя) для удаления остаточных количеств растворителя.

Морфологию поверхности полученных пленок исследовали методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) на приборе NT-206 (ОДО «Микротестмашины», Республика Беларусь) с использованием стандартных кремниевых кантилеверов NCS11 (Mikromasch, Эстония), среднее

значение константы жесткости 3 Н/м. Измерения модуля упругости (E) проводили на атомно-силовом микроскопе NT-206 с термоплатформой. Использовали кремниевые кантилеверы FMG01 (TipsNano, Эстония) с радиусом кривизны острия зонда $R = 10$ нм и константой жесткости консоли 3 Н/м. Микротвердость образцов определяли по методу Виккерса (микротвердомер ПМТ-3М, ЛОМО, Россия). В качестве индентора использовали алмазный наконечник типа Виккерс. Нагрузку на индентор в зависимости от образца изменяли от 0,01 Н до 0,19 Н. Для каждого образца было получено по пять отпечатков по схеме «3 с внедрение индентора – далее 10 с выдержка под нагрузкой – затем 3 с разгрузка». Расстояние между отпечатками составляло не менее двух диагоналей отпечатка.

Обсуждение результатов и выводы. На основании АСМ-данных о структуре покрытий была выбрана оптимальная концентрация нч- Al_2O_3 в суспензии для формирования нанокомпозитов – 0,625 %. Установлено, что однослойные нанокомпозиционные пленки на основе хитозана имеют однородную структуру с единичными конгломератами наночастиц. Увеличение количества слоев приводит к росту числа конгломератов, что, в свою очередь, повышает шероховатость поверхности многослойных пленок.

Введение наночастиц Al_2O_3 приводит к снижению модуля упругости пленок хитозана. Модуль упругости исследуемых однослойных покрытий значительно снижается в диапазоне 20–40 °С. Дальнейшее увеличение температуры не оказывает влияния на величину E . Наименьшие значения E после воздействия температур (от 40 до 100 °С) зафиксированы у покрытий с наночастицами Al_2O_3 . Введение нч- Al_2O_3 в однослойные полимерные пленки незначительно изменяет микротвердость покрытий, в то время как, многослойные нанокомпозиты демонстрируют рост значений микротвердости. Максимальные значения $H = 20,5$ ГПа установлены для 30-слойных пленок хитозан+нч Al_2O_3 .

Благодарности. Работа выполнена в рамках договора с Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований № T21M-051 от 01.07.2021.

УДК 539.23

ГИДРОФИЛЬНЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОЛИМЕРОВ И НАНОЧАСТИЦ Al_2O_3

Мл. научн. сотр., аспирант Сапсалёв Д. В.^{1,2}, мл. научн. сотр. Петровская А. С.¹,
мл. научн. сотр. Радюкевич Д. Л.¹, мл. научн. сотр., аспирант Хабарова А. В.¹

Кандидат техн. наук, доцент Мельникова Г. Б.¹, д-р техн. наук, профессор Чижик С. А.^{1,3}

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

²Белорусский государственный педагогический университет им. Максима Танка,

³Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Введение. Высокомолекулярные соединения широко используются для создания материалов медицинского назначения, в том числе раневых покрытий. Модификация полимеров неорганическими наночастицами может привести к получению функциональных покрытий с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Таким образом, разработка новых полимер-неорганических композитов и исследование их свойств является актуальной задачей как в области нанотехнологии, так и медицины.

Материалы и методы. Одно- и многослойные пленки хитозана ($c = 0,25$ мг/мл в 1 М уксусной кислоте), поливинилового спирта (ПВС, $c = 1$ мг/мл в воде) и композиционные покрытия с наночастицами Al_2O_3 ($d = 30–60$ нм; Sigma-Aldrich, $c = 0,625$ мас. %) формировали методом спинкоатинга на поверхности предварительно гидрофилизированных кремниевых пластин (1×1 см). Аликвоту раствора полимера или суспензии полимер-наночастицы объемом 8 мкл прикапывали на подложки, вращающиеся со скоростью 3200 об/мин. Вращение не прекращали в течение 1 мин (после формирования каждого слоя) для удаления остаточных количеств растворителя. Для оценки гидрофильных свойств сформированных покрытий измеряли значения краевых углов смачивания (КУС) на установке DSA 100E (KRUSS, Германия). Значения удельной

поверхностной энергии (w) рассчитывали по модели Оуэнса – Вендта – Рабеля – Кьельбле по двум рабочим жидкостям – воде и диодметану; объем капли – 2 мкл.

Результаты и выводы. Для нанокомпозитов на основе хитозана с увеличением количества слоев до двадцати, значения КУС увеличиваются, последующий рост числа слоев покрытий приводит к увеличению смачиваемости. Данные изменения связаны с наличием конгломератов и дефектов на поверхности многослойных пленок. В случае нанокомпозитов на основе ПВС смачиваемость поверхности изменяется незначительно с увеличением числа слоев (рис. 1).

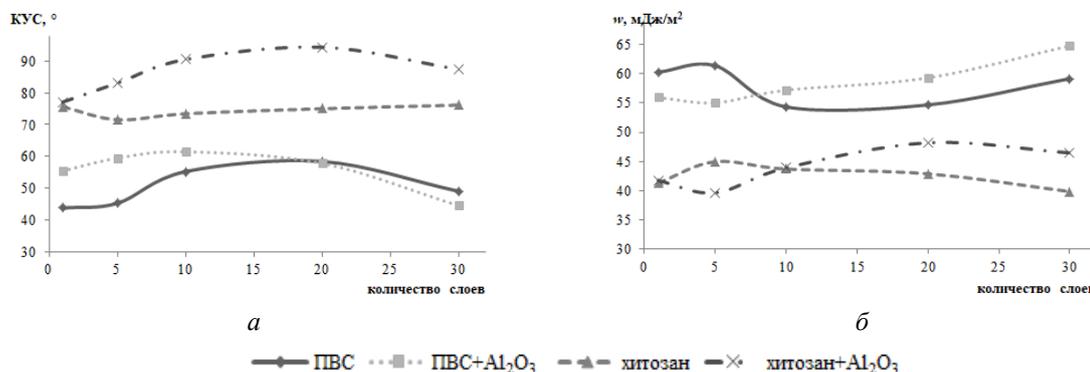


Рис. 1. Зависимости значений краевого угла смачивания (а) и удельной поверхностной энергии (б) от количества слоев наноструктурированных полимерных покрытий

Следует отметить однотипное изменение значений w для пленок хитозана и ПВС: с ростом количества слоев полимерных покрытий до пяти значения увеличиваются, а в последующем – уменьшаются, что обусловлено соответствующим изменением дисперсионной составляющей удельной поверхностной энергии. В случае композиционных покрытий с наночастицами Al₂O₃ установлен пологий характер роста значений w при увеличении количества полимерных слоев.

Благодарности. Работа выполнена в рамках договора с Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований № T21M-051 от 01.07.2021.

УДК541

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНЫЕ ОСНОВЫ АДсорбЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Студент гр. 11310121 Севилькин Р. Н.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной научной работы является изучение физико-химических и инженерных основ адсорбционных процессов. В работе проведен критический анализ обзора литературных источников в области изучения адсорбционных процессов. Большое внимание уделено адсорбентам.

Термин «адсорбция», подразумевает процесс сорбции, при котором происходит поглощение вещества в поверхностном слое. Крайне велико это различие концентраций в системе пар или газ–твердое тело.

Физическая адсорбция – это процесс экзотермический, то есть протекает с выделением тепла. Для того чтобы достигнуть большого адсорбционного эффекта необходимо иметь возможно большую поверхность адсорбента. Хорошими адсорбентами могут быть такие материалы, которые обладают сильно развитой поверхностью, что свойственно или веществам, имеющим сильно пористую губчатую структуру, или веществам, находящимся в состоянии тонкого измельчения.

Адсорбенты – это искусственные или природные материалы с большой площадью поверхности, на которой происходит адсорбция. Существует большое количество адсорбентов. Активированный уголь – это материал, получаемый из древесного угля или нефти, путем активации. Ее сущность состоит во вскрытии пор. Цеолиты – это большая группа веществ со свойствами близкими к минералам. Они обладают адсорбционными свойствами: поглощение и отдача различных

веществ; ионными – обмен катионами; и каталитическими – ускорение химических реакций. Структура цеолитов представлена на рис. 1.

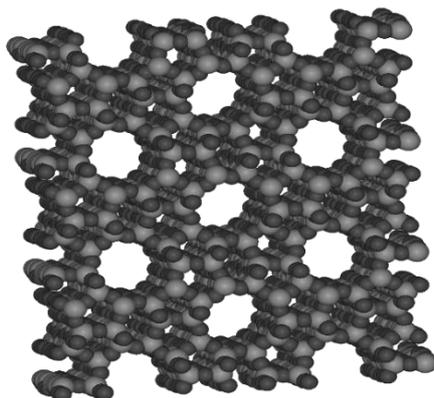


Рис. 1. Молекулярное строение цеолита

Техническое применение адсорбции в настоящее время крайне велико. Чаще всего адсорбцию используют для процессов очистки. К примеру, силикагели и цеолиты используют для осушки газов за счет адсорбции воды из потоков газа. На явлении адсорбции основана хроматография.

Хроматография – метод разделения веществ, основанный на разделении компонентов между двумя фазами – неподвижной и подвижной. В газо-адсорбционной хроматографии адсорбенты делят на два вида: органические и неорганические. К неорганическим относят активированный уголь, силикагель, цеолитовые сита, оксид алюминия и др. Все они используются для разделения газовых смесей. К органическим (полимерным) относят различные виды хромосорба и порпака. Они же служат для разделения сложных эфиров, спиртов, полярных соединений, гликолей, альдегидов и тому подобного.

В работе определяли равновесную концентрацию уксусной кислоты (адсорбат) после проведения адсорбции на активированном угле (адсорбент). Постоянные Фрейндлиха составили соответственно $\beta = 3,5$; $n = 0,67$.

В результате работы был проведен критический анализ основных адсорбционных процессов. Все вышеперечисленные процессы позволяют широко применять физико-химические и инженерные основы адсорбционных процессов на практике.

Литература

1. Карнаухов, А. П. Адсорбция. Текстура дисперсных и пористых материалов / А. П. Карнаухов. – Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1999. – 470 с.

УДК 620

СОВРЕМЕННЫЕ ГИБРИДНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ

Студент гр. 11310122 Ташлыков А. Р.

Ст. преподаватель Люцко К. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Современные гибридные наноматериалы – это композиты, которые обладают уникальными свойствами, совмещающими хорошие качества различных материалов. Такие материалы сочетают в себе преимущества нескольких классов соединений, где свойства одного компонента улучшаются за счет добавления другого.

В данной работе мы провели литературный обзор известных современных гибридных наноматериалов, методов их получения и область применения.

Одним из наиболее популярных классов гибридных наноматериалов являются композиты на основе органических и неорганических соединений. В таких системах один из компонентов является органическим, а другой – неорганическим. Примерами таких материалов могут служить

металло-органические рамки, в которых металлы объединяются с органическими молекулами, например, с бензольными кольцами. Такие материалы проявляют уникальные свойства, такие как сверхвысокая поверхностная площадь и улучшенное каталитическое поведение [1].

Другим примером гибридных наноматериалов являются композиты на основе углерода и неорганических соединений [1]. В таких системах углерод покрывается слоями различных неорганических материалов, таких как оксиды металлов, керамика или металлы. Такие материалы обладают большой электропроводностью, механической прочностью и стойкостью к термическим воздействиям.

В настоящий момент наиболее распространены следующие виды получения гибридных наноматериалов:

- метод интеркаляции полимеров и наночастиц в слоистые структуры;
- золь-гель метод;
- метод сочетания процессов полимеризации и формирования наноразмерных частиц, обеспечивающее гомогенное диспергирование неорганического компонента в полимерной матрице [1].

Твердые электролиты – одна из областей применения гибридных наноматериалов. Еще одной областью применения в последнее время является использование данных материалов, как электрофоточромных и фоточромных, с возможностью изменения оптических свойств, посредством внесения изменений в их органический состав.

Гибридные наноматериалы также нашли широкое применение в области медицины. В настоящее время разрабатываются композиты на основе белковых материалов и наночастиц, которые могут использоваться для доставки лекарственных препаратов непосредственно в место их действия, что значительно уменьшает побочные эффекты. Такие материалы также применяются в инженерии тканей, где они используются для создания биологически совместимых материалов для восстановления тканей [1].

В целом, гибридные наноматериалы представляют большой интерес для научного сообщества и промышленности, так как они могут использоваться в широком диапазоне областей, от энергетики до медицины. Несмотря на свою относительную новизну, эти материалы уже достигли значительных успехов и обещают стать одной из ключевых технологий в ближайшем будущем.

Литература

1. Основы физики гибридных наноструктур: учеб. пособие / А. В. Федоров [и др.]. – СПб: СПб НИУ ИТМО, 2014. – 122 с.

УДК 621

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕТЕРОСТРУКТУР ДЛЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Студент гр. 11304120 Скуратович А. А.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В современном приборостроении большую популярность начинают набирать полупроводниковые гетероструктуры, представляющие собой сложную структуру, состоящую из двух и более полупроводников с различными физическими свойствами. Гетероструктуры дают возможность почти полного управления параметрами и свойствами полупроводников, от ширины запрещенной зоны до показателей преломления.

Целью данной работы является изучение процесса получения полупроводниковых гетероструктур методом жидкофазной кристаллизации в градиенте температур (ЖКТГ).

В работе проведен аналитический обзор литературы в области формирования гетероструктур.

Опишем процесс получения гетероструктур методом ЖКТГ. Технологическая схема представлена на (рис. 1). Процесс получения гетероструктуры начинается с подготовки подпитки пластины, подложки и кассеты. Для создания подпитки подготовленную шихту загружают в реактор Чохральского, после чего выдерживают при 1773 К, после чего закристаллизованный расплав нарезают на пластины и устанавливают в кассету. С подложкой (в нашем случае InP/AsGa), легированной кремнием. После сборки в кассету, происходит погружение в расплав, где сэндвич смачивается гетеро-

композиции. Далее, после извлечения из кассеты, сэндвич нагревают в печи с атмосферой водорода при градиенте температур. Происходит гомогенизация в водороде для последующего смачивания подложки раствором, после чего происходит рост InGaPAs на подложке.

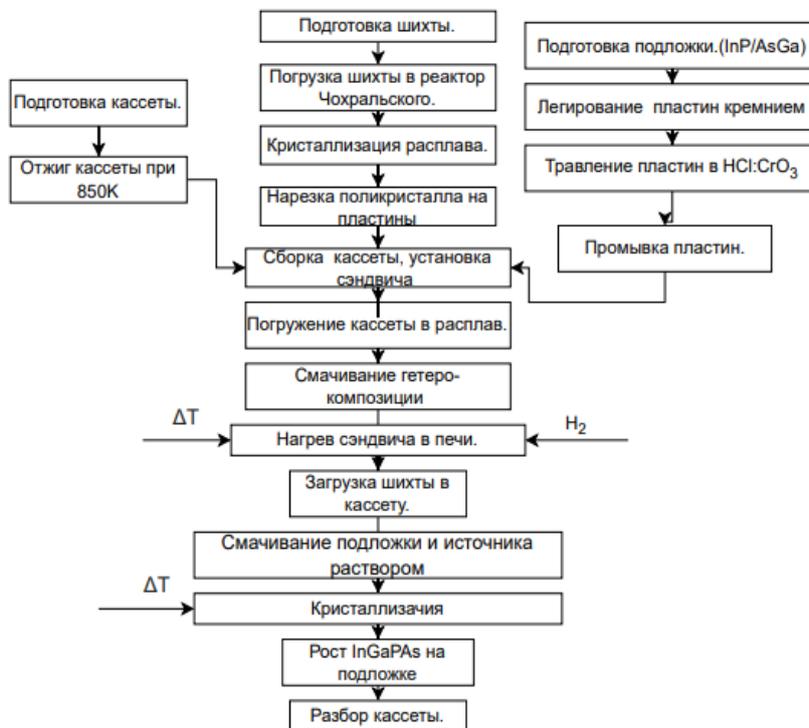


Рис. 1. Технологическая схема получения гетероструктуры методом жидкофазной кристаллизации

Метод жидкофазной кристаллизации в температурном градиенте позволяет получать гетероструктуры с большим выбором легирующих примесей. Данный метод отличается экономичностью, простотой установки, а также большой скоростью роста растворов типа $A^{III}B^V$. Данный метод не является инновационным, однако позволяет получать качественные гетероструктуры для промышленной электроники.

Литература

1. Арустамян, Д. А. Кристаллизация и свойства гетероструктур InGaPAs/GaAs (InP), GaP/Si, AlGaAs/Si для фотоэлектрических преобразователей: диссертация, кандидат технических наук: защищена 14.02.17 / Д. А. Арустамян. – М., 2017. – 108 с.

УДК 538.975, 620.197.119

МОДИФИКАЦИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОРГАНИЧЕСКИМИ КИСЛОТАМИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОФОБНО-ГИДРОФИЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Мл. научный сотрудник Трухан Р. Э.¹, научный сотрудник Толстая Т. Н.¹
Кандидат техн. наук, Лапицкая В. А.^{1,2}, кандидат техн. наук, доцент Мельникова Г. Б.¹,
д-р техн. наук, профессор Чижик С. А.^{1,2}, кандидат техн. наук, доцент Корольков И. В.³

¹Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси,

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь,

³Институт ядерной физики, Астана, Казахстан

Целью данной работы является определения влияния органических кислот на гидрофобно-гидрофильные свойства наноструктурированных металлизированных поверхностей.

В качестве органических кислот использовали стеариновую и бегеновую кислоты. Пленки из данных кислот наносили методом горизонтального осаждения (метод Ленгмюра-Блоджетт) на

установке «Автоматизированный комплекс для модифицирования поверхностей мембран молекулярными и ультратонкими слоями» (Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси, Республика Беларусь). Металлизированная поверхность сформирована прокаткой алюминиевого слоя на никелевой матрице, состоящей из полос шириной от 120 до 160 нм и периодом 1 мкм. Гидрофильные свойства поверхности определяли методом лежащей капли, краевых углов смачивания (КУС) на установке DSA 100E (KRUSS, Германия). Морфологию поверхности исследовали на атомно-силовом микроскопе (АСМ) Dimension FastScan (Bruker, США). Также определяли шероховатость (Ra , Rq , Rz), силу адгезии ($F_{ад}$) поверхности и удельную поверхностную энергию (γ).

Структура пленок периодическая и повторяющая структуру подложки схожа для двух кислот (рис. 1) и имеет равномерно распределенные частицы размером 10–30 нм. При этом, шероховатость, сила адгезии и удельная поверхностная энергия ниже при модификации бегеновой кислотой (табл. 1). Краевой угол смачивания исходной поверхности составляет $82,5^\circ$. После модификации стеариновой кислотой, он вырос до $96,72^\circ$, а бегеновой – до $101,2^\circ$.

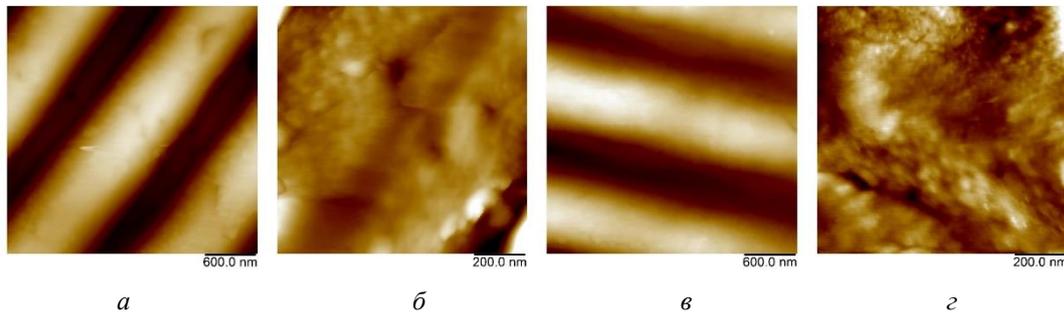


Рис. 1. АСМ изображения металлизированной наноструктурированной поверхности с ЛБ-пленкой из бегеновой (а, б) и стеариновой (в, з) кислот на поле: а, в – 3×3 мкм²; б, з – 1×1 мкм²

Таблица 1 – Характеристики поверхностей, модифицированных кислотами

Кислота	Ra , нм	Rq , нм	Rz , нм	$F_{ад}$, нН	γ Н/м	КУС, °
Бегеновая	13,0	15,8	36,6	30,7	0,544	101,2
Стеариновая	66,6	75,0	241,5	35,5	0,628	96,72

В результате получаем, что модификация наноструктурированной металлизированной поверхности бегеновой и стеариновой кислотами повышает гидрофобность наноструктурированных, металлизированных покрытий. Большее значение КУС $101,2^\circ$ характерно для бегеновой кислоты, что связано с меньшей удельной поверхностной энергией.

УДК 621.372.543.2

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСШИРЕНИЯ ПОЛОСЫ ЗАГРАЖДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДВУХПРОВОДНИКОВЫХ РЕЗОНАТОРОВ НА ПОДВЕШЕННОЙ ПОДЛОЖКЕ

Студент гр. 130681 Федорович И. Д.
Д-р техн. наук, профессор Макарецкий Е. А.
Тульский государственный университет, Тула, Россия

В сверхвысокочастотном диапазоне (далее – СВЧ) существуют различные способы технической реализации фильтров на различных линиях передачи. Одним из главных недостатков СВЧ фильтров, выполненных на полосковой линии передачи, является наличие паразитных полос пропускания, вызванное резонансами более высоких мод.

Один из методов расширения полосы заграждения заключается в создании фильтра на основе двухпроводниковых резонаторов [1] на подвешенной подложке. Преимущества таких резонаторов по сравнению с резонаторами несимметричной полосковой линии заключаются в более

высокой добротности, меньшей занимаемой площади и более чем двух октавном отношении частоты второй моды к первой [2].

В основе построения фильтра лежит следующий принцип. Резонаторы в фильтре попарно имеют разную ширину проводников, поэтому при общей центральной частоте частота второй моды будет отличаться, что приведет к «развалу» паразитной полосы пропускания.

Был спроектирован четырехзвенный фильтр на основе двухпроводниковых резонаторов. Его модель представлена на рис. 1. Данный фильтр обладает потерями не более 1 дБ в полосе пропускания 10 % относительно центральной частоты и обеспечивает уровень загораживания по уровню минус 65 дБ вплоть до 5 гармоники.

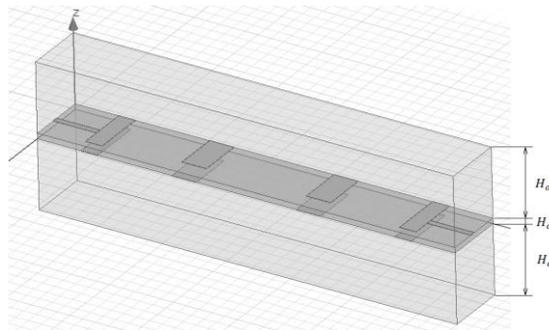


Рис. 1. 3D-модель фильтра в Ansys HFSS: H_a – высота экрана; H_d – толщина подложки

Методика проектирования фильтров n -го порядка с расширенной полосой загораживания:

1. Спроектировать двухпроводниковый резонатор на подвешенной подложке, настроенный на требуемую центральную частоту.
2. Спроектировать $\frac{n}{2} - 1$ (n – порядок фильтра) резонаторов, настроенных на ту же центральную частоту, но с большим отношением частоты второй моды к первой.
3. Объединить резонаторы в фильтр (причем от входа к центру фильтра ширина резонаторов увеличивается, как и расстояние между резонаторами).
4. Подбирая расстояние между резонаторами, согласовать фильтр.

Литература

1. Полосно-пропускающий фильтр: патент РФ 2237320 / Б. А. Беляев, А. А. Лексиков, В. В. Тюрнев, А. В. Казаков. – Оpubл. 27.09.2004.
2. Угрюмов, А. В. Полосковые резонаторы на подвешенной подложке и частотно-селективные устройства на их основе / А. В. Угрюмов, А. А. Лексиков. – Красноярск, 2020. – 125 с.

УДК 620.186.82

НАПРЯЖЕНИЕ СМЕЩЕНИЯ НА ПОДЛОЖКЕ КАК СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРОЙ ПОВЕРХНОСТИ ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ ZrN

Аспирант Хабарова А. В.^{1,2}

Кандидат техн. наук Лапицкая В. А.^{1,2}, кандидат техн. наук, доцент Кузнецова Т. А.^{1,2}, д-р техн. наук, профессор Чижик С. А.^{1,2}

¹Белорусский национальный технический университет,

²Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Повышение работоспособности режущих инструментов за счет увеличения их стойкости, надежности и производительности является одним из главных факторов повышения эффективности их эксплуатации [1]. Направленное изменение свойств покрытий путем варьирования их составом, структурой и строением позволяет существенно изменять контактные характеристики процесса резания. Покрытие ZrN имеет высокие механические свойства в условиях, требующих более высокой термической стойкости по сравнению с TiN, CrN и MoN покрытиями. Характеризуется высокой твердостью, хорошей химической стабильностью и биосовместимостью [2, 3].

Цель работы – исследование влияния напряжения смещения на стальной подложке при магнетронном нанесении на морфологию износостойких покрытий ZrN.

Износостойкое покрытие ZrN толщиной 3 мкм наносили методом магнетронного распыления на полированные подложки диаметром 32 мм из стали Р6М5. Концентрация рабочего газа в камере $N_2 = 4,65 \text{ мг/м}^3$. Перед нанесением покрытия на стальную подложку в качестве адгезионного слоя наносился тонкий слой Zr ($\sim 0,25 \text{ мкм}$) –10 В в течение 1,5 мин. Исследования морфологии покрытий проводили на атомно-силовом микроскопе Dimension FastScan (Bruker, США) в режиме PeakForce Tapping QNM с использованием стандартных кремниевых кантилеверов типа MPP-12120-10 (Bruker, США) с радиусом закругления острия 42 нм, жесткость консоли 6,2 Н/м.

В образце, полученном при напряжении смещения на подложке –10 В, размер зерен составил $100 \pm 31 \text{ нм}$ (рис. 1, а). Повышение напряжения смещения на подложке до –50 В (рис. 1, б) обеспечило значительный приток ионов Zr на подложку и послужило образованию цепочек из зерен размером $173 \pm 49 \text{ нм}$. Увеличение напряжения смещения до –100 В (рис. 1, в) привело к изменению структуры по сравнению с образцами при –10 В и –50 В и снижения шероховатости поверхности из-за образования дополнительных центров кристаллизации. Средний размер зерен в покрытии, полученном при –100 В, составил $81 \pm 17 \text{ нм}$. Шероховатость поверхности на полях размером $10 \times 10 \text{ мкм}$ при увеличении напряжения смещения от –10 В до –100 В уменьшается от 18,7 до 3,9 нм, а на полях размером $5 \times 5 \text{ мкм}$ снижается от 6,2 до 2,5 нм.

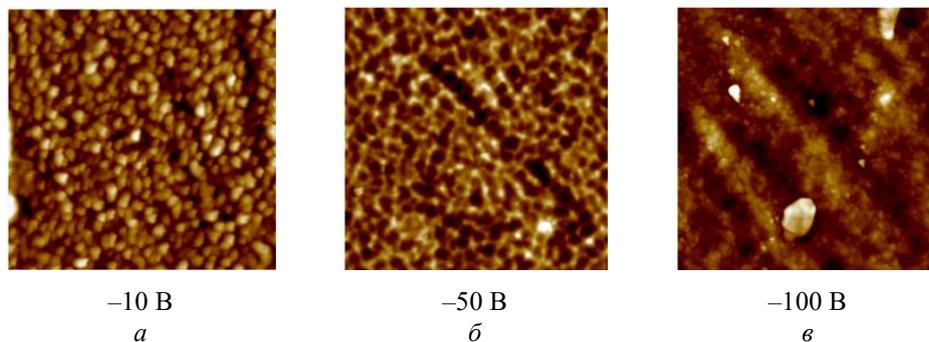


Рис. 1. АСМ-изображения морфологии поверхности покрытий ZrN при различном напряжении смещения ($5 \times 5 \text{ мкм}$)

Благодарности. Работа выполнена при поддержке грантов БРФФИ № T21MC-029 и T22M-006.

Литература

1. Мигранов, М. Ш. Износостойкость покрытий для режущего инструмента / М. Ш. Мигранов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13. – С. 1134–1135.
2. Effect of Si addition on the microstructure, mechanical properties and tribological properties of Zr–Si–N nanocomposite coatings deposited by a hybrid coating system / H. Choia [et al.] // Surf. Coat. Technol. – 2014. – Vol. 259. – P. 707–713.
3. Surface microstructure of Mo(C)N coatings investigated by AFM / T. Kuznetsova [et al.] // J. Mater. Eng. Perform. – 2016. – Vol. 25. – P. 5450–5459.

УДК 621.541

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ СИНТЕЗА ГАЛОИДНЫХ ПЕРОВСКИТНЫХ НАНОКРИСТАЛЛОВ

Студент гр. 11310122 Шафранский Т. А.

Ст. преподаватель Люцко К. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время на фоне подавляющего большинства диэлектриков выгодно отличаются такие материалы, как галоидные перовскиты. В связи с актуальностью использования данных материалов в микро- и нанoeлектронике в данной работе нами был произведен литературный обзор наиболее актуальных методов синтеза галоидных перовскитных нанокристаллов высокого качества, с перспективой контроля объема, оптических и электрических свойств.

В современном технологическом процессе используют две фундаментальные ветви: «Top-down» и «Bottom-up». На данный момент преобладающим методом синтеза галоидных перовскитных квантовых точек считается технология «bottom-up», так как сочетаются условная легкость синтеза и возможность изменения масштаба процесса, что невозможно для технологии «top-down». Из всех доступных методов синтеза по технологии «Bottom-up» можно выделить два основных это: «Hot-injection» и «Ligand-assisted reprecipitation».

В качестве первого метода рассмотрим «Hot-injection». В специальной химической колбе при температуре нуклеации нанокристаллов протекает стремительное соединение двух компонентов – источников ионов предстоящего бинарного соединения А и В. Последующая нуклеация нанокристаллов угнетается за счет уменьшения температуры вплоть до температуры роста. Плоскость частиц стабилизируется вступающими в состав реакции поверхностно-активными элементами, формирующими препятствие с целью агрегации частиц. Этот способ позволяет производить нанокристаллы с узким распределением по масштабам. В 2015 году был применен метод «Hot-injection» для синтеза перовскитных нанокристаллов CsPbX₃. Прекурсорами выступали олеат цезия и соль свинца. Препрекурсор цезия производился нагреванием карбоната цезия при 147 °С в специальной среде, вплоть до абсолютного растворения соли. Препрекурсор галогенида свинца производился нагревом соли PbX₂ в определенной среде, с добавлением олеиновой кислоты и олеиламина. В произведенный раствор при 160 °С проводилась инъекция источника цезия. Образование нанокристаллов протекает через несколько секунд после инъекции. Данный метод не исключает недостатки, такие как высокая температура синтеза, а также потребность использования инертной атмосферы [1].

Вторым методом является «Ligand-assisted reprecipitation». Основой последнего является процесс перекристаллизации. Она выполняется путем растворения начальных элементов в растворителе. Перенасыщение может быть достигнуто изменением температуры (нагрев или охлаждение). При таких условиях осуществляется процесс перекристаллизации, пока не произойдет переход в состояние равновесия системы. В случае если процесс перекристаллизации осуществлять вместе с лигандами, появляется возможность контролировать рост кристаллов близких к наноразмерам, позволяя реализовать синтез коллоидных квантовых точек. Следует выделить, что рост кристаллов в этом способе происходит без участия инертной атмосферы [2].

В заключение стоит отметить, что для промышленного производства галоидных перовскитных нанокристаллов следует отдать предпочтение методу «Ligand-assisted reprecipitation».

Литература

1. Development of flow reactor for the synthesis of semiconductor and metal nanoparticles / O. A. Aleksandrova [et al.] // Университетский научный журнал. – 2015. – № 15. – С. 13–21.
2. Brightly luminescent and color-tunable formamidinium lead halide perovskite FAPbX₃ (X= Cl, Br, I) colloidal nanocrystals / I. Levchuk [et al.] // Nano letters. – 2017. – Vol. 17, № 5. – P. 2765–2770.

СЕКЦИЯ 4. ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 623.467

ПРИБОР КОНТРОЛЯ СВЕДЕНИЯ

Студент гр. 11311119 Али-заде Э. Т.¹Член-корреспондент НАН Беларуси, д-р физ.-мат. наук, профессор Кулешов Н. В.²¹УП «НТЦ» «ЛЭМТ» «БелОМО»,²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Прибор контроля сведения (ПКС) предназначен для проверки сходимости осей прибора управления тепловизионного (ПУТ-1) в полевых условиях, для этого корпус прибора должен быть полностью герметичен.

ПУТ-1 используется в составе противотанкового комплекса, предназначен для поиска, визуального обнаружения и распознавания цели, идентификации и сопровождения выбранной цели, а также формирования лазерного информационного поля для наведения ракеты в структурированном лазерном луче на дальностях от 40 м до 2500 м. Точность сведения осей дневного канала и лазерного канала управления должна составлять 0,5 м. на дистанции 2500 м.

ПКС устанавливается на посадочное место исследуемого прибора, что позволяет проверить его работоспособность непосредственно перед использованием.

Оптическая схема прибора контроля сведения (рис. 1) состоит из системы клиньев 1, блока призм 2, объектива 3, проекционной системы 5. Система клиньев 1 используется для создания параллельных пучков лучей. Излучение, попадающее в прибор из двух каналов ПУТ-1, совмещается блоком призм 2 и при помощи объектива 3, проекционной системы 5 и призмы 6 переносится на поверхность фотоэлектронного модуля 10.

Для начала работы необходимо прицельной маркой ПУТ-1 навести на поверхность диафрагмы 9, освещаемой осветителем 8.

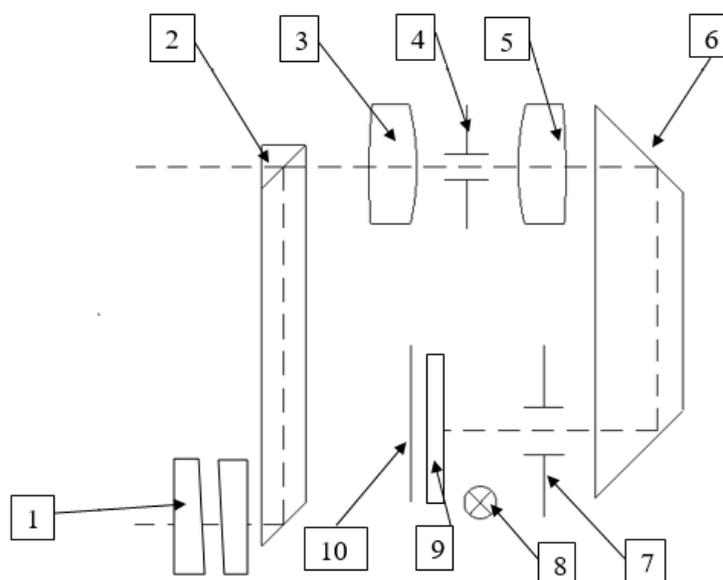


Рис. 1. Схема оптическая принципиальная прибора контроля сведения

При проведении измерений сигнал с фотоэлектронного модуля 10 попадает в блок измерений, который, после проведения расчетов, выводит значение расхождения осей дневного канала и лазерного канала управления на ЖК-монитор ПКС. Так же возможно подключение к компьютеру при помощи порта расположенного на корпусе прибора. Компьютер позволяет вывести как уже рассчитанные значения, так и всю информацию, поступающую с фотоэлектронного модуля.

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА СКАНИРОВАНИЯ

Магистрант гр. 141111/02 Баранкова Е. О.

Кандидат техн. наук, доцент Алалуев Р. В.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

В настоящее время растет востребованность использования дальнометров и необходимость повышения точности. В работе приводится обзор макета оптико-электронной системы сканирования с применением ToF-дальномера.

Дальномеры с технологией Time-of-Flight («время полета») формируют дальностное изображение с помощью излучения и приема светового импульса, по разности времени можно судить о расстоянии [1].

ToF-дальномер TF LUNA помещается в пластиковый корпус (рис. 1) вместе с отладочной платой Arduino Nano [2], предназначенной для управления и считывания данных и Bluetooth модулем ZS-040, который применяется для удобной работы без использования проводов.



Рис. 1. Пластиковый корпус

Конструкция фиксируется на специальной платформе (рис. 2), способной перемещаться по двум углам: по азимутальному на 360° , по углу возвышения на 180° .

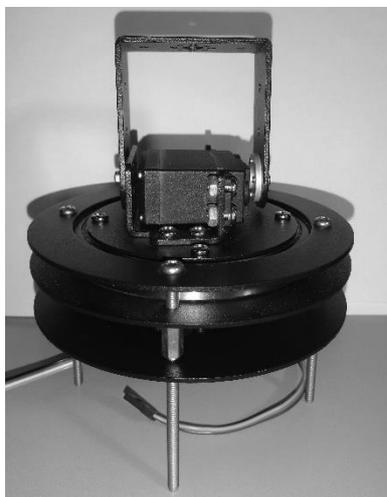


Рис. 2. Платформа

Для управления перемещением платформы используются сервоприводы MG995 и FB5317M – 360, а также джойстик KY-023.

Литература

1. Что такое камера ToF и зачем ее устанавливают в современных смартфонах? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://root-nation.com/ru/posts/tech/ru-tof-camera-v-smartfone>.
2. Петин, В. А. Проекты с использованием контроллера Arduino / В. А. Петин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 400 с.

УДК 681.51; 621.313.84

ВРАЩАЮЩЕЕСЯ КОНТАКТНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПАНОРАМНОГО ПРИЦЕЛАВедущий инженер Барцевич А. М.¹, магистрант Семченок А. В.^{1,2}Кандидат техн. наук, доцент Фёдорцев Р. В.²¹ОАО «Пеленг», ²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Вращающееся контактное устройство (ВКУ) относится к вспомогательным приборам электрооборудования бронетанковой техники. В зависимости от функционального назначения ВКУ может быть реализовано для передачи электроэнергии из корпуса машины во вращающуюся башню (сильноточная система) или для аппаратуры обеспечивающую коммутацию сигналов управления между электронными блоками внутри изделия без искажений и взаимных помех (слаботочная система). Конструктивно ВКУ состоит из двух верхнего и нижнего корпусов (алюминиевый сплав), объединенных подшипниковым узлом с манжетным уплотнением, в которых расположены остальные узлы и детали сильноточной и слаботочной систем ВКУ. Нижний неподвижный корпус ВКУ жестко закреплен на днище корпуса боевой машины, верхний подвижный корпус имеет единую ось вращения с башней, которая осуществляется через специальный поводок.

Количество компаний, осуществляющих выпуск модельного ряда ВКУ для сильноточных систем достаточно ограничен, ПГ «Батмастер»: ВКУ-27, ВКУ-300-1, ВКУ.330-2, ВКУ-330-4 (для Т-54, Т-55, Т-62, Т-64, Т-72, БМП-1 и 2). Предложена структурно-функциональная схема системы управления огнем боевых машин типа танк, БМП, БТР, БМД и т.п. включающая ВКУ (Патент RU2718186С1). Среди зарубежных производителей, например Huta Stalowa Wola SA (HSW).

Значительно больший объем занимают слаботочные системы ВКУ производства компаний: «MOFLON Technology» (Китай); ВР1000: ВЦ052-5213-001 ООО «АВИ Солюшинс»; ВКУ-23, ВКУ-40 ООО «Ижевский радиозавод»; Инженерный центр «Автоматизированные системы контроля» (Россия).

ОАО «ЛЮМО» предложен вариант конструкции ВКУ токосъемников для передачи электрических сигналов, например, на вращающийся ротор гироскопа в оптических головках самонаведения (Патент RU2111586С1). ОАО «НПО Электромашина» (Патент RU2267841С1) ФГУП «Государственный московский завод «Салют»» (Патент RU2275721С2).

ОАО «Пеленг» предложен вариант конструкции ВКУ предназначенный для установки между башней танка и приемным блоком управления боевой машины при вращении в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (по вертикали и горизонтали). ВКУ обеспечивает передачу 12-ти постоянных, переменных и импульсных электрических сигналов (коммутирующих, дифференцирующих, цифровых информационных CAN шины и др.) через интерфейсы и разъемы: RS485, HD-SDI и др. от многоканального оптического прицела в блок управления (рис. 1). Технические характеристики разрабатываемого ВКУ представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Технические характеристики ВКУ

Наименование параметра	Численное значение
Частоты вращения, об/мин	60
Габаритные размеры: наружный × внутренний диаметр, высота, мм	35×20×51
Количество токопроводящих колец, шт.	16
Количество рабочих каналов управления	12
Типы сигналов	12 слаботочных, 4 силовых
Силовые линии	ток до 10 А, напряжение до 27 В

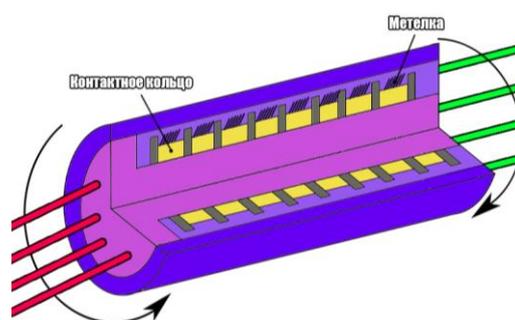


Рис. 1. Схема вращающегося контактного устройства

СБОРКА И ЮСТИРОВКА МОНОКУЛЯРА НОЧНОГО ВИДЕНИЯ

Студент гр. 11311119 Белохвостик Е. В.¹,
инженер-исследователь 1 категории УП «НТЦ «ЛЭМТ» Альхимович М. А.²,
кандидат техн. наук, доцент Кузнечик В. О.¹

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

²УП «НТЦ «ЛЭМТ», Минск, Беларусь

Монокуляр ночного видения, предназначенный для наблюдения за различными объектами в темное время суток, состоит из объектива, ЭОП-а, преобразующего регистрируемое ИК-излучение в видимое и одновременно выполняющего роль оборачивающей системы, окуляра и ИК-осветителя, обеспечивающего подсветку объекта при работе в полной темноте.

Сборка, юстировка и контроль монокуляра является завершающей стадией его изготовления. Процесс сборки сводится к последовательной установке в корпусе прибора его основных узлов (рис. 1). Затем выполняется юстировка собираемого монокуляра для обеспечения заданного расположения деталей и узлов прибора, обеспечения правильности работы и заданной точности готового изделия.



Рис. 1. Укрупненная схема сборки монокуляра

После сборки и юстировки прибора необходимо проверить его на соответствие заданным параметрам и характеристикам.

Важной характеристикой ПНВ является разрешающая способность, регламентируемая числом линий на миллиметр.

Проверка разрешающей способности монокуляра проводят в затемненном помещении на специальной установке. Тестируемый прибор устанавливают на специальное посадочное место на столе перед объективом коллиматора, выставленного на бесконечность. Включают монокуляр переводя переключатель из положения «0» в положение «1», соответствующее включенному ЭОП-у. Подвижками столика добиваются того, чтобы изображение мира коллиматора находилось в центре поля зрения прибора и фокусируют монокуляр на резкое изображение. Для оценки разрешающей способности прибора, необходимо диоптрийную трубку установить за контролируемый прибор. Наблюдая в окуляр диоптрийной трубки и подвижками объектива обеспечить получение четкого изображения мира; оценить разрешающую способность по качеству изображения четырех групп штрихов заданной мира.

Для настройки диоптрийной трубки под глаз оператора, необходимо направить на белый фон объектив трубки и подвижкой окуляра добиться резкого изображения сетки.

Предварительная проверка разрешающей способности ЭОП-а проводится на стенде, в состав которого входят два совмещенных на выходе канала. Один из них предназначен для освещения фотокатода ЭОП-а, с помощью проекционного объектива, а второй включает микроскоп, используемый для наведения на экран ЭОП-а. При проверке сравнивают точки, видимые в поле зрения монокуляра, с контрольными точками экрана.

ТЕПЛОВИЗИОННЫЕ ПРИБОРЫ

Студент гр. 11311119 Бурдо М. В.

Член-корреспондент НАН Беларуси, д-р физ.-мат. наук, профессор Кулешов Н. В.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Тела, собственная температура которых превосходит температуру безусловного нуля излучают электромагнитное термическое излучение в соответствии с законом Планка. Спектральная плотность мощности излучения имеет максимум, длина волны которого на шкале длин волн зависит от температуры. Положение максимума в диапазоне излучения сдвигается с увеличением температуры в сторону меньших длин волн. Тела, нагретые до температур окружающего нас мира (от -50 до $+50$ градусов Цельсия) имеют максимум излучения в среднем инфракрасном спектре (длина волны $7-14$ мкм). Температуры около тысячи градусов и выше не требуют тепловизоров для наблюдения, их тепловое свечение видно невооруженным глазом.

Системы тепловидения чаще всего применяются в военной технике. Функции системы включают поиск и захват целей, разведку и сбор информации. Кроме того, данная технология может быть применена и в остальных областях, к примеру для контроля утечек тепловой энергии. Тепловизионные приборы также могут использоваться для контроля качества продукции в промышленности.

Обычно тепловизоры строятся на базе особых датчиков температура – болометров. Болометр – это резистор, изготовленный из вещества с очень малой термической емкостью и большим термальным коэффициентом сопротивления. Инфракрасное излучение, собранное объективом тепловизора, нагревает элементы матрицы в соответствии с распределением температуры наблюдаемого объекта.

Ниже приведена таблица, в которой показан прирост в одной из основных характеристик тепловизионного прибора (дальности обнаружения объекта размером $1,7 \times 0,5$ метра) при использовании тепловизионных модулей с размером пикселя 12 , 17 и 25 мкм соответственно. Дальность обнаружения объекта при использовании тепловизионного модуля с размером пикселя 25 мкм возьмем за 1 (100%).

Таблица 1

Размер пикселя	Дальность обнаружения (объект $1,7 \times 0,5$ м), м	Прирост, %
25 мкм	2250	0
17 мкм	3309	47
12 мкм	4688	108

Из этого примера можно сделать следующие выводы.

Уменьшение размера пикселя в тепловизионных модулях приводит к существенному повышению дальности обнаружения различных объектов.

Внедрение тепловизионных модулей с меньшим размером пикселя дает возможность существенного уменьшения массы и габаритов тепловизионных приборов, за счет использования тепловизионных объективов с меньшим фокусным расстоянием, при этом тактико-технические характеристики такого прибора остаются на прежнем уровне. Это очень важно для оптико-электронных приборов, предназначенных для ношения и/или установки на стрелковое оружие.

ОПТИЧЕСКАЯ СТЕРЕОСИСТЕМА

Студент гр. 141111/02 Васин С. И.

Кандидат техн. наук, доцент Погорелов М. Г.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

В настоящее время активно развивается такое направление как компьютерное или техническое зрение. Под компьютерным зрением понимают аппаратно-программный комплекс, построенный на базе цифровой фото-видеоаппаратуры и позволяющий в автономном режиме или под управлением оператора решать задачи: обнаружения, распознавания и классификации объектов, слежения за объектами, а также трехмерную реконструкцию местности и ориентацию в пространстве.

Способность таких систем решать широкий круг задач обусловлена высокой информационной емкости видеосигнала, который формируется с видеоустройств. При этом в ряде задач видеосигнал содержит слишком много дополнительной информации, мешающей при решении конкретной задачи [1].

Работа посвящена разработке оптической системы, которая по сигналам с двух цифровых видеокамер позволяет восстановить трехмерную картину местности. Следует отметить, что оптические стереосистемы (ОСС) отличает относительная простота аппаратной части, а, следовательно, низкая стоимость.

В основе построения стереоизображения лежит триангуляционный метод измерения дальности, заключающийся в том, что один и тот же объект при наблюдении с двух точек виден под различными углами (рис. 1) [2].

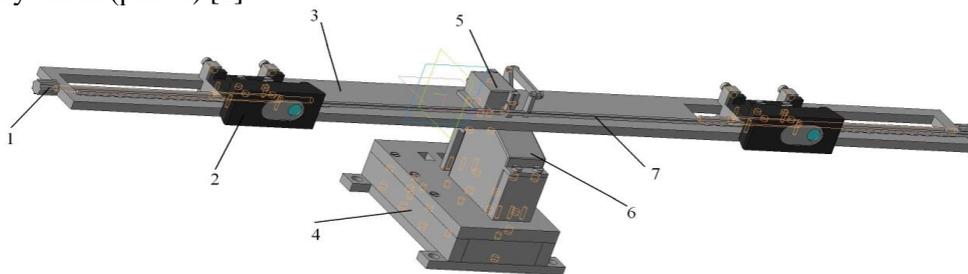


Рис. 1. 3D-модель стереосистемы (вид спереди): 1 – регулятор линейного перемещения ползунка камер; 2 – видеокамера; 3 – поворотная балка; 4 – основание (с помещенной внутри печатной платой); 5 – привод для управления по тангажу; 6 – привод для управления по рысканию; 7 – вал

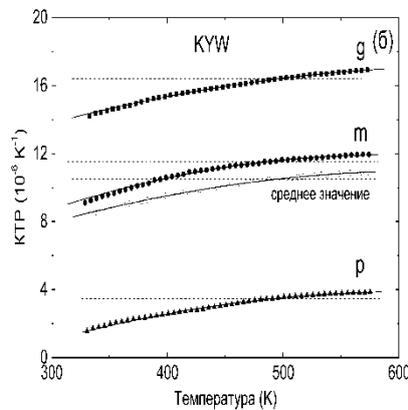
Результаты работы. Разработана конструкция и 3D-модель стереосистемы, механизм наклона камер, механизм поворота в горизонте, механизм линейного перемещения камер. Осуществлены разработка математического описания и электрических принципиальных схем. Построена карта глубин. Разработанная стереосистема проводит анализ ее работы в зависимости от различного значения расстояния между камерами, а также от точности работы алгоритмов ОСС.

Литература

1. Валюс, Н. А. Стереоскопия / Н. А. Валюс. – М.: изд-во АН СССР, 1962. – 379 с.
2. Принципы формирования стереоизображения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ru.okno-tv.ru/biblio/detail.php?ELEMENT_ID=55208&SECTION_

ТЕРМИЧЕСКОЕ РАСШИРЕНИЕ КРИСТАЛЛА $KY(WO_4)_2$ Аспирант Герцова А. В.¹Д-р физ.-мат. наук, профессор Юмашев К.В.¹, кандидат техн. наук, доцент Трусова Е. Е.²¹Белорусский национальный технический университет,²Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь

Оптические свойства кристалла $KY(WO_4)_2$ (KYW) описываются в рамках оптической индикатрисы с ортогональными главными осями N_p , N_m и N_g . Ось, соответствующая минимальному главному показателю преломления (N_p), совпадает с кристаллографической осью b , а две другие (N_m и N_g) расположены в кристаллографической плоскости $a-c$ [1, 2]. Эксперименты по определению температурной зависимости удлинения $\Delta L/L_{RT}$ (L_{RT} – длина образца при комнатной температуре RT) и термического коэффициента линейного расширения (ТКЛР) α выполнены при помощи горизонтального dilatометра Netzch 402PC в температурном диапазоне 25–300 °С (рис. 1). Этот диапазон температур представляет интерес при использовании исследуемого кристалла в качестве активной лазерной среды. Удлинение образца регистрировалось через 5 °С.

Рис. 1. Температурные зависимости (а) относительного удлинения $\Delta L/L_{RT}$ и ТКЛР (б)

Экспериментальные данные по $\Delta L/L(T)$ аппроксимировались полиномом третьей степени: $\Delta L/L = A(T - 298) + D(T - 298)^2 + C(T - 298)^3$, коэффициенты A , D и C для трех направлений кристалла представлены в табл. 1:

Таблица 1 – коэффициенты полинома третьей степени

Направление	A (K^{-1})	D (K^{-2})	C (K^{-3})
вдоль N_g	$13,75 \cdot 10^{-6}$	$1,832 \cdot 10^{-8}$	$-2,475 \cdot 10^{-11}$
вдоль N_m	$8,690 \cdot 10^{-6}$	$2,229 \cdot 10^{-8}$	$-3,840 \cdot 10^{-11}$
вдоль N_p	$9,873 \cdot 10^{-7}$	$1,861 \cdot 10^{-8}$	$-2,988 \cdot 10^{-11}$

ТКЛР аппроксимировалось при помощи полинома второй степени: $TKLP = A + D(T - 298) + C(T - 298)^2$. Усредненное значение ТКЛР $\bar{\alpha}$ определялось наклоном хорды между двумя точками на кривой, описывающими зависимость длины от температуры и получено из расчета: $\Delta L/L = \bar{\alpha} \cdot (T - 298)$, где $\bar{\alpha}_g = 16,39 \cdot 10^{-6} K^{-1}$, $\bar{\alpha}_m = 11,54 \cdot 10^{-6} K^{-1}$, $\bar{\alpha}_p = 3,47 \cdot 10^{-6} K^{-1}$.

Среднее значение ТКЛР рассчитывалось следующим образом: $(\bar{\alpha}_g + \bar{\alpha}_m + \bar{\alpha}_p)/3$ и составило $10,47 \cdot 10^{-6} K^{-1}$, что применимо для керамических сред на основе кристалла KYW.

Литература

1. Crystal growth, optical and spectroscopic characterisation of monoclinic $KY(WO_4)_2$ co-doped with Er^{3+} and Yb^{3+} / X. Mateos [et al.] // Optical Materials, 2006. – Vol. 28. – P. 423–431.
2. Growth, optical characterization, and laser operation of a stoichiometric crystal $KYb(WO_4)_2$ / M. C. Pujol [et al.] // Physical Review B, 2002. – Vol. 65, 165121. – P. 1–11.

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ СВЕТИЛЬНИКА-РЕЦИРКУЛЯТОРА ВОЗДУХА

Стажер мл. научного сотрудника Град Д. В.

Кандидат техн. наук Лишик С. И.

Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Опыт, приобретенный человечеством во время пандемии COVID-19, показал, что для успешного противостояния распространению инфекционных заболеваний среди населения необходимо своевременное вакцинирование и использование различных технических средств: маски, дезинфекторы, рециркуляторы, и т. п. Ранее в ЦСОТ НАН Беларуси был разработан экспериментальный образец светильника-рециркулятора воздуха [1].

Задачей настоящей работы является усовершенствование конструкции светильника-рециркулятора, с точки зрения увеличения скорости, объемного потока и однородности воздушного потока на выходе рециркулятора, минимизации потребляемой мощности и шума, генерируемого изделием, а также увеличения площади и равномерности свечения светового поля.

Для решения вышеуказанной задачи использовался метод численного аэродинамического моделирования в программной среде SolidWorks. Рассмотрены четыре варианта конструкции светильника-рециркулятора (рис. 1):

- 1) горизонтальное расположение трех осевых вентиляторов (ВО);
- 2) вертикальное расположение трех ВО;
- 3) горизонтальное расположение четырех центробежных вентиляторов (ВЦ);
- 4) вертикальное расположение четырех ВЦ.

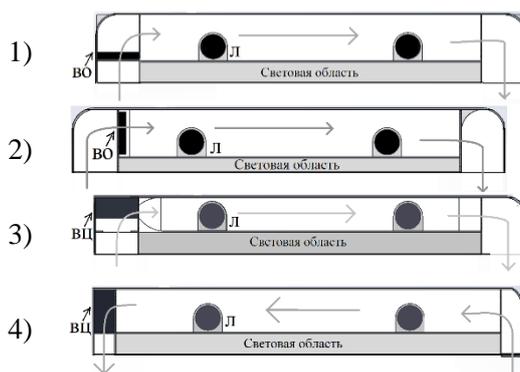


Рис. 1. Модели светильника рециркулятора: ВО – вентилятор осевой; ВЦ – вентилятор центробежный; Л – УФ лампа

Таблица 1 – Сравнение основных параметров светильников-рециркуляторов

Тип	Объемный расход, м ³ /с	Скорость потока, м/с	Потребляемая мощность, Вт	Однородность, %
1	62,0	1,8	7,9	82
2	73,4	2,6	7,9	71
3	65,5	2,1	6,0	82
4	65,6	2,9	6,0	93

Учитывались следующие параметры: нормальное атмосферное давление, вектор ускорения свободного падения направлен вниз перпендикулярно светоизлучающей поверхности, температура окружающей среды 293 К. Обеззараживание окружающей среды производилось при использовании двух УФ-С ламп (254 нм) сумарной мощностью 23 Вт, что может позволить обеззараживать 60 м³/ч воздуха с бактерицидной эффективностью 99,9 %.

Из анализа результатов моделирования (табл. 1) следует, что вариант 4 соответствует наиболее оптимальной конструкции светильника-рециркулятора. Несмотря на использование 4 центробежных вентиляторов потребляемая мощность светильника на 24 % меньше, чем в случае использования осевых вентиляторов. При этом, объемный расход воздуха на 11 % меньше, чем у

варианта 2, а скорость воздушного потока на 0,3–1,1 м/с выше, чем у других вариантов. Еще одним важным преимуществом варианта 4 является увеличенная на 12 % (60 мм) световая область светильника, что достигается за счет уменьшения пространства необходимого для вентиляторов.

Литература

1. Светодиодные устройства для предотвращения распространения инфекционных заболеваний, передающихся воздушно-капельным путем / Н. А. Захарова [и др.] // Минск – Шанхай – Чанчунь: стратегия прорывного сотрудничества: Сб. матер. научно-практ. конф., Минск, 21 апр. 2022 г. – Минск: БНТУ, 2022. – С. 126–130.

УДК 681.7.023.72

ДВУСТОРОННЯЯ ОБРАБОТКА ЛИНЗ ПРИ НАПРАВЛЕНИИ УСИЛИЯ ПРИЖИМА ИНСТРУМЕНТОВ ПО НОРМАЛИ И ПРИНУДИТЕЛЬНОМ ИХ ВРАЩЕНИИ

Студент гр. 11311219 Дмитров М. А., аспирант Луис Мальпика Джейсонт
Д-р техн. наук, профессор Козерук А. С., кандидат техн. наук, доцент Кузнечик В. О.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

По классической технологии обработки линз в условиях свободного притирания инструмент вращается за счет сил трения в зоне его контакта с деталью. И поскольку эти силы зависят, прежде всего, от непрерывно изменяющейся площади контакта притирающихся поверхностей, то скорость вращения инструмента непостоянна, что является одним из источников локальных погрешностей на рабочей поверхности оптических деталей. Отрицательно влияет на точность обработки линз также переменное направление рабочего усилия по отношению к их нормали.

Для решения отмеченных проблем предложено техническое решение, отличительной особенностью которого по сравнению с классическим технологическим оборудованием аналогичного назначения является то, что при его реализации рабочее усилие направлено по нормали к обрабатываемой поверхности и в нем реализуется принудительное вращение инструментов.

В результате расширяются технологические возможности по управлению процессом формообразования сферических поверхностей за счет стабилизации скорости вращения инструмента, а также ускоряется процесс формообразования оптических деталей и уменьшаются локальные погрешности на их исполнительных поверхностях, что следует из экспериментальных результатов, представленных на рис. 1.

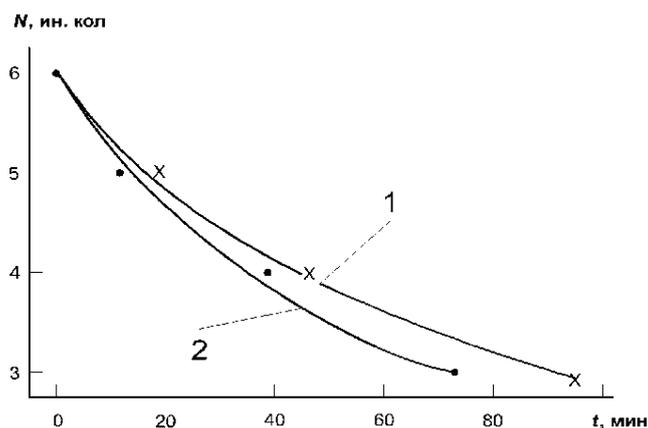


Рис. 1. Зависимость количества интерференционных колец Ньютона от времени полирования по схеме с направлением рабочего усилия по вертикали (кривая 1) и с направлением его по нормали (кривая 2) к обрабатываемой поверхности

Полученные результаты можно объяснить следующим образом. Как следует из анализа схемы действия рабочего усилия P при его направлении по нормали и по вертикали, в первом случае усилие P полностью передается на абразивное зерно для выполнения им съема стекла, в то время как во втором случае происходит потеря некоторой части усилия P в виде составляющей P_{Γ} , что и приводит к снижению интенсивности обработки. Это снижение обусловлено также и тем, что

горизонтальная составляющая P_T создает вращательный момент $P_T \cdot l$, где l – размер зерна, который выводит зерно с активного состояния.

Повышение точности обработки линз с принудительным вращением инструмента объясняется более равномерным распределением скорости скольжения в зоне его контакта с линзой.

УДК 681.7

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ В МЕДИЦИНЕ

Студент гр. 121191 Еремеева А. В.

Ассистент Каликанов А. В.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Благодаря последним достижениям не только в оптике, но и в электронике, в медицине свое применения находят разнообразные оптико-электронные приборы (ОЭП), которые применяются как в лечебных целях, так и в диагностических. Одним из наиболее важных узлов ОЭП являются оптические системы, которые в зависимости от решаемой задачи содержат как *передающую*, так и *приемную* оптические системы. Данные системы обеспечивают:

– требования энергетических соотношений, заданного уровня сигнала, заданного отношения сигнал/шум, формирование рациональной структуры пучка лучей, спектральный состав потока, приходящего на фотодетектор;

– получение изображения наблюдаемых объектов или ролей требуемого качества, то есть обеспечение достаточного пространственного, спектрального, временного и энергетического разрешения.

Оптические системы ОЭП, используемых в современной медицине, создаются на базе линзовых, зеркальных и зеркально-линзовых оптических систем (иногда называемых диоптрическими, катоптрическими и катодиоптрическими) [1]. В медицинских ОЭП наиболее часто используется линзовая система, состоящая из объектива и конденсора, или более простая, содержащая только линзовый объектив (например, **медицинский эндоскоп**). Поэтому актуальна задача расчета и проектирования линзовой системы для ОЭП (рис. 1).

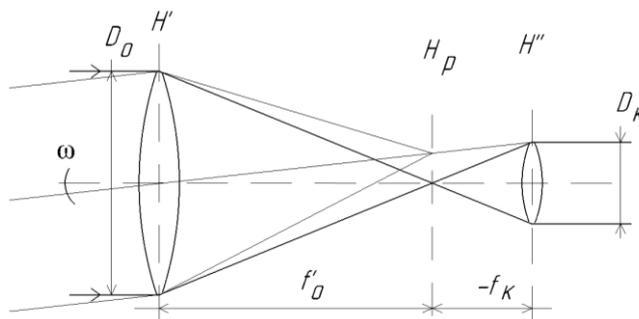


Рис. 1. Линзовая система (H' , H'' – главные плоскости; H_p – плоскость главного фокуса; D_o , D_k – диаметры объектива и конденсора соответственно; f'_o – расстояние от задней поверхности объектива до главного фокуса; f_k – расстояние от главного фокуса до передней поверхности конденсора; ω – угол между лучом и главной оптической осью системы в пространстве предметов)

В данной работе показана основная методика проектирования и расчета линзовой системы, применяемой в медицинских ОЭП. В ходе выполнения данной работы было показано, что линзовые системы в ОЭП предпочтительней использовать в ближнем ИК-диапазоне на длинах волн до 3 мкм, что связано с наличием больших хроматических aberrаций и ограниченным выбором материала с разнообразными показателями преломления для компенсаций этих aberrаций.

Литература

1. Ларюшин, А. И. Оптико-электронные приборы и биодозиметрический контроль в медицине / А. И. Ларюшин, Р. Н. Хизбуллин. – Казань: КГЭУ. – 2018. – С. 8–10.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО АТОМНО-ЭМИССИОННОГО СПЕКТРОМЕТРА ПРИ ЭЛЕМЕНТНОМ АНАЛИЗЕ

Студентка гр. 1, 4 курс, Иванова П. А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Ермалицкая К. Ф.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Спектроскопия лазерного пробоя (LIBS) является одним из наиболее распространенных методов малоразрушающего элементного анализа. Метод получил известность благодаря ряду преимуществ: малое количество вещества, необходимое для анализа; отсутствие предварительной химической и механической подготовки поверхности; низкое разрушение образца (диаметр кратера 100 мкм, толщина слоя 3–5 мкм); одновременное определение концентрации всех элементов, трудно обнаруживаемых другими методами [1, 2].

Эксперимент проводился с помощью лазерного атомно-эмиссионного многоканального спектрометра (ЛАЭМС) (рис. 1), разработанного и изготовленного в Белорусском государственном университете на кафедре лазерной физики и спектроскопии физического факультета и в лаборатории спектроскопии Института прикладных физических проблем им. А. Н. Севченко. В качестве источника возбуждения используется твердотельный лазер с полупроводниковой накачкой. Использование полупроводниковой накачки вместо импульсной ламповой накачки позволяет значительно увеличить ресурс системы и стабильность выходных характеристик.

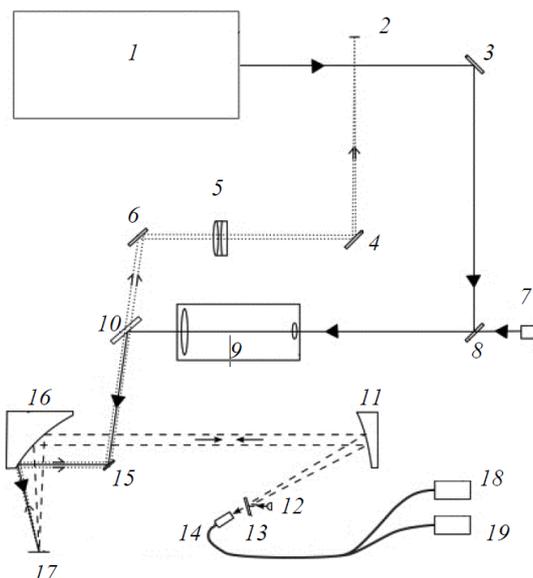


Рис. 1. Оптическая схема ЛАЭМС: 1 – двухимпульсный лазер; 2 – видеокамера; 3, 4, 6, 15 – неселективные плоские зеркала; 5 – изображающий объектив (наблюдательный канал); 7 – прицельный лазер; 8 – селективное плоское зеркало; 9 – телескоп; 10 – полупрозрачное плоское зеркало; 11 – параболическое зеркало (внеосевой угол 30°); 12 – светодиод подсветки; 13 – плоское зеркало (нормально убрано, ставится при необходимости подсветки объекта); 14 – вход оптоволокна (к спектрометру); 16 – параболическое зеркало (внеосевой угол 90°); 17 – объект; 18, 19 – полихроматоры-спектрометры

Общий принцип получения спектров с использованием лазерной атомно-эмиссионной спектроскопии — регистрация с помощью полихроматорного спектрометра свечения плазмы, которая образуется при взаимодействии лазерного импульса с поверхностью образца. В двухимпульсной ЛАЭМС каждый импульс из пары сдвоенных лазерных импульсов имеет свое назначение. Первый импульс взаимодействует с поверхностью мишени; в результате образуется плазма, содержащая не только возбужденные атомы и ионы, но и частицы исследуемого вещества в жидкой и твердой фазах. Второй лазерный импульс взаимодействует с плазмой, дополнительно возбуждая ее и испаряя жидкие капли и твердые частицы [2].

Литература

1. Musazzi, S. Laser-induced breakdown spectroscopy / S. Musazzi, U. Perini. – Berlin: Springer; 2014. – 565 p.
2. Laser atomic emission spectrometer with achromatic optical system / E. S. Voropay [et al.] // Journal of Applied Spectroscopy, 2021. – Vol. 88(3). – P. 603–609.

УДК 535.317

ГРАВИТАЦИОННАЯ ЛИНЗА

Студенты гр. 11311120 Кирикович В. А., Лебедева О. В.

Д-р техн. наук, профессор Артюхина Н. К.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Обыкновенная линза преломляет свет по закону Снеллиуса, который описывает преломление света на границе двух прозрачных сред. Закон Снеллиуса хорошо определен для случая «геометрической оптики», то есть, когда длина волны достаточно мала по сравнению с размерами преломляющей поверхности.

Однако стекло не единственный материал способный изменять ход лучей, преломляющими свойствами обладают и другие оптические среды, например, воздух, жидкости. Так же на ход лучей оказывает влияние гравитация, незаметная в быту, но не в астрономии, получившая название «гравитационное линзирование». Суть явления заключается в том, что, когда наблюдатель смотрит на дальний источник света в космосе через другой космический объект любых размеров, форма дальнего источника света искажается [1]. Искажать свет могут не только звезды и галактики, но и малые астрономические тела, например, планеты. Однако в данном случае искажение будет настолько незначительным, что зафиксировать его можно будет только при помощи сверхмощных оптических приборов [1, 2].

Эффект гравитационного линзирования был обнаружен относительно не так давно.

В качестве примера можно рассмотреть свет, исходящий от дальнего квазара (одного из наиболее ярких объектов во Вселенной) или галактики в направлении Земли, падающий на Землю под прямым углом. Однако, на пути распространения этого света может встретиться другая галактика или сверхмассивная звезда, представляющая собой гравитационную линзу, гравитационное поле, которой притягивает к себе электромагнитное излучение, направленное отдаленным объектом [1].

В настоящее время данное явление исследуется с помощью космического телескопа «Джеймс Уэбб», представляющего собой орбитальную инфракрасную обсерваторию, запущенную 25 декабря 2021 года. С помощью данного телескопа и гравитационного линзирования были обнаружены новые галактики, планеты, звезды, а также получена фотография, содержащая сразу три изображения одной галактики с яркой сверхновой в разные моменты времени [2, 3].

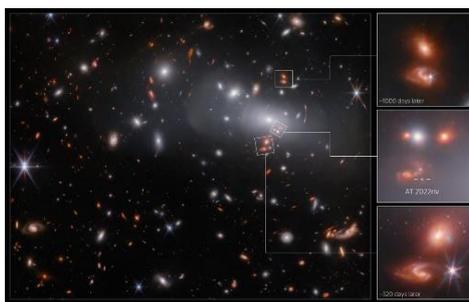


Рис. 1. Изображение с космического телескопа «Джеймс Уэбб»

Литература

1. Гравитационное линзирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://spacegid.com/gravitatsionnoe-linzirovanie.html>. – Дата доступа: 27.02.2023.
2. Что такое гравитационная линза и чем она отличается от оптической. [Электронный ресурс]. – Режим доступ: <https://dzen.ru/a/XJTbqhEFeACyIGKQ>. – Дата доступа: 27.02.2023.
3. «Уэбб» изучил далекую сверхновую через гравитационную линзу [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hightech.fm/2023/02/28/webb-lensing-la>. – Дата доступа: 27.02.2023.

УДК 535.317

КЛАССИФИКАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ОПТИЧЕСКИХ СХЕМ ФОТООБЪЕКТИВОВ

Студент гр. 11311120 Кирикович В. А.

Д-р техн. наук, профессор Артюхина Н. К.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Фотосистема является важнейшей частью, определяющей светосилу, разрешающую способность и качество изображения оптического прибора.

Объективы могут быть зеркальными, линзовыми и зеркально-линзовыми.

Возможно классифицировать объективы по степени коррекции aberrаций. Самый простой объектив ахромат. Он состоит из собирающей и рассеивающей линзы. Применение рассеивающей линзы в значительной степени устраняет сферическую aberrацию и хроматизм, но при этом остается астигматизм, дисторсия и кривизна поля изображения. Апохромат полностью избавлен от хроматической aberrации, поскольку материалы линз в нем специальным образом подобраны. Анастигмат состоит, как минимум, из трех линз, чтобы исправить aberrацию астигматизма. Но чаще используют пять и более линз. В анастигмате в той или иной мере устранены все aberrации. Анастигматы обладают высокой светосилой и разрешающей способностью [1].

Основными техническими характеристиками для фотообъектива являются:

- фокусное расстояние;
- поле зрения;
- светосила.

У стандартного объектива фокусное расстояние в пределах от 35 до 60 мм, т. е. через такой объектив кадр и перспектива выглядят примерно так же, как у человеческого глаза, а угол обзора в пределах 40–60 градусов [2]. Длиннофокусные фотообъективы построены по схеме телеобъектива, имеют фокусные расстояния от 70 до 200 мм. Они применяются для съемок отдаленных объектов, что делает фотографию несколько плоской, но при этом объект не искажен [3]. К сверхдлиннофокусным можно отнести все фотообъективы, имеющие фокусные расстояния от 300 мм, например, известен объектив с фокусным расстоянием в 2000 мм, где получается плоская картинка, вмещающая мало пространства [3].

Широкоугольный объектив имеет фокусное расстояние от 15 до 30 мм, его особенностью является большая глубина резкости, недостатком – наличие перспективных искажений при съемке близкорасположенных объектов и неравномерное освещение кадра [2, 3]. Известна группа «Руссар». Сверхширокоугольный объектив имеет экстремально малые фокусные расстояния: от 10 мм до 14 мм. В нем изображение получается искаженным и растянутым по краям. Угол обзора таких объективов около 150 градусов. Подобная оптика часто используется в интерьерной съемке, когда необходимо вместить в кадр максимальное количество предметов.

Светосильная группа основана на базовых моделях «Гелиос» и «Юпитер» (относительные отверстия 1/2). Светосила определяется значением диафрагменного числа: чем больше относительное отверстие, тем выше светосила фотообъектива. Преимущество этих объективов в том, что они дают возможность вести съемку в более затемненных местах [2].

Литература

1. Основы оптики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://aco.ifmo.ru/el_books/basics_optics/glava-8/glava-8-3.html. – Дата доступа: 18.02.2023.
2. Классификация объективов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://bstudy.net/875963/tehnika/klassifikatsiya_obektivov. – Дата доступа: 18.02.2023.
3. Классификация фотообъективов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://my-photocamera.ru/ustrojstvo/klassifikaciya-obektivov-vidy-i-tipy-obektivov.html>. – Дата доступа: 18.02.2023.

УДК 621.3.038.825.2

ФЕМТОСЕКУНДНЫЙ $\text{Yb}^{3+}:\text{Gd}_{1-x}\text{Y}_x\text{VO}_4$ ЛАЗЕР В РЕЖИМЕ СИНХРОНИЗАЦИИ МОД НА КЕРРОВСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ

Аспирант Лазарчук А. И.

Д-р физ.-мат. наук, доцент Кисель В. Э.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Широкое распространение для получения ультракоротких импульсов (УКИ) нашли кристаллические среды, легированные трехвалентными ионами иттербия (Yb^{3+}). Интерес к смешанным кристаллам с ионами Yb^{3+} в основном обусловлен их потенциальными преимуществами для применения в лазерных системах генерации УКИ. В данных приложениях ширина спектра усиления активной среды напрямую влияет на параметры УКИ, а точнее, на возможность генерации световых импульсов с более короткой длительностью. Поэтому дополнительное неоднородное уширение полосы стимулированного испускания, вносимое разупорядоченной структурой кристалла, также представляет интерес для подобных лазерных систем. В работе исследовались генерационные свойства кристаллов ванадатов, легированных трехвалентными ионами иттербия, со следующим составом: $\text{Yb}^{3+}:\text{Gd}_{0,64}\text{Y}_{0,36}\text{VO}_4$ (GdYVO) [1].

Для исследования генерационных свойств кристаллов $\text{Yb}:\text{GdYVO}$ в режиме пассивной синхронизации мод использовалась лабораторная установка, схема которой приведена на рис. 1. Излучение лазерного диода накачки с максимальной выходной мощностью 0,5 Вт на длине волны 976 нм фокусировалось в кристалл в пятно диаметром около 40 мкм. Кристалл был вырезан под углом Брюстера для работы с π -поляризацией излучения. Толщина активного элемента вдоль оптической оси резонатора составляла 2 мм. Концентрация активных центров составляла 2,1 ат.%. Для возможности тонкой подстройки величины дисперсии групповой скорости резонатора использовалась пара призм из стекла SF-10.

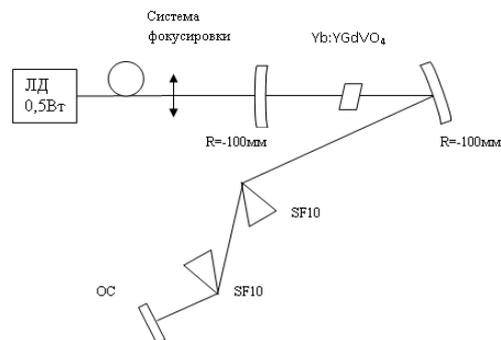


Рис. 1. Схема лазера на кристалле $\text{Yb}:\text{Gd}_{0,64}\text{Y}_{0,36}\text{VO}_4$

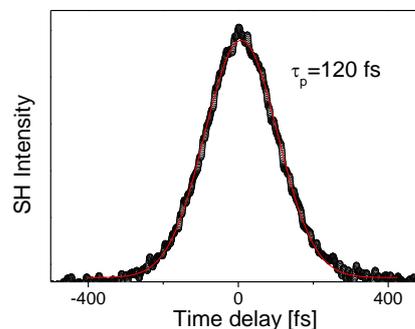


Рис. 2. Автокорреляционная функция УКИ $\text{Yb}:\text{Gd}_{0,64}\text{Y}_{0,36}\text{VO}_4$ лазера

Экспериментально реализован режим пассивной синхронизации мод на основе Керровской нелинейности с мягкой апертурой. Автокорреляционная функция полученных фемтосекундных импульсов представлен на рис. 2. Максимальная выходная мощность в режиме генерации фемтосекундных импульсов составила 20 мВт на центральной длине волны генерации 1020 нм, длительность лазерных импульсов составила 120 фс на частоте следования 87 МГц.

Литература

1. Spectroscopy and laser performance of $\text{Yb}^{3+}:\text{YGdVO}_4$ crystal / V. E. Kisel [et al.] // CLEO-Europe 2005, International Conference Technical Digest. – 2005. – Paper CA9-6-TUE.

УДК 621.3.038.825.2

ПОЛНОСТЬЮ ВОЛОКОННЫЙ ИСТОЧНИК ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Аспирант Лазарчук А. И., студент гр. 11311122 Шишко Т. А.

Д-р физ.-мат. наук, доцент Кисель В. Э.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Волоконные лазеры и усилители быстро развивались за последнее десятилетие и заменяли обычные объемные твердотельные лазеры для многочисленных применений благодаря их компактности, лучшему качеству луча, надежности и более высокой эффективности. Импульсные волоконные лазеры востребованы во многих приложениях, таких как спектроскопия, нелинейное преобразование частоты, лазерная маркировка, лазерная гравировка и микрообработка, из-за их высокой пиковой мощности и высокой энергии импульса. В данной работе представлен полностью волоконный источник импульсного лазерного излучения с длиной волны 1030 нм.

Волоконный источник импульсного лазерного излучения был создан основе затравочного лазера и нескольких каскадов усилителей мощности. Затравочный лазер обеспечивает маломощное лазерное излучение со стабильным выходным сигналом с низким уровнем шума, а усилители мощности обеспечивают усиление мощности. Схема источника представлена на рис. 1. Затравочный лазер состоит из одномодового лазерного диода (LD), спектрального уплотнителя 1×2 (WDM), 0,2 м активного волокна (SM-YDF-5/130-VIII), отражающей и пропускающей волоконных брэгговских решеток (FBG HR и FBG OC) работающих на длине волны 1030 нм. После лазера установлен разветвитель для контроля излучения затравочного лазера и изолятор для блокировки обратного излучения. Предусилитель включает в себя спектрального уплотнителя 1×2 (WDM) и 2,1 м активного волокна (SM-YSF-LO-HP), для накачки используется лазерный диод аналогичный диоду в затравочном лазере. В усилителе используется 2,1 м активного волокна с двойной оболочкой (Yb1200-10/125DC), накачиваемое многомодовым лазерным диодом через объединитель накачки $(2+1) \times 1$. Между предусилителем и усилителем установлены изоляторы для блокировки обратного излучения. Импульсное излучение было получено с помощью модуляции излучения накачки затравочного лазера.

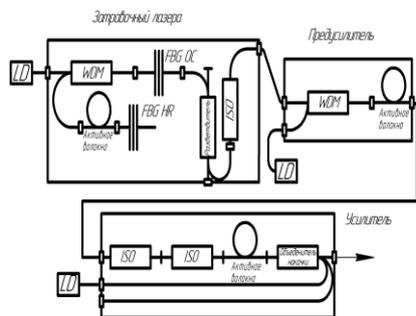


Рис. 1. Волоконный источник импульсного лазерного излучения

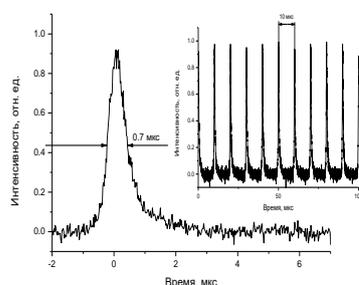


Рис. 2. Профиль импульсов

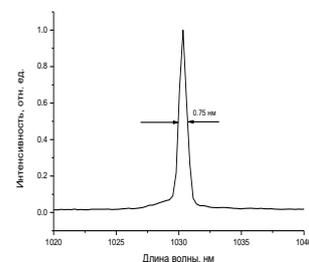


Рис. 3. Спектр импульсов

Максимальная выходная мощность затравочного лазера достигает 40,3 мВт при мощности накачки 374 мВт. Частота следования импульсов составляет 100 кГц, а длительность импульса 700 нс как показано рис. 2. Максимальная выходная мощность ограничена мощностью накачки. Спектр излучения определяется свойствами волоконных брэгговских решеток и показан на рис. 3. После предусилителя выходная мощность увеличивается с 40,3 мВт до 260,2 мВт. Мощность накачки составляла 500 мВт. Затем выход предусилителя был подключен в усилитель для дальнейшего усиления мощности. Выходная мощность 3 Вт была получена при мощности накачки 6 Вт. Энергия импульса в таком случае составляла 30 мкДж. Спектр выходного излучения после усилителя соответствует спектру затравочного лазера. Частота следования импульсов и длительность одиночного импульса также соответствует затравочному лазеру. Усиленного спонтанного излучения или нелинейных эффектов не наблюдается, что дает возможность дальнейшего увеличения мощности в данной системе.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ НА ТОЧНОСТЬ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Студентка гр. 8, курс 4 Королёва Е. А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Поляков А. В.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Расширение области использования волоконно-оптических датчиков различных физических величин, оптических тестеров, оптических рефлектометров и т. п. ограничено их спектральными, энергетическими и эксплуатационными характеристиками. Поскольку данные устройства используются при различных температурах окружающей среды, одним из факторов, влияющих на метрологические параметры таких систем, является систематическая ошибка, связанная с температурной зависимостью спектральных и энергетических характеристик прямо-передающего блока.

Использование инжекционных лазеров (ИЛ) с длиной волны 1,55 мкм позволило тестировать волоконно-оптические линии протяженностью до сотен километров, поскольку на данной длине волны наблюдается как максимальная чувствительность Ge и InGaAs фотодиодов (ФД), так и минимальные оптические потери в кварцевых волоконных световодах (ВС). В том случае, когда спектральное распределение мощности излучения ИЛ и зависимость спектральной чувствительности ФД известны, ошибку измерения можно значительно снизить введением соответствующей коррекции. В большинстве случаев коэффициент коррекции определяется при комнатной температуре в процессе калибровки. Разработана математическая модель, описывающая изменение коэффициента коррекции и эквивалентной мощности шума NEP под влиянием таких температурозависимых параметров, как мощность и длина волны излучения ИЛ, спектральная чувствительность, ширина запрещенной зоны, темновой ток полупроводниковых фотоприемников, коэффициент лавинного умножения ЛФД. Показано (рис. 1), что без учета влияния температуры на коэффициент коррекции, ошибка измерений может достигать 16 %, что следует учитывать при проведении измерений в нестабильных температурных условиях окружающей среды. Установлено, что NEP для pin -фотодиода постоянно уменьшается с увеличением температуры, а для ЛФД данная зависимость носит нелинейный характер, что обуславливает конкурирующее взаимодействие различных источников шумов, и наблюдается минимум в области +30 °С для волокон длиной 60 км и в области +10 °С для ВС 80 км (рис. 2).

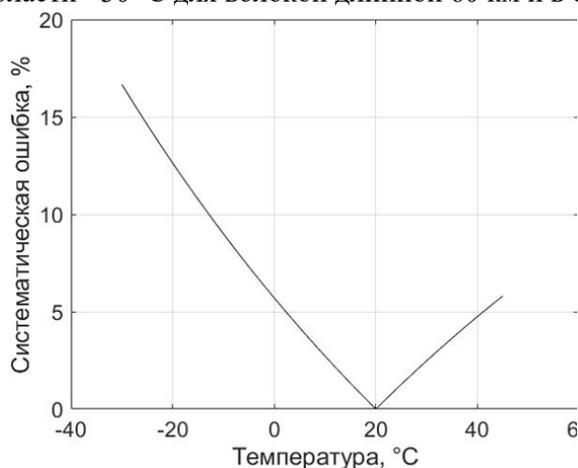


Рис. 1. Зависимость температурной ошибки коэффициента коррекции от температуры

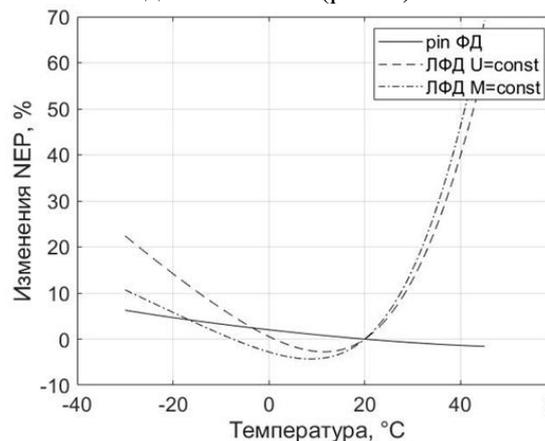


Рис. 2. Зависимость NEP от температуры при длине тестируемого волоконного световода $L = 80$ км

Полученные закономерности следует учитывать при эксплуатации оптоэлектронных измерительных приборов в реальных температурных условиях.

УДК 681.7.056

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЮСТИРОВКИ РЕНТГЕНОВСКОЙ ЛИНЗЫ

Студенты Косенко А. Д., Мозгалев С. В., Трапенко Н. В., магистрант Кольчевская И. Н.
Кандидат физ.-мат. наук, Дудчик Ю. И., кандидат физ.-мат. наук, доцент Кольчевский Н. Н.
НИИ ПФП им. А. Н. Севченко, БГУ, Минск, Беларусь

Автоматические системы юстировки рентгеновской линзы удаленного управления необходима для реализации методов цифровой рентгенографии, топографии, сканирующей микроскопии. Возможность удаленного управления объектом без прямого участия человека важна в экспериментах с ионизирующими излучениями, позволяет сократить время экспериментов.

Модель системы автоматической юстировки рентгеновской линзы спроектирована в программе Компас-3D v20 для юстировки рентгеновских линз с точностью до 0,01 градуса. Система предназначена для закрепления на оптическом рельсе, на который фиксируется неподвижная платформа цилиндрической формы радиусом 75 мм (рис. 1, эл. 1). Неподвижная платформа включает в себя вставки для шагового мотора NEMA17 (рис. 1, эл. 2), электронного блока и втулки для установки упорного шарикового подшипника ГОСТ 8112 (511120) (рис. 1, эл. 4) на который устанавливается горизонтальная цилиндрическая шестерня ($D = 130$ мм, где D – диаметр основной окружности шестерни) (рис. 1, эл. 5). Ведущая шестерня ($D = 10$ мм) крепится на вал шагового мотора (рис. 1, эл. 3) и становится в сцепление с горизонтальной шестерней. Для обеспечения автоматической транспортировки рентгеновской линзы в зону и из зоны эксперимента необходимо обеспечить перемещение в плоскости перпендикулярной направлению оптического рельса. Это обеспечивается подвижным рельсом и платформой, на которую установлен шаговый мотор с шестерней (рис. 1, эл. 6). Шестерня обеспечивает сцепление с гребенкой, расположенной на подвижном рельсе. Вращение шагового мотора и приводит к перемещению линзы из геометрического центра горизонтальной шестерни к его границе. Для обеспечения поворота линзы в вертикальной плоскости на подвижную платформу устанавливается стойка с валом (рис. 1, эл. 8), на который с помощью двух шариковых подшипников (рис. 1, эл. 9 и 10) крепится шестерня ($D = 100$ мм) (рис. 1, эл. 11). В центре шестерни на стойки крепится цилиндрическая рентгеновская линза. Поворот шестерни вокруг своей оси обеспечивает шаговый мотор (рис. 1, эл. 7) с шестерней ($D = 100$ мм), который крепится на вертикальную стойку.

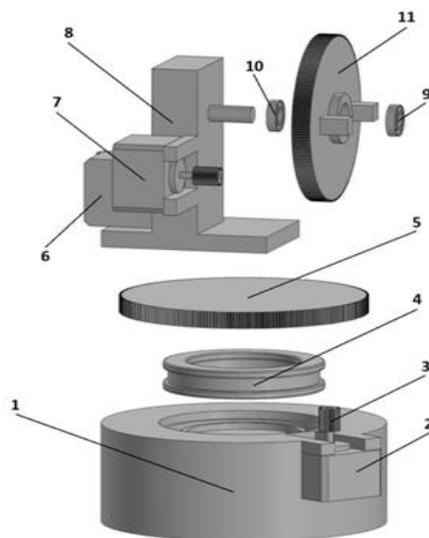


Рис. 1. Модель системы автоматической юстировки рентгеновской линзы

Литература

1. Дудчик, Ю. И. Цифровая рентгенография слабопоглощающих рентгеновское излучение объектов / Ю. И. Дудчик, А. А. Субач // Приборостроение-2022: материалы 15-й Международной научно-технической конференции, 16–18 ноября 2022 года, Минск, Республика Беларусь / редкол.: О. К. Гусев (председатель) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2022. – С. 22–23.

БЕСПЛАТНЫЕ ОБЛАЧНЫЕ УСЛУГИ

Студент гр. 11311122 Круковский В. А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Гацкевич Е. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Облачные технологии – это сеть мощных компьютеров-серверов, которые позволяют клиентам пользоваться своими ресурсами через интернет [1]. Эти компьютеры-серверы (облака) предоставляют клиентам различные услуги. Они позволяют хранить файлы и обмениваться ими, работать в онлайн-офисах, производить вычисления, осуществлять обработку изображений. Большинство услуг платные. В настоящей работе исследованы бесплатные услуги, предоставляемые некоторыми облаками. Изучены данные за 2022–2023 гг. В качестве бесплатных услуг мы рассмотрели следующие: 1) файловое хранилище; 2) работа с документами в офисных приложениях; 3) хранение и редактирование фотографий.

Рассмотрены некоторые облака, представляющие услуги файлового хранилища. Для файлового хранилища наиболее важным параметром является объем предоставляемого дискового пространства для хранения файлов. В табл. 1 приведены данные по **объему** некоторых наиболее популярных облаков. Из таблицы видно, что наибольшее бесплатное дисковое пространство предоставляет Google Drive. Это пространство делится между файловым хранилищем, Google Photo и почтовым ящиком gmail.

Таблица 1 – Облака с бесплатно предоставляемыми объемами хранилища

iCloud	DropBox	Google Drive	OneDrive
5GB	2GB	15GB	5GB

Также нами были рассмотрены услуги, предоставляемые облаками для работы с документами и изображениями. С помощью этих облаков можно редактировать, импортировать и экспортировать файлы в различных форматах. Наиболее популярные облака приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Сервисы для работы с документами

Microsoft Word Online	Yandex-Disc	Google Docs	Onlyoffice

Наиболее популярным облаком для хранения и редактирования изображений, в частности фотографий, является облако Google Photo, которое является частью Google Drive. В большой степени его популярность обусловлена возможностью синхронизации фотографий на смартфоне с облаком. Кроме того, Google Photo предоставляет не только услуги по хранению и редактированию фотографий, но также позволяет создавать коллажи и слайд-шоу.

Таблица 3 – Сервисы для работы с изображениями и бесплатные объемы хранилища

iCloud	DropBox	Google Drive	OneDrive	Adobe Creative Cloud
5GB	2GB	15GB	5GB	2GB

Из проведенного нами анализа следует, что в зависимости от поставленной нам задачи можно выбрать наиболее подходящий облачный сервис. Для хранения фотографий или видео выгодней выбрать Google Drive, т. к. бесплатно предоставляется наибольший объем хранилища и можно легко редактировать как изображения, так и видеофайлы в данном сервисе. Если же нам необходимо облако для работы с документами, то выгоднее использовать Microsoft Word Online, специально приспособленный для таких работ. Для универсальной работы с файлами лучше выбрать такие облака как Yandex Disc, iCloud, Google Drive и OneDrive.

Литература

1. Облачные сервисы – что это такое [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cloud4y.ru/blog/what-is-cloud-services/>.
2. Облачные хранилища данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://e-asveta.edu.by/index.php/distancionni-vseobuch/obuchenie-online/servisy-dlya-khraneniya-informatsii/56-udalennoe_oblako.
3. Облачные сервисы для фотографов и дизайнеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studio.everypixel.com/ru/blog/cloud-services-for-photographers-and-designers>.

НАСАДКА ДЛЯ ПРИБОРА НОЧНОГО ВИДЕНИЯ

Студент гр. 11311219 Куликович Д. А.

Д-р техн. наук, профессор Артюхина Н. К.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Опико-электронные системы визуализации невидимых человеческому глазу изображений, создаваемых в инфракрасном (ИК) диапазоне спектра, находят широкое применение в различных областях науки, техники, в том числе и в военной промышленности. Целью визуализации является обеспечение возможности восприятия человеком информации в изображениях [1, 2]. Рассматриваемый прибор относится к системам визуализации военного назначения. Он состоит из трех частей: объектива, электрооптического преобразователя (ЭОП) и окуляра. Работа прибора построена на принципе регистрации теплового излучения от наблюдаемых объектов.

ИК объектив пропускает излучение в области 10 мкм и проектирует изображение объекта (врага) на передней стенке преобразователя так же, как проектор строит изображение на экране или объектив фотоаппарата на пленке. ЭОП усиливает изображение объекта (делает его во много раз ярче) и выводит его на задней стенке преобразователя и далее это яркое изображение солдат наблюдает через объектив.

Преобразователь (в нем происходит все самое главное) представляет собой запаянную трубку, из которой откачен воздух. На переднюю стенку трубки нанесен тонкий слой полупроводника, а на заднюю – люминисцирующее вещество (люминофор). К трубке преобразователя прикладывают напряжение таким образом, что передняя стенка заряжена отрицательно (катод), а задняя – положительно (анод). ЭОП использует один из видов люминесценции, называемой катодолуминесценцией.

Ускорение фотоэлектронов происходит под действием напряжения порядка 10 000 вольт, вырабатываемого источником питания. Именно за счет преобразования фотонов в электроны и ускорения последних в ЭОП происходит усиление яркости, т. к. усилить энергию нейтральных фотонов принципиально невозможно. Ускоренные и сфокусированные фотоэлектроны, попадая на люминесцентный экран, вызывают его свечение в видимой глазом области спектра (практически во всех ЭОП – в зеленой). Так как яркость свечения экрана в каждой точке будет пропорциональна числу попавших в нее фотоэлектронов, на экране создается видимое усиленное и преобразованное изображение наблюдаемого объекта. Это изображение наблюдается с помощью окуляра (или лупы). Поскольку усиление яркости в современных ЭОП достигает нескольких десятков тысяч раз, то, даже несмотря на определенные потери яркости во входном объективе, современные ПНВ позволяют отчетливо наблюдать изображения в условиях ночной освещенности, включая безлунную ночь.

Главное конкурентное преимущество прибора ночного видения заключается в том, что прибор дает способность видеть инфракрасное излучение. Человеческий глаз не может уловить излучение ИК диапазона, прибор ночного видения решает проблему. Он усиливает попавший в него свет и заодно переводит невидимое инфракрасное излучение в видимую область спектра.

Перспективы представленной работы состоят в модернизации насадки для прибора ночного видения (рис. 1).



Рис. 1. Насадка для ПНВ

Литература

1. Ллойд, Дж. Системы тепловидения / Дж. Ллойд. – М.: Мир, 1978. – 282 с.
2. Криксунов, Л. З. Тепловизоры / Л. З. Криксунов. – Киев: Техника, 1997. – 287 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРОГА ЛАЗЕРНОГО РАЗРУШЕНИЯ КРИСТАЛЛА LiGaS_2 ИМПУЛЬСНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ ФЕМТОСЕКУНДНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ

Аспирант Лазарчук А. И.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Горбаченя К. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Одним из способов перестройки длины волны света в ближнем и среднем ИК-диапазонах спектра является параметрическое преобразование частоты. Основными требованиями к нелинейным кристаллам, используемым для параметрического преобразования, являются широкий диапазон прозрачности и высокая лучевая стойкость к импульсному лазерному излучению.

В последние годы возрос интерес к Li-содержащим сульфидам и селенидам LiGaS_2 и LiGaSe_2 в качестве нелинейно-оптических сред ИК-диапазона спектра, где выбор доступных кристаллов ограничен [1]. В данной работе продемонстрированы результаты исследования порога лазерного разрушения кристалла LiGaS_2 импульсным излучением фемтосекундной длительности.

Для проведения исследований по определению порога лазерного разрушения кристаллов импульсами фемтосекундной длительности проведена разработка экспериментальной установки, в которой в качестве источника фемтосекундных лазерных импульсов используется макет регенеративного усилителя чирпированных фемтосекундных импульсов на основе кристалла Yb:KYW [2].

Для исследования порога лазерного разрушения использовалась методика «1 на 1». При проведении испытания по данному методу каждый испытуемый участок подвергается однократному воздействию лазерного излучения с заданными параметрами. Для повышения достоверности результатов испытательному воздействию излучением с одинаковыми параметрами подвергаются группы точек, при этом вероятность разрушения определяется как отношения числа пораженных точек к общему числу точек с одинаковыми параметрами излучения. Экспериментальная зависимость интенсивности оптического пробоя для кристаллов LiGaS_2 импульсами фемтосекундной длительности представлена на рис. 1. Оптический пробой наблюдался на входной грани кристаллов. Минимальная интенсивность оптического пробоя фемтосекундным излучением составила $18,0 \text{ ГВт/см}^2$. Типичный вид повреждения поверхности представлен на рис. 2.

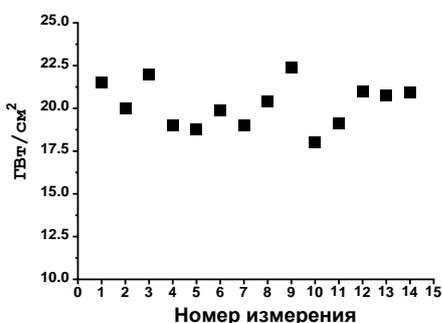


Рис. 1. Зависимость интенсивности оптического пробоя поверхности

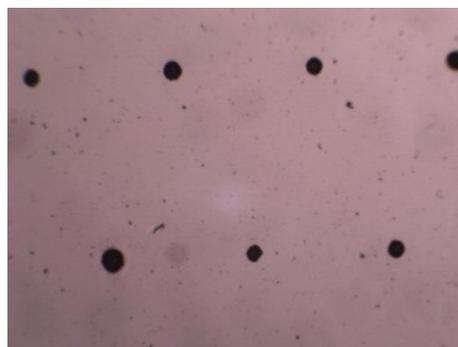


Рис. 2. Снимок поверхности кристалла LiGaS_2

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № Ф21РМ-129).

Литература

1. Dmitriev, V. G. Handbook of Nonlinear Optical Crystals / V. G. Dmitriev, G. G. Gurzadyan, D. N. Nikogosyan. – New York; Berlin: Springer-Verlag, 1999. – 413 p.
2. Экспериментальная установка для определения порога лазерного разрушения кристаллов импульсами фемтосекундной длительности / А. А. Тараченко [и др.] // Новые направления развития приборостроения: материалы 15-й Международной научно-технической конференции, 2022. – С. 189.

УДК 681.785

ЛАЗЕРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЧАСТИЦ ПЛАСТИКА В ВОДНОЙ СРЕДЕ

Студент гр. Б19-321-1 Матосов Г. Д.

Ижевский государственный технический университет им. М. Т. Калашникова,
Ижевск, Россия

Создается установка для определения микрочастиц пластика для анализа водных сред, предназначенная для контроля экологической обстановки в водоемах любых площадей. Также, может применяться на промышленных предприятиях для контроля сточных вод.

По оценкам 2014 года на поверхности океана находятся сотни тысяч тонн пластика [1]. Попадая в океан, пластик распадается на миллионы мельчайших частиц под воздействием солнца, ветра, постоянного столкновения друг с другом. Изделия из пластмассы в этих условиях не подлежат биодegradации, пластик только распадается на все более мелкую фракцию, при этом сохраняя полимерную структуру. В результате этого образуются мельчайшие частицы, размером по несколько миллиметров, которые плавают в поверхностном слое океана на гигантских территориях. Морские обитатели питаются этой крошкой, принимая ее за планктон, и пластик включается в пищевую цепь животных. Этот невидимый измельченный мусор плавает под водой на расстояниях тысяч миль, он невиден из космоса, его можно увидеть, только находясь под водой или с палубы корабля.

Актуальность. Однако, известные приборы и способы обнаружения микрочастиц не позволяют проводить оценки загрязнений микрочастицами в реальном масштабе времени. Более того, в ряде способов оценки мутности предлагается предварительно очистить пробы от отдельных микрочастиц. Обнаружение и идентификация микрочастиц при их достаточно малых концентрациях в жидкости является сложной задачей. Поэтому задача создания подобного класса анализаторов микрочастиц является актуальной для экологического контроля.

Суть установки заключается в том, что на плот с автоматизированным управлением будет установлен двухканальный лазерный флуориметр. Для более долгой работы устанавливается и стабильной планки напряжения устанавливается гелиевый аккумулятор.

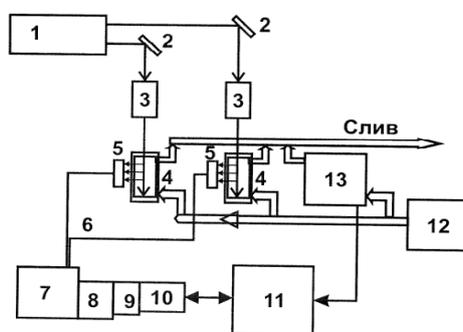


Рис. 1. Схема двухканального лазерного флуориметра [2]

Для экономии энергии аккумулятора и большей атомности нами будет использована система Повышение пиковой мощности импульсного источника лазерного излучения с применением кольцевой волоконной линии задержки. Данная система позволяют увеличить пиковую мощность лазерного импульса без повышения энергии питания, при этом большей эффективностью обладает система с применением сваренных волокон взамен оптического сумматора.

Литература

1. Загрязнение Мирового океана пластиком. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone>.
2. Лазерный флуориметр: патент РФ 108841 / А. Ю. Майоров, А. Н. Павлов, О. А. Букин. – Оpubл. 2011.

ВИДЕОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МИКРОСКОПЫ

Студент гр. 11311119 Москаленко И. А.¹, начальник отдела оптических систем Зайцев М. В.²
Кандидат техн. наук, доцент Кузнечик В. О.¹

¹Белорусский национальный технический университет,
²ОАО «Пеленг», Минск, Беларусь

Микроскопы, применяемые для наблюдения за мелкими объектами неразличимыми глазом, включают оптическую, осветительную и механическую части. К оптической части относят объектив, окуляр и измерительную сетку, к осветительной – источник освещения, конденсор и диафрагму, к механической – остальные элементы, при помощи которых проводятся измерения микроскопом: тубус, револьверное устройство, предметный столик, систему фокусировки и многое другое.

В настоящее время широкое распространение получили видеоизмерительные микроскопы, предназначенные для регистрации изображения предметов, измерения пространственных характеристик этих предметов, одновременного наблюдения изображения предметов большим количеством людей, путем вывода изображения на монитор, обеспечения безопасности персонала при проведении измерений во время работы с мощным лазерным излучением.

Оптическая схема видеоизмерительного микроскопа (рис. 1) состоит из двух объективов. Первый наводится на плоскость предметов, а второй проецирует пучки лучей в плоскость изображений. При необходимости плоскость предметов подсвечивается с помощью светодиода, спектральная область свечения которого выбирается в зависимости от решаемой задачи. Светофильтр установлен для обеспечения требуемого спектрального диапазона работы микроскопа. Пластина может применяться в качестве светоделителя или для защиты матрицы от засветок мощным излучением при работе с лазерами.

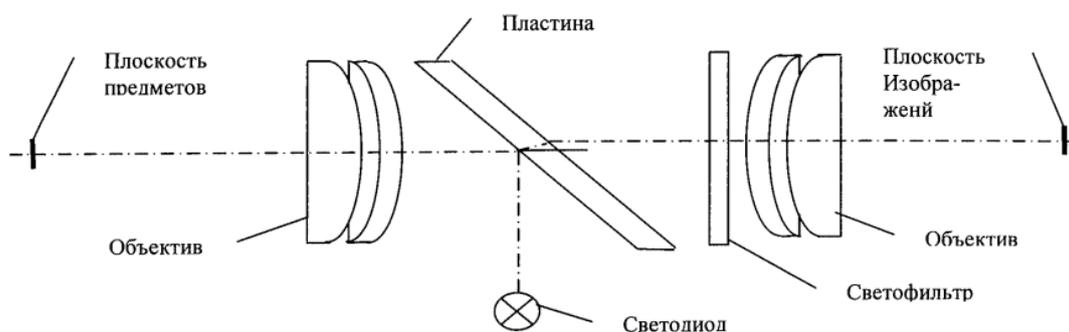


Рис. 1. Схема оптическая принципиальная микроскопа видеоизмерительного

В плоскости изображений видеоизмерительного микроскопа находится ПЗС-матрица – это довольно сложная радиоэлектронная микросхема, на поверхности которой расположена двумерная матрица, состоящая из очень маленьких детекторов света, называемых пикселями. Во время экспозиции каждый пиксель постепенно заполняется электронами пропорционально количеству попавшего в него света. По окончании съемки, накопленные каждым пикселем электронные заряды, измеряются, и микропроцессор, установленный на электронной плате видеомикроскопа, переводит аналоговый уровень яркости с каждого пикселя в дискретную цифровую величину. Далее оцифрованное изображение преобразуется в видеосигнал и по кабелю подается на вход монитора. На экране монитора отображается область предметов, наблюдаемая в микроскоп, и электронная марка в виде яркого перекрестия. При помощи специального программного обеспечения и электронной марки можно проводить измерения между двумя выбранными точками на предмете, изображение которых четко видно на мониторе, прямо с экрана.

УДК 681.7.015.2+535.317

БИНОКЛИ: КОМПОЗИЦИЯ И РАСЧЕТ

Студент гр. 11311120 Побожный А. А., студент гр. 11311119 Казакевич Н. А.

Д-р техн. наук, профессор Артюхина Н. К.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Бинокль – оптический прибор, служащий для наблюдения удаленных объектов. Оптическая система бинокля состоит из двух одинаковых телескопических трубок, состоящих из объектива, окуляра и оборачивающей системы, которая служит для оборачивания изображения и уменьшает габариты. Чаще всего применяются бинокли с призмной оборачивающей системой. Выделяют классические бинокли (с фиксированной или переменной кратностью). Разделяют классификацию биноклей по способу фокусировки и далее по техническому назначению: полевые, астрономические, морские, театральные. Последние предназначены для наблюдения объектов, находящихся на небольшом расстоянии (увеличения 2–5 крат), имеют большую светосилу и широкое поле зрения [1].

Бинокли используют базовую оптическую систему Кеплера или Галилея. Расчет биноклей включает в себя следующие этапы: габаритный расчет, подбор компонентов и масштабирование системы, расчет aberrаций и светотехнический расчет. Особенностью габаритного расчета является то, что необходимо определять габариты оборачивающих систем. Например, для бинокля с оборачивающей системой призм Малафеева-Порро 1-го рода находят форму и размеры двух сечений пропускаемого через призмную систему светового потока; заменяют призмы плоскопараллельными пластинами и находят их положение в оптической схеме.

В задачу aberrационного расчета входит расчет объектива вместе с оборачивающей системой. Aberrации этой части должны полностью или частично компенсировать aberrации окуляра. В таких системах обычно исправляют сферическую aberrацию, хроматизм положения и меридиональную кому.

Литература

1. Артюхина, Н. К. Теория и расчет оптических систем: учебник для вузов / Н. К. Артюхина. – Минск: Техническая литература, 2020. – 264 с.

УДК 621.373.826

ФОРМИРОВАТЕЛЬ ИМПУЛЬСОВ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЗАДАННОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ И МОЩНОСТИ

Студенты гр. 121191 Гуцол Д. М., Стрельцов Д. С.

Кандидат техн. наук, доцент Погорелов М. Г.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Наносекундные лазерные импульсы применяются в современной технике в основном для передачи информации на расстояние или точечного нагрева материалов. Разработанное устройство предназначено для формирования коротких импульсов лазерного излучения, мощность которых изменяется в зависимости от температуры окружающей среды.

Формирователь импульсов состоит из времязадающей цепи и усилителя мощности. В свою очередь, времязадающее устройство состоит из RC-цепей, логических микросхем и компараторов. Длительность импульса зависит от времени заряда конденсаторов. Устройство тактируется внешним генератором и срабатывает при появлении восходящего фронта на входе. При этом на выходе времязадающей цепи появляется импульс напряжения. Между этой цепью и лазером находится логическая микросхема, которая одновременно убирает нежелательные импульсы, образующиеся при разрядке конденсаторов, и служит источником тока для лазера. Для масштабирования мощности следует поставить несколько логических микросхем параллельно либо использовать сверхбыстродействующий усилитель мощности на операционном усилителе. Существуют схемы формирования импульсов тока на транзисторах [1]. В отличие от них разработанное устройство формирует импульс не прямо на лазерном диоде и этим исключает влияние на схему осциллографа и других измерительных устройств.

Так как время заряда зависит от крутизны фронта на входе, влияние управляющего генератора следует убрать обострителем фронтов. В качестве него можно использовать еще одну логическую микросхему. Тип логического элемента определяется направлением управляющего фронта (восходящий или нисходящий). Одинаковые по емкости конденсаторы заряжаются от одного обострителя фронтов через разные по сопротивлению резисторы, один из которых переменный. Напряжение с конденсаторов заводится на неинвертирующие входы двух компараторов. При этом на их инвертирующих входах напряжение одинаково и задается источником опорного напряжения. Таким образом, когда конденсатор зарядился до этого напряжения, на выходе компаратора появляется логическая единица. Пока один компаратор находится в состоянии «1», а другой в состоянии «0», на выходе времязадающей цепи присутствует логическая единица, что означает включение лазерного диода. Для генерации наносекундных импульсов следует выбирать конденсаторы и резисторы с наименьшими температурными коэффициентами емкости и сопротивления. Кроме этого, следует обратить особое внимание на длину дорожек печатной платы: время импульса в этом случае сопоставимо со временем распространения электрического поля по дорожкам. Также следует делать дорожки как можно шире для устранения паразитной индуктивности и уменьшения «звона».

Регулирование мощности происходит с помощью коммутирующего устройства, которое управляется микроконтроллером. Оно должно подготовить требуемое напряжение на усилителе мощности. При этом само коммутирующее устройство должно выдержать ток, который пройдет через лазер во время импульса. Оно строится на операционном усилителе, также может содержать керамический конденсатор, который убирал бы просадки напряжения и отдавал бы часть тока, идущего через лазерный диод. Устройство питается напряжением 5 В от компьютера, что убирает из него нежелательные влияния электрической бытовой сети. Дополнительный источник тока в коммутирующем устройстве может быть внешним во избежание помех. Искусственное снижение сопротивление входа также может снизить нежелательное влияние проходящих поблизости силовых проводов.

Литература

1. Мелешко, Е. А. Наносекундная электроника в экспериментальной физике / Е. А. Мелешко. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 216 с.

УДК 681.7.015.2+535.317

МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБЪЕКТИВА МОБИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА «ISKRA»

Студент гр. 11311219 Полубок П. В.

Д-р техн. наук, профессор Артюхина Н. К.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время разработка высокотехнологичных систем наблюдения широко развивается в связи с совершенствованием элементной базы, ростом актуальности применения современной техники разведки, а также новыми тенденциями в проектировании современных автоматизированных систем. Сегодня множество задач обнаружения, наблюдения, наведения и слежения решается при непосредственном использовании оптической и оптико-электронной аппаратуры, роль которой возрастает из года в год.

Мобильный комплекс ISKRA относится к оптико-электронным приборам наблюдения, предназначенным для приема и последующего преобразования собственного или отраженного от объектов оптического излучения в целях обнаружения и распознавания объектов и представляет собой целый набор специализированных технических и тактических инструментов, размещенных на базе транспортного средства [1]. Он используется как дополнительное средство при проведении профилактических разведывательных мероприятий и для осуществления автономного выполнения различных задач.

Сейчас актуальна модернизация таких комплексов: работа в нескольких спектральных диапазонах длин волн, при различных фокусных расстояниях и др. Перспективы представленной работы состоят

в модернизации объектива тепловизионного канала комплекса: улучшение технических характеристик при сохранении заданного качества изображения и габаритных ограничений.

Литература

1. ISKRA: белорусский комплекс обеспечения безопасности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bvpservice.by/novosti/iskra-belorusskiy-kompleks-obespecheniya-bezopasnosti>.

УДК 535.37+621.371.378

РАЗРАБОТКА ДИОДНОНАКАЧИВАЕМЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ БЛИЖНЕГО ИК-ДИАПАЗОНА ДЛЯ РАБОТЫ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР

Мл. научный сотрудник Татура П. О., научный сотрудник Дудиков В. М., инженер Савинка И. В.

Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Одним из важных требований, предъявляемых к современным ИК-твердотельным лазерам с диодной накачкой (ТЛДН) [1, 2], является обеспечение надежного функционирования в широком интервале температур окружающей среды.

Настоящая статья посвящена установлению основных конструкторско-технологических процедур, выполнение которых позволяет гарантировать устойчивую работу ТЛДН на основе Nd:YAG кристалла (рис. 1) и Yb,Er стекла (рис. 2) в диапазоне температур от минус 40, до плюс 60 градусов Цельсия.

В связи с относительно узкой полосой поглощения ионов Nd³⁺ необходимо согласовать спектр излучения матриц лазерных диодов (МЛД) с максимумом поглощения активной среды. Для этого применяется активная термостабилизация, а при использовании нескольких элементов накачки, так же осуществляется подбор и группировка близких по спектру отдельных МЛД.

Активные элементы на основе иттербий–эрбиевого стекла характеризуются более широкой полосой поглощения, что позволяет снизить требования к стабильности спектральных характеристик излучения диодов накачки и, тем самым, уменьшить массогабаритные показатели и себестоимость излучателей.

При конструировании ТЛДН важно также учитывать разницу коэффициентов температурного расширения (ТКР) оптических деталей и элементов корпуса излучателя. Для этого необходимо проводить расчет размерных цепочек с учетом допусков и значений ТКР материалов механических и оптических элементов для обеспечения необходимой величины зазора. Фиксацию оптических деталей должна производить на эластичные клеи и силиконы, либо применять прижимные кольца и/или пужинные лапки.

Для предотвращения выпадения конденсата на оптических элементах и токоведущих частях лазера, осуществляется герметизация корпуса и заполнение внутреннего пространства азотом.



Рис. 1. Nd:YAG-лазер ИФЛ-N20010



Рис. 2. Эрбиевый лазер ИФЛ-81ПТ

Литература

1. High-performance LD-pumped solid-state lasers for range finding and spectroscopy / M. V. Bogdanovich [et al.] // Proc. of SPIE. – 2013. – Vol. 8677. – P. 86770X-1–86770X-6.
2. Условно безопасные – безусловно, эффективные / М. Богданович [и др.] // Наука и инновации. – 2018. – № 12. – С. 36–41.

РАЗРАБОТКА ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ С ГИРОСТАБИЛИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМОЙ

Мл. научный сотрудник ЛИДПИ, СОиН Тупицын В. В.

Кандидат техн. наук, доцент Погорелов М. Г.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Беспилотные летательные аппараты становятся незаменимыми во многих сферах деятельности человека. Эксплуатационные возможности современных летательных аппаратов определяются не только их летно-техническими характеристиками, но и возможностями комплекса бортового оборудования. Основными системами наблюдения в комплексе бортового оборудования являются оптико-электронные системы. Гиростабилизированная оптико-электронная система для БПЛА служит для круглосуточного наблюдения за местностью и измерения дальностей до обнаруженных объектов. За счет применения специально разработанной гиростабилизированной платформы и набора различных информационных датчиков оператор получает качественные изображения объектов наблюдения в самых сложных метеоусловиях, а также при сильной вибрации, возникающей при движении носителя.

Целью работы является разработка управляемого гиростабилизатора с оптико-электронной системой. Для достижения поставленной цели была предложена оптико-электронной системы наблюдения с двухосной гиростабилизированной платформой. В кронштейне устанавливается платформа с осью стабилизации Y . На платформе установлена оптико-электронная система наблюдения и инерциальный измерительный модуль с микромеханическими гироскопами и акселерометрами. Сигнал, снимаемый с модуля, поступает в блок обработки и коррекции, а затем через усилитель мощности подается на два редукторных двигателя стабилизации. В качестве инерциального измерительного модуля предварительно выбран блок микромеханических гироскопов три6050. Так как микромеханические гироскопы являются датчиками угловой скорости, то для стабилизации оптико-электронной системы наблюдения по углу рыскания сигнал гироскопа должен интегрироваться. Блок обработки предполагается реализовать при помощи контроллера *Arduino UNO* с частотой обработки 16 МГц. Для реализации режимов стабилизации и наведения используется датчик момента.

Так как плата *Arduino UNO* имеет существенные ограничения по силе тока присоединенной к ней нагрузки. Для платы это 800 мА, а для каждого отдельного вывода – менее 40 мА, что не позволяет подключить напрямую к *Arduino Uno* двигатель стабилизации из-за того, что в момент запуска или остановки создаст пиковые броски тока, превышающие этот предел. Поэтому в качестве усилителя б предполагается использовать микросхему L293D.

В качестве оптико-электронной системы использованы одноканальные датчики видимого и инфракрасного диапазонов с размерами светочувствительных матриц от 320×240 до 768×576 элементов и частотой формирования кадров 25 Гц. Как правило, эти датчики формируют на выходе цифровой видеопоток или аналоговый телевизионный сигнал в формате стандартного черно-белого телевидения.

В результате работы была смоделирована конструкция оптико-электронной системы с гиростабилизированной платформой, предназначенной для стабилизации оптической оси, разработана математическая модель, разработана конструкция макета Оптико-электронной системы с гиростабилизированной платформой.

Научная новизна. Благодаря выбранным элементам конструкции были достигнуты следующие показатели: высокая точность, быстроедействие, помехоустойчивость, плавность слежения, обеспечение функционирования в широком диапазоне механических и климатических воздействий, уменьшение габаритов, массы и потребление энергии

Литература

1. Пельпор, Д. С. Гироскопические системы. Проектирование гироскопических систем // Д. С. Пельпор. – Москва: Высшая школа, 1977. – Т. 2. – 223 с.

УДК 621.384

РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ИНФРАКРАСНОГО ПРИБОРА

Мл. научный сотрудник ЛИДПИ, СОиН Ульянов И. О.

Кандидат техн. наук, доцент Погорелов М. Г.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Прибор предназначен для измерения температура объектов в инфракрасной области спектра. Целью работы являлась разработка облика и конструкции измерительного инфракрасного прибора.

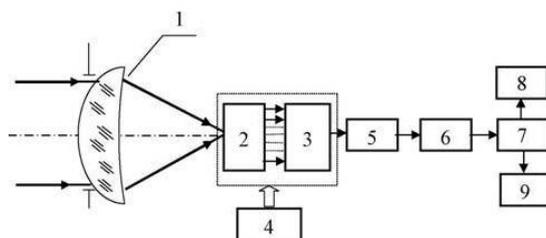


Рис. 1. Функциональная схема прибора

Оптическая система прибора состоит из германиевой линзы 1, которая принимает инфракрасное излучение. Оно поступает на фокальную матрицу с предусилителями 2 и мультиплексор 3. Матрица представляет собой фотоприемное устройство, оснащенное светочувствительными элементами. Из-за возможности некорректной работы при повышенных температурах была использована система охлаждения 4. Сигнал, образующийся в фокальной матрице под воздействием инфракрасного излучения преобразуется благодаря аналого-цифровому преобразователю в цифровой код 5, также передается через корректор неработающих ячеек 6 и формирователь изображения 7 [1]. Готовые изображение выводится на дисплей 8 и передается через цифровой выход 9 (рис. 1).

В качестве контроллера для данного прибора был выбран STM32F103 с частотой последовательного выхода до 16 Гц и скорости передачи данных 460800 бит/с.

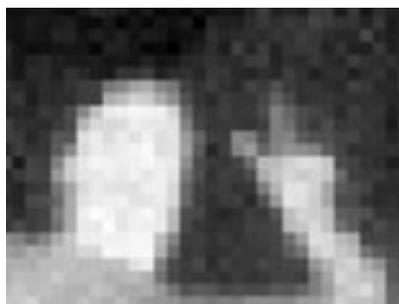


Рис. 2. Полученное изображение

Зоны контраста прибора на мониторе выглядят как сочетания оттенков серого со светлыми и темными участками. Иными словами, те участки исследуемого объекта, которые имеют более высокую температуру, будут белыми, светло-серыми или темно-серыми (в зависимости от температуры), а те, которые холодные черным (рис. 2).

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания FEWG-2022-0002.

Литература

1. Тарасов, В. В. Инфракрасные системы «смотрящего» типа // В. В. Тарасов, Ю. Г. Якушенков. – М.: Логос, 2004. – 444 с.

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА СМОТРЯЩЕГО ТИПА

Студент гр. 121191 Филина О. А.

Кандидат техн. наук, доцент Погорелов М. Г.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Оптико-электронные системы (ОЭС) находят все более широкое применение в самых различных областях науки и техники. Современный этап их развития характеризуется быстрым совершенствованием элементной базы, в частности, развитием оптико-электронных нано- и микро-технологий, созданием матричных многоэлементных приемников излучения (МПИ), позволяющих осуществить «смотрящий» режим работы ОЭС – аналог работы зрительного аппарата живых существ. Создаются интегрированные конструкции, в которых МПИ объединен с системой обработки электронных изображений.

Это, в частности, позволяет перейти к решению важнейших практических задач по выделению полезных оптических сигналов и образов на фоне посторонних, мешающих излучающих и отражающих полей путем приема излучения в двух и более диапазонах оптического спектра, т. е. к созданию двух- и многодиапазонных ОЭС. Сочетание возможности работать в нескольких диапазонах с высокой разрешающей способностью МПИ открывает большие перспективы для нового поколения ОЭС.

В связи с пандемией коронавируса в мире все чаще задаются вопросы: как наиболее эффективно измерить температуру человека? Один из наиболее эффективных и безопасных способов контроля температуры у человека – это использование терминалов распознавания лиц со встроенным термометром. Они позволяют:

- максимально автоматизировать процесс измерения;
- обеспечивать высокий уровень безопасности.

Планшетные персональные компьютеры, с помощью специального софта могут подключаться к общей системе контроля управления доступа, при этом осуществляя идентификацию человека с помощью фронтальной камеры. Однако подобные устройства не имеют в своем составе тепловизионных матриц, с помощью которых можно оценить температурную картину лица человека, что приводит к спросу на малогабаритные неохлаждаемые тепловизионные модули, со стандартными интерфейсами, которые могут быть как автономные модули, так и платы расширения, которые могут быть встроены в разрабатываемое устройство.

Целью работы является разработка малогабаритного неохлаждаемого тепловизионного модуля, который может выступать как плата расширения для оптико-электронной системы смотрящего типа, осуществляющая контроль доступа по лицу и температуре человека.

Для реализации поставленной цели в работе решены задачи:

- 1) рассмотрены варианты существующих оптико-электронных систем смотрящего типа, осуществляющих контроль доступа по лицу и температуре;
- 2) осуществлен выбор матрицы для разрабатываемого тепловизионного модуля;
- 4) осуществлен выбор элементов электрической принципиальной схемы;
- 3) разработана схема электрическая принципиальная;
- 4) разработана конструкция печатной платы модуля.

Литература

1. Тарасов, В. В. Инфракрасные системы смотрящего типа; учеб. пособие / В. В. Тарасов, Ю. Г. Якушников. – Москва: Логос, 2004.

УДК 621.384.31

ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Мл. научный сотрудник Хомякова А. Н.

Д-р техн. наук, профессор Матвеев В. В.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

В работе предложен лабораторный комплекс для испытания систем малого космического аппарата, а также режимов функционирования: автосопровождения и ориентации. Изложен перечень лабораторных работ, выполняемых с помощью комплекса.

Введение. В связи с бурным развитием космической техники, значительностью достигнутых с ее помощью результатов и многочисленностью выдвигаемых задач по дальнейшему освоению космического пространства назрела настоятельная необходимость систематизировать и обобщить результаты теоретических и экспериментальных исследований по теории космического полета и проектированию малых космических аппаратов (МКА) [1]. Поэтому возникает необходимость обучения молодых специалистов в области космических технологий в связи с возросшей потребностью в квалифицированных инженерных кадрах, научных работниках в производственной сфере [2].

Лабораторный комплекс. В состав лабораторного комплекса входит макет МКА (рис. 1), имитаторы небесных светил, имитатор звездного неба. Разработана специальная система подвеса МКА на нитях, позволяющая имитировать отсутствие трения в космосе. В состав макета МКА входит контроллер, оптико-электронная система ориентации на небесное светило, модуль питания, *Bluetooth*-модуль, микромеханический гироскопический датчик угловой скорости. В качестве исполнительных элементов выступает двигатель-маховик.

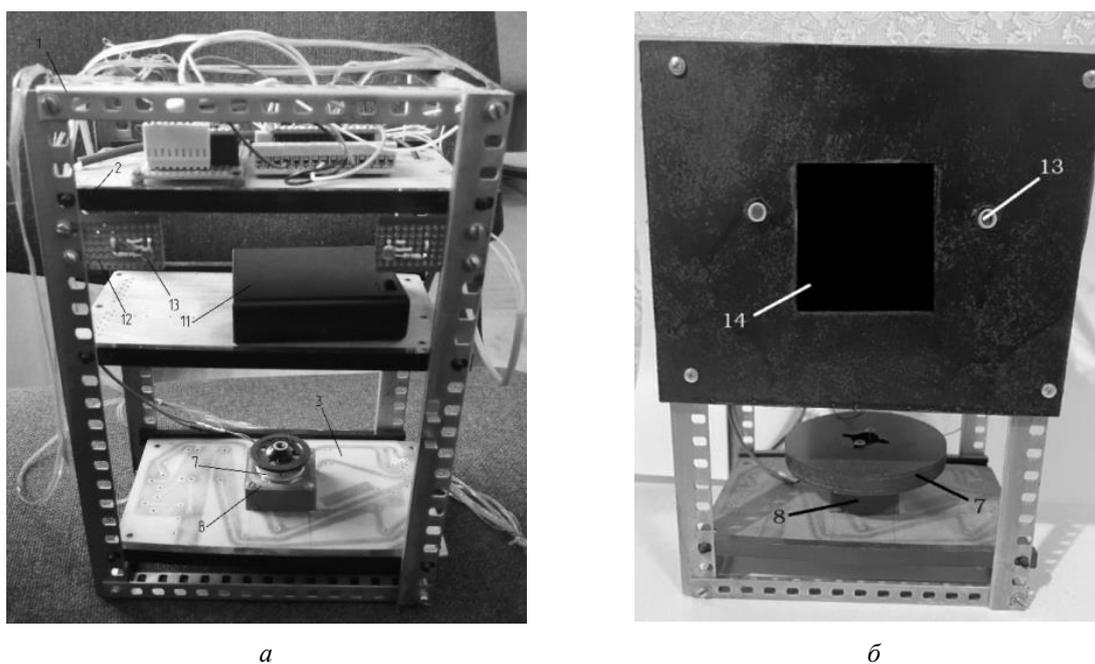


Рис. 1. Макет МКА вид спереди: *а* – вид без солнечной панели, *б* – вид солнечной панелью: 1 – корпус; 2 – направляющие; 3 – пластины; 7 – двигатель-маховик; 8 – корпус двигателя; 11 – элемент питания; 12 – установочная плата; 13 – фоторезисторы; 14 – солнечная панель

Контроллер собирает информацию с датчиков и управляет скоростью вращения и направлением маховика, придавая требуемую ориентацию корпусу МКА. Схема стендовых испытаний представлена на рис. 2. В состав комплекса входит настольный компьютер с предустановленным программным обеспечением, позволяющий визуализировать параметры МКА в режиме реального времени по беспроводному протоколу [3].

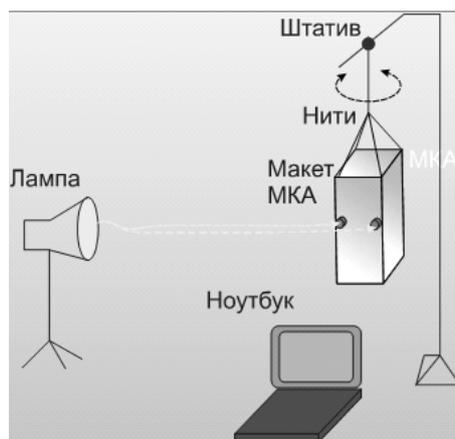


Рис. 2. Схема стендовых испытаний

Лабораторный комплекс позволяет выполнить следующие лабораторные работы:

- 1) исследование функционирования системы ориентации в режиме стабилизации МКА;
- 2) экспериментальное определение погрешностей гироскопического датчика угловой скорости МКА;
- 3) определение характеристик двигателя-маховика;
- 4) исследование солнечных датчиков;
- 5) исследование процессов автосопровождения макета МКА за имитатором небесного светила;
- 6) исследование параметров солнечного излучения;
- 7) контроль параметров МКА с помощью специального программного обеспечения на настольном компьютере.

Программная часть написана на языке C, передача данных осуществляется через *Bluetooth*. Все программы совместимы с операционными системами семейств *Linux* и *Window*.

Аппаратная часть построена на микроконтроллере *Arduino*.

Заключение. Изложены результаты разработки лабораторного комплекса МКА, созданного в Тульском государственном университете. Приведен перечень лабораторных работ, предназначенных для проведения на комплексе.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания по теме «Развитие теории инерциальных датчиков первичной информации для навигационных систем высокоманевренных летательных аппаратов (FEWG-2022-0002)».

Литература

1. Нариманова, Г. С. Основы теории полета космических аппаратов / Г. С. Нариманова, М. К. Тихонравова. – М.: Машиностроение, 1972. – 608 с.
2. Хомячкова, А. Н. Оптико-электронная система ориентации космического аппарата ВКР // А. Н. Хомячкова. – Тула, ТулГУ, 2021. – 95 с.
3. Хомячкова, А. Н. Дополнительная общеобразовательная программа базового уровня «Инженерия бортовых комплексов управления космическими системами» / XIII Тульский молодежный экономический конкурс инновационных идей и проектов.

МАЛЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ С РЕЖИМОМ АВТОСОПРОВОЖДЕНИЯ ЗА НЕБЕСНЫМ СВЕТИЛОМ

Мл. научный сотрудник Хомячкова А. Н.

Д-р техн. наук, профессор Матвеев В. В.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Введение. В настоящее время актуальными являются вопросы совершенствования бортовых систем малых космических аппаратов (МКА), которые должны удовлетворять целому набору характеристик: малая масса и энергопотребление, низкая стоимость и высокая точность позиционирования, длительная работоспособность. Довольно часто МКА необходимо ориентировать относительно небесных светил (НС): звезд, Солнца, планет и в том числе Земли. В этом случае опико-электронные приборы вырабатывают информацию об угловом положении МКА относительно НС, которая затем обрабатывается и поступает на органы управления МКА [1]. Кроме того, при движении МКА по орбите необходимо осуществлять непрерывный процесс автосопровождения за НС, который также входит в задачу ориентирования.

Облик бортовой системы автосопровождения. Система автосопровождения включает оптическую систему (рис. 1), размещенную внутри концентрической линзы – обтекателя 1 [1]. После прохождения объектива 2 излучение падает на грани зеркальной пирамиды 3 и разделяется на два пучка. Пройдя через конденсорные линзы 5, пучки попадают на светочувствительные площадки фотоэлементов 6. Сигналы фотоэлементов оцифровываются посредством аналого-цифровых преобразователей (АЦП) 7 и поступают в контроллер 8, который по разностному сигналу формирует сигнал управления на исполнительные органы 9. Для улучшения динамики автосопровождения в систему введен гироскопический датчик 10 [2].

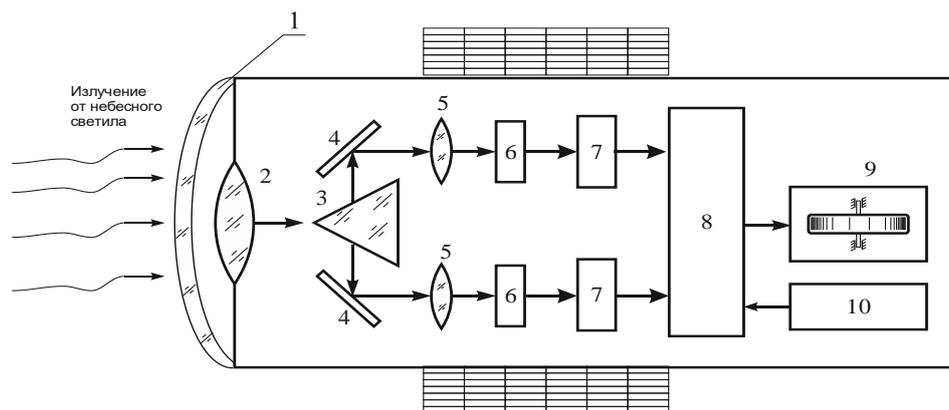


Рис. 1. Облик опико-электронной системы ориентирования МКА

1 – обтекатель; 2 – объектив; 3 – зеркальная пирамида; 4 – плоские зеркала; 5 – конденсор;
6 – фотоэлементы; 7 – АЦП; 8 – контроллер; 9 – исполнительные органы;
10 – гироскопический датчик угловой скорости

Для управления МКА могут использоваться различные органы управления, среди которых наиболее часто используются двигатели-маховики (ДМ), которые не требуют расхода энергии и позволяют с высокой точностью ориентировать МКА. Принцип действия маховиков основан на законе сохранения момента импульса. При вращении маховика по ходу стрелки часов, корпус МКА вращается против часовой стрелки и наоборот.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания FEWG-2022-0002.

Литература

1. Парвулюсов, Ю. Б. Проектирование опико-электронных приборов / Ю. Б. Парвулюсов, С. А. Родионов, В. П. Солдатов; под ред. Ю. Г. Янкушенкова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Логос, 2000. – 488 с.
2. Хомячкова, А. Н. Опико-электронная система ориентации космического аппарата ВКР / А. Н. Хомячкова. – Тула: ТулГУ, 2021. – 95 с.

НЕФЕЛОМЕТР

Студент гр. 11311119 Чалевич А. Ю.¹, магистрант Павлюковец Е. Ю.¹,
инженер-исследователь ОАО «Пеленг» Ларченко П. А.²

Кандидат техн. наук, доцент Кузнечик В. О.¹

¹Белорусский национальный технический университет,

²ОАО «Пеленг», Минск, Беларусь

Контроль дальности видимости в атмосфере для целей метеорологического обеспечения аэронавигации, метеорологических станций, водителей и других осуществляется с помощью трансмиссометров и нефелометров. Нефелометр – это прибор, принцип работы которого основан на измерении интенсивности светового потока, рассеянного под определенным углом к направлению излучения и вычислении показателя рассеяния, и предназначенный для определения метеорологической оптической дальности видимости (МОД), являющейся объективной мерой видимости в атмосфере.

Чем больше рассеивающих частиц в атмосферном воздухе, тем больше показатель рассеяния среды и больше показатель ослабления среды, следовательно, меньше МОД.

Рассматриваемый в работе нефелометр (рис. 1) измеряет видимость по принципу измерения прямого рассеяния света частицами, диаметр которых сравним с длиной волны источника излучения. Световой поток, поступающий от источника в исследуемый (рабочий) объем воздуха, рассеивается атмосферой, попадает на фотоприемник, расположенный под углом 45° к излучателю, преобразующий оптический сигнал в электрический, который затем обрабатывается и выводится на монитор персонального компьютера в виде информации о МОД.

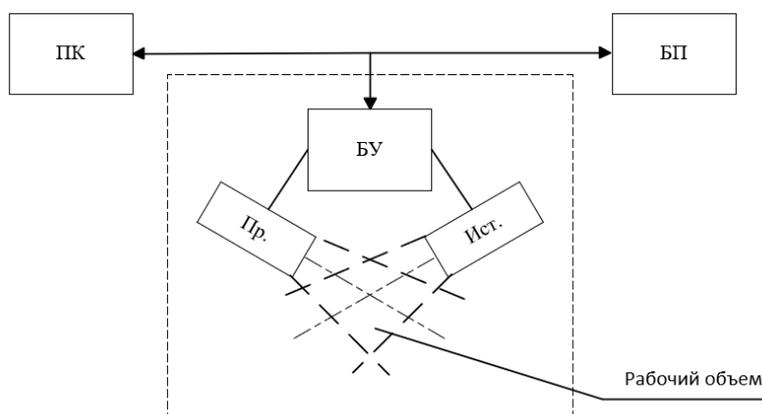


Рис. 1. Структурная схема нефелометра: ИСТ – источник; ПР – фотоприемник; БУ – блок управления; ПК – персональный компьютер; БП – блок питания

Излучатель служит для засветки рабочего объема и состоит из корпуса, закрытого защитным стеклом, платы излучателя, объектива и бленды. В качестве источника света служит ИК-светодиод, который управляется платой излучателя, она формирует и контролирует опорный сигнал излучения. На плате излучателя также реализована схема компенсации потерь полезного сигнала, вызванных уменьшением пропускания защитного стекла впоследствии загрязнений.

Приемник состоит из корпуса, объектива и бленды, которая защищает приемник от паразитной засветки. Внутри корпуса закреплен фотоприемник и его управляющая плата, а также плата преобразователя. Корпус приемника герметично закрыт защитным стеклом. Защитные стекла приемника и излучателя имеют обогрев для корректной работы прибора в любых погодных условиях. Приемный объектив формирует на фотодиоде световое пятно из рассеянного светового потока излучателя, после чего электрический сигнал усиливается, фильтруется и поступает на аналогово-цифровой преобразователь, где оцифровывается, выводится и сохраняется на ПК.

УДК 535.317

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СИНТЕЗА ВАРИООБЪЕКТИВА В ПП OPTICSTUDIO

Аспирант Чергейко С. В.

Д-р техн. наук, профессор Артюхина Н. К.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В современном оптическом приборостроении широко применяются объективы с переменным фокусным расстоянием. Совершенствование приемников ИК излучения обозначило новые требования к ИК вариообъективам, реализация которых является необходимым условием для повышения вероятности решения поставленных задач при соблюдении минимальных показателей по массе и габаритам тепловизионных модулей.

Важным этапом проектирования таких оптических систем является синтез. На этапе синтеза определяются конструктивные параметры системы: радиусы кривизны поверхностей, толщины линз, осевые расстояния между ними, положение предмета и входного зрачка, исходя из требований и назначения системы или ее части. Наиболее трудным при расчете систем переменного увеличения является параксиальный синтез. Существует значительное количество публикаций, описывающих различные методы синтеза вариообъективов [1].

В работе представлена усовершенствованная методика автоматизированного синтеза вариообъектива с использованием пакета программ (ПП) OpticStudio; установлены этапы и особенности параксиального расчета.

На первых этапах предложено формирование модулей для 2 крайних положений (рис. 1) и промежуточных конфигураций при изменении фокусного расстояния объектива с шагом 12,5 мм. Далее создаются новые покомпонентные системы с известными фокусными расстояниями и оптическими материалами линз на основе базовых схем. Число компонентов порядка пяти.

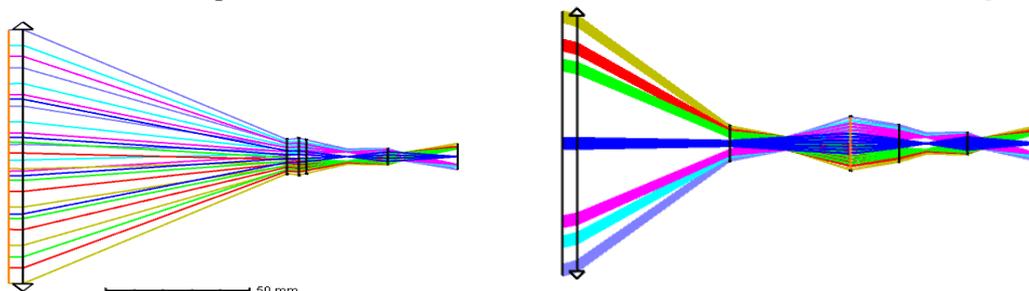


Рис. 1. Конфигурации вариообъектива в тонких компонентах для двух крайних положений

Синтез проводится при минимизации aberrаций каждого компонента в отдельности. На последующих этапах проводится объединение в единую систему, aberrационный расчет и оптимизация объектива с использованием ПП OpticStudio.

Предложенная методика автоматизированного синтеза была использована для расчета и компьютерного моделирования вариообъектива, работающего в ИК области спектра (3,5–5,0) мкм с приемником с охлаждаемой диафрагмой. В ПП OpticStudio произведена оценка рассчитанной системы на технологичность, результаты подтвердили, что данное техническое решение возможно реализовать [2].

Литература

1. Запрягаева, Л. А. Расчет и проектирование оптических систем / Л. А. Запрягаева, И. С. Свешникова. – М.: Логос, 2000. – 584 с.
2. Чергейко, С. В. Вариообъектив для систем технического зрения / С. В. Чергейко, Н. К. Артюхина, Д. С. Шарко // Приборостроение – 2021: Материалы 14-й МНТК, Минск, 17–19 ноября 2021. – С. 387–389.

ЮСТИРОВКА ЛАЗЕРНОГО ДАЛЬНОМЕРА

Студент гр. 121191 Черкасова П. В.

Кандидат техн. наук, доцент Погорелов М. Г.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Классический импульсный лазерный дальномер состоит из источника излучения (лазера), оптической системы передающего канала, оптической системы приемного канала, фотоприемника, счетчика импульсов и вычислителя. Лазер испускает световой импульс, в этот же момент срабатывает прибор отсчета времени. Излучение проходит расстояние до объекта, частично отражается и возвращается к дальномеру, после чего с помощью оптики приемного канала фокусируется на фотоприемнике. Сигнал усиливается и подается на прибор отсчета времени.

Юстировка осуществляется до установки фотоприемника. Лазерный дальномер монтируется на юстировочный стенд, который включает в себя светофильтр 11, призму 2 и осветитель 1 (рис. 1).

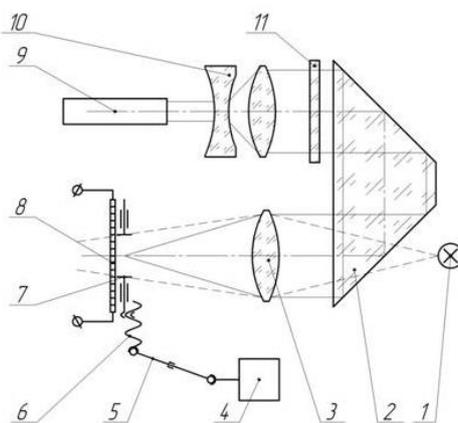


Рис. 1. Схема юстировки импульсного ЛД: 1 – осветитель; 2 – призма; 3 – объектив приемного канала; 4 – шаговый двигатель; 5 – шарнир Гука; 6 – винтовой механизм; 7 – диафрагма; 8 – ПЗС-матрица; 9 – лазер; 10 – расширитель пучка передающего канала; 11 – светофильтр

В лазерном дальномере за диафрагмой 7 вплотную устанавливается ПЗС-матрица 8. Диафрагма 7 выполнена в оправе, способной перемещаться с помощью винтовых механизмов 6 в двух взаимно перпендикулярных направлениях в фокальной плоскости объектива 3. Винтовые механизмы 6 с помощью шарниров Гука 5 соединяются с двумя шаговыми двигателями 4 (для перемещения по разным осям). С помощью подсветки 1 линзовая система объектива приемного канала 3 формирует на матрице 8 очертания диафрагмы 7. В это же время ослабленное светофильтром излучение лазера попадает на диафрагму 7. Учитывая, что размеры диафрагмы и сфокусированного пятна излучения малы, возможна ситуация, когда излучение лазера не проходит через диафрагму 7, а попадает на ее оправу. Для юстировки требуется осуществить поиск сфокусированного излучения лазера.

Рассматриваемый метод юстировки позволяет осуществить юстировку параллельности энергетической оси передающего канала и оси приемного канала лазерного дальномера в автоматическом режиме, повысить точность и уменьшить временные и трудовые затраты.

Литература

1. Погорельский, С. Л. Прикладная оптика : учеб. пособие для вузов. Ч. I / С. Л. Погорельский. – ТулГУ; Фак. механики и систем управления; Каф. «Приборы управления». – Тула: Гриф и К, 2005. – 186 с.

СКАНИРУЮЩИЙ ЛИДАР МОБИЛЬНОГО РОБОТА

Студент гр. 121191 Чупин П. Е.

Кандидат техн. наук, доцент Погорелов М. Г.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Цель работы: разработка сканирующего лидара мобильного робота, определяющего расстояния до препятствия по ходу движения робота. В работе рассказывается о методике построения и результатах испытаний макета.

Лидар (*LIDAR, Light Detection and Ranging* – «обнаружение и определение дальности с помощью света») – технология получения и обработки информации об удаленных объектах с помощью активных оптических систем, использующих явления поглощения и рассеяния света в оптически прозрачных средах. Лидар, как прибор представляет собой, как минимум, активный дальномер оптического диапазона, состоящий из импульсного лазера и детектора излучения. Измеряя время, которое затрачивает луч на путь до отражателя и обратно, и, зная значение скорости света, можно рассчитать расстояние между лазером и отражающим объектом [1].

Есть несколько типов лидаров, один из них – это сканирующие лидары, с помощью которых формируют двумерную или трехмерную картину окружающего пространства.

Области применения лидаров все более расширяются, а их технологическая и элементная база непрерывно совершенствуются. Задача измерения расстояния между двумя объектами была актуальной всегда, однако в настоящее время ее значимость в технике особенно возросла. В различных областях использования дальномеров постоянно ужесточаются требования к точности, предельной измеряемой дальности, темпу измерений, массе и габаритам аппаратуры. Сканирующие лидары активно применяются в авиационной геодезии, топографии, строительстве и горном деле, в морских технологиях, а так же на наземном транспорте и в качестве управления движением мобильных роботов.

Был разработан макет лидара на базе контроллера *Arduino Nano*. Для создания точки начала отсчета координат использовался датчик Холла. В качестве двигателя использовался шаговый двигатель *28BYJ-48* с драйвером на микросхеме *ULN2003*. Осуществление разворота в плоскости горизонта осуществлялось за счет радиального однорядного шарикового подшипника.

Внешний вид лидара и блок его электроники показан на рис. 1.



а



б

Рис. 1. Сканирующий лидар: а – внешний вид; б – блок электроники

Литература

1. Бокшанский, В. Б. Лазерные приборы и методы измерения дальности: учеб. пособие по курсам «Проектирование лазерных оптико-электронных преобразователей» и «Оптико-электронные приборы» / В. Б. Бокшанский, Д. А. Бондаренко, М. В. Вязовых; под ред. В. Е. Карасик. – Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. – 96 с.

УДК 681.7

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОРИЕНТАЦИИ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ

Студент гр. 121191 Чупина А. И.

Асс. кафедры ПУ Каликанов А. В.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

В настоящее время актуальна задача использования оптоэлектронных систем (ОЭС) для ориентации солнечной батареи, потому что солнечная энергия является экологически чистой и при этом обладает высокой ресурсоемкостью и не оказывает влияния на окружающую среду. Как известно количество солнечной энергии, попадающее на любой участок земной поверхности, зависит от угла наклона Солнца и от его положения в азимутальной плоскости, что в свою очередь требует применения ОЭС ориентации рис. 1, а.

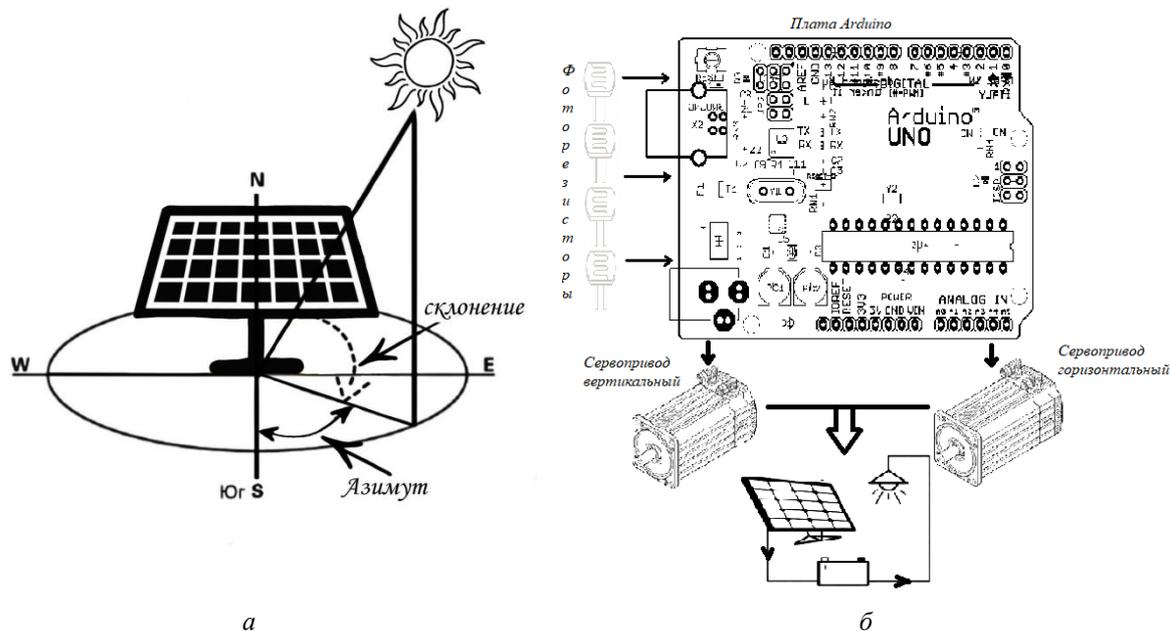


Рис. 1. Оптоэлектронная система ориентации солнечной батареи:

а – ориентация солнечной батареи по солнцу; б – структурная схема разработанной ОЭС ориентации

Такие системы состоят из несущих конструкций, подвижная часть которых может иметь как одну ось вращения (обычно горизонтальную), так и две. Именно этой частью и управляют ОЭС ориентации, позволяя выставить солнечную батарею таким образом, чтобы лучи попадали на ее поверхность строго перпендикулярно. Это главное условие эффективности батарей. Таким образом, можно аккумулировать больше энергии в течение светового дня. На рис. 1, б приведена структурная схема разработанной ОЭС ориентации на базе фоторезисторов сервопривода и платы Arduino.

В работе приводятся результаты исследований ОЭС ориентации солнечной батареи, реализованного с помощью платы Arduino Uno, фотодиодов и сервопривода.

Литература

1. Петин, В. А. Проекты с использованием контроллера Arduino / В. А. Петин. – СПб.: БХВПетербург, Электроника. – 2014. – 400 с.: ил.

УДК 681.7.023.72

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ОБРАБОТКИ КОНИЧЕСКИХ ЛИНЗ

Студентка гр. 11311220 Шевченко В. П., аспирант Диас Гонсалес Рафаэль Орландо
Д-р техн. наук, профессор Козерук А. С., кандидат техн. наук, доцент Кузнечик В. О.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

При изготовлении конических линз используется абразивная их обработка с помощью плоского инструмента на рычажных шлифовально-полировальных станках [1]. При этом управление процессом формообразования происходит посредством изменения, в основном, величины амплитуды возвратно-вращательного перемещения детали по рабочей поверхности вращающегося инструмента [2]. Причем для равномерного срабатывания инструмента упомянутая амплитуда должна быть такой, чтобы часть заготовки детали в своих крайних положениях колебательного движения выходила за край инструмента. В результате вышедшая за инструмент краевая зона изделия некоторое время не обрабатывается, а контактирующая с инструментом ее часть подвергается воздействию большего удельного давления, что вызывает неравномерный съем припуска вдоль образующей конуса [3].

На рис. 1 представлены результаты экспериментальных исследований качества и производительности обработки боковой поверхности конической линзы высотой 25 мм диаметром 12,5 мм. Исследования сводились к шлифованию конической поверхности абразивной суспензией микропорошка М10 плоским инструментом по методу свободного притирания с выходом и без выхода заготовки за край инструмента. Исходное отклонение образующей конуса от прямолинейности h равнялось 15 мкм (стрелка прогиба).

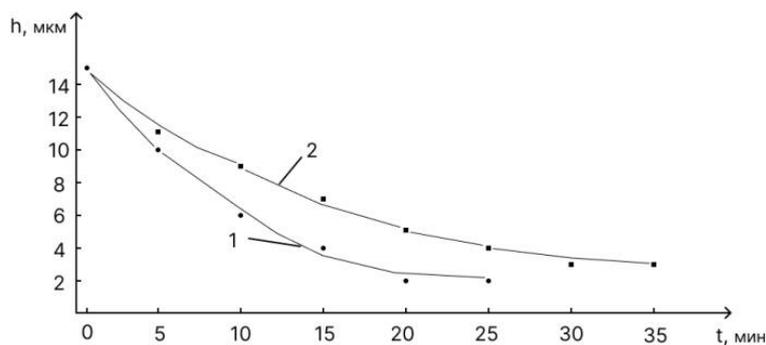


Рис. 1. Зависимость стрелки прогиба h от времени обработки t боковой поверхности конической линзы без выхода (1) и с выходом (2) ее за край инструмента

Из анализа полученных результатов следует, что при шлифовании без выхода заготовки за край инструмента и без смещения штриха (первый случай) зависимость $h(t)$, уменьшаясь, асимптотически приближается к горизонтальной прямой на уровне $h = 2$ мкм после примерно 25 мин обработки (кривая 1), в то время как при шлифовании с выходом за край инструмента и со смещенным штрихом (второй случай) $h(t)$ асимптотически приближается к горизонтальной прямой на уровне $h = 3$ мкм после обработки примерно 35 мин (кривая 2). И поскольку значение стрелки прогиба h детали после отмеченных схем обработки (2 и 3 мкм) отображает ее точность, а время обработки (25 и 35 мин) производительность процесса, то это значит, что точность формообразования и его производительность в первом случае в среднем на 30 % выше по сравнению со вторым случаем.

Литература

1. Технология оптических деталей / М. Н. Семибратов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1978. – 415 с.
2. Козерук, А. С. Формообразование прецизионных поверхностей / А. С. Козерук. – Минск: ВУЗ – ЮНИТИ, 1997. – 176 с.
3. Технология оптических деталей / В. Г. Зубаков [и др.]. – М.: Машиностроение, 1985. – 368 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЛАЗЕРОВ

Студент гр. 11311122 Шишко Т. А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Красовский В. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

С осени 2022 года в Беларуси функционирует Национальный детский технопарк, одним из образовательных направлений в котором является направление «Лазерные технологии», курируемое приборостроительным факультетом БНТУ, и, в частности, кафедрой «Лазерная техника и технологии». При знакомстве обучающихся с лазерами и их применением значительное внимание должно быть уделено полупроводниковым лазерам в силу их высокой востребованности на мировом рынке и перспективы ее роста. Согласно [1], более 60 % мирового лазерного рынка приходится на такие 2 сегмента как обработка материалов и коммуникации. В первом из них все большее место занимают волоконные лазеры, в которых эффективная накачка осуществляется лазерными диодами. Следует отметить, что лазерные диоды являются непревзойденными источниками накачки и для многих твердотельных лазеров, благодаря своей компактности и высокой удельной мощности. В волоконно-оптических линиях связи (ВОЛС) полупроводниковые лазеры с длинами волн генерации 1,3 мкм и 1,55 мкм занимают исключительное место. В последнее время также появилось много новых конструкций лазерных диодов с улучшенными параметрами и уникальными свойствами (например, VCSEL-лазеры).

В настоящей работе предлагается примерная схема измерительного стенда для определения основных параметров полупроводниковых лазеров, который будет использоваться в лабораторном практикуме для обучающихся по указанному образовательному направлению. Для изучения предпочтительны лазерные структуры без дополнительных элементов (корпус диода, фокусирующая линза и т. п.). Изучаемые в практикуме задачи:

- 1) получение ватт-амперной характеристики, из которой определяется пороговый ток генерации;
- 2) изучение температурной зависимости порогового тока, для чего предполагается крепление лазерной структуры на пьедестале с элементом Пельтье;
- 3) определение КПД лазера при различных температурах;
- 4) исследование спектра излучения диода при токах ниже порогового, на пороге генерации и выше его; изучение модового состава излучения;
- 5) исследование профиля распределения мощности по сечению пучка, измерение углов расходимости излучения;
- б) изучение импульсных режимов генерации при разных температурах и т. п.

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1.

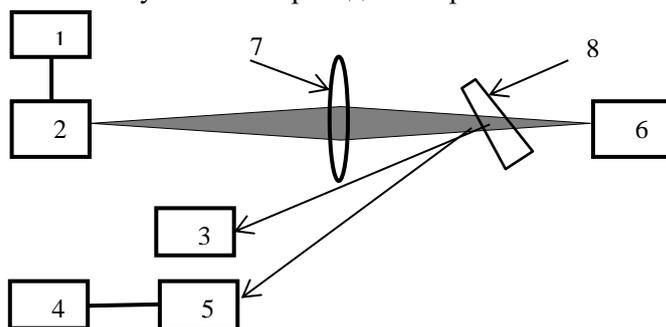


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – источник питания лазера; 2 – лазер; 3 – спектрометр; 4 – осциллограф; 5 – входной преобразователь к осциллографу; 6 – измеритель мощности; 7 – фокусирующая линза; 8 – оптический клин

Литература

1. Мировой рынок фотоники и лазерных технологий: 2010–2019. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lenlasers.ru/novosti-i-stati/mirovoi-rynok-fotoniki-i-lazernykh-tehnologii-2010-2019>. – Дата доступа: 03.03.2022.

УДК 621.3.038.825.2

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИК ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ КРИСТАЛЛОВ Er:YAlO_3 С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ИОНОВ-АКТИВАТОРОВ

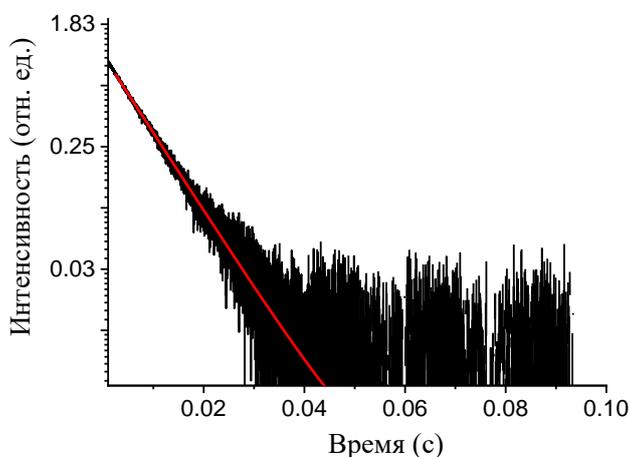
Студент гр. 11311122 Шишко Т. А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Горбаченя К. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Появление доступных источников накачки, излучающих в спектральной области около 1,5 мкм с приемлемыми пространственными и спектральными характеристиками пучка, вызвало повышенный интерес к изучению материалов, активированных только ионами Er^{3+} , для применения в лазерах с резонансной накачкой непосредственно на верхний лазерный уровень ${}^4\text{I}_{13/2}$ и генерацией в спектральном диапазоне около 1,6 мкм [1]. Известной матрицей для легирования ионами редкоземельных элементов является кристалл иттриевого перовскита YAlO_3 . Широкий интерес к кристаллам иттриевого перовскита, легированным ионами редкоземельных элементов, обусловлен хорошими термооптическими свойствами (сравнимыми с кристаллом граната YAG). Данный кристалл показал ранее перспективность использования при легировании ионами неодима Yb^{3+} , Nd^{3+} , тулия Tm^{3+} и гольмия Ho^{3+} [2].

Целью данной работы являлось проведение измерений кинетики люминесценции и определение времени жизни верхнего лазерного уровня ${}^4\text{I}_{13/2}$ ионов Er^{3+} в кристаллах YAlO_3 с различным содержанием ионов эрбия. Люминесценция возбуждалась импульсным излучением на длине волны около 1520 нм, регистрация выполнялась на длине волны около 1600 нм. Измерение проводилось для трех образцов с содержанием ионов эрбия 0,5 ат. %, 1,0 ат. и 3,0 ат. % (содержание по шихте). Для всех измерений затухание люминесценции с уровня ${}^4\text{I}_{13/2}$ ионов эрбия носило monoэкспоненциальный характер. Для образцов с содержанием ионов эрбия 0,5 ат. % и 1,0 ат. % время жизни уровня ${}^4\text{I}_{13/2}$ составило $8,5 \pm 0,5$ мс (рис. 1). Для образца $\text{Er}(3,0 \text{ ат. \%})$: YAlO_3 время жизни уровня ${}^4\text{I}_{13/2}$ составило $7,0 \pm 0,5$ мс.

Рис. 1. Кинетика затухания люминесценции с уровня ${}^4\text{I}_{13/2}$ ионов эрбия

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект №Ф21АРМ-004).

Литература

1. Nearly quantum-defect-limited efficiency, resonantly pumped, $\text{Er}^{3+}:\text{YVO}_4$ laser at 1593.5 nm / N. Ter-Gabrielyan [et al.]. // Opt. Lett. – 2011. – Vol. 36, № 7. – P. 1218–1220.
2. Wu, R. Linearly polarized 100-W output from a diode-pumped $\text{Nd}:\text{YAlO}_3$ laser / R. Wu, P. B. Phua, Kin Seng Lai // Appl. Opt. – 2000. – Vol. 39. – P. 431–434.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНИЧЕСКИХ ЛИНЗ

Студентка гр. 11311120 Якубович Т. С., аспирант Диас Гонсалес Рафаэль Орландо
Д-р техн. наук, профессор Козерук А. С., кандидат техн. наук, доцент Кузнечик В. О.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Изготовление конических линз из оптического стекла для высокоэнергетических оптических устройств происходит по методу свободного притирания с использованием инструмента в виде планшайбы, которую закрепляют на шпиндель станка. К рабочей поверхности этой планшайбы притирают коническую заготовку, установленную с возможностью вращения вокруг своей оси симметрии. При этом заготовка может быть ориентирована вершиной конуса как в сторону оси вращения инструмента (внутренняя ориентация), так и в противоположном направлении (наружная ориентация). С целью выявления, какая из этих схем является более эффективной с точки зрения производительности и точности обработки, проведено шлифование заготовки конической линзы высотой 25 мм диаметром 12,5 мм. В качестве исходной использовали заготовки конических линз с отклонением боковой поверхности от прямолинейности $h = 15$ мкм. Шлифование продолжалось до момента достижения $h = 5$ мкм. Измерения выполнялись с помощью кольцевого сферометра с микронным индикатором часового типа.

Результаты экспериментальных исследований приведены на рис. 1. Их анализ показывает, что в случае внутренней ориентации конической линзы стрелка прогиба с исходного величины уменьшилась до 5 мкм за 14 мин обработки (кривая 1), а при наружной ориентации – за 36 мин (кривая 2). Следовательно, производительность процесса в первом случае более чем в два раза выше по сравнению со вторым случаем.

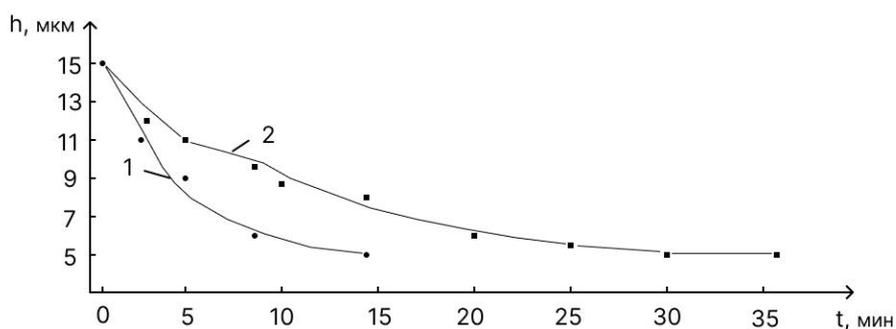


Рис. 1. Зависимость стрелки прогиба h от времени обработки t боковой поверхности конической линзы при ее внутренней (1) и наружной (2) ориентациях

Кроме того, если сравнить значения h для первой и второй рассматриваемых ориентаций, например, за 14 мин обработки, которые, как видно с рисунка, составляют 5 и 7,5 мин соответственно, то можно оценить соотношение точности формообразования боковой поверхности конической линзы для принятых ориентаций: в случае внутренней ориентации точность детали получается в среднем в 1,5 раза выше по сравнению с наружной.

Выполнено полированием боковой поверхности конической линзы без принудительного ее вращения и с принудительным вращением. Для поддержания плоскостности рабочей поверхности инструментов использовался правильник в виде стеклянной пластины с точной рабочей поверхностью и тремя отверстиями для конических линз. Правильник в процессе обработки совершал переносное и относительное движение по рабочей поверхности инструментов. Точность обработки полированной детали определяли по величине отклонения, образующей конуса от прямолинейности, которое определяли интерференционным методом с помощью интерферометра ИТ-200. Получили следующие результаты: при обработке без принудительного вращения линзы – $h = \pm 0,05$ мкм; при обработке с принудительным вращением – $h = \pm 0,02$ мкм. Продолжительность шлифования и полирования в обоих случаях составляла по 3 часа.

СЕКЦИЯ 5. ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

УДК 621.382.019.3

ИССЛЕДОВАНИЯ СВЕТОДИОДОВ С МАЛЫМ ТЕЛОМ СВЕЧЕНИЯ

Студенты гр. 10903622 Балакан М. С., Мовчун Э. Р.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Манего С. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Для определения срока службы светоизлучающих устройств (СУ) широко используются методики ускоренных испытаний при повышенных значениях температуры окружающей среды (T_A) и прямого тока (I_F). В основу этих методик могут быть положены различные теоретические модели и механизмы деградации светового потока светоизлучающего устройства. Аналогия процесса старения, описанного моделью и реальных процессов старения СУ, определяющих их надежность, признается как неформальная многими исследователями. Поскольку скорость дрейфа параметров весьма мала, то для ее увеличения и оценки других составляющих модели используют форсированные испытания СУ при повышенных температурах и токах нагрузки.

Известно, что спектры спонтанного излучения светодиодных излучателей (СИ) содержат информацию о физических особенностях излучательного процесса в активной среде светодиода. Все эти факторы формируют усредненную форму спектра излучения, которая описывается в рамках лоренцев форм-фактора для однородного уширения. Для получения объективной информации о надежности СУ содержащих светодиоды с малым телом свечения (СИД с МТС), с учетом комплексного влияния всех воздействующих факторов, была проведена количественная оценка изменения параметров спектров электролюминесценции СИД с МТС. Для анализа спектров люминесценции светодиодов использовались светодиоды на основе структур твердых растворов AlInGaP/GaAs . Теоретические расчеты не дают аналитического вида для форм-фактора в промежуточных случаях описывающих различные вклады в однородное уширение всех релаксационных процессов. Численные теоретические расчеты форм-фактора приводят к не-лоренцевой форме, в общем случае – асимметричной форме. Т. е. не-лоренцевость проявляется прежде всего в крыльях контура, где срезаются лоренцевы асимптоты. Оценка эффективного релаксационного времени показало около 6,3 фс, т. е. данный форм-фактор относится к не-марковскому процессу.

УДК 519.25

ПРОФОРИЕНТАЦИЯ ПСФ В ЦИФРАХ И ДИАГРАММАХ

Студент гр. 11301121 Адамович К. А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е. Н.,

магистр пед. наук, ст. преподаватель Кондратьева Н. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Проблема выбора профессии стоит перед абитуриентами всегда, а сейчас она становится особо актуальной в связи с переменами, происходящими в нашем социуме. Профессиональную ориентацию обучающихся необходимо рассматривать в общей связи с наиболее обширными целями и задачами. О множестве новых, современных профессий учащиеся не имеют достаточной информации. Студентами и преподавателями приборостроительного факультета были организованы посещения школьников выпускных классов во всех областях Республики Беларусь: около 70 учреждений образования в 36 городах и населенных пунктах (рис. 1).

Для информирования наибольшего количества абитуриентов применялись различные формы работы, а именно: информирование учащихся о специальностях приборостроительного факультета в рамках выездных бесед, разъяснение о возможностях обучения в БНТУ во время экскурсий по учебным лабораториям ПСФ, популяризация востребованных специальностей приборостроительного профиля в виде современных буклетов и динамичного сайта факультета,

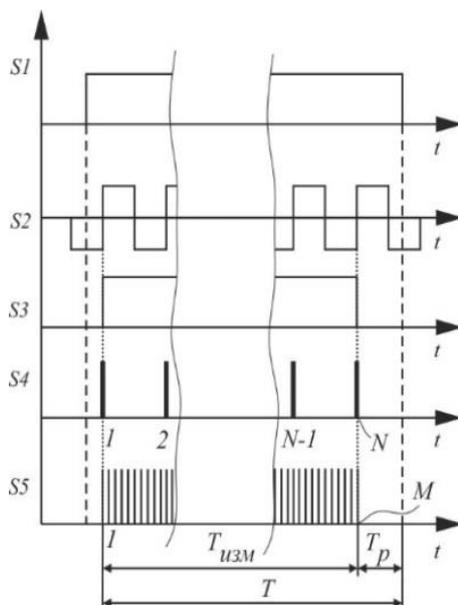


Рис. 1. Циклограмма синхронного метода обратного счета с подсчетом целого постоянного числа периодов

В соответствии с циклограммой (рис. 1) алгоритм реализации измерения частоты должен быть следующим. Сигнал $S1$ определяет начало и окончания периода T – измерения числа импульсов и вычисление частоты. Формируется асинхронно от текущей фазы сигнала входной измеряемой частоты $S2$. Сигнал $S3$ – это импульс, длительность которого равна длительности периода измерения $T_{изм}$, синхронизирован с фазой сигнала $S2$ (нарастающий фронт). Длительность $T_{изм}$ определяется числом полных периодов входной частоты N (число импульсов сигнала $S4$). Переход сигнала $S3$ из высокого логического уровня в низкий определяет необходимость вычисления нового значения текущей частоты на основе измеренного числа полных периодов N и числа полных периодов M (число импульсов сигнала $S5$). Частота [2] и время вычисления определяются выражениями:

$$f_{из} = (f_{\varepsilon} N) / M, \quad T_p = T - T_{изм},$$

где f_{ε} – фиксированная частота следования импульсов M .

В соответствии с описанным алгоритмом его реализация возможна на основе двух счетчиков: первый осуществляет захват сигнала $S2$ и включается в работу сигналом $S1$ при нарастающем фронте $S2$ – определяет N , второй включается и выключается сигналом $S3$, срабатывает с фиксированной частотой – определяет M . Сигнал $S3$ формируется первым счетчиком.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания FEWG-2022-0002.

Литература

1. Распопов, В. Я. Волновой твердотельный гироскоп с металлическим резонатором: монография / под ред. В. Я. Распопова. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2018. – 189 с.
2. Касаткин, А. С. Автоматическая обработка сигналов частотных датчиков / А. С. Касаткин. – М.: Энергия, 1966. – 123 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМЫ ОГРАНЕННОГО БРИЛЛИАНТА В ПАКЕТЕ ТРЕХМЕРНОЙ ГРАФИКИ «BLENDER»

Студентка гр. 11309122 Алексеенко Е. М.

Магистр пед. наук, ст. преподаватель Кондратьева Н. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Трехмерная графика активно применяется для создания изображений в научных и промышленных разработках, для проектирования моделей зданий, деталей машин, новой медицинской техники и, конечно, в ювелирном производстве. Трехмерная графика обычно имеет дело с виртуальным, воображаемым трехмерным пространством, которое отображается на плоской, двухмерной поверхности дисплея или листе бумажной продукции.

В век высоких технологий существует множество пакетов 3D моделирования. Удобным и оптимальным для **работы** с ювелирными объектами считается Blender – это бесплатное программное обеспечение для создания и редактирования трехмерной графики. Blender имеет открытый исходный код и полную доступность. Пакет 3D моделирования Blender используется как приложение для создания и редактирования трехмерной графики, визуализации, анимации, создания компьютерных игр, скульптинга.

Современные технологии обработки камней очень сильно разнятся с теми, которыми пользовались еще пятьдесят лет назад. Мастера ювелирного производства начали широко применять различные компьютерные технологии, чтобы получить из алмазов непревзойденные по своим характеристикам бриллианты.

На первом этапе моделирования выбранный для огранки минерал сканируют и досконально измеряют, чтобы создать в компьютерной программе 3D-модель самоцвета. В визуальную модель закладывают все дефекты камня и его поверхностные характеристики. Далее технолог рассчитывает различные варианты обработки камня и выбирает максимально выгодный. На этом этапе принимается решение, на сколько частей распилить алмаз в зависимости от наличия дефектов, а также какой вид гранения выбрать. Затем технолог составляет схему, по которой будет вестись весь процесс гранения.

В пакете 3D моделирования «Blender» создана декоративная модель бриллианта формы «Триллиант». Выполнено моделирование формы ограненного бриллианта и составлена композиция – «Цветок» (рис. 1).

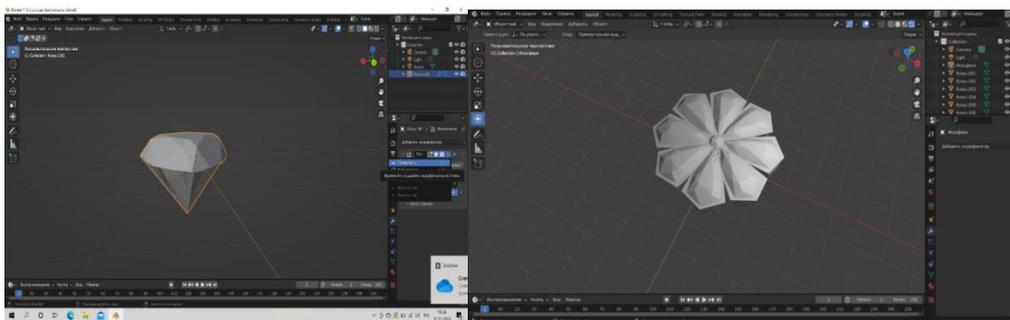


Рис. 1. Декоративная композиция «цветок», выполненная в пакете 3D моделирования «BLENDER» и составленная из отдельных объектов при огранке бриллианта в форме «триллиант»

При создании данной модели были использованы такие функции Blender, как Modeling – вкладка, разрез петель, нож, постройка полигонов – придание формы объектам, логический модификатор – для объединения объектов и многое другое. В результате получена декоративная модель бриллианта формы «Триллиант» в пакете 3D дизайна, с некоторыми приближениями к основам профессиональной огранки бриллианта формы «Триллиант».

Литература

1. Blender обзор возможностей бесплатного 3D редактора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 3ddevice.com.ua. – Дата доступа: 9.11.2022.

УДК 620.179.16

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКИ МАТЕРИАЛОВ

Студентка гр. 11312122 Бальцевич Д. М.

Кандидат физ.-мат. наук, Красовский В. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Ультразвуковые исследования (УЗИ) в настоящее время находят широкое применение в технике и в медицине. Эти методы являются неразрушающими (в медицине их называют неинвазивными).

В настоящей работе предлагается использовать метод аналогий между акустическими и электромагнитными волнами. При существенном различии их физической природы многие свойства у них совпадают. Например, рассмотреть в оптический микроскоп можно только объекты с линейными размерами не меньшими длины волны видимого света. Это по порядку величины составляет около 0,5 мкм. Длиной волны λ определяется пространственное разрешение в любом диапазоне электромагнитных волн. К примеру, для радиочастот в FM-диапазоне ($\nu \approx 100$ МГц) длина волны $\lambda = c/\nu \approx 3$ м, где $c = 3,00 \cdot 10^8$ м/с – скорость света в вакууме. Радиолокация на таких частотах не позволит обнаружить объекты субметровых размеров. То же самое относится и к акустическим волнам. Мягкие биологические ткани пропитаны водой, поэтому скорость звука в них близка к скорости звука в воде $v_3 = 1,50 \cdot 10^3$ м/с. Поэтому для пространственного разрешения деталей порядка 1 мм (соответственно, длина звуковой волны не должна превышать эту величину) необходимо использовать частоты, не ниже $\nu = v_3/\lambda \approx 1,5 \cdot 10^6$ Гц. В современных медицинских УЗИ-аппаратах для разных целей используется ультразвук с частотой в интервале от 2 до 29 МГц. Ультразвуковая диагностика различных технических устройств требует использования частот, в несколько раз больших, так как в твердых телах скорость звука в 3–5 раз больше, чем в воде.

Несамосветящиеся объекты видны благодаря отражению падающего на них излучения от внешних источников. При абсолютно одинаковом отражении два совмещенных объекта невозможно различить. Наоборот, прозрачное тело заметно в прозрачной среде, если показатели преломления у тела и среды различны. Коэффициент отражения света при его нормальном падении на границу раздела прозрачных сред с показателями преломления n_1 и n_2 , соответственно, определяется формулой Френеля:

$$R = \frac{(n_1 - n_2)^2}{(n_1 + n_2)^2}. \quad (1)$$

Если $n_1 = n_2$, граница раздела становится невидимой. Так, например, стеклянная палочка вполне видна в стакане с водой, но становится «невидимкой» в вазелиновом масле. В акустике энергетический коэффициент отражения звука на границе раздела двух сред с акустическими сопротивлениями $\rho_1 v_{31}$ и $\rho_2 v_{32}$ (для первой и второй среды соответственно) равен [1]:

$$r = \frac{(\rho_2 v_{32} - \rho_1 v_{31})^2}{(\rho_2 v_{32} + \rho_1 v_{31})^2}. \quad (2)$$

При равенстве акустических сопротивлений звук проходит через границу раздела двух сред без отражения.

В акустике чаще возникает проблема ввода звука в исследуемую среду. Например, любой металл, очень «прозрачный» для звука полностью отражает звуковую волну, падающую на него из воздуха, вследствие большой разности акустических сопротивлений металла и газовой среды. Выход находят в использовании для ввода звука промежуточных иммерсионных жидкостных сред. Аналогию в оптике можно найти для фотонных кристаллов либо других метаматериалов, в которых скорость света может быть в тысячи раз меньше, чем в вакууме ($n \gg 1$).

Литература

1. Вощукова, Е. А. Физические основы строительной акустики / Е. А. Вощукова. – Брянск: Брянский государственный инженерно-технологический университет, 2019.

ЛАБИРИНТЫ В WOLFRAM MATHEMATICA

Студенты гр. 11201222 Бартошевич А. В., Семенович А. В.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Гундина М. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Идея лабиринтов находит свое отражение в организации эффективных маршрутов к заданному пункту назначения. Также лабиринты устраиваются для развлечения.

Известно, что раньше лабиринты строили внутри некоторых зданий. Самый древний лабиринт находился на острове Крите. Это сооружение, описанное в древнегреческой мифологии, имело множество запутанных переходов (рис. 1).



Рис. 1. Лабиринт на острове Крит

Алгоритмы поиска решения лабиринта представляют собой автоматизированные методы поиска. Поиск решения лабиринта – это упрощенная версия задачи навигации, поэтому реализация алгоритмов навигации опирается на те же концепции, что и поиск решения лабиринта.

Существует очень простой способ прохода через лабиринт. Данный подход называется правилом правой руки. На нем, например, может быть построен алгоритм передвижения робота-пылесоса. После того, как робот наткнулся на препятствие, он начинает передвигаться в соответствии с этим правилом.

Существуют и другие известные алгоритмы, например, такие как алгоритм Тремо, алгоритм случайного поведения мыши, метод обнаружения тупиков. Информация об этих алгоритмах широко представлена в литературе [1].

Одна из реализаций представлена на рис. 2, алгоритм реализован в компьютерной системе Wolfram Mathematica [2].

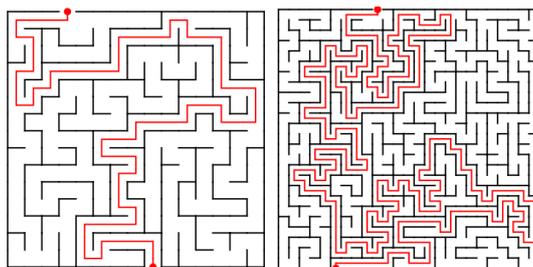


Рис. 2. Пример работы алгоритма поиска выхода из лабиринта, реализованный в системе Wolfram Mathematica

Литература

1. Gardner, M. Three-Dimensional Maze. §6.3 in The Sixth Book of Mathematical Games from Scientific American / M. Gardner // Chicago, IL: University of Chicago Press. – 1984. – P. 49–50.
2. MazeGeneratorAndSolver [Electronic resource]. – Access mode: <https://demonstrations.wolfram.com/MazeGeneratorAndSolver>. – Access date: 1.10.2022.

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Студент гр. 10301322 Басак А. Р.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Бобученко Д. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Теплофизические свойства (ТФС) различных материалов определяются значениями коэффициентов теплопроводности, температуропроводности, теплоемкости и др. Существуют много методов измерения ТФС материалов [1]. Рассмотрим основные из них.

Метод регулярного теплового режима. Суть измерений состоит в следующем: образец различной формы погружается в жидкость с другой температурой, которая перемешивается. Изменение температуры во времени τ для любой точки тела описывается показательной функцией: $\Delta T = \text{const} \cdot e^{-m\tau}$. Из опытов, измеряют темп охлаждения (нагрева) m . Далее, с помощью теории регулярного теплового режима, которая устанавливает зависимость m тела от его физических характеристик, геометрической формы и размеров, определяют ТФС тела.

Метод квазистационарного теплового режима. Эти методы основываются на решении линейного уравнения теплопроводности для тел различной формы в случае нагрева их постоянным тепловым потоком или в среде с постоянной скоростью изменения температуры. В этом методе устанавливается постоянный во времени поток теплоты. Через некоторый промежуток времени температура на поверхности тела начинает изменяться во времени по линейному закону. На основании измерений $T = f(\tau)$ для двух фиксированных точек, определяют ТФС.

Методы монотонного теплового режима. В этих методах осуществляется плавный достаточно медленный разогрев или охлаждение образцов, при этом считается, что температурное поле близко к стационарному, и используются расчетные формулы для коэффициента температуропроводности, вытекающие из анализа уравнения теплопроводности.

Методы теплового импульса или мгновенного источника. В этих методах определение ТФС происходит в нестационарной области разогрева через измерение температуры и времени в точке, находящейся на некотором расстоянии от теплового источника. В основе этих методов лежит решение задачи охлаждения неограниченной пластины в неограниченной среде при наличии мгновенного источника, расположенного в середине пластины. В качестве тепловых источников в последнее время используется лазерное излучение.

Методы температурных волн. Эти методы основаны на закономерностях распространения температурных волн [2], которые возникают при периодическом нагреве образца. Значения ТФС определяются по измерению отношения температур, или по изменению амплитуды и фазы температуры в различных точках образца. Методы могут быть применены к различным объектам исследования, отличающимся по размерам, фазовому состоянию. Для исследований требуется малое количество вещества. Эти методы применяются для образцов с размерами от ~ 10 нм до ~ 1 см. Он является одним из немногих способов изучения свойств тонких пленок толщиной в сотни ангстрем. На основе метода периодического нагрева создаются тепловые сканирующие микроскопы, на его базе возникла новая область теплофизики – тепловая спектроскопия. Возможность варьирования глубины проникновения температурной волны вглубь вещества реализуется в дефектоскопии и работах по определению профиля теплопроводности поверхностных слоев исследуемых материалов.

Для экспериментального определения ТФС материалов также используют комплексные методы.

Литература

1. Фокин, В. М. Энергоэффективные методы определения теплофизических свойств строительных материалов и изделий / В. М. Фокин, А. В. Ковылин, В. Н. Чернышов. – М.: Спектр, 2011. – 156 с.
2. Любимова, Д. А. Измерение теплофизических свойств теплоизоляционных материалов методом регулярного режима третьего рода: монография / Д. А. Любимова, С. В. Пономарев, А. Г. Дивин; под науч. ред. С. В. Пономарева. – Тамбов: ТГТУ, 2014. – 80 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЮВЕЛИРНЫХ УКРАШЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ

Студент гр. 11309122 Бернат Н. В.

Магистр пед. наук, ст. преподаватель Кондратьева Н. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

3D моделирование является важным этапом в создании ювелирного украшения. Этот этап – один из первостепенных составляющих ювелирного производства, который стал его неотъемлемой частью буквально 10–15 лет назад. Компьютерное моделирование и проектирование может служить для оформления фантазии автора-проектировщика ювелирных изделий в точном исполнении проекта трехмерной модели.

В век высоких технологий существует множество инженерных пакетов 3D моделирования. Один из них – Blender. Это профессиональное, свободное и открытое программное обеспечение для создания трехмерной компьютерной графики, включающее в себя средства моделирования, скульптинга, анимации, симуляции, рендеринга, постобработки и монтажа видео со звуком, компоновки с помощью «узлов», а также создания 2D-анимаций. В настоящее время Blender пользуется большой популярностью среди бесплатных 3D-редакторов в связи с его быстрым, стабильным развитием и технической поддержкой.

Благодаря совершенствованию технологического оборудования, автоматизации некоторых технологических этапов, а также компьютерному проектированию и появлению трехмерной печати, ювелирные украшения стали производиться с высоким уровнем качества изделий. Сегодня ювелирные украшения не только несут определенную материальную ценность, но и представляют собой произведения высокого искусства.

Существует три основных этапа художественного проектирования. Первый этап – это формирование идеи, концепции, художественного образа. Кроме того, в это же время ведется поиск и анализ аналогов, изучение социологических и экономических требований. Второй этап – визуализация идей, образного решения. Начинается этап с композиционного построения, то есть, с последовательного преобразования идеи в конкретное изделие, представленное на бумаге или в виде макета. Завершающий этап – поиск оптимального способа реализации образа в материале. В этот этап входят расчет параметров будущего изделия и подготовка проектной документации [1].

В пакете 3D моделирования «Blender» был выполнен проект и создана модель типового ювелирного изделия – кольца со вставкой из драгоценного камня (рис. 1).

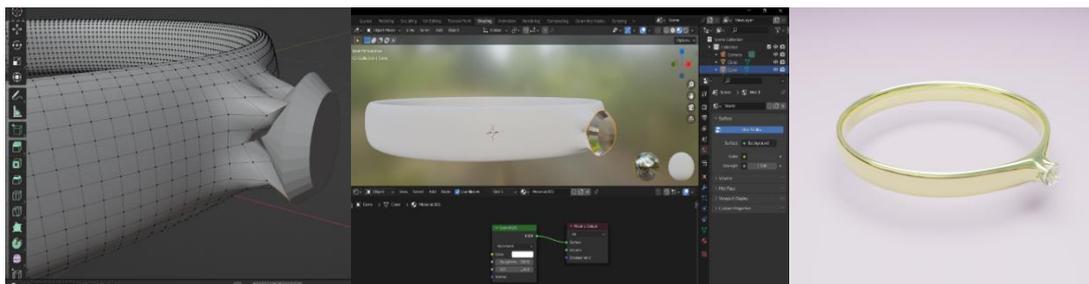


Рис. 1. Некоторые этапы создания типового ювелирного изделия (кольца), выполненные в пакете 3d-моделирования «BLENDER»

При создании данной модели были использованы такие функции Blender, как Modeling – вкладка, Разрез, Нож, Покраска, Постройка полигонов – придание формы объектам, Логический модификатор – для объединения объектов и многое другое.

Литература

1. Проектирование и изготовление ювелирных изделий: учебное пособие / И. А. Груздева [и др.]. – М-во образования и науки РФ. – Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та, 2021. – 124 с.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ СТРУНЫ

Студент гр. 10309122 Богданов Д. В.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Бобученко Д. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В данной работе исследованы продольные колебания струны, длиной L , натянутой с силой T , жестко закрепленной с обоих концов. При выведении из положения равновесия в струне происходят деформации сдвига и растяжения, в следствие чего возникают поперечно-продольные колебания. Детали поперечных колебаний подробно описаны [1]. В частности, набор разрешенных частот поперечных колебаний:

$$\nu_n = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\rho}},$$

где ρ [кг/м] – масса единицы длины струны, $n = 1, 2, 3$ и т. д. Если для описания движения струны использовать прямоугольную систему координат, и ось X направить вдоль положения равновесия струны, продольные колебания в струне будут описываться волновым уравнением:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = ES \frac{\partial^2 u}{\partial x^2},$$

где u – смещение из положения равновесия координаты частицы струны на ось X , E – модуль Юнга, S – площадь поперечного сечения струны. Граничные и начальные условия:

$$u(x=0, t \geq 0) = 0, \quad u(x=L, t \geq 0) = 0, \quad u(x, t=0) = f(x), \quad \frac{\partial u}{\partial t}(x, t=0) = g(x).$$

Общее решение этого уравнения, удовлетворяющие начальным и граничным условиям, полученное методом разделения переменных (метод Фурье) [1] имеет вид:

$$u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \sin \frac{\pi n x}{L} \sin(\omega_n t + \varphi_n),$$

$$A_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2},$$

$$a_n = \frac{2}{L} \int_0^L f(x) \sin \frac{\pi n x}{L} dx,$$

$$b_n = \frac{2}{\pi n} \sqrt{\frac{\rho}{ES}} \int_0^L g(x) \sin \frac{\pi n x}{L} dx,$$

$$\varphi_n = \arctg \frac{a_n}{b_n}.$$

Частота и циклическая частота продольных колебаний:

$$\nu_n = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{ES}{\rho}}, \quad \omega_n = 2\pi \nu_n, \quad n = 1, 2, 3 \dots$$

Амплитуда продольных колебаний $A_n \sin \frac{\pi n x}{L}$ зависит от номера гармоники n и координаты x , то есть разные точки струны каждой гармоники совершают колебания с разными амплитудами, одновременно достигая своего минимального и максимального значения. Это стоячие волны. В реальном случае колебания частиц струны представляют собой сложение трех взаимно перпендикулярных колебаний, двух поперечных с одинаковыми частотами ν_n , зависящей от силы натяжения струны, и продольной с частотой ν_n . Представляет интерес сравнить их, отношение частот продольных и поперечных колебаний равно:

$$\frac{\nu_n}{\nu_n'} = \sqrt{\frac{ES}{T}}.$$

Для стальной струны диаметра 0,5 мм, модуль Юнга $200 \cdot 10^9$ Па, при натяжении струны 50 Н, частота продольных колебаний ~ 30 раз больше частоты поперечных колебаний струны.

Литература

1. Тихонов, А. Н. Уравнения математической физики / А. Н. Тихонов, А. А. Самарский. – М.: МГУ, 1999. – 792 с.

ОЦЕНКА ЗНАЧЕНИЙ МОДУЛЯ КРУЧЕНИЯ И МОДУЛЯ СДВИГА ПО ЗАТУХАЮЩИМ КРУТИЛЬНЫМ КОЛЕБАНИЯМ

Студент гр. 10309122 Божко В. В.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Бобученко Д. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Упругие свойства материалов характеризуются модулем растяжения и сжатия (модулем Юнга), модулем сдвига G и коэффициентом Пуассона [1]. В данной работе определялись модули кручения и сдвига с помощью крутильного маятника. Крутильный маятник представляет собой твердое тело I , закрепленное на двух металлических проволоках 2, крайние концы которых жестко связаны с неподвижной установкой (рис. 1). Тело, выведенное из положения равновесия, совершает затухающие колебания с периодом:

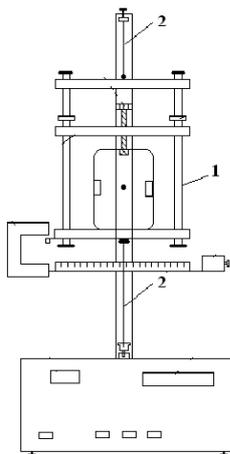


Рис. 1. Крутильный маятник

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{f}{I_0 + I} - \beta^2}},$$

где f – модуль кручения проволоки, I_0 – момент инерции куба, I – момент инерции маятника без закрепленных тел, β – коэффициент затухания. Из этой формулы можно выразить модуль кручения проволоки:

$$f = \left(\frac{4\pi^2}{T^2} + \beta^2\right)(I_0 + I).$$

Сначала рассчитывался момент инерции куба, измерялись периоды колебаний маятника без куба, с кубом, рассчитывались моменты инерции I_0 , I . Затем определялся коэффициент затухания: $\beta = \frac{1}{\tau} \ln \frac{\alpha_1}{\alpha_2}$, где τ – время, в течение которого амплитуда колебаний убывает от α_1 до α_2 . Измерения показали, что $\frac{4\pi^2}{T^2} \gg \beta^2$ на 5–6 порядков, и период колебаний хорошо описывается формулой для незатухающих колебаний. Модуль кручения проволоки оказался равным: $f = (7,6 \pm 0,7)10^{-3} \frac{\text{кг м}^2}{\text{с}^2 \text{ рад}}$. Между модулем кручения f , модулем сдвига G и линейными размерами цилиндрической проволоки (длиной L , диаметром d) существует определенная связь [1]:

$$f = \frac{\pi G d^4}{32 L}.$$

Поскольку тело маятника закреплено на двух проволоках разной длины и приблизительно одинаковых диаметрах при условии, что проволоки из одинакового материала, связь между f и G будет следующей:

$$f = \frac{\pi G d^4}{32} \left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}\right).$$

Отсюда, расчетная формула для определения модуля сдвига:

$$G = \frac{32 f L_1 L_2}{\pi d^4 (L_1 + L_2)}.$$

При $d = (0,50 \pm 0,05)$ мм, $L_1 = (132 \pm 1)$ мм, $L_2 = (124 \pm 1)$ мм, модуль сдвига $G = (7,9 \pm 4,1) 10^{10}$ Па. Полученные значения соответствуют стали.

Литература

1. Сивухин, Д. В. Общий курс физики: в 5 т. / Д. В. Сивухин. – 4-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2005. – Т. 1: Механика. – 560 с.

УДК 537; 621.3

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСНОВНОЙ КРИВОЙ НАМАГНИЧИВАНИЯ
ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Студенты гр. 11301122 Веселовский В. А., Мелюх Н. С.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Черный В. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Ферромагнитные материалы широко используются в электротехнике [1–4]. Расчет характеристик различных создаваемых устройств производится путем решения систем уравнений, для решения которых необходима информация об основной кривой намагничивания применяемого ферромагнетика – зависимости магнитной индукции от напряженности магнитного поля в виде формул, графиков или таблиц. На графике она представляет собой геометрическое место вершин петель гистерезиса, полученных при различных значениях амплитуды напряженности внешнего магнитного поля при циклическом перемагничивании (вершин, так называемых частных циклов).

На основной кривой намагничивания различают три участка [1, 3]. Начальный участок, на котором относительная магнитная проницаемость изменяется незначительно, соответствует процессам обратимого смещения границ ферромагнитных доменов. На следующем участке магнитная индукция как функция напряженности внешнего магнитного поля возрастает наиболее быстро. Этот участок соответствует необратимым смещениям границ доменов, что сопровождается нагревом материала вследствие возникновения вихревых токов, а также возникновением упругих волн, проявляющихся в виде щелчков. На третьем участке магнитные моменты доменов поворачиваются и устанавливаются параллельно внешнему полю.

Наиболее предпочтительно моделирование указанной кривой с помощью аналитически заданных функций. Это позволяет с высокой точностью описать реальную кривую намагничивания на всех характерных участках, задать кривую намагничивания непрерывной функцией, что позволяет избежать изломов и разрывов экстремальных зависимостей, получаемых в результате дифференцирования.

Одним из методов моделирования указанной зависимости является моделирование ее в виде полинома, содержащего нечетные степени напряженности магнитного поля H :

$$B(H) = \sum A_i H^{2i-1}.$$

Точность аппроксимации улучшается с увеличением степени полинома. Обычно уже при $i = 4$ достигается хорошая степень достоверности аппроксимации. Для определения коэффициентов A_i решается система нелинейных уравнений, что является недостатком метода при внешней его привлекательности.

Более простое и доступное моделирование осуществляется с помощью применения арктангенсных функций. В данном случае используется формула

$$B(H) = A_1 \arctg(A_2 H) + A_3 H.$$

Коэффициенты A_1 , A_2 и A_3 также определяются из системы нелинейных уравнений, однако в данном случае она состоит из меньшего числа уравнений.

Кроме данных двух используются и другие методы аппроксимации, однако они оказываются более сложными для применения.

Литература

1. Вонсовский, С. В. Магнетизм / С. В. Вонсовский. – М.: Наука, 1971. – 1032 с.
2. Трофимова, Т. И. Курс физики / Т. И. Трофимова. – М.: Издат центр «Академия», 2007. – 756 с.
3. Матвеев, А. Н. Электричество и магнетизм / А. Н. Матвеев. – М.: Высшая школа, 1983. – 528 с.
4. Павлов, П. В. Физика твердого тела / П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов. – М.: Высшая школа, 2000. – 404 с.

СОЗДАНИЕ ГРАФИЧЕСКОГО ДИЗАЙНА ПРОТОТИПА САЙТА. ГРАФИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР FIGMA

Студент гр. 31302222 Гайдук Н. С.

Кандидат техн. наук, доцент Бокуть Л. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Как известно, графические редакторы используются для обработки изображений на компьютере. Существуют два вида графических редакторов: растровый и векторный.

Растровое изображение хранится с помощью пикселей, имеющих фиксированное положение и цвет. Чтобы сохранить каждый пиксель, необходим бит информации, причем их количество зависит от количества цветов в изображении. Есть платные и бесплатные растровые редакторы. К платным относится Adobe Photoshop, он наиболее популярный. К бесплатным – Paint, NET, Krita.

Второй вид графического редактора векторный, он представляет объекты (такие как точка, окружность, линия) в виде графических примитивов и математических формул, которые их описывают и хранятся в памяти компьютера. Часто используют бесплатный векторный редактор Inkscape. К платным векторным редакторам относятся популярные Adobe Illustrator, Core Draw. Условно – бесплатный – Figma. Возможности векторных и растровых редакторов часто дополняют друг друга, хотя эти редакторы иногда противопоставляют между собой.

Д. Филд и Э. Уоллес начали работать над Figma в 2012 году. Первоначальной целью Figma было дать возможность «любому человеку проявлять творческий подход, создавая бесплатные, простые, креативные инструменты в браузере». Figma занимает особое место среди множества графических редакторов (GIMP, CorelDRAW, Adobe Illustrator, Inkscape и др.) и может по праву считаться современным и универсальным редактором. Он позволяет создавать прототипы и дизайн-макеты сайтов, интерфейсы мобильных приложений, корпоративных порталов.

К главным преимуществам Figma относятся: возможность для сотрудников совместно работать над макетами, исходники макетов хранятся в облаке, имеется бесплатный тариф для индивидуальных пользователей, существует десктопная версия для работы со стационарного компьютера без использования браузера, высокая производительность, автоматическое сохранение и контроль версий, наличие компонентов и фреймов, работа с графикой

Figma имеет ряд недостатков: для работы в нем необходим интернет; ограниченные возможности работы с текстом, например, нельзя сделать отступ между абзацами, поставить межбуквенный интервал, настроить интерлиньяж; не имеется возможности добавить плагины и настроить горячие клавиши.

В Figma присутствует набор инструментов, позволяющий создавать красивые дизайны. При наличии навыков использования встроенных возможностей системы можно создавать прототипы веб-сайтов и приложений, нарисовать иллюстрацию и векторную графику. Для этого потребуется освоить базовое устройство сервиса Figma. Любой макет строится из элементов: кнопки, меню, текстовые поля, графические составляющие. Большая часть интерфейса – это блоки и примитивные формы. Сервис Figma поддерживает все популярные форматы: Png, Jpg, Gif.

Для экономии времени рекомендуется заранее подготовить ряд стилей. Набор графических шаблонов можно будет применять для подборки цвета, стилизации текста, изменения блоков компонентов и др.

Figma – это самая популярная программа для дизайна сайтов. При работе по созданию графического дизайна прототипа сайта много времени было потрачено на выбор цветовой гаммы, продумывание логотипа, названия фирмы, меню, навигации, размер шрифта, дизайн кнопок, значков. Нужно, чтобы элементы сайта сочетались между собой, а также, в свете современных решений, пользователь должен иметь возможность удобно просматривать сайт не только на мониторе компьютера, телевизора, но и на планшете или телефоне. Сейчас многие просматривают веб-страницы с телефона (например, по дороге домой в метро, электричке и т. д.).

Мобильная версия сайта является альтернативой адаптивному дизайну, она практически не имеет недостатков, однако процесс ее создания очень трудоемкий.

Литература

1. Окунев, А. Руководство по Figma / А. Окунев. – М.: София, 2019 – 256 с.
2. Литвиненко, А. В. Figma – основы работы / А. В. Литвиненко. – Екатеринбург: Ridero, 2021. – 176 с.

УДК 681.2.084

РАСЧЕТ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕБУЕМОГО ТЕПЛООВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КРИСТАЛЛ–ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ СТАБИЛИЗАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ В SMD КОРПУСАХ

Студенты гр. 11301120 Голубович А. И., Гулич А. Ю.

Ст. преподаватель Василевский, асс. Безлюдов А. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В качестве источников питания маломощных электронных схем в настоящее время часто применяются линейные стабилизаторы напряжения в корпусах малых размеров: SOT-223, DDPАК, SOT-23-5 и т. п. Подобного рода устройства хорошо зарекомендовали себя в качестве источников напряжения для отдельных или небольшого числа интегральных микросхем и другой мало-мощной нагрузки в пределах одного печатного узла. За кажущейся простотой применения таких стабилизаторов скрывается высокая вероятность их перегрева и выхода из строя (в некоторых случаях временного при наличии встроенной схемы защиты) при несоблюдении рекомендаций производителя по отводу образующегося в процессе их работы тепла. Ключевым параметром, определяющим эффективность отвода тепла от кристалла микросхемы, является тепловое сопротивление кристалл–окружающая среда $\theta_{JA} [^{\circ}\text{C}/\text{Вт}]$. Ввиду того, что конструкция рассматриваемых корпусов стабилизаторов не предполагает использование радиаторов охлаждения, единственным параметром, на который можно легко влиять при разработке электронного устройства, и который в основном определяет величину сопротивления кристалл–окружающая среда, является площадь медных дорожек и полигонов печатной платы, соединенных с выводами микросхемы или расположенных в непосредственной близости от нее. Целью настоящей работы являлось определение минимально необходимой площади медной поверхности печатной платы, для обеспечения безотказной работы в отношении возможного перегрева линейного стабилизатора напряжения REG1117-5.0 в составе разрабатываемого пожарного извещателя для постояннотоковой системы пожарной сигнализации. Для расчета были приняты следующие исходные данные: корпус стабилизатора – SOT-223; входное напряжение – 14,3 В (максимальное возможное напряжение, обеспечиваемое в двенадцативольтовом шлейфе сигнализации приборами приемно-контрольными пожарными [1]); предполагаемый постоянный ток нагрузки стабилизатора – 0,15 А.

Величина теплового сопротивления кристалл–окружающая среда определяется по формуле:

$$\theta_{JA} = \frac{T_J - T_A}{P}, \quad (1)$$

где, T_J – максимально допустимая рабочая температура кристалла равна 125 °С [2]; T_A – температура окружающей среды принята 50 °С; P – мощность, выделяемая стабилизатором, Вт.

Мощность, выделяемая стабилизатором, рассчитывается по формуле:

$$P = (I_{GND} \times V_{IN}) + (I_{LOAD} \times (V_{IN} - V_{OUT})). \quad (2)$$

По результатам расчета значение теплового сопротивления, которое требуется обеспечить при разработке печатной платы, составило $48,7^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$. Сопротивление такого значения или лучше могут обеспечить двусторонние или многослойные печатные платы с площадью медной поверхности на стороне монтажа микросхемы не менее 1250 мм² и от 2500 мм² на противоположной стороне одновременно. При этом наилучшее значение сопротивления, которое удалось достичь производителю в тестах, составляет $46^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ [2]. При необходимости увеличения рабочего тока нагрузки следует предварительно понижать входное напряжение или сменить корпус на DDPАК.

Литература

1. Приборы приемноконтрольные пожарные и управления серии «А24» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rovalant.com/download/a24_manual%20v2.3.pdf. – Дата доступа: 06.03.2023.
2. REG1117: 800mA 1A Low Dropout Pos Regulator [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ti.com/lit/pdf/sbvs001>. – Дата доступа: 06.03.2023.

НОРМАЛИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Студент гр. 11307122 Добровольская Е. Д.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Гундина М. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Информационная избыточность данных ведет не только к увеличению требуемого объема памяти для хранения информации, содержащейся в базе данных. В литературе подробно рассмотрены вопросы избыточности данных; аномалий включения, модификации и удаления; нормализации данных; рассмотрены вопросы приведения базы данных к нормальной форме [1].

Известно, что избыточность – это термин из теории информации, означающий превышение количества информации, используемой для передачи или хранения сообщения, над его информационной энтропией. Под информационной энтропией будем понимать меру неопределенности (неупорядоченности) или сложности некоторой системы, например, какого-либо опыта, который может иметь разные исходы, а значит и количество информации.

Часто возникают сложности, связанные с обработкой информации, называемые аномалиями. Под аномалией в этом контексте будем понимать такую ситуацию в базе данных, которая приводит к противоречию в базе данных либо существенно усложняет обработку базы данных.

Причиной возникновения таких аномалий может быть излишнее дублирование данных, которое вызывается наличием функциональных зависимостей от не ключевых атрибутов.

Так, например, аномалия включения – это проблема, связанная с добавлением данных в базу данных. Аномалия модификации – это проблема, связанная с изменением данных. Аномалия удаления – это проблема, связанная с удалением данных из совокупности.

Нормализация в этом случае – это процесс разбиения или декомпозиции исходного отношения на несколько отношений с целью устранения нежелательных функциональных зависимостей, приводящих к возникновению избыточности хранения информации и аномалиям добавления, удаления, обновления.

Информационная избыточность является отрицательным фактором, влияющим на целостность базы данных, вынуждающим приводить базы данных к нормальной форме.

Цель нормализации: исключение избыточного дублирования данных, которое является причиной аномалий, возникших при добавлении, редактировании и удалении информации.

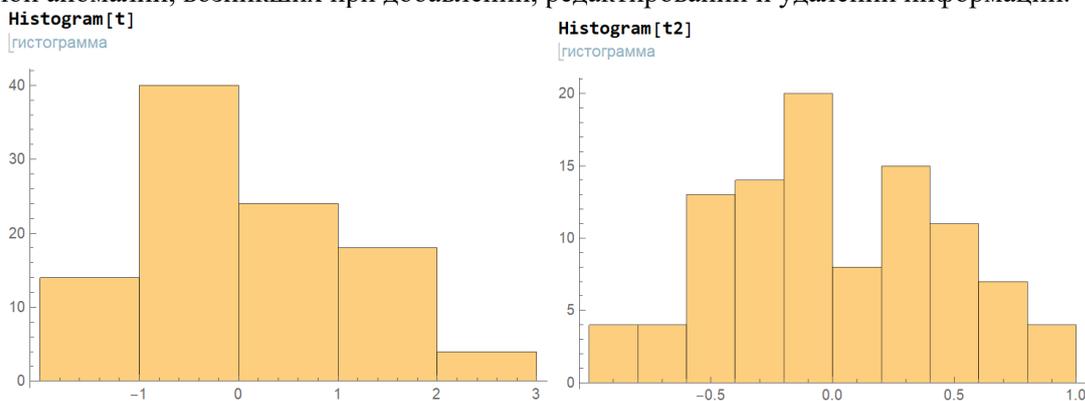


Рис. 1. Результат нормализации выборки

Для выборки также можно провести нормализацию, что позволит преобразовать данные к некоторым безразмерным величинам. Это позволит сравнивать различные данные после приведения их к единому виду. Для кластеризации данных используется следующий подход: вычитаем из текущего вектора данных среднее значение выборки и делим его на максимальное значение выборки. Полученный вектор является результатом смещения данных и последующего их масштабирования.

Литература

1. Чигарина, Е. И. Базы данных: учеб. пособие / Е. И. Чигарина. – Самара: Издво СГАУ, 2015. – 208 с.

УДК 004.94

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ МЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПАКЕТЕ MATHCAD

Студент гр. 11307122 Добровольская Е. Д.

Кандидат техн. наук, доцент Бокуть Л. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В медицине статистика – один из многих инструментов анализа и дальнейшей обработки клинических исследований и полученных экспериментальным путем данных, а также язык, при помощи которого сообщаются полученные ранее результаты. Математический аппарат достаточно широко применяется как для диагностики и решения классификационных задач, так и для поиска новых закономерностей, постановки новых научных гипотез.

Статистическая обработка медицинских исследований основывается на таком известном положении, что верное для случайной выборки верно и для генеральной совокупности, из которой данная выборка была взята. Чтобы на практике получить из генеральной совокупности случайную выборку, которая будет репрезентативной по отношению к изучаемой популяции, необходимо четко сформулировать цели и строго соблюсти все критерии включения и исключения как в само исследование, так и в статистический анализ.

Методы статистической обработки результатов медицинского исследования можно разделить на первичные и вторичные. Название первичные носят такие методы, с помощью которых можно получить показатели, которые будут напрямую отражать результаты производимых в исследовании измерений. Первичные показатели являются итогом начальной статистической обработки результатов диагностики. К первичным методам статистической обработки относят, например, определение моды и медианы, среднего арифметического, дисперсии.

Вторичными называются такие методы статистической обработки данных, с помощью которых основываясь на первичных данных выявляют находящиеся в них статистические закономерности. С помощью вторичных методов статистической обработки данных можно проверить, опровергнуть или доказать гипотезы, связанные с экспериментальными исследованиями. Эти методы сложнее, чем методы первичной обработки, и требуют хорошей подготовки в области элементарной математической статистики.

К вторичным методам относятся:

- 1) методы сравнения двух или нескольких элементарных статистик (средних, дисперсий и т. п.), относящихся к разным выборкам;
- 2) методы установления статистических связей между переменными (например, их корреляции друг с другом);
- 3) методы выявления внутренней статистической структуры эмпирических данных (например, факторный анализ).

В работе решена задача о пульсе исследуемой и контрольной групп. Выполнена проверка гипотезы о равенстве двух генеральных средних с использованием критерия Стьюдента. Для обработки экспериментальных данных в работе применен пакет Mathcad. Изучена методика анализа экспериментальных данных. Вычислены первичные показатели, такие как среднее арифметическое, среднее квадратическое отклонение, дисперсия, медиана случайных величин X и Y . Вычислены коэффициент линейной корреляции и коэффициент детерминации. Найдены оценки коэффициентов уравнения регрессии. Выполнена проверка адекватности уравнения регрессии с помощью средней ошибки аппроксимации и индекса детерминации. Наиболее адекватное уравнение регрессии получается, если средняя ошибка аппроксимации минимальна, а значение индекса детерминации максимальное. Сделан вывод о целесообразности использования другой регрессионной модели.

Литература

1. Статистические методы обработки данных: практикум / И. А. Кацко [и др.]. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – 89 с.

УДК 628.941

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОСВЕЩЕННОСТИ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ТОЧКЕ ПЛОСКОСТИ, ОСВЕЩАЕМОЙ СВЕТОДИОДНОЙ МАТРИЦЕЙ, ОТ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ МАТРИЦЕЙ И ЛИНЗОЙ

Студенты гр. 11302220 Дубойский Е. В., Ковалёнок И. А., Тарасенко Т. Д.

Кандидат техн. наук ст. преп. Богдан П. С.,

кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Обеспечение достаточной освещенности – важная задача при проектировании. При этом должны соблюдаться требования к уровню освещенности и ее равномерности, регламентируемые ГОСТ Р 55710-2013 [1].

Основным недостатком светодиодных светильников является большая неравномерность освещенности от центра к краям. Одним из способов избавиться от этого недостатка является введение между светильником и освещаемой плоскостью линзы Френеля.

Для исследования зависимости освещенности в центральной точке от расстояния между матрицей и линзой были использованы RGB матрица с числом светодиодов 5×10 и линза Френеля с фокусным расстоянием 20 см. В ходе экспериментов было принято решение взять расстояния между матрицей и линзой равные 1 см, 7 см, 12 см, 15 см, 17 см, 20 см. В каждом случае производилось измерение освещенности в напротив центра матрицы. Расстояние между освещаемой плоскостью и светильником было выбрано равным 66 см.

Результаты измерений приведены на рис. 1.

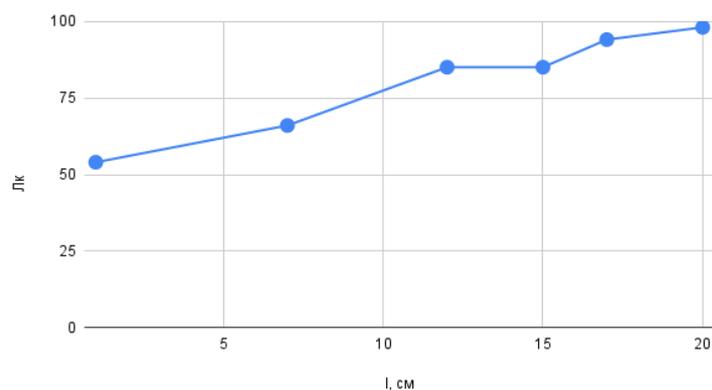


Рис. 1. Зависимость освещенности в центральной точке от расстояния между матрицей и линзой:
 X – расстояние между матрицей и линзой; Y – освещенность в центральной точке

Анализ диаграммы показывает, что зависимость освещенности в центральной точке от расстояния между матрицей и линзой носит линейный характер и возрастает с увеличением расстояния. В тоже время эксперименты показали, что при этом падает равномерность освещенности, поэтому геометрические параметры осветительной системы следует оптимизировать с учетом ГОСТ Р 55710-2013.

Литература

1. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений: ГОСТ Р 55710-2013.

УДК 004.942

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ОГРАНКИ САМОЦВЕТНОГО КАМНЯ В ПАКЕТЕ
3D ДИЗАЙНА «BLENDER»**

Студентка гр. 11309122 Дудик С. А.

Магистр пед. наук, ст. преподаватель Кондратьева Н. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Основной задачей 3D-моделирования является полное представление о несуществующем на данный момент объекте. Его часто применяют для создания новых видов продукции, если имеющееся двумерное изображение объекта является недостаточным для реализации поставленных целей, также 3D-модель необходима и для презентации будущего изделия. Создание объемного зрительного образа имеет большое значение в сфере архитектуры, строительства, дизайна [1]. Однако моделирование является очень отрудоемким и сложным процессом, для которого необходим структурированный подход к работе и четкое планирование.

Blender является свободным и открытым программным обеспечением для создания трехмерной компьютерной графики, которое включает в себя средства моделирования, скульптинга, анимации, симуляции, рендеринга, постобработки и монтажа видео со звуком. Он представляет собой отличную альтернативу дорогостоящим приложениям.

В современном мире ювелирам больше не приходится самостоятельно придумывать и вручную делать каждое изделие, ведь сейчас огромное количество программ для 3D дизайна. С их помощью специалист может создать в программе модель готового изделия, скорректировать некоторые недочеты и довести картинку до идеала.

При создании модели учитываются требуемые параметры, а именно: фактура, размер украшения вид расходного материала, цветовое решение, а также необходимостью выполнения украшения полудрагоценными или драгоценными камнями [2]. Вначале была создана форма огранки самоцветного камня «Капля» и составные части сережек (швенза и основание), после этого создавалась ювелирная шкатулка и подушечка, а также наложение текстур, постановка света и настройка прозрачности камня. Завершающим этапом стало соединение элементов и помещение сережек в шкатулку [3].

В пакете 3D моделирования «Blender» была создана модель сережек с формой огранки «Капля» и модель шкатулки для них (рис. 1).

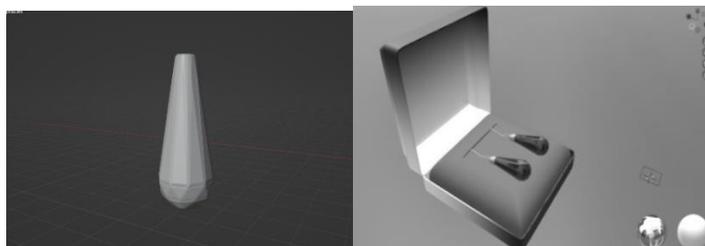


Рис. 1. Модель сережек с формой огранки «Капля» в ювелирной шкатулке, выполненная в пакете 3D-моделирования «Blender»

При создании данной модели использовались такие функции Blender, как Shading Modeling, Sculpting, Layout, а также такие инструменты, как Нож, Фаска, Настройка полигонов, Экструдирование участков, Line project, Vox trim, Логический модификатор, Создание текстур, градиента и многое другое. В итоге моделирования получена дизайн модели сережек с огранкой формой «Капля» в ювелирной шкатулке.

Литература

1. Аверченков, А. В. Технология трехмерного моделирования и текстурирования объектов в Blender 3D. / А. В. Аверченков. – М.: Недра, 2019. – 143 с.
2. Мазамаева, С. А. Исследование процесса изготовления ювелирной вставки из синтетического алмаза, полученного методом НРНТ / С. А. Мазамаева, А. В. Ножкина. – М.: Высшая школа, 2017. – 528 с.
3. Епифанов, В. И. Технология обработки алмазов в бриллианты / В. И. Епифанов, А. Я. Песина, Л. В. Зыков. – М.: Высшая школа, 1987. – 335 с.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ РЕЗОНАТОРА

Студент гр. 120401 Дулуб Я. В., студент гр. 120411 Абгарян Ж. С.

Кандидат техн. наук, доцент Лихошерст В. В.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Волновой твердотельный гироскоп (ВТГ) относится к гироскопическим приборам и позволяет измерять угловую скорость подвижного объекта. Конструктивно представляет собой металлический резонатор, собственная частота колебаний которого определяет его измерительные характеристики, в частности коэффициент передачи. При изменении температуры резонатора меняется и его собственная частота, что приводит к изменению коэффициента передачи. Для сохранения точности измерения необходимо измерять частоты с высокой точностью и, на основе полученных данных, корректировать величину коэффициента передачи. Таким образом, целью работы является выбор структуры и расчет параметров частотомера. На основании проведенного анализа литературных источников выбран метод обратного счета [1] с аппаратной реализацией на базе микроконтроллера. Структура построения для выбранного метода должна содержать как минимум два счетчика параметры частоты работы и интервалы счета, которых необходимо определить.

Для ВТГ с резонансной частотой равной $f = 5430$ Гц, обеспечение среднего уровня точности требует измерения частоты собственных колебаний Δf с погрешностью не более 0,01 Гц. Расчет среднего значения измеренной частоты $f_{из}$ производится по формуле [1]:

$$f_{из} = (f_э N) / M, \quad (1)$$

где $f_э$ – эталонная частота (частота дискретизации); N – число импульсов входной частоты (соответствует полному числу периодов); M – число импульсов эталонной частоты (целое число с погрешностью определения ± 1).

Таким образом, M с погрешностью измерения ± 1 является основным источником погрешности, поэтому основной задачей является определение значения эталонной частоты $f_э$ и числа периодов входной измеряемой частоты N при которых погрешность измерения будет меньше или равна заданной. На основе (1) выражение для абсолютной погрешности:

$$\Delta f = \max |f - f_{из}| = \max |f - (f_э \cdot N) / (M \pm 1)|. \quad (2)$$

Используя выражение (2), был проведен цикл расчетов, в котором для значения частоты дискретизации из диапазона 1–10 МГц с шагом изменения 1 МГц (ограничение до 10 МГц обусловлено необходимостью проведения дополнительных вычислений), определялось необходимое значение N , обеспечивающее точность измерения и проверялось условие $M \leq 2^{32}$ (максимально возможная величина счета). На основе полученных данных было выявлено, что абсолютная погрешность менее заданной получается при N не меньше 400 и $f_э = 10$ МГц. При этих значениях число полных периодов эталонной частоты составит $M \approx 740000$, т. е. необходимая разрядность счетчика должна быть равна 2^{32} , а частота тактирования вычислительно ядра контроллера должна быть не менее 100 МГц. В результате анализа вариантов универсальных контроллеров наиболее подходящим для решения задачи реализации частотомера является микроконтроллер stm32f407 [2].

В ходе выполнения работы был выбран метод определения частоты, осуществлен расчет параметров и выбран микроконтроллер для аппаратной реализации.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания FEWG-2022-0002.

Литература

1. Касаткин, А. С. Автоматическая обработка сигналов частотных датчиков / А. С. Касаткин. – М.: Энергия, 1966. – 123 с.
2. Техническое описание микроконтроллера STM32F407xx [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/dm00037051.pdf>.

АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕТОДА ИЗОЛИРУЮЩЕГО ЛЕСА

Магистрант Каменко Д. А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Гундина М. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Идея изолирующего леса основана на принципе Монте-Карло: проводится случайное разбиение пространства признаков такое, что в среднем изолированные точки отсекаются от нормальных, кластеризованных данных.

Алгоритм изолирующего дерева заключается в построении случайного бинарного решающего дерева. Корнем дерева является все пространство признаков; в очередном узле выбирается случайный признак и случайный порог разбиения. Критерием останова является тождественное совпадение всех объектов в узле, то есть решающее дерево строится полностью. Ответом в листе, который также соответствует f алгоритма, объявляется глубина листа в построенном дереве.

Утверждается, что аномальным точкам свойственно оказываться в листьях с низкой глубиной, то есть в листьях, близких к корню, когда же для разбиения гиперплоскостями кластера нормальных данных дереву потребуется построить еще несколько уровней.

При «случайном» способе построения деревьев выбросы будут попадать в листья на ранних этапах (на небольшой глубине дерева), т. е. выбросы проще «изолировать». Выделение аномальных значений происходит на первых итерациях работы алгоритма.

Точка данных определяется как выброс, если ее число изоляции ниже порогового значения.

Порог определяется на основе расчетного процента выбросов в данных, что является отправной точкой этого алгоритма обнаружения выбросов.

Воспользуемся библиотекой встроенных данных в систему Wolfram Mathematica.

```
data=ResourceData["Sample Data: Fisher's Irises"][[All,{"PetalLength","SepalWidth"}]]
```

Найдем аномалии:

```
outliers=FindAnomalies[data,Method->"DecisionTree"]
```

Представим графически эти данные:

```
ListPlot[{data,outliers},Sequence[PlotStyle->{Directive[Opacity[0.8],PointSize[0.02]],Directive[Red,PointSize[0.025]]},Frame->True,FrameLabel->{"PetalLength","SepalWidth"},PlotLegends->{"Data","Anomalies"},ImageSize->Medium,AspectRatio->Automatic]]
```

Результат представлен на рис. 1.

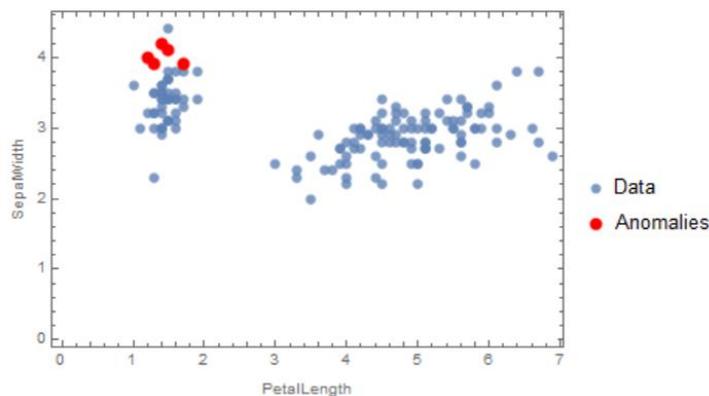


Рис. 1. Графическое представление данных

Алгоритм обладает рядом существенных преимуществ. Алгоритм распознает аномалии различных видов: как изолированные точки с низкой локальной плотностью, так и кластеры аномалий малых размеров. Он не требует существенных затрат по памяти, в отличие от, например, метрических методов, зачастую требующих построения матрицы попарных расстояний. Метод инвариантен к масштабированию признаков; не требует задания метрики или другой априорной информации об устройстве данных.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ОПОРНЫХ ВЕКТОРОВ ДЛЯ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Магистрантка гр. 51335022 Климович Т. А.

Асс. Юхновская О. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В современной зарубежной и отечественной литературе понятие сегментации определяется как первый этап в анализе изображения для разделения его на значимые области [1]. Использование сегментации является решающим шагом во многих приложениях компьютерного зрения, таких как локализация или распознавание объектов, извлечение изображений и сжатие данных.

Такой подход полезен для обнаружения аномалий на изображении. Нехватка примеров для обучения является результатом обнаружения большого количества единиц статистической совокупности, у которых значения анализируемого признака существенно отклоняются от основного набора данных [2].

Рассмотрим применение метода опорных векторов для сегментации изображений на примере компьютерной системы Mathematica, имеющей встроенные функции анализа аномальных значений выборки. Также эта система позволяет обрабатывать массивы большого объема.

Метод опорных векторов применяется для поиска аномалий в системах, где нормальное поведение представляется только одним классом. Данный метод определяет границу области, в котором находятся экземпляры нормальных данных. Если экземпляр оказывается вне этой области, он определяется как аномальный.

Зададим список номеров компонентов, отвечающих за изображение элементов крови (рис. 1).

```
bloodSegments={3,4,8,9}
bloodSegments/.ComponentMeasurements[{img,segments},"MaskedImage"]
```



Рис. 1. Список изображений области интереса

Обучаем систему для получения конечного результата (рис. 2):

```
training=Join[Thread[(bloodSegments/.data)->"Other"],Thread[(otherSegments/.data)->"Oth"]]
cf=Classify[training,Method->"SupportVectorMachine"]
```



Рис. 2. Обработанное изображение

Реализация данного метода основана на предположении о том, что нормальное поведение системы может определяться одним или несколькими классами. Таким образом, экземпляр, не принадлежащий ни к одному из классов, является отклонением, а значит аномалией.

Литература

1. Шалиманов, Д. И. Сегментация изображения / Д. И. Шалиманов, А. А. Коркин // Научные исследования молодых ученых: сборник статей XIX Международной научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «НАУКА и просвещение», 2022. – С. 32–34.

2. Гундина, М. А. Определение аномальных значений с помощью расстояния Махаланобиса / М. А. Гундина, М. Н. Жданович, Д. А. Каменко // Приборостроение-2022: материалы 15-й Международной научно-технической конференции. – Минск: БНТУ, 2022. – С. 241–243.

КИНК ДЛЯ ИСКУССТВЕННОГО АКСОНА

Магистрантка гр. 51335022 Климович Т. А.

Д-р физ.-мат. наук, профессор Князев М. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Искусственный аксон представляет собой динамическую синтетическую структуру, функционирующую подобно нейрону, которая формируется из двойного фосфолипидного слоя, содержащего ионопроводящий канал, и использует ионный градиент через мембрану в качестве источников энергии. Предназначены искусственные аксоны для поддержки потенциала действия. В отличие от реально существующих аксонов, в которых имеются, по крайней мере, два ионопроводящих канала и два противоположно направленных ионных градиента, в искусственном аксоне имеется один канал и один градиент [1].

Простейшая модель, описывающая динамику искусственного аксона, имеет вид [2]:

$$V_t - V_{xx} - 4a[(1 - \alpha)V + \alpha V^2 - V^3] = 0, \quad (1)$$

где $V = V(x, t)$ – электрическое напряжение внутри аксона, параметр $\alpha \leq 1$ определяется как отношение напряжения на контактах к потенциалу Нернста, a – параметр, определяющий потенциальную энергию взаимодействия. Для решения данного уравнения был использован прямой метод Хироты решения нелинейных уравнений в частных производных [3]. В ходе построения решения возникла необходимость в некоторой модификации указанного метода, которая была реализована в соответствии с подходом, развитым в [4].

В общем случае решения уравнения (1) записывается в виде:

$$V(x, t) = \frac{\sigma k}{2} \left[1 + \tanh \left(\frac{kx - \omega t + \eta^0}{2} \right) \right], \quad (2)$$

где $\sigma, k, \omega, \eta^0$ – параметры решения. Без потери общности параметр η^0 может быть принят равным нулю. Остальные параметры определяются следующим образом:

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{2a}}, \omega = -k^2 - 4a(1 - \alpha), k^2 - 2\alpha\sigma k - 2a(1 - \alpha) = 0.$$

Были получены частные решения уравнения (1) при $\alpha = 0$ и $\alpha = 1$. В первом случае $\omega = -k^2 - 4a, k^2 = 2a$. Для второго частного случая $\omega = -k^2, k = 2a\sigma$. Видно, что при $\alpha = 1$ в системе не могут возникать связанные состояния кинков, поскольку параметр k определен однозначно. Фактически формирование связанных состояний определяется потенциальной энергией взаимодействия аксона с окружающей средой. Наличие такой энергии взаимодействия приводит к возможности существования разных значений параметра k и, как следствие, формированию связанных состояний.

Литература

1. Ariyaratne, A. Toward a minimal artificial axon / A. Ariyaratne, G. Zocchi // J. Phys. Chem. B. – 2016. – Vol. 120, no. 26. – P. 6255–6263.
2. Chaikin, P. Principles of condensed matter physics / P. Chaikin, T. Lubenski. – Cambridge University Press, 1995. – 728 p.
3. Абловиц, М. Солитоны и метод обратной задачи / М. Абловиц, Х. Сигур. – Москва: Мир, 1987. – 479 с.
4. Князев, М. А. Кинки в скалярной модели с затуханием / М. А. Князев. – Минск, Тэхналогія, 2003. – 115 с.

УДК628.941

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИНЗ, РАССЕИВАТЕЛЕЙ И ИХ КОМБИНАЦИЙ НА ЯРКОСТЬ СПЕКТРАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ОСВЕЩЕНИЯ

Студенты гр. 11302220 Ковалёнок И. А., Тарасенко Т. Д., Дубойский Е. В.

Кандидат техн. наук ст. преп. Богдан П. С.,

кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Использование в осветительных приборах оптических элементов, таких, как линзы и рассеиватели, оказывает влияние на яркость спектральных составляющих освещения.

Исследование проводилось для 3-х цветов спектра (красный, зеленый, синий) с использованием светодиодной RGB матрицы размером 5×10 светодиодов. Измерения проводились на расстоянии 135 мм от плоскости. Дополнительные оптические элементы устанавливались на расстоянии 40 мм от матрицы. Линза Френеля имела фокусное расстояние 200 мм. В качестве основного показателя использовалось значение освещенности в точке напротив центра матрицы.

Результаты измерений приведены на рис. 1. Освещенность указана в относительных единицах.

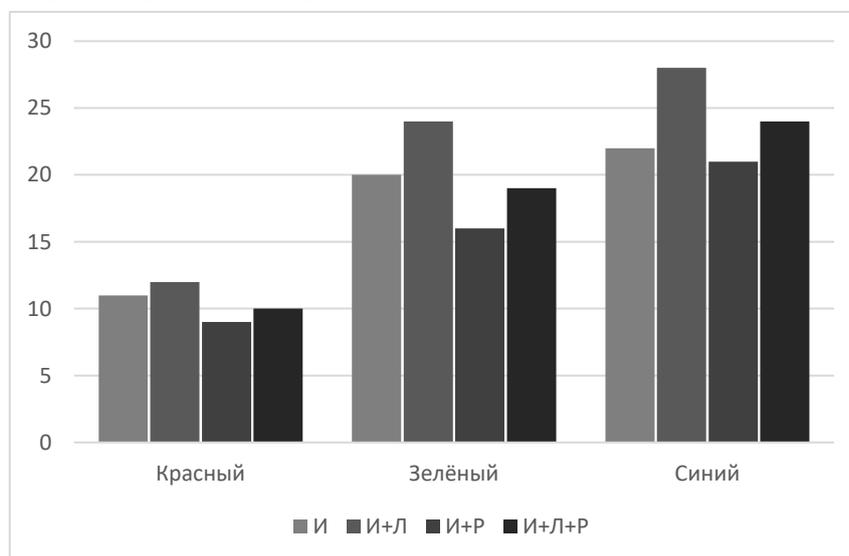


Рис. 1. Диаграмма яркости спектральных составляющих:

И – источник освещения без дополнительных элементов; И+Л – источник с линзой Френеля;

И+Р – источник с рассеивателем; И+Л+Р – источник с линзой Френеля и с рассеивателем

Анализ результатов диаграмм показывает, что при данных линейных размерах использование линзы в системе освещения повышает освещенность в точке напротив центра матрицы для всех спектральных составляющих, использование комбинации «линза-рассеиватель» снижает, использование рассеивателя без линзы снижает еще более значительно.

Сравнение отношений «освещенность с дополнительными элементами» и «освещенность без них» для разных цветов спектра показывает, что они при одинаковых линейных размерах не совпадают для трех источников RGB. Возможны два варианта объяснения такого результата. Во-первых, линза обеспечивает преломление лучей разной длины волны под разными углами, соответственно и разную концентрацию световых лучей с разными длинами волн в центральной части освещаемой плоскости. Процессы похожего характера могут происходить и в рассеивателе. Во-вторых, измерительный фотоприемник имеет разную спектральную чувствительность для каждого из трех RGB светодиодов и соответственно по-разному усиливает сигнал.

УДК 628.941

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМЫ ИЗ ЛИНЗЫ, РАССЕИВАТЕЛЯ И ИХ КОМБИНАЦИЙ

Студенты гр. 11302220 Ковалёнок И. А., Тарасенко Т. Д., Дубойский Е. В.

Кандидат техн. наук, ст. преп. Богдан П. С.,

кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Для исследования влияния линз и рассеивателей на распределение освещенности при использовании светодиодных матриц была использована RGB матрица с числом светодиодов 5×10 . Измерения проводились на расстоянии 135 мм от плоскости матрицы в 5-ти точках напротив соответствующих светодиодов матрицы. Дополнительные оптические элементы устанавливались на расстоянии 40 мм от матрицы. Фокусное расстояние линзы Френеля составляло 200 мм. Результаты измерений в направлении диагоналей матрицы приведены на рис. 1 и рис. 2, значения освещенности приведены в относительных единицах.

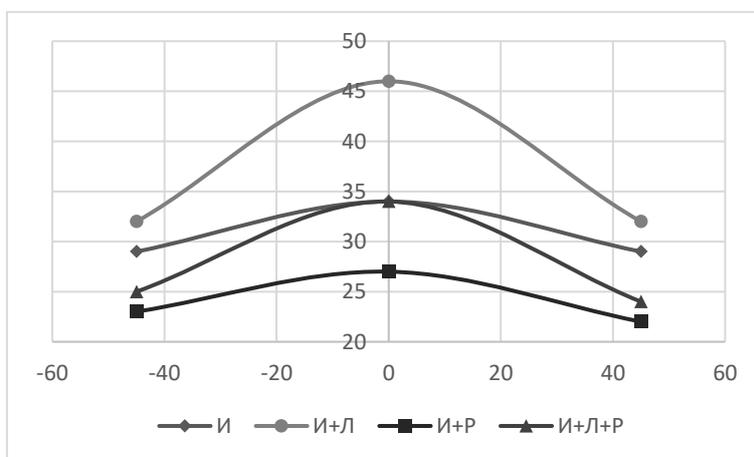


Рис. 1. Распределение освещенности относительно центра по первой диагонали: И – источник освещения без дополнительных элементов; И+Л – источник с линзой Френеля; И+Р – источник с рассеивателем; И+Л+Р – источник с линзой Френеля и с рассеивателем

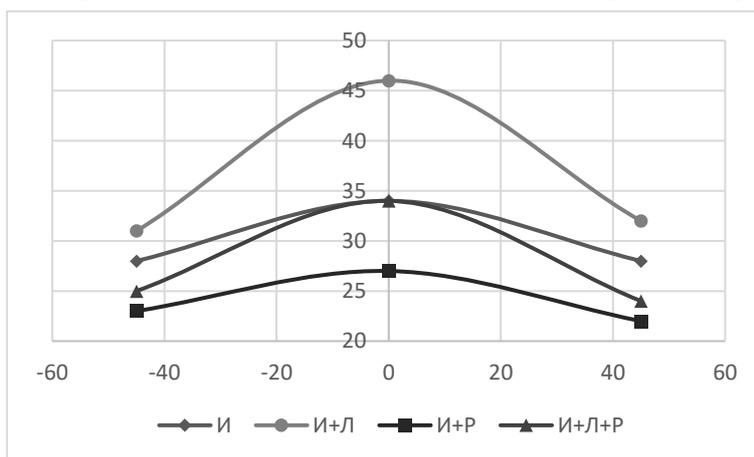


Рис. 2. Распределение освещенности относительно центра по второй диагонали

Анализ диаграмм показывает, что при заданных линейных параметрах включение в состав системы линзы увеличивает освещенность в центре, уменьшая равномерность освещенности, использование рассеивателя, наоборот, уменьшает центральную освещенность, увеличивая равномерность, комбинация линзы с отражателем обеспечила освещенность, соответствующую отсутствию элементов, и уменьшила по отношению к этому варианту равномерность.

РЕАЛИЗАЦИЯ БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ С НАПРАВЛЯЮЩИМИ КОСИНУСАМИ

Лаборант-исследователь ЛИДПИ, СОиН Колесникова А. Г.
Д-р техн. наук, профессор Матвеев В. В.
Тульский государственный университет, Тула, Россия

В авиационной технике широкое распространение получили гироскопические системы ориентации [1]. Гироскопические системы ориентации решают задачу ориентации летательного аппарата, т. е. служат для определения углов рыскания, тангажа и крена в выбранной системе координат.

Если чувствительные элементы гироскопической системы ориентации установлены непосредственно на борту летательного аппарата, а положение его вычисляется относительно осей опорной системы координат, то она называется бесплатформенной системой ориентации (БСО).

Для определения параметров ориентации с помощью направляющих косинусов используется матричное уравнение Пуассона:

$$\dot{\mathbf{A}} = -[\omega \times] \mathbf{A},$$

где $[\omega \times]$ – кососимметрическая матрица, \mathbf{A} – матрица направляющих косинусов.

Откуда могут быть найдены отношения для определения углов рыскания ψ , тангажа ϑ и крена γ по элементам матрицы направляющих косинусов A :

$$\psi = -\arctg \frac{A_{21}}{A_{22}}, \vartheta = \arcsin(A_{23}), \gamma = -\arctg \frac{A_{13}}{A_{33}}.$$

Имитационная модель БСО с направляющими косинусами представлена на рис. 1.

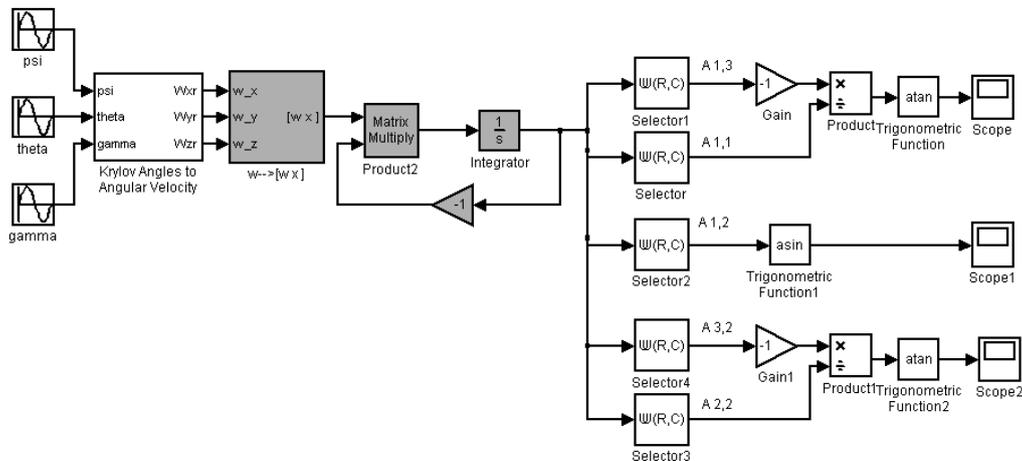


Рис. 1. Имитационная модель БСО с направляющими косинусами

Достоинствами алгоритма БСО можно считать линейность уравнений, которые, кроме того, определены для любых углов рыскания, тангажа и крена.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания (FEWG-2022-0002).

Литература

1. Рахтеенко, Е. Р. Гироскопические системы ориентации / Е. Р. Рахтеенко. – М.: Машиностроение, 1989. – 232 с.
2. Матвеев В. В. Задача ориентации в бесплатформенной инерциальной навигационной системе / В. В. Матвеев, А. Г. Колесникова, Д. С. Стрельцов // Приборостроение-2022: материалы 15-й Международной научно-технической конференции, 16–18 ноября 2022 года, Минск, Республика Беларусь. – Минск: БНТУ, 2022. – С. 49–51.

СИСТЕМЫ СЛЕЖЕНИЯ ЗА ДВИЖЕНИЕМ ЛЕТАЮЩИХ ОБЪЕКТОВ

Магистранты Бойко Ф. В., Кольчевская И. Н.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Кольчевский Н. Н.

Университет академии наук Беларуси, БГУ, Минск, Беларусь

В последнее время во всем мире наблюдается рост интенсивности воздушного движения. Увеличивается дальность полетов. Как правило, они проходят через несколько центров УВД (управления воздушным движением), каждый из которых отвечает за свою зону ответственности и, как правило, не имеет подробной информации о дальнейшем движении ВС (воздушного судна). В связи с чем резко возросла потребность в глобальных системах слеживания за ВС в режиме online. А после нескольких резонансных происшествий с пассажирскими самолетами (крушения самолета авиакомпании Air France, исчезновения пассажирского самолета авиакомпании Malaysia Airlines) ICAO (международная организация гражданской авиации) разработала стандарты отслеживания полетов воздушных судов [1]. По ее предписанию на большинство воздушных судов устанавливаются транспондеры ADS-B OUT.

Одной из основных технологий, которую использует все современные системы слежения для получения данных по полетной информации, является автоматическое зависимое наблюдение в режиме радиовещания (ADS-B Automatic dependent surveillance – Broadcast). Наиболее известная система Flightradar24 [2] имеет крупнейшую сеть ADS-B, в которую входит больше чем 35 000 подключенных приемников. На территории Беларуси их 54. Накопленная в системе информация востребована авиакомпаниями, частными лицами, службами аэропортов и т.д. На рис. 1 представлена, рассчитанная по данным Flightradar24 диаграмма почасовой загрузки (количество вылетов и посадок в час ВС гражданской авиации) в Национальном аэропорту Минск за 14.12.2022. На рис. 2 представлена информация о наиболее популярных рейсах национального аэропорта Минск по данным автоматизированных систем слежения.

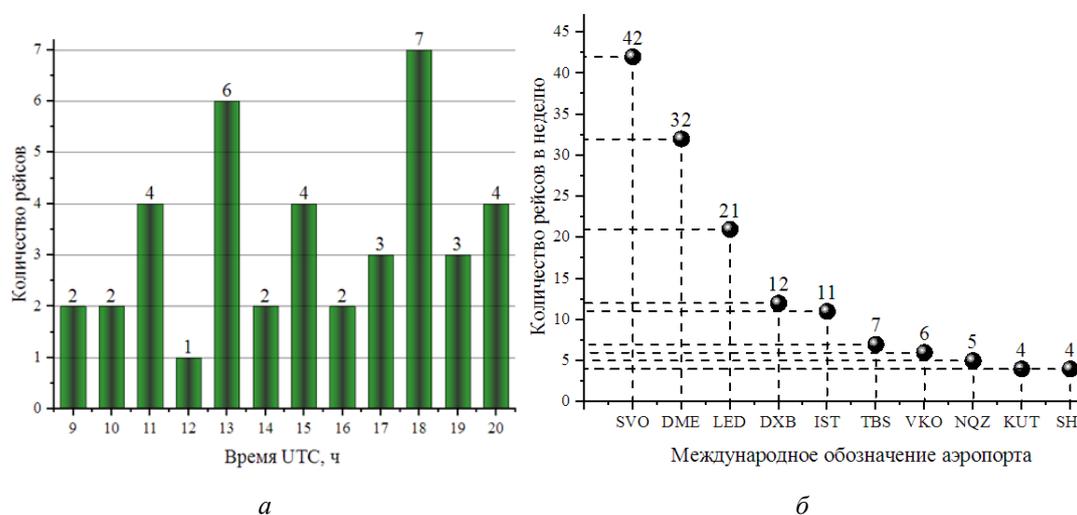


Рис. 1. а – диаграмма почасовой загрузки в Национальном аэропорту Минск за 14.12.2022; б – наиболее популярные маршруты аэропорта Минск по данным <https://www.flightradar24.com/>

Литература

1. Сайт ICAO [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.icao.int>. – Дата доступа: 06.03.2023.
2. Сайт flightradar24.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.flightradar24.com>. – Дата доступа: 06.03.2023.

ОБНАРУЖЕНИЕ ГРАНИЦ ОБЪЕКТОВ МЕТОДОМ РАЗНОСТНОЙ СЪЕМКИ

Магистрант Кольчевская И. Н.

Кандидат физ.-мат. наук, Дудчик Ю. И., кандидат физ.-мат. наук, доцент Кольчевский Н. Н.
НИИ ПФП им. А. Н. Севченко, БГУ, Минск, Беларусь

Для получения изображений слабопоглощающих рентгеновское излучение объектов используется метод разностной съемки [1]. Метод разностной съемки направлен на обнаружение границ объектов, которые существенно изменяют пропускание при угловом повороте объекта. Этот принцип был заложен в основу программы «X-ray Vox», которая моделирует процесс прохождения рентгеновских лучей, через объект при заданном угле поворота. Программа вычисляет распределение интенсивности рентгеновского излучения на детекторе в зависимости от угла поворота объекта (рис. 1). Расчет распределения интенсивности излучения на детекторе $I(x,y)$ после прохождения рентгеновского излучения через объект произведен по формуле:

$$I(x, y) = I_0 e^{-\mu(\lambda) \cdot D(a_x, a_y, a_z, x_0, y_0, z_0, \alpha, \beta, \gamma)}, \quad (1)$$

где I_0 – интенсивности источника излучения, $\mu(\lambda)$ – коэффициент поглощения материала объекта в зависимости от длины волны излучения λ , $D(a_x, a_y, a_z, x_0, y_0, z_0, \alpha, \beta, \gamma)$ – толщина объекта по направлению вектора (a_x, a_y, a_z) при повороте относительно оси (x_0, y_0, z_0) на угол (α, β, γ) .

$D(a_x, a_y, a_z, x_0, y_0, z_0, \alpha, \beta, \gamma)$ – проективная толщина объекта вычисляется на основе координат границ $F(x, y, z)$ представляющих множество точек принадлежащих границе $\{\{x_i, y_i, z_i\}\}$. Поворот объекта определяется оператором поворота $R(x_0, y_0, z_0, \alpha, \beta, \gamma)$ и определяет новое множество координат границ объекта $\{X_j, Y_j, Z_j\}$:

$$F = \{\{x_i, y_i, z_i\}\};$$

$$\{X_j, Y_j, Z_j\} = F \cdot R(x_0, y_0, z_0, \alpha, \beta, \gamma). \quad (2)$$

На рис. 1 показаны результаты расчета для объекта в виде однородной квадратной пластинки (рис. 1, а). При повороте объекта толщина объекта меняется, и проекционная форма объекта будет представлять собой трапецию (рис. 1, а). Распределение интенсивности на детекторе в зависимости от коэффициента поглощения показаны на рис. 1, б. Результат разностной съемки ΔI с пиками, определяющими границы объекта, показан на рисунке 1, в.

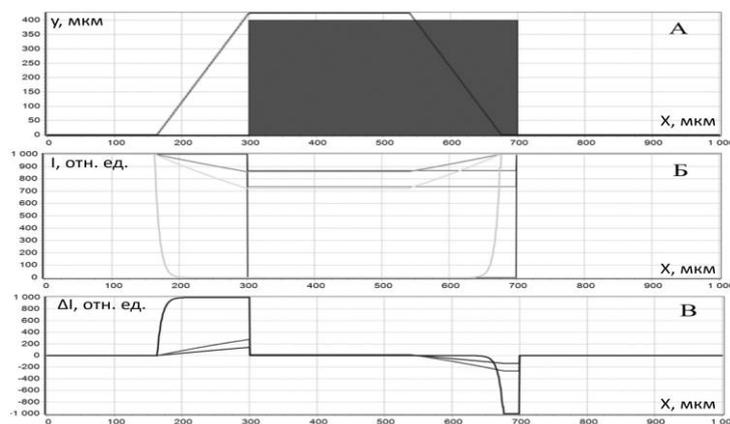


Рис. 1. Результат работы программы «X-ray Vox»:

а – зависимость толщины квадратного объекта при повороте от координаты; б– зависимость интенсивности рентгеновского излучения на детекторе; в – результат разностной съемки

Литература

1. Дудчик, Ю. И. Цифровая рентгенография слабопоглощающих рентгеновское излучение объектов / Ю. И. Дудчик, А. А. Субач // Приборостроение-2022: материалы 15-й Международной научно-технической конференции, 16–18 ноября 2022 года, Минск, Республика Беларусь / редкол.: О. К. Гусев (председатель) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2022. – С. 22–23.

УДК 681.7.056

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЮСТИРОВКИ РЕНТГЕНОВСКОЙ ЛИНЗЫ

Студенты Косенко А. Д., Мозгалев С. В., Трапенко Н. В., магистрант Кольчевская И. Н.
Кандидат физ.-мат. наук, Дудчик Ю. И., кандидат физ.-мат. наук, доцент Кольчевский Н. Н.
НИИ ПФП им. А. Н. Севченко, БГУ, Минск, Беларусь

Автоматические системы юстировки рентгеновской линзы удаленного управления необходима для реализации методов цифровой рентгенографии, топографии, сканирующей микроскопии. Возможность удаленного управления объектом без прямого участия человека важна в экспериментах с ионизирующими излучениями, позволяет сократить время экспериментов.

Модель системы автоматической юстировки рентгеновской линзы спроектирована в программе Компас-3D v20 для юстировки рентгеновских линз с точностью до 0,01 градуса. Система предназначена для закрепления на оптическом рельсе, на который фиксируется неподвижная платформа цилиндрической формы радиусом 75 мм (рис. 1, эл. 1). Неподвижная платформа включает в себя вставки для шагового мотора NEMA17 (рис. 1, эл. 2), электронного блока и втулки для установки упорного шарикового подшипника ГОСТ 8112 (511120) (рис. 1, эл. 4) на который устанавливается горизонтальная цилиндрическая шестерня ($D = 130$ мм, где D – диаметр основной окружности шестерни) (рис. 1, эл. 5). Ведущая шестерня ($D = 10$ мм) крепится на вал шагового мотора (рис. 1, эл. 3) и становится в сцепление с горизонтальной шестерней. Для обеспечения автоматической транспортировки рентгеновской линзы в зону и из зоны эксперимента необходимо обеспечить перемещение в плоскости перпендикулярной направлению оптического рельса. Это обеспечивается подвижным рельсом и платформой, на которую установлен шаговый мотор с шестерней (рис. 1, эл. 6). Шестерня обеспечивает сцепление с гребенкой, расположенной на подвижном рельсе. Вращение шагового мотора и приводит к перемещению линзы из геометрического центра горизонтальной шестерни к его границе. Для обеспечения поворота линзы в вертикальной плоскости на подвижную платформу устанавливается стойка с валом (рис. 1, эл. 8), на который с помощью двух шариковых подшипников (рис. 1, эл. 9 и 10) крепится шестерня ($D = 100$ мм) (рис. 1, эл. 11). В центре шестерни на стойке крепится цилиндрическая рентгеновская линза. Поворот шестерни вокруг своей оси обеспечивает шаговый мотор (рис. 1, эл. 7) с шестерней ($D = 100$ мм), который крепится на вертикальную стойку.

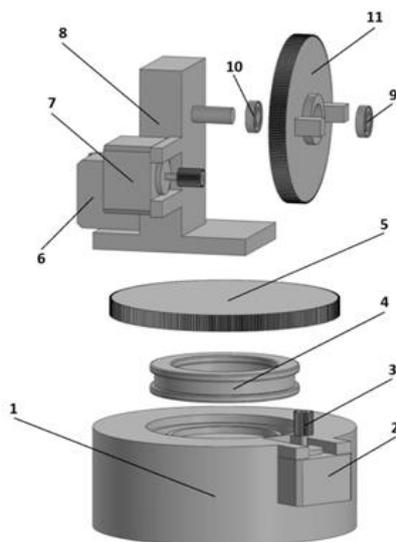


Рис. 1. Модель системы автоматической юстировки рентгеновской линзы

Литература

1. Дудчик, Ю. И. Цифровая рентгенография слабопоглощающих рентгеновское излучение объектов / Ю. И. Дудчик, А. А. Субач // Приборостроение-2022: материалы 15-й Международной научно-технической конференции, 16-18 ноября 2022 года, Минск, Республика Беларусь / редкол.: О. К. Гусев (председатель) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2022. – С. 22–23.

УДК 004

АНОМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ В ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Студент гр. 11307122 Мангутова Е. А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Гундина М. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Пусть с помощью некоторой информационно-измерительной системы производятся измерения текущих значений некоторого физического параметра $\lambda(t)$ как функции времени. Измерения могут проводиться непрерывно или с некоторым шагом T_0 дискретности по времени (рис. 1).

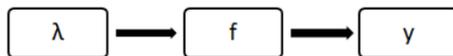


Рис. 1. Схема системы

Информационно-измерительные системы – это совокупность функционально объединенных измерительных, вычислительных и вспомогательных устройств, соединенных между собой каналами связи и обеспечивающие получение результатов измерений разнородных величин, их совместную обработку и выдачу результатов измерений в различных шкалах.

Результаты измерений $y(t)$ на выходе системы, соответствующие значением $\lambda(t)$ на входе, будут отличаться от них на значение погрешности системы $\varepsilon(t)$, которая образуется из многочисленных компонентов, обусловленных различными звеньями системы и различными физическими происхождением.

Случайный процесс $y(t)$ на выходе информационно-измерительной системы на определенном интервале наблюдения T может быть представлен в виде функции F , аргументами которой является полезный измерительный процесс $\Lambda(t)$ и процессы $E_n(t)$ и $E_{ан}(t)$, характеризующие соответственно нормальные и аномальные погрешности.

Процессы $\Lambda(t)$, $E_n(t)$ и $E_{ан}(t)$ обычно можно считать взаимно статистически независимыми.

Статистически независимые события называются события (A) и (B) , которые удовлетворяют равенству $P(A|B) = P(A)$, т. е. условная вероятность события (A) в предположении, что произошло событие (B) , равна просто безусловной вероятности события (A) .

Если не учитывать E_n и $E_{ан}$, статистические оценивания параметров распределения $\Lambda(t)$ могут привести к ложным результатам.

$$Y(t) = F(\Lambda, E_n, E_{ан})$$

Пусть $\omega(E_n)$, $\omega(E_{ан})$, $\omega(E_z)$ – плотности распределения вероятности соответственно нормальной, аномальной составляющей и суммы E_z .

Тогда распределения $\omega(E_z)$ суммы нормальной и аномальной составляющих может представлять собой как композицию двух законов распределения.

$$\omega(E_z) = \begin{cases} \omega(E_n), & |E_z| < |E_{ан}|_{min} \\ \omega(E_{ан}), & |E_z| \geq |E_{ан}|_{min} \end{cases}$$

где $|E_{ан}|_{min}$ – значение погрешности, начиная с которой она считается аномальной.

УДК 620.179.14

МАГНИТНЫЙ КОНТРОЛЬ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Магистрант гр. 513150 Масауд М.

Кандидат техн. наук Бурак В. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Для изготовления некоторых режущих инструментов (ножниц, ножей, долот, стержневых стоматологических инструментов и др.) применяют стали У7А, У8А, У10А, У12А, поставляемую по ГОСТ 1435-74. Для медицинских инструментов инструментальная сталь применяется

в упрочненном, то есть в закаленном и отпущенном состоянии. Закалка этих марок сталей осуществляется нагревом до 800–840 °С с последующим охлаждением в воде, водном растворе соли, щелочи или масле. Отпуск заготовок из медицинских марок сталей проводится нагреванием до 140–200 °С в зависимости от требуемой твердости.

Для получения качественного инструмента для медицинских целей важно гарантировать качество изготовления этого инструмента на всех стадиях, начиная с обеспечения требуемых механических свойств и структурного состояния заготовок.

Были проведены исследования, в основу которых на работах [1] подтверждающие, что импульсный магнитный метод неразрушающего контроля позволяет оценить пригодность заготовок для медицинского инструмента из инструментальных углеродистых сталей. Было установлено, что при намагничивании в проходном датчике импульсным полем, приводящем цилиндрические заготовки до состояния, близкого к техническому насыщению, величина коэрцитивной силы H_c позволяет выявить структурное состояние заготовок медицинского инструмента с недостатками, характерными для недостаточно высокой температуры закалки или отпуска после закалки.

С ростом температуры закалки значение коэрцитивной силы H_c резко возрастает (рис. 1), пока не достигнет температур, при которых в материале происходят основные структурные превращения и появляется мартенсита. При дальнейшем увеличении температуры нагрева под закалку заготовок для медицинских инструментов не приводит к значительным изменениям величины этой магнитной характеристики.

Величина коэрцитивной силы для заготовок из инструментальных сталей сначала резко уменьшается, пока температура нагрева при отпуске не достигнет 500 °С, а затем практически не изменяется.

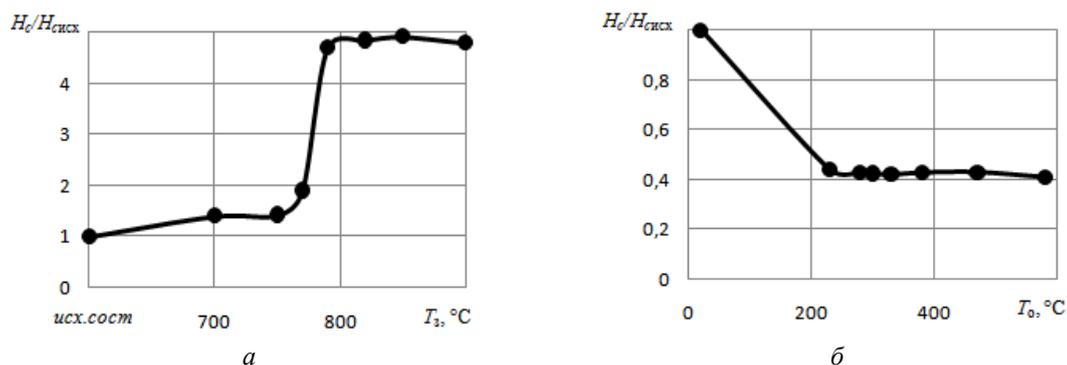


Рис. 1. Зависимость величины коэрцитивной силы H_c заготовок медицинских инструментов из инструментальной стали от температуры закалки (а) и температуры отпуска (б)

Литература

1. Короткевич, З. М. Информативные параметры для магнитного контроля качества закалки инструментальной углеродистой стали У8А / З. М. Короткевич. – Неразрушающий контроль и диагностика. – 2012. – № 2. – С. 17–28.

УДК 004

АНОМАЛЬНЫЕ ПОГРЕШНОСТИ

Студент гр. 11307122 Николаева Ю. Г.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Гундина М. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

С точки зрения достоверности измерений погрешности подразделяются на две группы: нормальные и аномальные.

Нормальные погрешности – это сравнительно небольшие, чаще всего допустимые погрешности, возникающие под действием многих факторов и обычно описываемые гауссовскими или какими-то другими известными законами распределения.

Аномальные погрешности – это аномально большие погрешности. Они присутствуют лишь в некоторых результатах измерений, с определенной вероятностью, но могут принимать большие

значения. Распределение величины аномальных погрешностей обычно отличается от гауссовского и в общем случае может быть неизвестно.

Для построения гистограммы и графика плотности может быть использована система Wolfram Mathematica. Результат выполнения этой команды представлен на рис. 1.

```
Show[hist,Plot[{PDF[edist,Quantity[x,"% "]],PDF[LogisticEstimate,Quantity[x,"% "]]},{x,-10,12},PlotStyle->Thick,PlotRange->All,PlotLegends->{"Fit with normal distribution","Fit with logistic distribution"}]]
```

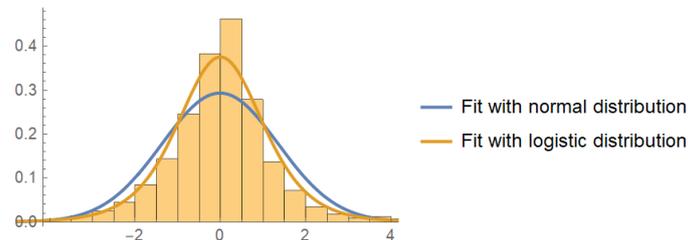


Рис. 1. Гистограмма и график нормального и логистического распределения

Нормальными являются погрешности, не выходящие из области сигнального пика распределения или по абсолютному значению не превышающие интервал корреляции сигнала.

Соответственно под аномальными понимается погрешности, превышающие по абсолютному значению интервал корреляции. Корреляция – это показатель, который выражает взаимосвязь между объектами или событиями.

Формула расчета корреляции:

$$r = \frac{(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sigma_x \sigma_y}$$

На рис. 2 представлены различные значения корреляций для разного распределения данных.

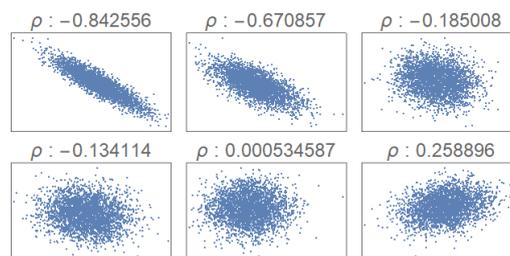


Рис. 2. Значения коэффициента корреляции для разных выборок

Данная компьютерная система позволяет представить данных в простой форме для их дальнейшей обработки.

Литература

1. Фомин, А. Ф. Обработка аномальных результатов измерений / А. Ф. Фомин, О. Н. Новосёлов, А. В. Плющев. – М.: Энегатоиздат, 1985. – 200 с.

УДК 531

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ДЛЯ ПРЕДСКАЗАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ СПОРТИВНЫХ ИГР

Студент гр. 11312120 Паршин П. С.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Прусова И. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Теория вероятностей – это раздел математики, изучающий закономерности случайных явлений: случайные события, случайные величины, их свойства, операции над ними.

При изучении различных явлений, особенно такого многообразного как спорт, учитываться должны не только основные факторы, но и второстепенные, обилие которых может привести к множеству случайных событий.

По формуле Байеса можно более точно пересчитать вероятность, беря в расчет как ранее известную информацию, так и данные новых наблюдений. Формула Байеса позволяет «переставить причину и следствие»: по известному факту события вычислить вероятность того, что оно было вызвано данной причиной. События, отражающие действие «причин», в данном случае называют гипотезами, так как они, предполагаемые события, повлекшие данное.

В данной работе будет рассматриваться применение теоремы английского ученого Томаса Байеса, которая была доказана в XVIII веке. Теоремы Байеса – это количественный закон теории вероятности, регулирующий изменение вероятностных убеждений в ответ на наблюдение новых свидетельств.

В основе данного анализа лежит следующая формула:

$$P(B_i|A) = \frac{P(A|B_i)P(B_i)}{\sum_{j=1}^n P(A|B_j)P(B_j)},$$

где $P(A)$ – вероятность события A , $P(A|B)$ – вероятность события A при наступлении события B , $P(B|A)$ – вероятность наступления события B при истинности события A , $P(B)$ – вероятность наступления события B .

Давайте рассмотрим использование формулы Байеса на конкретном примере. Предположим, что в следующем матче какой-либо игры встречаются фаворит и аутсайдер. Если букмекер рассчитал, что вероятность победы более сильной команды составляет 60 %. Одним из важных моментов является потенциальное участие ключевого игрока команды фаворита, который не играл в предыдущих матчах, но именно он является лучшим.

Человек, просчитывающий точную победу, понимает, что этот фактор повлияет на расклад игры, а значит, его необходимо учитывать. Чтобы узнать насколько, нужно для начала определить варианты появления его в матче, делать это нужно досконально. После этого необходимо изучить статистику команды с ключевым игроком в основе и без него, это покажет его вклад и поможет в расчетах. Представим, что вероятность появления на поле игрока составляет 65 %, а команда побеждает с ним в основе в 75 % матчей. Теперь подставляем полученные значения в нашу формулу и получаем следующее:

- $P(A)$ – вероятность победы фаворита = 60 %;
- $P(B)$ – вероятность выхода лучшего игрока = 70 %;
- $P(B|A)$ – вероятность победы фаворита, когда играет ключевой игрок = 75 %.

Производим расчеты: $(60 \% \cdot 75 \%) / 70 \% = 64,3 \%$. После расчетов становится ясно, что, если главный игрок команды играет, вероятность победы фаворита увеличивается на 4,3 % и теперь составляет 64,3 %. С учетом этой новой цифры мы получаем разницу и так же понимаем, как сильно, либо незначительно могут повлиять различные факторы.

Литература

1. Scheg12g – Наглядное объяснение теоремы Байеса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lesswrong.ru/w/>.
2. Письменный, Д. Т. Конспект лекций по теории вероятностей, 2008.
3. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В. Е. Гмурман. – М.: Высшее образование, 2005. – 52 с.

УДК 531.381

МОДАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОДНООСНОГО ГИРОСТАБИЛИЗАТОРА

Магистрант гр. 140821/15 Пузовиков Д. А.

Кандидат техн. наук, доцент Погорелов М. Г.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Современная теория линейных систем автоматического управления основана на использовании метода пространства состояний. От традиционных методов исследования (частотного, корневых годографов) его отличают принципиально новые возможности, что позволяет, например, судить, достижима ли цель управления (управляемость объекта), определять необходимый состав измерителей (наблюдаемость объекта), синтезировать управление на все входы

многомерного объекта и др. Среди различных направлений теории систем, основанных на методе пространства состояний, можно выделить метод модального управления, т. е. метод формирования цепей обратных связей, придающих замкнутой системе заранее выбранное распределение корней, например, в виде стандартных полиномов Ньютона, Баттерворта, Бесселя и т. д.

Решение задачи стабилизации объекта методом модального управления состоит в решении алгебраического матричного уравнения типа Сильвестра относительно матрицы M с последующим вычислением искомой матрицы линейных стационарных обратных связей K при помощи второго уравнения выражения:

$$\begin{cases} BH = MG - AM, \\ K = -HM^{-1}, \end{cases} \quad (1)$$

где A – матрица, определяющая динамические свойства объекта управления, размерностью $n \times n$; B – матрица входа управляющих воздействий размерностью $n \times m$; G – матрица, определяющая требуемые динамические свойства системы, размерностью $n \times n$; H – матрица выхода эталонной модели, размерностью $m \times n$; K – матрица линейных стационарных обратных связей размерностью $m \times n$, элементы которой определяют коэффициенты обратных связей по соответствующим переменным вектора ошибки.

Для одноосного гиросtabilизатора, структура которого приведена в [1], матрицы A , B и C пространства состояния в общем виде будут иметь вид:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{K_X K_A}{A} & -\frac{K_X K^* + b_X}{A} \end{pmatrix}; B = \begin{pmatrix} 0 \\ -\frac{K_X}{A} \end{pmatrix}; C = (1 \quad 0). \quad (2)$$

Целью проводимой работы является обеспечение требуемых динамических качеств системы: времени переходного процесса t_{Π} [с] и перерегулирования выходной величины σ [%].

Применяемая методика позволяет, используя средства компьютерного моделирования, быстро осуществлять исследование системы в разных условиях и осуществлять перерасчет параметров модального регулятора для заданных показателей качества.

Литература

1. Матвеев, В. В. Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации на МЭМС-датчиках / В. В. Матвеев, В. Я. Распопов. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. – 225 с.

УДК 519.25

КОРРЕЛЯЦИЯ ПРОФОРИЕНТАЦИОННОЙ РАБОТЫ И ПОСТУПЛЕНИЯ АБИТУРИЕНТОВ НА ПСФ

Студент гр. 11310121 Снежко М. В.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е. Н., магистр пед. наук,
ст. преп. Кондратьева Н. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В течение почти всего учебного года студенты и преподаватели БНТУ в целях профориентации посетили более 60 учебных заведений – школ, лицеев, гимназий, колледжей – в 35 населенных пунктах Беларуси (не считая столичных учебных заведений). Среди них – 24 города (включая один областной центр и крупные города, которые не являются областными центрами), 5 агрогородков, 4 городских поселка и 2 деревни. Численность населения населенных пунктов, посещенных с целью профориентации, варьируется от 450 жителей (агродорок Заболотье Дзержинского района Минской области) до 350 тыс. жителей (г. Могилев). Представителями БНТУ были посещены учебные заведения всех областей республики, большая часть из которых приехала на Минскую и Брестскую области (11 и 7 населенных пунктов соответственно). По пять населенных пунктов приходится на Витебскую и Могилевскую области, 4 – на Гомельскую и 3 – на Гродненскую.

В Минской области с целью профориентации были организованы встречи с абитуриентами в учебных заведениях Борисова, Жодино, Любани, Молодечно, Слуцка, Солигорска, Фаниполя, в

поселке Плещеницы, агрогородках Заболотье и Лошница и деревне Боровляны. Почти в каждом из перечисленных населенных пунктов оказались студенты, поступившие в БНТУ – 299 человек. Большая часть из них пришла на Солигорск (72), Борисов (56), Слуцк (45) и Молодечно (44), причем среди поступивших 20 выбрали ПСФ – по 5 из Борисова и Солигорска, по 3 из Любани и Жодина, два из Молодечно и по одному из Боровлян и Фаниполя.

В Брестской области состоялись профориентационные визиты в учебные заведения Пинска, Барановичей, Березы, Лунинца и Жабинки, агрогородка Жемчужный и деревни Семигостици. В каждом из населенных пунктов нашлись абитуриенты, поступившие в БНТУ. Всего – 191 человек (в том числе 84 из Барановичей, 45 из Пинска и 37 из Лунинца), среди них – 13 абитуриентов зачислены студентами на ПСФ (больше всего – 8 человек из Барановичей).

В Витебской области были посещены учебные заведения Орши, Новолукомля, Докшиц, поселка Бегомль и агрогородка Крулевщина. В совокупности на эти населенные пункты пришлось 65 студентов, поступивших в БНТУ (больше всего – 45 человек из Орши), из них 7 – на ПСФ.

В Могилевской области были посещены учебные заведения Могилева, Бобруйска, Горок, Осиповичей и агрогородка Романовичи. Оттуда в БНТУ поступило 205 человек (в частности, 96 из Могилева и 78 из Бобруйска), ПСФ выбрало 19 человек.

В Гомельской области проведена профориентация в Жлобине, Калинковичах, Хойниках, в городском поселке Комарин. В каждом из населенных пунктов нашлись студенты, поступившие в БНТУ – их 37 (сразу 25 – из Жлобина), но выбравших ПСФ среди них не оказалось.

В Гродненской области были посещены школы в городах Слоним и Сморгонь, а также в городском поселке Зельва. Из 60 студентов, поступивших в БНТУ, 27 приходятся на Слоним, 28 – на Сморгонь, еще 5 – на Зельву; при этом 4 студента из Слонима и 1 из Сморгони выбрали ПСФ.

Таким образом, на 35 населенных пунктов, в которых была проведена профориентация, приходится 857 зачисленных студентов, то есть около 25 студентов на один населенный пункт; из 857 студентов приборостроительный факультет выбрали 64 – это около 7,5 % от общего числа.

Всего же в 32 из 35 населенных пунктов, где проводилась профориентация, были абитуриенты, выбравшие в качестве дальнейшего места обучения БНТУ; на 19 из указанных 32 населенных пунктов приходится хотя бы один студент, выбравший приборостроительный факультет.

При этом общее число абитуриентов из Минска, выбравших БНТУ и ПСФ, в частности, равняется 853 и 57 соответственно – то есть, «столичные» и совокупные «провинциальные!» показатели являются сопоставимыми. Наибольшее число студентов, поступивших в БНТУ, пришлось на Минскую (34,9 %), Могилевскую (23,9 %) и Брестскую (22,3 %) области. На них же пришлось и наибольшее количество студентов, выбравших ПСФ (31,25 %, 29,7 % и 20,3 % соответственно).

УДК 531.383

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗОНАНСНОЙ ЧАСТОТЫ КОЛОКОЛООБРАЗНОЙ ОБОЛОЧКИ

Лаборант-исследователь ЛИДПИ, СОиН Стрельцов Д. С.

Д-р техн. наук, профессор Матвеев В. В.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

При проектировании электроники волнового твердотельного гироскопа важно знать собственную частоту колебаний резонатора. В работе представлен способ измерения собственных частот, показан спектр колебаний для стеклянной колоколообразной оболочки диаметром 58 мм.

В экспериментах по контуру оболочки наклеивались два пьезоэлемента. Выходные сигналы пьезоэлементов фиксировались пишущим осциллографом. Собственные частоты оболочки присутствуют в реакции на дельта-функцию Дирака, которая имитировалась импульсным воздействием на оболочку. В результате быстрого преобразования Фурье в двух экспериментах получены амплитудные спектральные характеристики, приведенные на рис. 1. Всплеск характеристики в районе нулевой частоты объясняется постоянной составляющей в выходном сигнале и не представляет интереса для частотного анализа. Три остальных резонансных пика характеризуют собственные частоты оболочки, которые могут быть рабочими при реализации гироскопа.

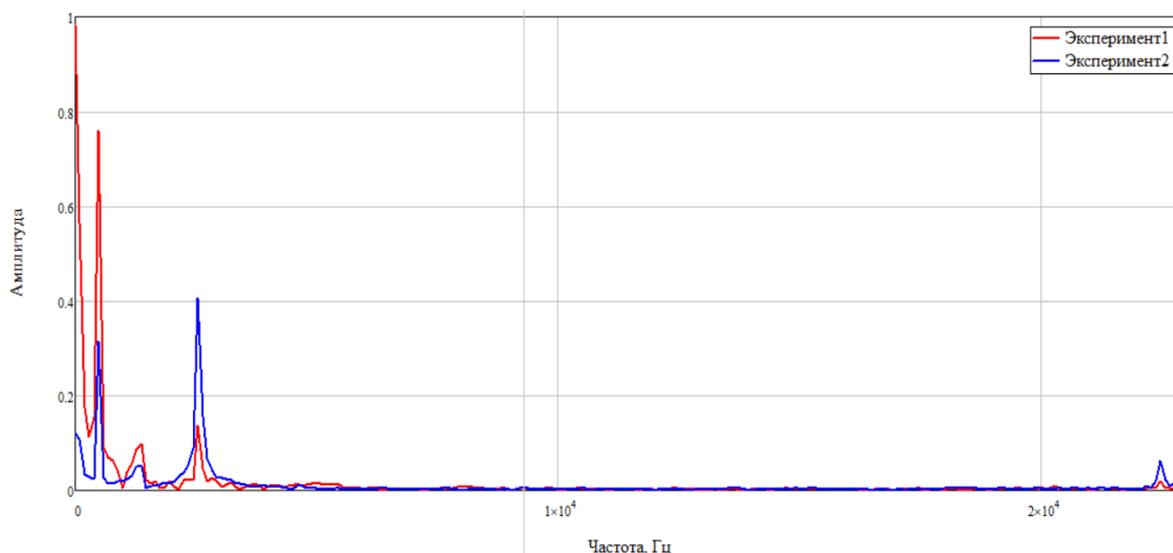


Рис. 1. Спектр собственных колебаний стеклянной оболочки

Для подтверждения результатов экспериментов использовался акустический анализ, для реализации которого применялся направленный генератор звука, действующий на одну из стенок оболочки. Генератор настраивался на частоту, полученную экспериментально и по наличию синусоидального сигнала на пьезоэлементе определялось наличие свободных колебаний. Таким образом, были подтверждены первые 3 резонансные частоты. На одной из них экспериментальный образец должен работать как волновой твердотельный гироскоп [1]. Второй форме колебаний соответствует первая найденная частота. Стоит отметить, что для определения добротности оболочки без каких-либо дополнительных элементов описанный выше способ не подойдет, т. к. пьезоэлементы поглощают часть энергии колебаний. В этом случае следует использовать только акустический анализ.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания (FEWG-2022-0002).

Литература

1. Волновой твердотельный гироскоп с металлическим резонатором; под ред. В. Я. Распопова. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2018. – 189 с.

УДК 535.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ В ПРОГРАММЕ МАТНСАД

Студент гр. 11311122 Суринович Е. И.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Гацкевич Е. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящей работе проведено моделирование интерференции от двух точечных источников света. Рассмотрена интерференционная картина от источников света, имеющих длину волны λ в фиксированный момент времени. Считалось, что источники находятся в плоскости XU и расположены в точках $M_1(a_1, b_1)$ и $M_2(a_2, b_2)$.

Амплитуду световой волны в точке с координатами (x, y) от точечного источника можно записать в виде $S = A \sin(kz + \varphi)$ [1], где A – максимальная амплитуда, $z = \sqrt{x^2 + y^2}$ – расстояние от источника до точки наблюдения, k – волновой вектор, который связан с длиной волны светового излучения соотношением $k = 2\pi/\lambda$, φ – начальная фаза.

Суммарную амплитуду волны от двух источников в точке $z(x, y)$ можно записать в виде:

$$S = A_1 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{(x - a_1)^2 + (y - b_1)^2} + \varphi_1\right) + A_2 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{(x - a_2)^2 + (y - b_2)^2} + \varphi_2\right) \quad (1)$$

При моделировании в Mathcad координатная плоскость разбивалась на точки следующим образом: $x_i = x_0(i - 50)$, $y_j = y_0(j - 50)$, где значения x_0 и y_0 выбирались таким образом, чтобы на координатной плоскости размещалось несколько длин волн, индексы i и j менялись в диапазоне от 0 до 100.

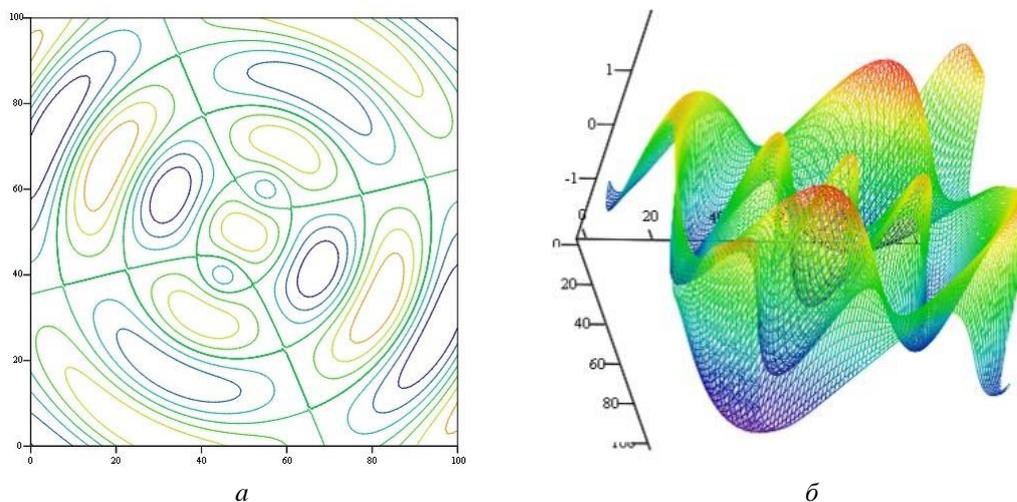


Рис. 1. Пример интерференционной картины для двух точечных источников ($\lambda = 0,6$ мкм (видимый диапазон), $x_0 = y_0 = 0,02$ мкм, $\varphi_1 = \varphi_2 = 0$)

Результаты моделирования интерференционной картины с источниками в точках с координатами $M_1(-0,1;-0,2)$ и $M_2(0,1;0,2)$ приведены на рисунке 1. Рис. 1, *a* построен с использованием инструмента counter plot, а рис. 1, *б* – surface plot. Координатная плоскость соответствует размерам 2×2 (мкм). С помощью инструмента Animation исследованы изменения интерференционной картины в зависимости от амплитуд и сдвига фаз.

Использованный метод моделирования легко расширить на большее количество источников света, а также для другой геометрии. Указанный метод может быть использован в образовательном процессе для наглядной иллюстрации явления интерференции, в частности с использованием инструмента Animation в Mathcad.

Литература

1. Ландсберг, Г. С. Оптика: учеб. пособие: для вузов. – 6-е изд., стереот. / Г. С. Ландсберг. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 848 с.

УДК 534.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ «БИЕНИЕ» В ПРОГРАММЕ MATHCAD

Студент гр. 11311122 Суринович Е. И.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Гацкевич Е. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Явление биения возникает при сложении двух гармонических колебаний с небольшим сдвигом частоты. Амплитуда гармонического колебания изменяется по закону $x(t) = x_0 \cos(\omega t + \varphi)$, где x_0 – максимальная амплитуда, ω – частота, t – текущее время, φ – начальная фаза.

Рассмотрим сложение двух гармонических колебаний со сдвигом по частотам $\Delta\omega$:

$$x(t) = A \cos(\omega t) + B \cos((\omega + \Delta\omega)t) \quad (1)$$

При $A = B$ можно записать выражение для суммарного колебания, используя формулу сложения косинусов [1]. Если амплитуды колебаний не равны, то ситуация усложняется. В настоящей работе проведено моделирование явления биения при сложении колебаний с разными амплитудами в Mathcad. В частности исследовано влияние разности амплитуд и частотного сдвига на период и амплитуду биений.

На рис. 1 представлены результаты моделирования явления биения для различных ситуаций.

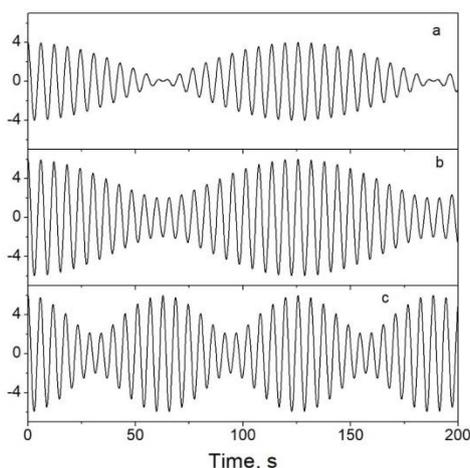


Рис. 1. Иллюстрация явления биения: $a - A = B = 2, \omega = 1$ (рад/с), $\Delta\omega = 0,05$ (рад/с); $b - A = 2, B = 4, \omega = 1, \Delta\omega = 0,05$; $c - A = 2, B = 4, \omega = 1, \Delta\omega = 0,1$

Для более наглядного представления сделаны анимации, из которых видно, как изменяется картина биений при варьировании амплитуд гармонических колебаний и частотного сдвига.

Литература

1. Савельев, И. В. Курс общей физики, том I. Механика, колебания и волны, молекулярная физика / И. В. Савельев. – Издательство «Наука», Главная редакция физ.-мат. литературы. – М., 1973. – 333 с.

УДК 546.28

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЕЙ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ С ЗАТВОРОМ ШОТТКИ

Студент гр.11301122 Сыманович М. П.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Черный В. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Полевые транзисторы с затвором Шоттки (ПТЗШ) на основе GaAs широко используются в радиотехнике на частотах до нескольких десятков ГГц [1, 2]. Этому способствует более простая и доступная технология их производства.

Усилительные свойства ПТЗШ ослабевают при увеличении так называемого паразитного сопротивления затвора R_s . Для его уменьшения используется конструкция прибора, в котором участки истока и стока выполняются утопленными [1, 2].

Таким образом, данные участки удаляются от поверхности, вблизи которой сопротивление материала оказывается повышенным. При выборе оптимальной технологии производства необходимо контролировать данный параметр.

Методы определения величины R_s и величин сопротивления канала R_{ch} и сопротивления стока R_d предложены в работах [1, 2]. Наиболее простым и доступным представляется метод, предложенный в [3]. Величина R_s , согласно данному методу, определяется по экстраполяции линейного участка на ось ординат в зависимости dV_{gs}/dI_d от обратного тока стока $1/I_d$.

$$dV_{gs}/dI_d = R_s + (nkT/I_d),$$

здесь V_{gs} – напряжение между затвором и истоком, n – фактор идеальности барьера Шоттки, k – постоянная Больцмана, T – температура по шкале Кельвина, e – модуль заряда электрона.

Аналогичным путем определяется сопротивление стока R_d из зависимости dV_{ds}/dI_d , от обратного тока стока $1/I_d$.

Кроме того, по линейному участку зависимости I_d от U_d можно определить суммарное сопротивление истока, стока и канала $R = R_s + R_d + R_{ch}$, где R_{ch} – сопротивление канала при отсутствии смещения на затворе. По известным R_s , R_d и R можно определить R_{ch} .

Исследовались транзисторы, полученные путем ионной имплантации атомов кислорода в полупроводящий GaAs. Барьер Шоттки формировался путем нанесения тонкого слоя алюминия.

Для измерений была собрана схема, которая позволяла изменять постоянную и переменную составляющие напряжения на затворе и регулировать их, а также измерять постоянную и переменную составляющие тока стока. Величина производной определялась как отношение переменных составляющих напряжения V_{gd} и тока I_d или переменных составляющих напряжения V_{ds} и тока I_d . Исследовалась группа транзисторов в количестве 10.

Для обработки полученных результатов составлена программа на алгоритмическом языке Pascal ABC с использованием метода наименьших квадратов.

В результате получены следующие результаты.

Сопротивления истока находились в интервале 3,5–5,1 Ом, сопротивления стока в интервале 4,6–7,2 Ом, а сопротивления канала в интервале 2,5–4,1 Ом.

Литература

1. Шур, М. Современные приборы на основе арсенида галлия / М. Шур. – М.: Мир, 1991. – 632 с.
2. Полевые транзисторы на арсениде галлия / под ред. Д. В. Ди Лоренца, Д. Д. Канделуола. – М.: Радио и связь, 1988. – 496 с.
3. Holmstrom, R.P., Bloss W.L., Chi J.Y. / IEEE EDL, 1986, vol. 7, pp. 410–412.

УДК 628.941

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ РАВНОМЕРНОСТИ ОСВЕЩЕННОСТИ ОТ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ СВЕТОДИОДНОЙ МАТРИЦЕЙ И ЛИНЗОЙ

Студенты гр. 11302220 Тарасенко Т. Д., Ковалёнок И. А., Дубойский Е. В.

Кандидат техн. наук, ст. преподаватель Богдан П. С.,

кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Чтобы увеличить равномерность освещенности, создаваемой светодиодными источниками, в осветительную систему можно ввести линзу Френеля. Равномерность можно оценить с использованием коэффициента K равномерности, который рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{E_{\min}}{E_{\max}}, \quad (1)$$

где E_{\min} – минимальное значение освещенности на освещаемой плоскости; E_{\max} – максимальное значение освещенности на освещаемой плоскости.

Очевидно, что коэффициент равномерности освещенности зависит от расстояния между светодиодной матрицей и линзой, а также от расстояния между световым источником и освещаемой плоскостью. Для исследования зависимости равномерности освещения от расстояния между светодиодной матрицей и линзой был проведен следующий эксперимент. Рядом с матрицей с числом светодиодов 5×10 устанавливалась линза Френеля с фокусным расстоянием 20 см. В ходе эксперимента устанавливались расстояния между матрицей и линзой 1 см, 7 см, 12 см, 15 см, 17 см, 20 см. Расстояние между матрицей и освещаемой плоскостью во всех случаях составляло 66 см, что соответствует высоте настольной лампы. Измерения производили в точке напротив центра матрицы и на расстоянии 10 см от центра.

Результаты измерений и вычислений по формуле (1) приведены на рис. 1.

Анализ приведенных на рис. 1 диаграмм показывает некоторые отличия результатов в горизонтальном и вертикальном направлениях, возможно, вызванные погрешностью эксперимента. С увеличением расстояния между линзой и матрицей происходит падение коэффициента равномерности, причем уменьшение коэффициента равномерности по горизонтали изменяется с ростом расстояния сильнее, чем по вертикали. Из диаграмм следует, что наиболее равномерное освещение получается при расстоянии от матрицы до линзы, равном 7 см.

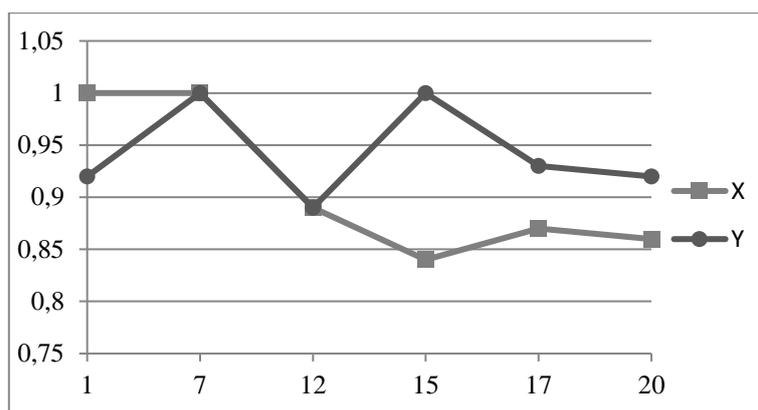


Рис. 1. Зависимость равномерности освещения относительно расстояния между матрицей и линзой:

X – коэффициент равномерности по x ; Y – коэффициент равномерности по y

Результаты эксперимента будут зависеть от фокусного расстояния линзы, а также от расстояния между источником и освещаемой плоскостью, размеров освещаемой плоскости. Поэтому необходимо разработать методику теоретического расчета коэффициента равномерности.

УДК 004.023, 372.853, 372.851, 377.6

ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ В ФИЗИКЕ И МАТЕМАТИКЕ

Магистранты Тиханкова Д. И., Кольчевская И. Н., Жукова М. Н.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Кольчевский Н. Н.

Университет академии наук Беларуси, БГУ, Минск, Беларусь

В инновационном мире активно совершенствуются образовательные методики с применением электронных средств. Сегодня одними из известных образовательных методик являются эвристическое обучение [2], Fishbone, Сингапурская образовательная технология, геймификация, исследовательский метод, обучение у инфлюенсеров и др. Каждый метод содержит свою уникальную методику, направленную на вовлечение в учебный процесс и развития способностей, используя индивидуальные подходы. Fishbone – методический прием, развивающий мышление учащихся, на основе установления причинно-следственных связей. Сингапурская образовательная технология строится на принципах коммуникации и сплочения команды. Геймификация направлена на внедрение интерактива и игр в образовательный процесс, что делает его более интересным, увлекательным и позволяет удерживать внимание учащихся во время занятия. Исследовательский метод обучения, способствует учащимся найти практическое применение теоретических знаний в жизни. Обучение на средствах развлекательных платформ у инфлюенсеров, которые имеют особую популярность в мире, внедрение обучающего контента в медиа пространство позволяет заинтересовать учащихся и преподнести информацию в интерактивной форме. Перечисленные методы используют различные способы реализации обучающего процесса, цель которых в достижении максимального эффекта от процесса обучения, быстром развитии навыков и способностей, формирование мышления.

Для формирования алгоритмического мышления разработана методика обучения символическому языку формул по физике и математике «Азбука физики», «Азбука математики». Методика успешно применяется для подготовки учащихся к ЦТ, олимпиадам на факультативных занятиях в средней школе. Разработаны компьютерные программы и печатные издания. На рис. 1 показана разработанная в PowerPoint система «ePhysics-pro» для обучения и тестирования символического языка формул. Система позволяет изучить, как отдельных разделов физики, так и всех формул для определенного года изучения физики в школе (7–11 класс). Система «ePhysics-pro» позволяет быстро и эффективно проверить знания обучающихся, формировать алгоритмический метод мышления, увеличить скорость запоминания, восприятия и анализа

информации по предмету. Аналогичная система «eMathematics» разработана по предмету «Математика» [1].

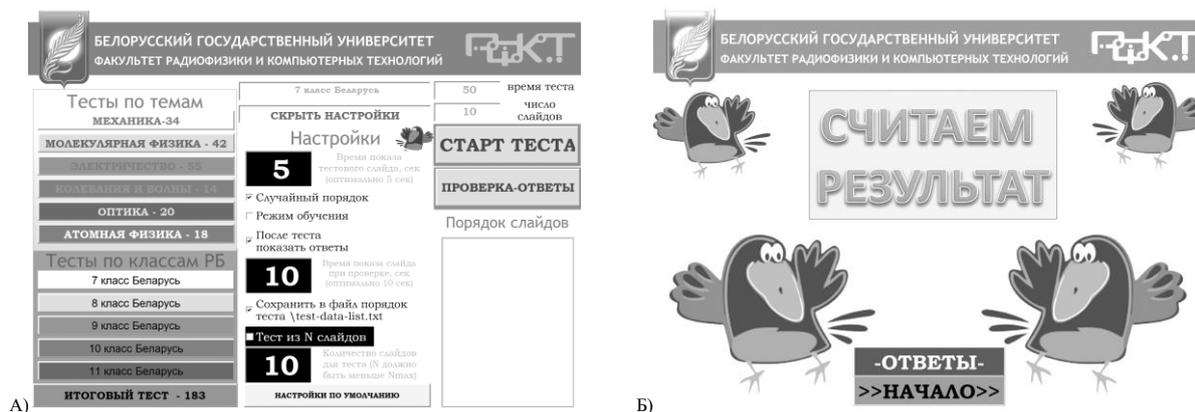


Рис. 1. Рабочее окно системы «ePhysics-pro»: а – настроек режимов обучения; б – режим тестирования

Литература

1. Кольчевская, И. Н. Азбука физики / И. Н. Кольчевская, М. Н. Кольчевская, Н. Н. Кольчевский // Квантовая электроника: материалы XIII Междунар. науч.-техн. конференции, Минск, 22–26 ноября 2021 г. – Минск: БГУ, 2021.
2. Межвузовский портал «Методология, содержание, практика креативного образования» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://didact.bsu.by>.

УДК 004.94

СОЗДАНИЕ РЕКЛАМНОГО ЛИСТА В ПРОГРАММЕ РАСТРОВОЙ ГРАФИКИ PHOTOSHOP

Студент гр. 11307122 Чалова А. К.

Кандидат техн. наук, доцент Бокуть Л. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Современный мир невозможно представить без рекламы. Каждый человек ежедневно с ней сталкивается: на улице, в журналах, в газетах, в Интернете, на телевидении. Реклама стала неотъемлемой частью жизни людей. Методы создания и обработки изображений изучает компьютерная графика, которая делится на четыре ветви по способу формирования изображения:

- растровая – состоит из пикселей;
- векторная – состоит из простых геометрических объектов;
- фрактальная – состоит из простых фрагментов, частей и т. д.;
- трехмерная (3D) – сочетание растровой и векторной графики (полигонов).

Графические редакторы делятся на две основные категории: просмотрщики и редакторы. По названию уже можно определить, что одни существуют для обработки изображений, а другие – открытия и изменения формата изображений. Просмотрщики поддерживают все основные графические форматы, присущие редакторам.

Графический формат – это способ хранения или записи графической информации в файле. Форматы файлов определяют способ хранения информации (растровый или векторный) и форму хранения информации (алгоритм сжатия). Например, наиболее распространенные растровые форматы – Microsoft BMP, PNG, GIF и PDF, а векторные – AutoCAD DXF и Microsoft SYLK. Несмотря на различия форматов, существуют метафайловые форматы, которые могут хранить и растровые, и векторные данные. Наиболее популярные метафайловые форматы – WPG, CGM и Macintosh.

Для всех графических редакторов, можно привести следующую классификацию:

- по типу: растровые, векторные;
- по цене: бесплатные, условно-бесплатные, платные;
- по платформе: для определенной платформы и кроссплатформенные.

Для сравнения двух видов редакторов будем использовать табл. 1.

Таблица 1 – Сравнение растровых и векторных редакторов

Растровые редакторы	Векторные редакторы
Ретуша фотографий, создание рисунков с использованием графического планшета и т. д.	Создание различных иллюстраций, рекламных листов, логотипов компаний и мультипликаций;
Большинство программ платные	Большинство программ бесплатные
Простые для освоения новичку	Сложные для освоения новичку
Кроссплатформенные	Кроссплатформенные

Программа Photoshop – одна из самых популярных и многофункциональных редакторов за относительно небольшую цену. В нем используются растровые изображения с несколькими векторными инструментами. Хотя на рынке уже появились узкоспециализированные программы, с помощью Photoshop до сих пор можно решить любую задачу, например, разработать макеты для сайта; обработать фотографии; нарисовать иллюстрацию; сверстать буклет, газету, книгу; оформить уличный билборд; создать gifку или анимацию; подготовить визуалы для социальных сетей.

Всего в создании рекламного листка было выполнено 16 этапов работы с изображением. За основу была взята фотография с тематикой заведения кафе-бара. Далее каждым отдельным слоем добавлялись различные элементы: текст, изображения формата PNG, инструмент прямоугольник. Ко всему добавлялись дополнительные эффекты и элементы – начиная с тени для текста, заканчивая обрезанием и добавлением теней на картинках и черного кота – символа кафе-бара.

УДК 004.94

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЗАДАЧАХ МЕДИЦИНЫ И БИОФИЗИКИ В ПАКЕТАХ MATHCAD И EXCEL

Студент гр. 11307122 Шурпач К. В.

Кандидат техн. наук, доцент Бокуть Л. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Необходимость в математическом описании возникает при любой попытке вести обсуждение в точных понятиях, это касается, в том числе, и медицины с биофизикой. Развитие нынешней медицины дает широкий спектр возможностей лечения различных заболеваний и значительно облегчает лечение многих болезней.

Математическое моделирование является важным инструментом, который может привести к более глубокому пониманию биологических и химических процессов на различных уровнях организации системы: от кинетики отдельных химических и биохимических реакций и генетических и метаболических сетей до динамики нейронов, и популяций. Биофизика представляет собой науку о фундаментальных законах, лежащих в основе структуры, функционирования и развития живых систем. В ней используются как экспериментальные методы, так и математические модели для описания процессов. Математическая биофизика представляет мощный инструмент для понимания того, как физические законы действуют в биологических системах.

Современная медицина не может обходиться без сложнейшей техники. Компьютерная томография, УЗИ, рентгенография, создание такой техники было бы невозможным без математической системы координат. При помощи математических моделей и методов расширяется область познания в медицине, появляются новые способы диагностики и лечения, которые составляют основу при разработке систем жизнеобеспечения и создании медицинской техники.

Будущие врачи должны уметь использовать математическое моделирование, математическую статистику и другие математические методы, имеющие место в медицинской практике. Для описания биомедицинских процессов необходимо применять математические методы, в первую очередь это касается нормального и патологического функционирования организма и его систем, диагностики и лечения.

С помощью статистики можно делать выводы о росте или снижении количества заболевших; на основе статистических данных принимаются решения о закрытии какого-либо заведения на

карантин, статистика помогает грамотно отслеживать ситуацию, на основе статистики можно предпринять дальнейшие правильные методы действия.

В работе исследована математическая модель изменения объема сердца во времени с помощью пакета Mathcad. Предполагается, что работа сердца схожа с принципом действия поршневого насоса: оба они расширяются и сжимаются, клапаны на входе и выходе позволяют течь крови только в одном направлении. Впускной клапан открывается, когда камера расширяется и позволяет крови попасть в сердце из вены. При сжатии камеры впускной клапан закрывается, и кровь выбрасывается в артерию.

В работе найдена зависимость между проницаемостью сетчатки и ее электрической активностью. Исследовались данные 10 человек (табл. 1). С помощью метода наименьших квадратов были найдены параметры линейной аппроксимирующей функции и построен ее график. Для удобства вычислений использовался пакет Excel.

Таблица 1 – Значения проницаемости сосудов сетчатки и ее электрическая активность

X	19,5	15	13,5	23,3	6,3	2,5	13	1,8	6,5	1,8
Y	0	38,5	59	97,4	119,2	129,5	198,7	248,7	318	438,5

Литература

1. Новиковский, Е. А. Работа в системе MathCAD: учеб. пособие / Е. А. Новиковский. – Барнаул: Типография АлтГТУ, 2013. – 114 с.

СЕКЦИЯ 6. ТЕХНОСФЕРА И МЕНЕДЖМЕНТ СПОРТА

УДК 796.9

УСТРОЙСТВО ЛЫЖЕРОЛЛЕРНЫХ ТРЕДБАНОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПОРТСМЕНОВ ЛЫЖНИКОВ

Студент гр. 11404118 Буянов Т. О.

Кандидат пед. наук, Ковель С. Г., ст. преподаватель Колтунова А. Н.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Тредбан – очень широкая и технологичная дорожка, предназначенная для отработки лыжного хода с использованием классических, а также коньковых лыжероллеров [1, 2].

Рассмотрим основные характеристики и функциональные возможности на примере роллерной дорожки шведской компании Rodby модели RL3500E. Данная модель установлена и широко используется в Олимпийском комитете России [2].

Rodby RL3500E является самой короткой из представленных компанией роллерных дорожек. Длина полотна составляет 3500 мм, а ширина доступна в размерах 2500, 2700 и 3000 мм. Угол наклона – до 14 градусов. Максимальная скорость – до 50 км/ч (для тестов на лыжероллерах – до 30 км/ч). Также устройство оснащено симуляцией рельефа реальных трасс. Стоит отметить, что данная модель выпускается с 2007 года и широко используется в подготовке, тестировании и в том числе личном использовании спортсменами мирового уровня.

К одной из важных функций относится способность устройства изменять скорость ленты для нахождения спортсмена в определенной пульсовой зоне. Это необходимо для того, чтобы быть уверенным в том, что спортсмен остается в пределах желаемого диапазона пульса для тренировок, таких как тренировки на выносливость, для сжигания жира, аэробных упражнений, анаэробных упражнений или для выполнения интервальных тренировок [2].

Что касается Республики Беларусь, в нашей стране роллерный тредбан представлен в республиканском центре олимпийской подготовки по зимним видам спорта «Раубичи». Важное предназначение роллерных тредбанов заключается в снятии со спортсменов показателей функциональной готовности, путем проведения тестирования.



Рис. 1. Тредбан в РЦОП по зимним видам спорта «Раубичи»

Стоит отметить, что с помощью проведения тестирований с применением тредбанов уровень подготовки спортсменов-лыжников увеличится, появится возможность выявления талантов и индивидуальных качеств испытуемых.

Литература

1. Инновационный центр ОКР вместе с коллегами из отрасли разрабатывает протоколы тестирования на лыжероллерном тредбане [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://icroc.ru/novosti/tredban-protocol>. – Дата доступа: 22.11.2022.

2. «В России тредбан – уникальный». Как высокие технологии помогают лыжникам и биатлонистам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.championat.com/skiing/article-4713267-kak-rabotaet-stol-neobhodimyj-lyzhnikam-i-biatlonistam-tredban-obyasnyayet-legendarnyj-trener-aleksandr-grushin.html>. – Дата доступа 21.11.2022.

УДК 796.022

ТРЕНАЖЕР ДЛЯ РАЗВИТИЯ МЫШЦ СПИНЫ

Студент гр. 11904119 Белко А. П.

Д-р техн. наук, профессор Бельский И. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Мышцы спины создают мышечный корсет для позвоночника, что является необходимым условием для сохранения здоровья. Использование тренажерных устройств является более безопасным, чем выполнение упражнений на данные группы мышц с использованием гантелей, бодибара и другого спортивного инвентаря.

Представленный тренажер предназначен не только для развития силы мышц спины, а также для укрепления грудных мышц. Область применения тренажера – тренировочный процесс. Тренажер могут использовать как профессиональные спортсмены, так и новички. Данный тренажер минимизирует травматизм за счет плавной нагрузки. Устройство может эксплуатироваться в фитнес-центрах, спортивных залах и манежах (рис. 1).



Рис. 1. Тренажер для мышц спины

Нагрузка задается при помощи электродвигателя, через блок управления. Это позволяет обеспечить более плавную нагрузку на мышцы спины, а также создает возможность дозирования любого значения нагрузки.

Преимущество разработанного тренажера – более широкий диапазон подбора нагрузки, а также регулировка устройства под рост спортсмена. Задать нагрузку может как спортсмен, так и тренер во время выполнения упражнения.

Степень защиты тренажера IP43. Оборудование со степенью защиты IP43 может использоваться в обычных сухих помещениях с осаждением частиц даже на недоступных плоскостях и/или в местах, подвергающихся попаданию дождя, но не струй снизу [1]. Такая степень защиты обеспечивает защиту от предметов диаметров 1 мм и выше, и от струй воды произвольного направления.

Устройство эксплуатируется практически во всех макроклиматических районах. Размещение конструкции возможно в помещениях с искусственно регулируемым климатическими условиями.

Литература

1. Расшифровка степеней защиты IP – Группа СВЭЛ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://svel.ru/tekhnicheskaya-dokumentaciya/rasshifrovki/rasshifrovka_stepenej_zashchity_ip/. – Дата доступа: 10.12.2022.

РУКОВОДИТЕЛЬ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ СПОРТИВНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Студент гр. 11904120 Бельский И. Н.

Кандидат экон. наук, доцент Карнейчик В. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Современные спортивные сооружения проектируются с учетом современных требований. После строительства необходимо обеспечить эффективную эксплуатацию объекта на протяжении всего времени его существования. Эффективность функционирования спортивного объекта зависит от ряда факторов, основным из которых является современный подход к управлению.

Грамотно выстроенная система управления позволяет не только предоставлять качественные и востребованные населением физкультурно-спортивные услуги, но и эффективно использовать для получения дополнительного дохода все имеющиеся ресурсы, т. к. главным индикатором эффективности управления спортивного объекта является его финансовая независимость. Управление спортивным объектом – это не только эффективная трата бюджетных денег, но и создание условий для привлечения частных средств и бизнеса.

Спортивные сооружения в Республике Беларусь – это, прежде всего, объекты социальной инфраструктуры, поэтому важно учесть интересы государства, населения и бизнеса, что является достаточно сложной задачей.

Перед руководителем спортивного объекта стоят следующие задачи: эффективное использование бюджетных средств, получение доходов для покрытия всех затрат, получение прибыли, выполнение социальных функций (привлечение к занятиям населения, создание условий для активного отдыха и проведения досуга и др.). Соответственно, создание современных многофункциональных спортивных объектов обуславливает необходимость подготовки руководителей, обладающих знаниями в области физической культуры и спорта, экономики, маркетинга и менеджмента, инновационного развития, предпринимательства и бизнеса. Ключевую роль здесь также играет подбор управляющим квалифицированного персонала, обладающего не только определенными профессиональными качествами, но набором социальных, общих интеллектуальных и других компетенций.

Руководитель является главным лицом, поскольку он определяет стратегическое направление работы, осуществляет планирование, осуществляет подбор специалистов, оценивает их деловые качества, контролирует работу всех структурных подразделений. Наличие тех или иных компетенций у руководителя будет влиять, в том числе, и на выбор стиля руководства.

Выделяют три основных стиля руководство, но в чистом виде они практически не встречаются. Рассмотрены следующие формы стиля руководства:

- 1) административно-бюрократический;
- 2) творческий, гибкий, ситуативный;
- 3) самостоятельный, командный;
- 4) исполнительный, дисциплинированный, совещательный.

Каждый из этих стилей имеет свои преимущества и недостатки. Детально были изучены поведенческий и ситуационный подход к управлению и принципы эффективности управления [1].

Анализ показал, что для того, чтобы наиболее эффективно управлять организацией, руководители не используют один устоявшийся стиль управления, они комбинируют и постоянно корректируют его исходя из внутренних и внешних условий.

Социально-экономический эффект деятельности спортивного объекта – это результат высокопрофессиональной деятельности руководителя и его команды в области маркетинга, менеджмента, безопасности, инноваций. Подходы к управлению должны быть комплексными и инновационными.

Литература

1. Стили управления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://bstudy.net/762705/ekonomika/stili_upravleniya. – Дата доступа: 21.11.2022.

ЦЕНОВАЯ ПОЛИТИКА СПОРТИВНОГО ОБЪЕКТА

Студент гр. 11902120 Бережной Д. К.

Кандидат экон. наук, доцент Карнейчик В. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Политика ценообразования услуг физкультурно-спортивных объектов основывается на классических методах формирования цены, но имеет свою специфику, которая связана, прежде всего, с платежеспособным спросом населения. Расширение спектра платных услуг и повышение их стоимости влияет на доступность физкультурно-спортивных услуг для некоторых категорий граждан.

В Республике Беларусь, как социально-ориентированном государстве, в формировании стоимости предоставления физкультурно-спортивных услуг важную роль играет фактор доступности. По данным специалистов в области здравоохранения, здоровье каждого человека на 50 % зависит от его образа жизни. В связи с данным фактом, услуги в покупательском поведении рассматриваются как социальное преимущество, которое выражается в стремлении вести здоровый образ жизни [2].

В связи с рядом особенностей функционирования спортивных объектов при формировании цены следует руководствоваться следующими принципами: ориентация на социальную направленность деятельности; доступность цен (необходимо учитывать возможность оказания платных услуг социально незащищенным, малоимущим гражданам по льготным ценам); экономическая обоснованность цен (доходы от оказания платных услуг должны превышать расходы, связанные оказанием услуг); эффективность – доходы от оказания платных услуг должны направляться на повышение эффективности деятельности (развитие материально-технической базы, улучшение социальных условий работников) [1].

Кроме того, к формированию цен на разные виды услуг нужно подходить дифференцировано, принимая во внимание, из чего складывается себестоимость той или иной услуги и каков на нее спрос.

Наиболее часто применяемые методы ценообразования: затратный метод и метод, основанный на анализе конкурентных цен. Учитывая специфику деятельности физкультурно-оздоровительного комплекса, чаще всего эти методы комбинируют.

Схема механизма ценообразования при комбинированном методе: 1) определение цены затратным методом; 2) определение цены на основе анализа цен на услуги физкультурно-спортивных организаций, оказывающих аналогичные услуги; 3) определение цены на основе анализа спроса; 4) сопоставление цен (1–3); 5) определение базовой цены на услугу физкультурно-оздоровительного комплекса согласно установленной норме рентабельности; 6) определение цен для граждан, имеющих льготы [1].

Анализ цен на услуги физкультурно-спортивных объектов Минска и Минской области показал, что в Минске в большей степени при формировании цены учитываются уровень затрат на предоставляемые услуги, стоимость услуг конкурентов, спрос на конкретный вид. Для объектов Минской области принимается во внимание, прежде всего, фактор доступности, спрос и цены конкурентов. Изучение стоимости абонементов на один и тот же вид физкультурно-спортивных услуг в Минске и Минской области отличается значительно, то есть происходит формирование цен на услуги с учетом, прежде всего, платежеспособного спроса населения, на который оказывает непосредственное влияние заработная плата в регионе и плотность населения.

Литература

1. Обожина, Д. А. Особенности маркетинга в спорте: учеб. пособие / Д. А. Обожина. – М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. – С. 43–51.
2. Формирование маркетингового плана для ФОКа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vuzlit.com/220539/formirovanie_marketingovogo_plana. – Дата доступа: 10.12.2022.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕРАКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ НА РЦОП «РАУБИЧИ»

Студент гр. 11902119 Большаков А. В.

Ст. преподаватель Барановская Д. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время много объектов спортивной отрасли требуют модернизации различных систем, в том числе и интерактивных систем визуализации. Проанализировав такую систему в РЦОП «Раубичи» было выявлено, что необходима ее модернизация. Актуальность состоит в том, что системы визуализации быстро развиваются, то, что 10 лет назад тренеры записывали в блокноты, сегодня анализирует искусственный интеллект и отображает информацию в виде графиков и табличных значений на видеопанелях, ноутбуках, смартфонах и т. д. Новизна интерактивной системы состоит в том, что мы интегрируем комплекс задач, таких как: тренировочный процесс, освещение спортивных мероприятий, проведение ВКС, совещаний и презентации. Благодаря этой системе, интегрированной с программными решениями для тренировочного процесса, будет обеспечен более качественный уровень подготовки спортсмена, так как у тренера будет больше объективной информации о текущем состоянии спортсмена, о его технических кондициях на определенных участках трассы.

Основной целью проектирования были способы приема и передачи AV-сигналов. На сегодня популярность набирает тип передачи сигналов по интернет-сетям (AV over IP – данные передаются при помощи энкодеров – систем, которые способны преобразовать аналоговые сигналы, видео или аудио, в цифровые. Далее происходит передача цифровой информации, а потом – новый этап преобразования в исходный аудио- или видеосигнал [2]).

Основными плюсами данного решения являются поддержка кодеков сжатия, способных передавать видеосигнал с 4к с минимальным его искажением. В данном случае нет привязки к какой-то определенной размерности: 8×8, 16×16, 32×32, что позволяет легко строить систему, у которой есть перекосяк с входами и выходами, как в большую сторону по выходам, так и в большую сторону по входам. Например, если необходимо построить систему с 5-ю источниками, но 48 устройствами отображения, даже 32×32 не справится, нужно выбирать 64×64. Но в данном случае 59 входов будут не задействованными. Более рационально использовать 5 IP передатчиков и 48 IP приемников. Если потом возникнет необходимость, их легко можно наращивать как по входам, так и по выходам [1].

Произведен анализ доступных на сегодняшний день экосистем, которые позволяют настраивать и использовать систему на сто процентов. Благодаря подобранным решениям, специалисты, ответственные за поддержания работоспособности аппаратных и программных компонентов информационной системы комплекса, могут поэтапно управлять системами отображения информации с помощью двух беспроводных планшетов. Им доступны сценарии проводимых мероприятий, таких как:

- 1) проведение ВКС;
- 2) показ презентаций;
- 3) наблюдения за физическим состоянием спортсмена;
- 4) управление звуковым оборудованием;
- 5) управление источниками сигналов.

В результате проделанной работы была спроектирована современная AVС система, способная решить большинство возможных задач связанных с организацией тренировочного, рабочего процесса. Также эта система будет задействована при проведении соревнований различного уровня, в том числе международных.

Литература

1. AV over IP [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hi-tech-media.ru/press-center/publication/esli-vyshli-za-predely-klassicheskoy-razmernosti-berite-av-over-ip/>. – Дата доступа: 02.03.2023.
2. Принцип работы AV over IP [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/zyxel/blog/540890/>. – Дата доступа: 02.03.2023.

УДК 796.028

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ СПОРТИВНОГО
ИГРОВОГО ЗАЛА 18×36 М НА 60 УЧАЩИХСЯ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ
НА 720 УЧАЩИХСЯ В Г. МИНСКЕ**

Студент гр. 11902119 Бусько А. О.

Ст. преподаватель Барановская Д. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Система климатизации разделяется на 2 основные части: система вентиляции и система кондиционирования. Система кондиционирования необходима для обработки и приведения приточного воздуха к необходимым параметрам, а система вентиляции позволяет распространить приточный воздух по помещению и утилизировать отработанный воздух.

Для проектирования системы климатизации спортивного зала школы на 720 учащихся в г. Минске следует произвести расчет тепловлажностного режима наружной стены для определения необходимости в дополнительной пароизоляции. Главной задачей расчета теплопоступлений, влагопоступлений и поступлений CO₂ является определение необходимого количества воздухообмена и составления тепловлажностного баланса.

По полученным значениям построены i-d-диаграммы для определения необходимых процессов обработки воздуха. После выполнения всех действий произведен подбор воздухообрабатывающей установки и диффузоров, а также спроектирована система автоматизации и выполнен технико-экономический расчет.

На основе полученных данных была подобрана воздухообрабатывающая установка при помощи программы CLIMACIAT, для поддержания требуемых параметров внутреннего воздуха. Для распределения воздуха в спортивном зале произведен расчет и подбор диффузоров с помощью программы SystemAir (рис. 1).

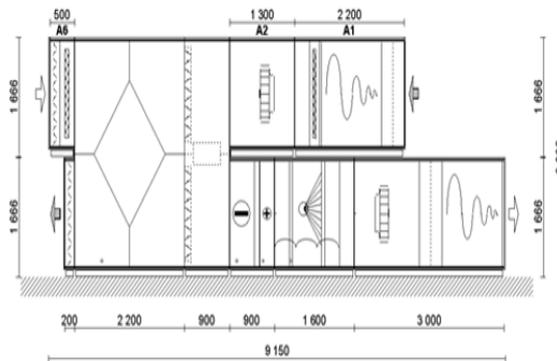


Рис. 1. Агрегат для обработки воздуха AirTech 300

Для воздухообрабатывающей установки и диффузоров разработана система автоматизации, которая в автоматическом режиме поддерживает заданные условия в различные периоды года и загруженности зала. Также установлены меры по охране и технике безопасности при эксплуатации системы.

Спроектированная система климатизации полностью соответствует всем нормам и требованиям.

Литература

1. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СНБ 4.02.01-03. – Введ. 01.01.05. – Минск: Минстройархитектуры РБ, 2004. – 81 с.
2. Ливанский, Д. Г. Микроклимат ледовых арен / Д. Г. Ливанский // Наука – образованию, производству, экономике: матер. 16-й Междунар. науч.-техн. конф. – Минск: БНТУ, 2018. – Т. 1. – С. 149.

УДК 796.028

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ КОМПЛЕКСА
МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ КОНЦЕРТНОГО МЕРОПРИЯТИЯ
НА СТАДИОНЕ БНТУ С РАЗМЕРОМ МОБИЛЬНОГО СЦЕНИЧЕСКОГО
КОМПЛЕКСА 20×14 М**

Студент гр. 11902119 Войтеховский М. Ю.

Кандидат пед. наук, доцент Васюк В. Е.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

С целью проектирования технического оснащения комплекса мероприятий для проведения концертного мероприятия на стадионе БНТУ с размером мобильного сценического комплекса 20×14, был произведен подбор мобильного сценического комплекса, партерных кресел, одежды сцены (бархат черного, синего, серого, белого цвета, фермовых модулей марки Н40V, С52Т, В100RV).

Мобильные комплексы для проведения концертных мероприятий состоят из двух основных частей: фермовых конструкций и подиумов. При помощи дополнительного крепежного оборудования подиумы собираются в сцену требуемого размера и формы. Фермы таким же образом крепятся между собой путем установки вспомогательных элементов. Фермы при использовании цепных лебедок поднимаются на нужную высоту, далее происходит установка необходимого подвешенного оборудования

Также был произведен расчет необходимого количество фермовых модулей, одежды сцены, светового и звукового оборудования, а также расчет стоимости проведения трансформации комплекса под мероприятие. После выполнения всех действий следует расположить оборудование и произвести расчет грузоподъемности фермовых модулей, для подвеса оборудования. На основе этих данных подбирается необходимое оборудование для качественного обслуживания мероприятия.

Проектируемый комплекс имеет размер 20×14×1,5 м, (Ш), (Д), (В) подиумного модуля 2×1×0,1. Следовательно, сцена требуемых размеров, будет состоять из 140 подиумных модулей модели «StageDex» (рис. 1).

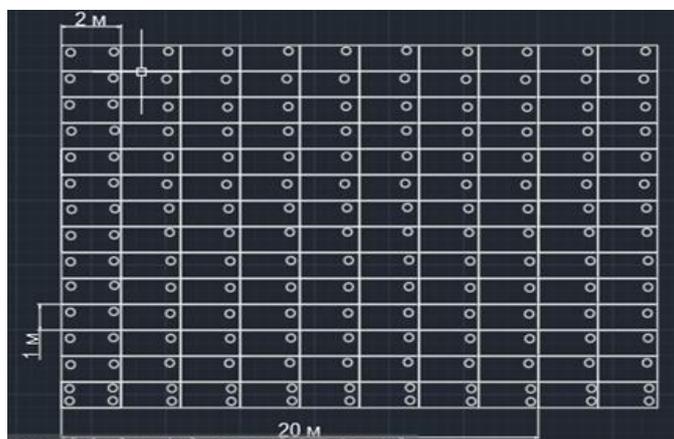


Рис. 1. Принцип расположения опорных ног подиума

Спроектированный план технического оснащения комплекса мероприятий полностью соответствует всем нормам и требованиям.

Литература

1. Барановская, Д. И. Информационное обеспечение систем управления спортивных объектов / Д. И. Барановская, М. А. Петух, М. М. Салтанов. – Минск, 2019. – 185 с.

ПЛАТЕЖНО-ПРОПУСКНАЯ СИСТЕМА КАК СПОСОБ АВТОМАТИЗАЦИИ СПОРТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ

Студент гр. 11902120 Вербицкая А. В.

Кандидат экон. наук, доцент Карнейчик В. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В результате развития культуры досуга, спортивных состязаний и наблюдения за ними стало необходимо внедрения системы для мониторинга, управления подготовкой спортивно-зрелищных мероприятий и билетным хозяйством, организации продаж и резервирования билетов в реальном времени.

Внедрение платежно-пропускной систем (ППС) актуально для любого прогрессивного спортивного сооружения, так как это позволит основательно оптимизировать работу объекта. А взаимная интеграция насаждаемых систем позволит классифицировать базы данных предоставленных сотрудников и посетителей, выводя маркетинг объекта на новый уровень. Также данная система может быть использована на предприятиях с различной площадью, занимаемой территории [1]. Автоматизированный контроль пропуска посетителей помогает анализировать спрос на услуги и исключает возможность получения услуг незарегистрированными потребителями.

ППС позволяет обеспечить клиентам более современный и удобный сервис, тем самым привлекая большее количество посетителей, что непосредственно позволит увеличить прибыль спортивного сооружения, а также даст возможность получить полные и точные отчеты о состоянии дел на конкретном объекте для дальнейшего анализа, оценки, принятия корректирующих мер и планирования работы в предстоящих периодах.

Благодаря этой системе в экономике спортивного сооружения выручка увеличивается на 20–30 %, появляется возможность обеспечивать гибкую настройку тарификации от времени, зоны, категории клиента и других немаловажных показателей.

Главной и неотъемлемой частью платежно-пропускной системы являются автоматические прох-карты идентификации, которые являются доступными и относительно просты в изготовлении. В пропускной части системы традиционно используются различные управляющие контроллеры, которые работают в соответствии с заранее определенными для каждого пользователя временными и пространственными зонами.

С технической точки зрения основным элементом платежно-пропускной системы является автоматизированный пропускной пункт. В развлекательных заведениях, на стадионах, спортивно-зрелищных объектах и других мест массового скопления людей важным критерием является вандализационность всего оборудования. Нужно отметить, что при правильном проектировании и грамотном расположении преграждающих устройств исключается возможность получения травм и поломка оборудования.

Автоматизированные системы спортивных объектов позволяют получить достоверные данные, быстро обработать их, сформировать и реализовать управленческие решения по компенсации факторов, негативно влияющих на эффективность эксплуатации спортивных объектов и по обеспечению тех факторов, которые влияют на эксплуатацию положительно [2].

Платежно-пропускная система обеспечивает безопасность, прозрачность деятельности, достоверный учет доходов и строгий контроль за работой объекта в целом.

Литература

1. Особенности технической реализации платежно-пропускных систем. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.datakrat.ru/pub/publications/osobennosti-tehnicheskoy-realizatsii-plategno-propusknyh-sistem>. – Дата доступа: 22.02.2023.
2. Ресурсы спортивного сооружения для реализации услуг спортивного объекта, определяющий эффективность его эксплуатации / А. М. Мохов [и др.] // Интернет-журнал Отходы и ресурсы. – 2017. – № 4.

УДК 796.022

ТРОСОБЛОЧНЫЙ ТРЕНАЖЕР ДЛЯ РАЗВИТИЯ МЫШЦ БРЮШНОГО ПРЕССА

Студент гр. 11904119 Гуменюк П. В.

Ст. преподаватель Борщ М. К.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Трособлочный тренажер для развития мышц брюшного пресса предназначен для укрепления силы мышц торса. Мышцы брюшного пресса образуют корсет, который позволяет удержать позвоночник в правильном положении. Самый эффективный способ укрепления мышц живота – занятия на специальных спортивных тренажерах для пресса. Область применения тренажера для развития мышц брюшного пресса – тренировочный процесс. Трособлочный тренажер должен использоваться в тренировочном процессе спортсменов занимающихся развитием мышц торса (рис. 1).



Рис. 1. Трособлочный тренажер для развития мышц брюшного пресса

Данная конструкция тренажера предусматривает работу спортсмена не только со своим весом, но и дополнительной нагрузкой, что обеспечивает более эффективный тренировочный процесс для прокачки наружной группы мышц.

Телескопическая система под длину рук занимающегося позволяет снизить травмоопасность и улучшить удобство спортсмена.

Телескопическая система рамы позволяет поднимать тренажер на нужный уровень под рост спортсмена.

Для удобства занимающегося имеется: подлокотники под локти, спинка, мягкий упор для ног.

Произведено статическое исследование каркаса тренажера на прочность. По результатам исследований установлено, что при воздействии на каркас тренажера силы в 2000 Н, что приблизительно равняется массе 200 кг, максимальное перемещение составило 1,8 мм, максимальное напряжение составило 630 МПа.

Рассчитан момент силы завинчивания болтового соединения и выполнен расчет сварного шва на прочность. По результатам расчета определен необходимый момент силы завинчивания гаек, который составляет не менее 143,6 Н·м. Рассчитан максимальный момент затяжки резьбовых соединений $M_{кр}$, который составляет не менее 156,8 Н·м.

По результатам расчета сварного шва на прочность выявлено, что при заданных F и M условие прочности выполняется. Таким образом, профиль трубы 60×40×3 для изготовления каркаса тренажера подобран правильно.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ ГИМНАСТИЧЕСКОГО ЗАЛА СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ НА 800 УЧАЩИХСЯ В Г. БРЕСТЕ

Студент гр. 1192118 Катибникова В. А.

Ст. преподаватель Барановская Д. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Система вентиляции и отопления является неотъемлемым инженерным решением для поддержания температурного и влажностного режима в зданиях и сооружениях спортивного назначения. Без системы вентиляции невозможно будет удаление избытков тепла и влаги, паро- и газовыделения, а также пыли. В случае отсутствия системы отопления, по мимо очевидной низкой температуры, из-за которой люди физически не смогут находиться в помещении, также пострадает ограждающая конструкция – расширение и повреждение материалов, вследствие чего здание прослужит меньше рассчитанного срока [1].

Следует отметить, что не существует единой конструкции системы отопления и вентиляции, подходящей всем помещениям. Система зависит от многих факторов, таких как климат, расположение относительно сторон света, отопительного периода, ограждающей конструкции, назначения помещения и его суточная проходимость [2]. Из чего следует, что каждая система уникальна.

Основными программами для моделирования заданной системы являются ProAirWeb для воздухораспределения и CLIMACIAT-09.00.03E для определения последовательности элементов системы (рис. 1).

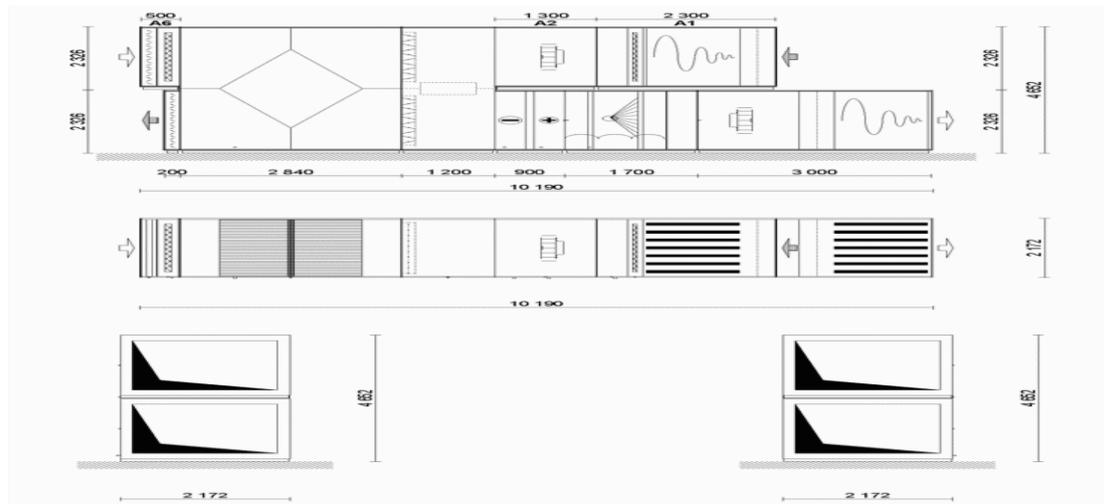


Рис. 1. Схема системы отопления и вентиляции для гимнастического зала

По итогу произведенных расчетов получена система отопления и вентиляции для гимнастического зала на 800 учащихся, которая состоит из шумоглушителей, фильтрующей секции, вентилятора, внутреннего электродвигателя, вертикальной смесительной камеры экономайзера, поперечноточного рекуператора, секцией охлаждения и нагрева.

Литература

1. Чигилейчик, И. М. Влияние параметров наружной среды на высотное здание / И. М. Чигилейчик, Д. Г. Ливанский // Архитектурно-строительный комплекс: проблемы, перспективы, инновации [Электронный ресурс]: электрон. сб. статей IV междунар. науч. конференции, Новополоцк, 20–21 апр. 2022 г. / Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой; Редкол.: Д. Н. Лазовский (председ.) [и др.]. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой, 2022. – С. 154–158.
2. Математические методы в отоплении, вентиляции и кондиционировании воздуха / П. И. Дячек [и др.]. // Вестник МГСУ. – 2011. – Вып. 7. – С. 143–147.

ТРЕНАЖЕР ОБЛЕГЧАЮЩЕГО ЛИДИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗВИТИЯ СИЛЫ МЫШЦ СПИНЫ

Студент гр. 11904119 Ковалёв Н. А.

Кандидат техн. наук, доцент Комаровская В. М.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Мышцы спины играют важную роль в жизнедеятельности человека. Главной функцией мышц спины является поддержание позвоночника в вертикальном положении для сохранения осанки. Второй немаловажной функцией спинных мышц является защита внутренних органов. Ключевым показателем мышц спины является сила. Для развития силы мышц спины существует большое количество упражнений и различных тренажерных устройств. Уровень физической подготовленности людей, как правило, отличается, следовательно, некоторые упражнения с собственным весом или в тренажерных устройствах могут оказывать негативное влияние из-за неправильной техники выполнения. Для людей с невысоким уровнем физической подготовленности, для увеличения силы мышц спины, можно использовать тренажеры типа «Гравитрон» [1].

Тренажеры типа «Гравитрон» работают за счет создания противовеса занимающегося. Как правило, тренажеры типа «Гравитрон» в качестве противовеса используют грузоблочный метод создания противовеса, что создает достаточный уровень шума.

Разработанная конструкция тренажера облегчающего лидирования для силы мышц спины, представляет собой конструкцию, работающую по принципу тренажеров типа «Гравитрон».

На рис. 1 изображен тренажер облегчающего лидирования для развития силы мышц спины и его основные составные части.

1. Боковая часть;
2. Торцевая балка;
3. Нижняя центральная балка;
4. Верхняя центральная балка;
5. Поперечная балка;
6. Линейная направляющая;
7. Передача винт-гайка;
8. Шаговый электродвигатель;
9. Ручка;
10. Подвижная платформа;

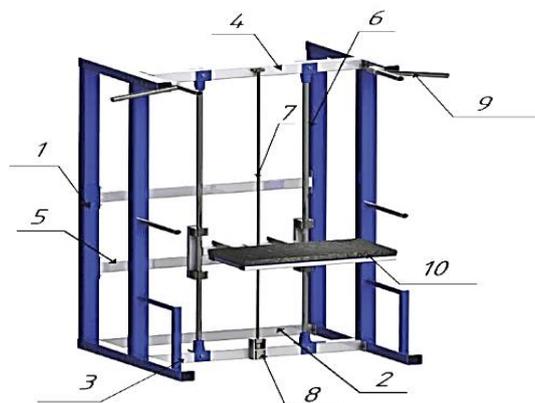


Рис. 1. Составные части тренажера облегчающего лидирования для развития силы мышц спины

В разработанной конструкции используется иной метод создания противовеса. Противовес создается при помощи передачи винт-гайка, соединенной с электродвигателем, в отличие от грузоблочных пластин в других тренажерах типа «Гравитрон». Отсутствие грузоблочных пластин снижает уровень шума, создаваемый конструкцией, а также снижает общий вес всей конструкции. По окончании проектирования была разработана конструкция тренажера облегчающего лидирования для развития силы мышц спины, разработана твердотельная модель конструкции при помощи САПР SolidWorks, а также произведены основные расчеты на прочность и долговечность конструкции.

Литература

1. Гравитрон. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fitseven.ru/atlas-uprajneyniy/gravitron>. – Дата доступа: 08.03.2023.

УДК 796.022

БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ ТРЕНАЖЕР ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ МЫШЦ СПИНЫ

Студент гр. 11904119 Ковалева В. А.

Д-р техн. наук, профессор Бельский И. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Движение необходимо для нормального функционирования всех органов и систем человеческого тела. Длительная иммобилизация ведет к ослаблению мышц, осязательному сбою координационных навыков, выключению рефлексов. Все это, в свою очередь, отражается на работе сердца, сосудов и других органов, и систем. Чтобы предотвратить негативные последствия, применяются реабилитационные мероприятия.

Целью проектирования являлась разработка конструкции биомеханического тренажера для реабилитации мышц спины.

В результате проектирования была разработана конструкция биомеханического тренажера (рис. 1). Составлено техническое задание на проведение разработки конструкции тренажера, в котором были заданы технические требования и условия эксплуатации [1].

В процессе выполнения проекта были выбраны и обоснованы материалы конструкции в соответствии с требованиями к условиям эксплуатации: рама, поручень, валы, кронштейны изготавливаются из стали Ст3СП [2].

Рассчитан момент силы завинчивания болтового соединения [3]. По результатам расчета определен необходимый момент силы завинчивания гаек, который составляет не менее 169,2 Н·м. Рассчитан максимальный момент затяжки резьбовых соединений $M_{кр}$, который составляет не менее 184,23 Н·м.

Произведен расчет предварительного диаметра приводного вала, по результатам которого $d \geq 28$ мм. На основе данного расчета был выбран подшипник 180107 и произведен расчет $Lh = 11269$ ч.

Результат компьютерного исследования показал, что при действии крутящего момента $F = 1000$ Н·м перемещение рамы составляет 0,402 мм.



Рис. 1. Биомеханический тренажер для реабилитации мышц спины

Твердотельная модель биомеханического тренажера была разработана в системе автоматического проектирования SolidWorks 2020. Рабочие чертежи и сборочный чертеж были выполнены в САПР AutoCAD 2018.

Литература

1. Исполнение для различных климатических условий: ГОСТ15150-69. – Введ. 01.01.1971. – Стандартинформ, 2010. – 58 с.
2. Свойства сталей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php. – Дата доступа: 27.02.2023.
3. Затяжка резьбовых соединений: СТБ1879-2008. – Введ. 2008-12-01. – Госстандарт. – Минск, 2008. – 13 с.

УДК 796.028

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КЛИМАТИЗАЦИИ ДЕТСКОГО БАССЕЙНА В УЧЕБНО-СПОРТИВНОМ КОРПУСЕ БГУФК

Студент гр. 11902119 Кухарев Д. А.

Ст. преподаватель Барановская Д. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Система климатизации является важным аспектом в помещении с бассейном, так как он эксплуатируется целый год, и при этом основной проблемой является высокая относительная влажность воздуха.

В ходе проектирования систем климатизации детского бассейна в учебно-спортивном корпусе УО БГУФК произведен расчет всех параметров внешней и внутренней сред, способных отрицательно (разрушающе) воздействовать на конструктивные компоненты спортивного сооружения (бассейна), а также на здоровье людей, непосредственно находящихся в данном сооружении.

Был осуществлен расчет тепловлажностного режима, расчет теплопоступлений и теплопотерь, расчет влагопоступлений, расчет поступлений CO_2 . Главной задачей расчета теплопоступлений, влагопоступлений и поступлений CO_2 является определение необходимого количество воздухообмена и составления тепловлажностного баланса

По режимам работы были рассчитаны воздухообмен и воздухораспределение в бассейне. Также построены графики обработки воздуха на i-d диаграммах для каждого из режимов работы, с отображенными на них процессами подготовки воздуха.

Исходя из полученных данных, осуществлен подбор оборудования для воздухообрабатывающей установки и диффузоров, а также спроектирована система автоматизации и выполнен технико-экономический расчет.

По результатам проведенных расчетов при помощи программы CLIMACIAT осуществлен подбор воздухообрабатывающей установки, позволяющей корректно выполнять свои задачи, поддерживать благоприятный микроклимат внутри бассейна.

Для распределения воздуха в помещении с бассейном был произведен расчет, и с помощью программы SystemAir был выполнен подбор диффузоров.

Благодаря разработанной системе автоматизации для установок, контролирующих параметры воздуха, поддержание заданных параметров будет выполняться в автоматическом режиме. Схема конечного варианта установки показана на рис. 1.

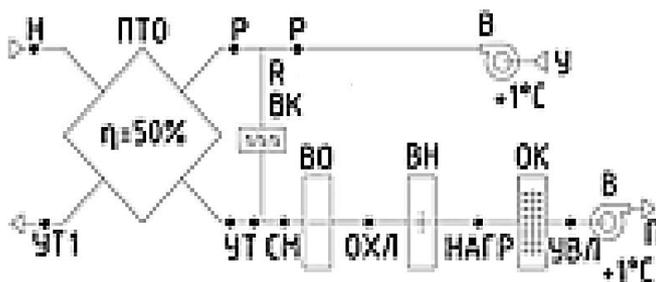


Рис. 1. Схема конечного варианта установки

Спроектированная система климатизации полностью соответствует всем нормам и требованиям.

Литература

1. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СНБ 4.02.01-03. – Введ. 01.01.05. – Минск: Минстройархитектуры РБ, 2004. – 81 с.

УДК 796.028

МОДЕРНИЗАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ СКС «АРЕНА»

Студент гр. 11902119 Ласкин Д. Ю.

Ст. преподаватель Кузьмицкий А. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Трансформаторные источники бесперебойного питания (ИБП), как правило, обеспечивают более высокие показатели безотказной работы. Однако новейшие бестрансформаторные ИБП имеют более высокие показатели эффективности.

Цель исследования – модернизация источников бесперебойного питания. Объектом, на базе которого ведется работа, является источник бесперебойного питания на СКС «Арена».

Источник бесперебойного питания (англ. Uninterruptible Power Supply) – вторичный источник электропитания, предназначенный для электропитания при кратковременном отключении основного источника электропитания, а также для защиты от существующих помех в сети с сохранением допустимых параметров для сети основного источника. Основная функция источников бесперебойного питания состоит в обеспечении непрерывности подачи электропитания переменного тока [1].

Модернизация оборудования – это мероприятие по усовершенствованию либо обновлению оборудования, направленное на улучшение работоспособности той или иной техники, на повышение производительности предприятия в целом [2].

На объекте СКС «Арена» установлены источники бесперебойного питания Chloride 80-NET (60–500 кВА), которые значительно устарели по сравнению с новыми моделями. После анализа исходных данных, было решено произвести замену на модель SIEL SAFEPOWER Evo (60–1000 кВА) ИБП Chloride 80-NET (60–500 кВА) (рис. 1) [3].



Рис. 1. Siel Safepower Evo (60–1000 кВА)

SIEL SAFEPOWER Evo – трехфазная модель ИБП (UPS) с двойным преобразованием от итальянского производителя. Разработан для применения в дата-центрах, медицинских учреждениях, промышленных предприятиях и транспортных инфраструктурах. Обладает высокой перегрузочной способностью и высокой эффективностью. Поддерживает параллельное подключение до 8 ИБП. Преимущества данной модели: применение полностью цифрового управления на основе DSP – микропроцессоров, технологии IGBT и коэффициента мощности коррекции.

Литература

1. Классификация ИБП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lemzspb.ru/tipy-vykhodnykh-rozetok-ibp/>. – Дата доступа: 27.02.2023.
2. SIEL SAFEPOWER Evo [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.uni-jet.com/catalog/ibp/on-line-ibp/siel-safepower-evo/>. – Дата доступа: 04.03.2023.
3. Модернизация оборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ir1.su/home-test-2/production/oborudovanie-i-stendy/modernizatsiya-oborudovania/>. – Дата доступа: 04.03.2023.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МУЛЬТИМЕДИА В ГУ ХК «ЮНОСТЬ-МИНСК»

Студент гр. 11902119 Лукашевич В. А.

Ст. преподаватель Сергеевич П. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Одной из важных составляющих любого спортивного объекта является его соответствие всем стандартам проведения, оснащения спортивных и культурно-зрелищных мероприятий. В связи с этим существует необходимость в модернизации инженерных систем, в том числе и систем управления мультимедиа, которая включает в себя систему звукоусиления, видеонаблюдения и мультимедиа.

Для удобства, комфорта и подсчета статистики в хоккее используют различные мультимедийные системы. Ледовый каток Государственного учреждения физической культуры и спорта Хоккейного клуба «Юность-Минск» оснащен информационным табло для подсчета количества забитых шайб, таймером со временем, и информацией о матче. В настоящее время это оборудование не соответствует современным требованиям, поэтому была произведена замена на SMD экран от компании Varco, преимущество которого заключается в том, что у него низкое энергопотребление по сравнению с аналогами. Изготовлен на основе компактных светодиодов, в которых все три кристалла (красный, синий и зеленый) находятся в одной колбе. Монтируются такие светодиоды прямо на поверхность платы. За счет небольших размеров и меньшего расстояния между элементами изображение получается более детализированным.

На арене расположены камеры видеонаблюдения. Они отвечают за безопасность проведения мероприятий. Однако существует острая необходимость в видеоповторах для судей и зрителей, чтобы игра оставалась честной и интересной. Произведена замена на видеокамеры от компании Marshall. По требованиям хоккейной федерации, требуется размещать камеры внутри ворот. Беспроводные камеры обеспечивают показ всей рамки ворот, работу на протяжении всего матча от одного аккумулятора, передачу сигнала из ворот до аппаратной. Они имеют следующие преимущества:

- компактность;
- надежность и прочность;
- возможность дистанционной настройки.

Немаловажным фактором является и звук. На арене нет линейного массива, поэтому есть необходимость введения. Нормами звукоусиления для проведения хоккейного матча являются 90–110 дБ. Акустическая система состоит из: головок громкоговорителей, корпуса, фильтрующе-корректирующих цепей, звуковых кабелей, а также усилителей. Для этого была выбрана акустическая система линейного массива Atlas Sound EM806A-B, которая имеет следующие достоинства:

- максимальный уровень звукового давления 130 дБ/м;
- небольшой вес по сравнению с другими аналогами;
- входной и выходной разъем XLR 3 pin.

Системы управления мультимедиа играют важную роль в эпоху современных технологий, поэтому важно своевременно модернизировать арены, чтобы интерес к спорту был выше.

Литература

1. Мультимедийная инфраструктура современного спортивного объекта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ascreen.ru/projects/type/more.php?id=36>. – Дата доступа: 27.02.2023.
2. Электронные спортивные табло для стадионов и арен [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://video-ekran.ru/konstrukcii/sportivnyje/elektronnye-tablo.html>. – Дата доступа: 01.03.2023.
3. Marshall electronics – широкоэмиттерные камеры ProAV [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://marshall-usa.com/cameras/>. – Дата доступа: 01.03.2023.
4. Видеосудейство в хоккее [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://televideodata.ru/hockey-judging/>. – Дата доступа: 02.03.2023.

УДК 796.028

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КЛИМАТИЗАЦИИ СПОРТИВНОГО ЗАЛА СПОРТИВНО-БЫТОВОГО КОМПЛЕКСА БНТУ

Студент гр. 11902119 Овсянников А. А.

Ст. преподаватель Барановская Д. И.

Белорусский национальный технический университет Минск, Беларусь

Цель проектирования – система климатизации спортивного зала спортивно-бытового комплекса БНТУ.

Система климатизации является одной из ключевых систем в любых спортивных и бытовых комплексах, так как это объекты массового и постоянного пребывания людей и время эксплуатации этих систем непрерывно. Ввиду климата, в котором расположен объект, следует учитывать все условия для корректной работы систем. В первую очередь это высокая относительная влажность воздуха, свойственная климату Республики Беларусь [1].

В ходе исследования произведен расчет необходимых для регулирования параметров воздуха, а также расчет теплопоступлений, влагопоступлений и поступлений CO_2 . Главной задачей расчета теплопоступлений, влагопоступлений и поступлений CO_2 является определение необходимого количества воздухообмена и составления тепловлажностного баланса. Эти значения отображены на i-d-диаграммах для определения необходимых процессов обработки воздуха. Исходя из полученных данных, произведен подбор оборудования для воздухообрабатывающей установки и диффузоров, а также спроектирована система автоматизации и выполнен технико-экономический расчет.

При помощи программы CLIMACIAT были подобраны комплектующие для воздухообрабатывающей установки, которая будет контролировать поддержание необходимых параметров внутреннего воздуха.

Для распределения воздуха в помещении спортивного зала был произведен расчет, и с помощью программы SystemAir выполнен подбор диффузоров (рис. 1) [2].

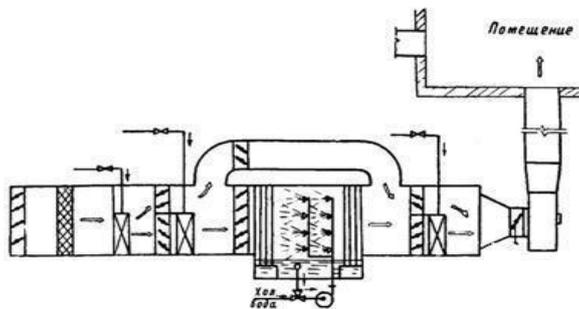


Рис. 1. Агрегат для обработки воздуха

Благодаря разработанной системе автоматизации для установок, контролирующих параметры воздуха, поддержание заданных параметров будет выполняться в автоматическом режиме.

Спроектированная система климатизации полностью соответствует всем нормам и требованиям.

Литература

1. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СНБ 4.02.01-03. – Введ. 01.01.05. – Минск: Минстройархитектуры РБ, 2004. – 81 с.
2. Системы кондиционирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.modul-company.tomsk.ru/montage/cond.html/>. – Дата доступа: 06.03.2023.

УДК 797.212

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ПЛОВЦОВ

Студент гр. 10203121 Прозорова М., студент гр. 11404118 Буянов Т. О.
Кандидат пед. наук, доцент Ковель С. Г., ст. преподаватель Колтунова А. Н.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Эффективная система контроля специальной подготовленности пловцов, оценивающая возможности спортсмена по всем важнейшим показателям, определяющим спортивный результат, является неотъемлемой частью всего процесса управления развитием специальной подготовленности спортсменов в системе многолетней подготовки.

Специфика силовых качеств, необходимых пловцу, обусловлена характером сил сопротивления при плавании. В этой связи силовая подготовка пловца предусматривает развитие различных видов силовых качеств: максимальной и взрывной силы, скоростно-силовой и силовой выносливости. Максимальная и взрывная сила в значительной мере обуславливают уровень скоростных возможностей, влияя на величину силы тяги, развиваемой при плавании, на качество стартовых прыжков и поворотов.

В качестве методики тестирования специальной физической подготовленности пловцов использовали следующие тесты для оценки индивидуальной подготовленности спортсмена по данным педагогического тестирования рассчитываются коэффициенты:

- 1) относительная сила тяги на суше (ОСТ_с):

$$\text{ОСТ}_c = \frac{F_c}{m} \quad (1)$$

где F_c – сила тяги на суше; m – масса тела спортсмена.

- 2) относительная сила тяги в воде (ОСТ_в):

$$\text{ОСТ}_в = \frac{F_{вк}}{m} \quad (2)$$

где $F_{вк}$ – сила тяги в воде при плавании в полной координации; m – масса тела спортсмена.

- 3) коэффициент использования силовых возможностей (КИСВ):

$$\text{КИСВ} = \frac{F_{вк}}{F_c} \quad (3)$$

- 4) коэффициент координации (КК):

$$\text{КК} = \frac{F_{вк}}{F_{вр} + F_{вн}} \quad (4)$$

где $F_{вр}$ – сила тяги в воде при плавании с помощью рук; $F_{вн}$ – сила тяги в воде при плавании с помощью ног.

Коэффициент использования силовых возможностей пловцов отражает перенос использования силовых способностей с суши на воду. Увеличение этого показателя также наблюдается по мере перехода спортсменов к специально-подготовительному и предсоревновательному этапу.

УДК 659.111.313

**БРЕНДИРОВАНИЕ В СПОРТЕ
(НА ПРИМЕРЕ ФУТБОЛЬНОГО КЛУБА «БАРСЕЛОНА»)**

Студент гр. 11904120 Салабаев А. И.
Кандидат экон. наук, доцент Карнейчик В. В.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Бренд – это своеобразное лицо компании, за которым стоят научные и технические достижения, особенности продукта или услуги, его практические свойства и область применения. Потенциальный клиент видит в бренде репутацию фирмы, качество, надежность и узнаваемость.

Бренды обеспечивают эмоциональную связь между потребительским восприятием и функциональностью продукта, реализуя потенциал на четырех уровнях качества: функциональном, индивидуальном, социальном и коммуникативном.

С развитием общей культуры организаций и ускоренным проникновением современных электронных технологий в систему внутрифирменного управления бренд-менеджмент трансформировался в самостоятельную функцию, интегрирующую направление внутри корпоративных связей [2].

Для Республики Беларусь проблема укрепления взаимосвязи с обществом представляется весьма актуальной. Важным моментом в данном процессе является узнаваемость бренда спортивного объекта, спортивной организации, клуба и т. д.

«Брендинг в спорте является технологией по созданию долгосрочного предпочтения бренда как совокупного спортивного продукта, основанного на совместном воздействии на потребителя спортивной составляющей товарного знака, информационно-коммуникативных обращений, специальных мероприятий, объединенных общей целью, и выделяющих спортивную организацию среди конкурентов» [1].

Технологии бренд-менеджмента включают, создание, позиционирование бренда, управление и защита бренда. Основой любого бренда является фирменный стиль, логотип, атрибутика. Брендирование в спорте характеризуется большим разнообразием и включает создание бренда спортсменов, спортивных организаций, тренеров, команд, спортивных объектов, школ, соревнований и др.

Бренд технологии в области спорта имеет свои особенности, которые отличаются от брендинга в других сферах жизнедеятельности, прежде всего тем, что применение к ним традиционных методов маркетинговых технологий является неэффективным. В процессе брендинга, осуществляемого в спортивной сфере, основным считается применение не установленных правил, а использование действий, которые основаны на экспериментах [3].

Был проанализирован бренд футбольного клуба «Барселона», который включал следующие этапы формирования: 1) определение ценностей и целей; 2) создание внешнего имиджа, формирование которого базируется на активной рекламе, проводимых мероприятиях и акциях; 3) создание внутреннего имиджа; 4) создание неосязаемого имиджа; 5) создание и поддержание репутации [4]. Футбольный клуб «Барселона» один из самых узнаваемых брендов, поэтому изучение его опыта представляет большой интерес.

Литература

1. Костиков, В. Ю. Концепт спортивного брендинга: теоретико-методологические параметры / В. Ю. Костиков // Вопросы теории и практики журналистики. – 2017. – № 4. – С. 615–630.
2. Ламбен, Ж.-Ж. Менеджмент, ориентированный на рынок. Стратегический и операционный маркетинг / Ж.-Ж. Ламбен. – СПб: Питер, 2017. – 800 с.
3. Лобасева, О. Ассоциации и эмоции: спортивный PR как он есть / О. Лобасева. – Пресс-служба: всероссийский специализированный журнал. – 2011. – № 10. – С. 72–75.
4. Спирина, М. В. Анализ некоторых PR-технологий, используемых для поддержания положительного имиджа футбольного клуба «Барселона» / М. В. Спирина, Е. Д. Реброва, В. Ю. Микрюков // Электронный научный журнал «ГосРег». – 2020. – № 4. – С. 215–224.

УДК 796.022

ТРЕНАЖЕР ДЛЯ ПРИВОДЯЩИХ И ОТВОДЯЩИХ МЫШЦ БЕДРА

Студент гр. 11904119 Самусев М. В.

Ст. преподаватель Борщ М. К.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Тренажер для приводящих и отводящих мышц бедра стоя предназначен для развития силы мышц соответствующих мышечных групп, а также на данном тренажере возможно развитие средней и малой ягодичных мышц. Для включения необходимых мышц в работу необходимо соблюдать технику выполнения упражнений.

Целью проектирования является разработка конструкции тренажера для приводящих и отводящих мышц бедра.

Область применения тренажера – тренировочный процесс. Данный тренажер можно широко использовать в тренировочном процессе спортсменов разной специализации при комплексной

тренировке для развития мышц верхних конечностей. Устройство может эксплуатироваться в спортивных залах, манежах, фитнес центрах и стадионах.

Возможные упражнения, выполняемые на данном тренажере:

- отведение ноги стоя;
- приведение ноги стоя.

При использовании тренажера нагрузка задается путем подачи воздуха с компрессора на пневмодвигатель. Регулировка осуществляется количеством подачи воздуха. Это позволяет обеспечить более плавную нагрузку на мышцы, а также возможность выставления любого значения нагрузки. Данный тип нагрузки позволяет снижать вероятность травматизма спортсмена. Эргономичное расположение, лицом к весовой стойке позволяет быстро, вовремя и без особых усилий регулировать нагрузку. Также штифты дают возможность регулировать диапазон движений ног. Система опорных подшипников обеспечивает плавную нагрузку приводящих и отводящих мышц бедра.

На рис. 1 представлена твердотельная модель тренажера для приводящих и отводящих мышц бедра.



Рис. 1. Твердотельная модель тренажера для приводящих и отводящих мышц бедра

В ходе проектирования было подготовлено техническое задание на разработку данной конструкции. В соответствии с заданными техническими характеристиками и условиями эксплуатации изделия выбраны материалы деталей. Произведены расчеты на прочность сварных швов конструкции, расчет долговечности подшипников качения, расчет момента силы завинчивания болтовых соединений.

УДК 796.028

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ В РЦОП ПО ШАШКАМ И ШАХМАТАМ

Студент гр. 11902119 Фалей Н. А.

Ст. преподаватель Барановская Д. И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Современные системы видеонаблюдения для крупных объектов, как правило, представляют собой объемные программно-аппаратные комплексы. Это масштабируемые системы, построенные на основе самых прогрессивных технологий в отрасли и нацеленные на долгосрочную работу. Важнейшей особенностью такого решения является возможность объединения всех систем в одну общую структуру – интегрированный комплекс безопасности.

В настоящее время состояние видеонаблюдения в ГУ РЦОП «Шашки и шахматы» не соответствует требованиям Республиканской системы мониторинга общественной безопасности (РСМОБ), поэтому актуальным является модернизация системы видеонаблюдения данной организации.

Современные системы видеонаблюдения строятся на основе цифровых и компьютерных технологий (IP-технологии), а также специализированных цифровых устройств обработки

видеоинформации. Основное преимущество IP-технологии заключается в возможности построения сетей видеонаблюдения, не привязанных к расстоянию. Системы IP-видеонаблюдения очень масштабируемы и гибки, они дают возможность интеллектуального анализа и немедленного доступа к видеоданным. Как и в обычных камерах, в IP-камерах объектив фокусирует изображение на матрице, которая в свою очередь преобразует свет в электрический сигнал. Он передается на процессор, обрабатывающий цвета, яркость и другие параметры изображения. После этого видео поступает на компрессор, который сжимает данные для передачи их через сетевой контроллер. IP-камера транслирует видеопоток на регистратор (сервер), персональный компьютер (при наличии соответствующего ПО) (рис. 1).



Рис. 1. Схема подключения IP-видеокамер по технологии PoE

IP-камеры работают по стеку протоколов TCP/IP. Это модель сетевого подключения, которая имеет четыре уровня передачи информации: 1) прикладной – HTTP, RTSP, FTP, DNS и др.; 2) транспортный – TCP, UDP, SCTP, DCCP и др. (RIP, протоколы маршрутизации типа OSPF, работающие поверх IP, – часть сетевого уровня); 3) сетевой – IP (вспомогательные протоколы, например, ICMP и IGMP, работают поверх сетевого протокола, но относятся к сетевому уровню, а ARP – самостоятельный вспомогательный протокол, работающий поверх канального уровня); 4) сетевой доступ – Ethernet, IEEE 802.11 WLAN, SLIP, Token Ring, ATM и MPLS, физическая среда и принципы кодирования информации, T1, E1.

При проектировании сети необходимо учесть, что на каждом этаже будет минимум 1 коммутатор. Необходимо иметь резерв портов для замены при возможном выходе портов из строя. На каждом этаже находится от 9 до 16 камер. Таким образом, коммутатор в серверной должен иметь минимум 10 оптических портов. При этом нет необходимости в большом количестве портов Ethernet – к коммутатору будет подключен видеорегистратор и компьютер в помещении охраны. Использование системы видеонаблюдения в составе интегрированной системы безопасности объектов позволяет существенно повысить эффективность охраны.

УДК 796. 022

ТРЕНАЖЕР ДЛЯ РАЗВИТИЯ МЫШЦ БИЦЕПСОВ

Студент гр. 11904119 Холязникова А. В.

Кандидат техн. наук, доцент Савелов И. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Бицепсы участвуют практически во всех упражнениях на верхнюю часть тела, но для прогрессивного роста они нуждаются в концентрированной нагрузке, интенсивной изолированной работе, в которой будут исключены мышцы помощники.

Целью работы является разработка конструкции тренажера для развития мышц бицепсов, его составных частей, выбор материалов конструкции в соответствии с климатическим исполнением УХЛ2 и степени защиты конструкции I22.

В процессе выполнения разработана конструкция тренажера для развития мышц бицепсов. Конструктивно тренажер разделен на основание с поворотной балкой и пневматическую установку. В правой части основания расположен кронштейн для поворотной балки. К поворотной балке крепятся рычаги с ручками, за которые спортсмен тянет поворотную балку на себя.

Пневматическая установка состоит из каркаса-основания, кожуха и боковых стенок. Внизу каркаса-основания пневматической установки устанавливается компрессор с ресивером. Сверху располагается пневмодвигатель с редуктором. При подаче воздуха в пневмодвигатель создается крутящий момент, направленный в противоположную сторону движения поворотной балки, за которую тянет на себя спортсмен, таким образом, возникает пневматическая нагруженность. Сила нагруженности определяется давлением в системе, которое отслеживает цифровой манометр. Для поддержки требуемого в системе давления предусмотрен спускной клапан (рис. 1).



Рис. 1. Твёрдотельная модель тренажера для развития мышц бицепса

Детали тренажера, испытывающие большие механические и вибрационные нагрузки, изготавливаются из конструкционной углеродистой стали марки СТЗсп.

Произведен расчет необходимого момента силы завинчивания гаек, который составляет не менее 54,5 Н·м. Рассчитан максимальный момент затяжки резьбовых соединений $M_{кр}$, который составляет не менее 67,2 Н·м. Расчет крутящего момента вала установил, что при крутящем моменте в 303 Н и условные допускаемые напряжения при кручении в 20 МПа, диаметр вала должен быть не менее 64,4 мм, а $l_{ст} = 51$. Исходя из данного расчета, был выбран подшипник 100813, и для него проведен расчет на долговечность $Lh = 3047$ ч.

Также было проведено исследование поворотной балки на прочность. Результат исследования показал, что при действии силы $F = 1500$ Н перемещение рамы составляет 26 мм, не приводя к разрушению конструкции.

Разработка твердотельной модели тренажера для развития мышц бицепсов и рабочих чертежей элементов конструкции производилась при помощи САПР SolidWorks.

Литература

1. Проектирование спортивной техники: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 1-60 02 02 «Проектирование и производство спортивной техники» / Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Информационно-измерительная техника и технологии»; сост. И. Н. Савёлов. – Минск: БНТУ, 2022. – 56 с.
2. Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP): ГОСТ 14254-96. – Введ. 01.01.1997. – Межгосударственный стандарт. – М., 1997. – 5 с.

УДК 796.022

ТРЕНАЖЕР ДЛЯ СКОРОСТНО-СИЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ ПЛОВЦОВ

Студент гр. 11904119 Чумак П. И.

Кандидат биол. наук Парамонова Н. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В практике подготовки пловцов получили широкое распространение тренажеры. Тренажер для скоростно-силовой подготовки спортсменов-пловцов предназначен для совершенствования техники гребка, силы, выносливости и для тренировки скоростно-силовых качеств спортсмена.

Целью данной работы является разработка конструкции тренажера для скоростно-силовой подготовки пловцов.

Областью применения тренажера (УТП) – является тренировочный процесс. Данный тренажер должен использоваться в тренировочном процессе спортсменов, занимающихся плаванием. Использование и эксплуатация тренажера может проходить только в чашах бассейнов, так как конструкцией не предусмотрено использование данного тренажера на улице или в спортивных залах.

Виды упражнений выполняемых на данном тренажере:

- плавание с колобашкой (на руках);
- плавание с доской (на ногах);
- плавание с лопатками.

Нагрузка задается путем передачи крутящего момента от электродвигателя. Регулировка осуществляется изменением среднего значения напряжения импульсов, подаваемых на электродвигатель. Это позволяет обеспечить плавную нагрузку на мышцы, а также возможность выставления любого значения нагрузки.

На рис. 1 представлена твердотельная модель тренажера для скоростно-силовой подготовки пловцов.



Рис. 1. Тренажер для скоростно-силовой тренировки пловцов

Во время выполнения данной работы было разработано техническое задание для разработки данного тренажера. В соответствии с заданным техническим заданием и условиями эксплуатации изделия был выбран материал для изготовления. Также были проведены статические исследования конструкции: напряжений, перемещений и деформаций.

УДК 796.028

МОДЕРНИЗАЦИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СТАНЦИИ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ ДЛЯ БАССЕЙНОВ СОК «ОЛИМПИЙСКИЙ»

Студент гр. 11902119 Ячный В. В.

Ст. преподаватель Саламонов А. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Объектом модернизации является действующая станция водоподготовки СОК «Олимпийский», которая обеспечивает непрерывную подготовку воды по всему спортивному комплексу. В процессе исследования были изучены технологии и процессы очищения, фильтрования и подготовки воды. Также было представлено описание оборудования, используемого при подготовке воды спортивного комплекса. В процессе работы осуществлено сравнение действующего оборудования станции с потенциально более перспективными агрегатами, а также выполнен подбор оборудования с определенными характеристиками.

Водоподготовка – это комплекс действий по обеспечению соответствия воды в бассейне санитарным требованиям. Специфика бассейна такова, что вода должна быть высокого качества. Кроме того, для поддержания оборудования в рабочем состоянии необходимо регулировать уровень минерализации, иначе известковый налет быстро покроет металлические детали и забьет небольшие отверстия, что приведет к изменению режима циркуляции воды. Действия, производимые при водоподготовке бассейна, представлены на рис. 1.

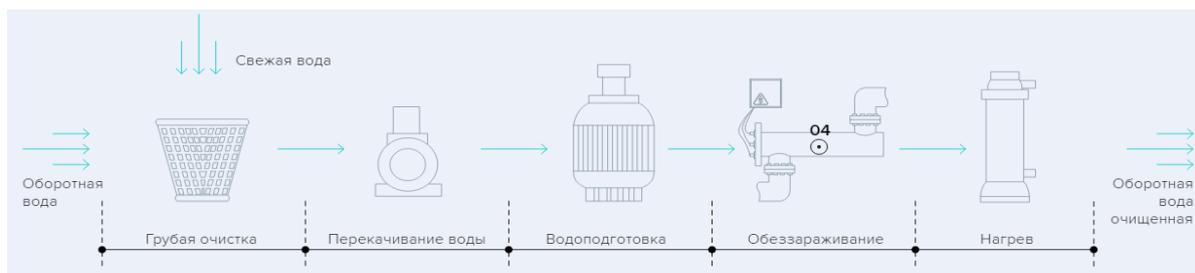


Рис. 1. Действия, производимые при водоподготовке бассейнов

Параллельно с этими процедурами вводятся смягчающие добавки, снижающие жесткость воды до определенного уровня.

Список оборудования, которое обычно используется для очистки воды, включает следующие устройства: 1) механический фильтр, который отделяет твердые частицы и суспензии в воде; 2) сорбционный фильтр, выполняющий задачи по удалению мелкодисперсных суспензий из воды; 3) оборудование для обеззараживания (рекомендуемый вариант-озонатор, но более экономичный вариант хлорирование); 4) установки для регулирования кислотно-щелочного баланса (pH); 3) отопительное оборудование; 4) система управления для всего комплекса.

Существует множество систем очистки воды, которые различаются типом оборудования, методами обеззараживания и фильтрации. Выбор наиболее подходящей системы определяется размером и назначением бассейна, источником воды, частотой использования и другими параметрами. Принципиальное различие между ними заключается в способе удаления грязи и дезинфекции. Большое количество устройств позволяет использовать разнообразные варианты сборных систем, состоящих из отдельных блоков, собранных в единый комплект. Существуют также готовые комплексы, состоящие из совместимых элементов и способные выполнять свои задачи максимально эффективно.

Системы с полной рециркуляцией. Осуществляется полная очистка воды, обеззараживание и регулирование pH. Объем пополняется в небольших количествах по мере испарения. Системы, работающие с проточной водой. Количество воды постоянно меняется. Оптимальная схема питания от водопроводной сети. Процесс приготовления воды является средством уменьшения, смягчения и нагрева хлора. Система стоит дорого, так как объем большой, а подмена воды происходит постоянно.

Выбор системы очистки воды определяется исходным качеством воды в бассейны. Чем она чище, тем меньше устройств требуется для очистки воды.

Литература

1. Фрог, Б. Н. Водоподготовка: учебн. пособие для вузов / Б. Н. Фрог, А. П. Левченко. – М.: Издательство МГУ, 1996. – 680 с.

СЕКЦИЯ 7. СТАНДАРТИЗАЦИЯ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 006.85

ИСТОЧНИК МЕДЛЕННЫХ АТОМОВ НА ОСНОВЕ МАГНИТО-ОПТИЧЕСКОЙ КОНИЧЕСКОЙ ЛОВУШКИ

Мл. научный сотрудник Алейникова Е. С., инженер Иванченко Е. В.
Кандидат техн. наук Купалов Д. С.

Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений, Менделеево, Солнечногорский район, Московская область, Россия

1. Введение. Одним из ключевых элементов атомных фонтанов и других атомных сенсоров является источник холодных атомов. Источник должен быть надежным, удобным и относительно простым при высоком потоке загруженных атомов. При сохранении той же точности измерений рубидиевого фонтана, более высокий поток атомов позволяет повысить частоту повторений измерений стандарта (уменьшить время его цикла измерения) и улучшить отношение сигнал-шум. Одним из способов этого достичь является использование источника медленных атомов в конической конфигурации. Мы разработали коническую МОЛ [1] в качестве источника медленных атомов для рубидиевого фонтана.

2. Источник медленных атомов на основе конической магнито-оптической ловушки. МОЛ в конической конфигурации более компактны, менее чувствительны к механическим воздействиям и менее требовательны к вакуумной оптике, чем ранее использовавшиеся LVIS и 2D-MOT, при этом потоки атомов в них сопоставимы [2]. Наша МОЛ состоит из конического зеркального отражателя в вакуумной камере (рис. 1), одного широкого лазерного луча и магнитного поля, создаваемого парой катушек в анти-гельмгольцевской конфигурации. Охлаждающий лазерный луч и луч накачки были объединены в одно оптоволокно, сохраняющее поляризацию. Благодаря четырем отверстиям в коническом отражателе можно наблюдать за облаком захваченных атомов и контролировать его (рис. 2). Мы использовали коническую МОЛ и как источник медленных атомов. В этом случае атомы сначала захватываются в ловушке, а затем выталкиваются лазерным лучом через отверстие на вершине отражателя.

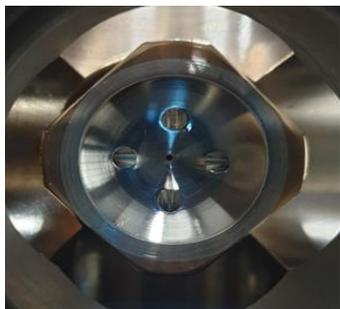


Рис. 1. Конический отражатель в вакуумной камере Рис. 2. Облако захваченных атомов рубидия

Благодаря своей относительной простоте, управляемости и компактности магнито-оптическая ловушка, реализованная в конической конфигурации, может стать полезным инструментом для атомных фонтанов и других атомных сенсоров (например, гравиметра [3]). Будут представлены основные характеристики выходного атомного пучка конической МОЛ, такие как: средняя скорость атомов и поток частиц.

Литература

1. Single-beam atom trap in a pyramidal and conical hollow mirror / K. I. Lee [et al.] // *Opt. Lett.*, 1996. – Vol. 21(15). – P. 1177.
2. Ravenhall, S. High-flux, adjustable, compact cold-atom source / S. Ravenhall, B. Yuen, C. Foot // *Optics Express*, 2021. – Vol. 29, No. 14/5.
3. Prospects for the development of a sensitive atomic interferometer based on cold rubidium atoms / M. S. Aleynikov [et al.] // *Measurement Techniques*, 2020. – Vol. 63, No. 7. – P. 520–523.

ИЗМЕРЕНИЕ КОНУСНОСТИ

Студенты гр. 11305122 Алексеевич А. О., Суворова У. В.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Романчук В. М.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является рассмотрение измерительного устройства для измерения конусности наружных и внутренних конусов.

Конусностью называется отношение диаметра основания конуса к высоте. Конусность рассчитывается по формуле $K = D / h$, где D – диаметр основания конуса, h – высота. Если конус усеченный, то конусность рассчитывается как отношение разности диаметров усеченного конуса к его высоте. В случае усеченного конуса, формула конусности будет иметь вид: $K = (D - d) / h$.

Регулируется конусность с помощью стандартов, примером может служить ГОСТ 8593-81, 15945-82, инструментальные же конусности представлены в ГОСТ 25557-2006 [1].

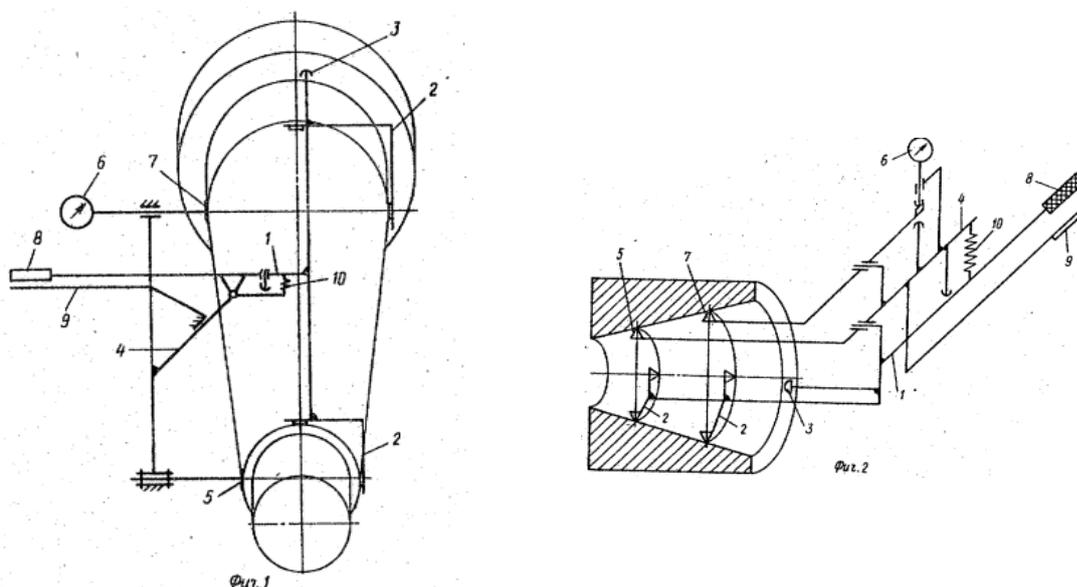


Рис. 1. Установка для измерения конусности

Описание установки (рис. 1): устройство содержит корпус 1, на котором жестко закреплены две пары опор 2 для базирования и осевой упор 3. На корпусе 1 подвижно установлен рычаг 4, в котором жестко установлен измерительный наконечник 5, отсчетный узел 6 и подвижно установлен измерительный наконечник 7 с возможностью взаимодействия с отсчетным узлом 6, измерительное усилие создается пружиной 10. Устройство устанавливают на образцовую деталь, измерительный наконечник 5 взаимодействует с образцовой деталью. Отсчетный узел 6 взаимодействует через измерительный наконечник 7 с деталью. Устанавливая устройство на контролируруемую деталь, фиксируют отклонение показаний отсчетного узла 6 от настроенного показания. Пример расчета неопределенности измерений конусности можно найти в работе [2].

Литература

1. Накладное устройство для измерения конусности конических поверхностей: патент SU 1647225 / А. С. Гликин, В. П. Попова. – Оpubл. 07.05.1991.
2. Arendarski J. Niepewność pomiarów. – Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2003.

УДК 006.91

ПЕРСПЕКТИВЫ УНИФИКАЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕДУР

Студент гр. 11305119 Артющик Е. Н.

Д-р техн. наук, профессор Соломахо В. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Станкостроение, автотракторостроение и др. нарастающее внимание уделяется точности и надежности выпускаемых изделий. Измерительный контроль является основным инструментом, подтверждающим соответствие полученных технических характеристик изготовленных изделий нормативно установленным.

В машино- и приборостроении основной измеряемой физической величиной является длина, а доля проводимых измерений размеров, формы и расположения размерных элементов деталей составляет от 75 до 80 % их общего числа [1]. Погрешности размеров, отклонения формы и расположения поверхностей возникают в процессе обработки деталей из-за неточности и деформации станка, инструмента или приспособления; деформации обрабатываемого изделия; неравномерности припуска на обработку; неоднородности материала заготовки и т. п. В подвижных соединениях эти отклонения приводят к уменьшению износостойкости деталей вследствие повышенного удельного давления на выступах неровностей, к нарушению плавности хода, снижению виброустойчивости и т. д. При увеличении нагрузок, скоростей, рабочих температур, характерных для современных машин и приборов, воздействие отклонений формы и расположения поверхностей усиливается.

Повышенное внимание к точностным параметрам изделий обусловлено зависимостью между точностью и функционально-эксплуатационными характеристиками изделий. Это объясняет постоянное стремление не только к решению имеющихся проблемных вопросов, связанных с обеспечением точности измерения размеров, отклонений формы и расположения поверхностей, но и к оптимизации процессов проектирования методик выполнения измерений (МВИ), организации контрольных процедур, оценке точности средств измерений. Следует отметить, что современное производство машин и приборов характеризуется широкой номенклатурой изделий и, соответственно, неизбежно приводит к снижению их серийности. При этом все требования к техническому и метрологическому обеспечению производства сохраняются. Такая ситуация приводит к многократному увеличению количества повторяющихся технических процедур, в том числе контрольных операций, что сказывается на трудоемкости и себестоимости продукции, неоправданном расширении парка используемых средств измерений (СИ) и т. д.

Так как при контроле мы имеем дело с повторяющимися операциями, то возникает определенная необходимость в их унификации. Унификация может осуществляться путем разработки «типовых» МВИ, либо на основе ограниченного перечня СИ, используемых при решении широкого круга измерительных задач.

Например, для определения отклонений формы от плоскостности и прямолинейности, а также измерение отклонения угла наклона применяются поверочные линейки, поверочные и разметочные плиты и уровни. Анализ МВИ показывает, что применения электронного уровня, в качестве универсального СИ, обеспечит решение круга измерительных задач, включая контроль плоскостности и прямолинейности, параллельности и перпендикулярности, а также измерение углового отклонения положения размерного элемента от его номинального положения.

Проведенный анализ показывает, что применение унификации при разработке метрологических процедур и отборе для применения ограниченной, но достаточной (с учетом решаемых измерительных задач) номенклатуры СИ, может не только снизить затраты на проведение нормативно-методических процедур, но и способствовать их автоматизации.

Литература

1. Соломахо, В. Л. Координатные измерения и координатная метрология / В. Л. Соломахо // Материалы МНТК «Технология – Оборудование – Качество – Контроль». – Минск, БНТУ. – 2021. – С. 149–150.

УДК 658.516

НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗВЕЩАТЕЛЯ ПОЖАРНОГО ДЫМОВОГО ПРОТОЧНОГО

Студент гр. 11305119 Бирючинских Н. И., студент гр. 11305121 Троицкая А. Э.

Д-р техн. наук, профессор Серенков П. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

По данным учета МЧС о чрезвычайных ситуациях в Республике Беларусь пожары – это главный источник чрезвычайных ситуаций. Поэтому основная деятельность по защите предприятий направлена на борьбу с различного рода возгораниями, определение их очагов и своевременная сигнализация об их начале.

Система пожарной сигнализации является одним из компонентов системы противопожарной защиты. Пожарные кодексы предписывают общий порядок проектирования систем пожарной сигнализации в зданиях и сооружениях. Одним из важнейших элементов системы пожарной сигнализации является пожарный извещатель. Извещатель пожарный – это техническое средство, предназначенное для обнаружения факторов пожара и/или формирования сигнала о пожаре.

Республика Беларусь является полноправным членом ЕАЭС. Поэтому на ее территории допущены к использованию только те пожарные извещатели, которые представлены в «едином реестре выданных сертификатов соответствия и зарегистрированных деклараций о соответствии». Так же там представлены сопутствующий перечень стандартов, которые регламентируют требования к каждому типу извещателей, включая контроль их функциональных характеристик. Т. е. для того, чтобы ввести в пользование новый вид пожарного извещателя, необходимо разработать соответствующий государственный или межгосударственный стандарт.

Программа работы международного технического комитета по стандартизации «Пожарная безопасность» рассматривает в качестве перспективного направления подпрограмму по разработке межгосударственных стандартов, содержащих правила и методы исследований и измерений, необходимые для применения и исполнения требований технического регламента ЕАЭС «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения». Одним из межгосударственных стандартов, который предварительно планируется разработать до конца 2023 года, является ГОСТ «Извещатели пожарные дымовые проточные. Общие технические требования. Методы испытаний».

Извещатели этого типа внесены в программу, так как являются современным перспективным средством сигнализации о начале возгорания. К его достоинствам можно отнести:

- высокую чувствительность, у некоторых моделей до 0,03 % частичек дыма в воздухе;
- небольшое количество ложных срабатываний;
- снижение влияния неконтролируемых воздушных потоков на качество и своевременность обнаружения очага возгорания;
- возможность монтажа воздуховодных труб под подвесным потолком или в элементах отделки, а автономных приборов в воздуховодах исключает негативное влияние системы пожарной сигнализации на дизайн интерьера помещения и др.

В докладе обоснована необходимость разработки комплекса методик испытаний. Проточный извещатель разработан на основе извещателей аспирационного и оптикоэлектронного типов. Последние допущены к применению на территории стран членов ЕАЭС, а методики их испытаний так же разработаны и аттестованы. В результате их анализа сделан вывод, что концептуально новой разработке подлежат только три метода для трех характеристик проточного извещателя: повторяемость, стабильность и огневые испытания.

Для новых характеристик приведены обоснования методов испытаний. Представлена программа метрологического обеспечения этих характеристик, обеспечивающая пригодность испытаний на протяжении всего жизненного цикла в соответствии с СТБ 2450 «Менеджмент измерительных систем».

УСТАНОВЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ ПРИ КАЛИБРОВКЕ КОНТРОЛЬНЫХ СИТ

Булыга Д. В., Коробко Ю. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Контрольные сита предназначены для разделения материалов на фракции по классам крупности. Они широко применяются во многих сферах деятельности, где требуется определение гранулометрического состава вещества: пищевой промышленности, медицине, фармакологии, строительстве и др. По своему метрологическому назначению контрольные сита относятся к испытательному оборудованию и для подтверждения своих характеристик подлежат аттестации, процедуры которых установлены СТБ 8015-16. Хотя указанный документ и не предусматривает калибровку указанного оборудования, однако такой вид метрологической оценки допускается постановлением Госстандарта РБ № 42 от 23.04.21 г. которое, в частности, устанавливает требования к порядку организации и осуществлению калибровки средств измерений, используемых в аккредитованных испытательных лабораториях в целях выполнения ими требований ГОСТ ISO/IEC 17025. При этом испытательная лаборатория должна установить и поддерживать метрологическую прослеживаемость результатов своих измерений, связывая их с соответствующей основой для сравнения посредством документированной непрерывной цепи калибровок.

Понятие «метрологическая прослеживаемость» в отечественной метрологии относительно новое и повсеместно внедряется в метрологическую практику. Закон РБ «Об обеспечении единства измерений» определяет метрологическую прослеживаемость как одну из основ обеспечения единства измерений, под которой понимают свойство результата измерения, в соответствии с которым он может быть соотнесен с национальным эталоном единицы величины или иной основы для сравнения через документированную неразрывную цепь поверок и калибровок средств измерений. Метрологическая прослеживаемость призвана обеспечить доверие к эквивалентности измерений на международном уровне. В глобальном масштабе метрологическая прослеживаемость определена Договоренностью о взаимном признании национальных эталонов, сертификатов калибровки и измерений, выдаваемых национальными метрологическими институтами.

В докладе предлагаются некоторые оригинальные методики калибровки контрольных сит различных номиналов от 20 мкм до 20 мм, основанные на применении видеоизмерительной машины серии QUICK VISION, предназначенной для измерения линейных и угловых размеров по координатам точек отдельных геометрических элементов с точностью 0,05 мкм. Методики калибровки разработаны в соответствии с требованиями [1], [2] и с учетом требований [3]. Также определяются методы и устанавливаются средства проведения калибровки контрольных сит.

На основе разработанной методики калибровки контрольных сит в докладе предлагается схема метрологической прослеживаемости калибровки, обеспечивающая прослеживаемость результатов измерений к Государственному первичному эталону единицы длины – метра ГЭТ2-2010 России. С этой целью был проведен анализ метрологических характеристик наиболее востребованных сит – контрольных сит в диапазоне 20–900 мкм пределом допускаемой абсолютной погрешности $\Delta 10\%$.

В докладе также предлагаются методики оценки неопределенностей измерений при калибровке. Все эти разработки в совокупности с имеющимся поверочным оборудованием и предлагаемыми методиками калибровки позволили организовать оптимальные рабочие места для калибровки контрольных сит определенного типа.

Литература

1. Постановление Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 20 апреля 2021 г. № 38 «Об осуществлении метрологической оценки для утверждения типа средств измерений и стандартных образцов».
2. Постановление Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 23 апреля 2021 г. № 42 «Об утверждении правил осуществления метрологической оценки в виде работ по калибровке средств измерений».

3. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий: ГОСТ ISO/IEC 17025-2019.

4. Сита контрольные. Технические требования и испытания. Часть 1. Сита контрольные из металлической проволоочной сетки: СТБ ISO 3310-1-2019.

УДК 006.91:681.2

ОСОБЕННОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ КАРТИРОВАНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Магистрант Лапко В. Е.

Кандидат техн. наук, доцент Соколовский С. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Картирование – документально зарегистрированные измерения температуры и (или) относительной влажности воздуха, отражающие распределение значений этих величин в области хранения продукции, включая определение «горячих» и «холодных» точек. Главная особенность таких измерений состоит в том, что их следует рассматривать как координатные и представлять результаты измерений контролируемых физических величин в выделенных контрольных точках, которые должны иметь определенное расположение в декартовой системе координат, привязанной к определенным базисным элементам исследуемого помещения. В связи с этим при разработке методик таких измерений возникает необходимость согласования точности измерений исследуемых физических величин и точности фиксирования координат контрольных точек.

Приборы, которые применяются в этой области, получили название «логгеры». Конструктивно логгер может быть выполнен по-разному, но обычно он выглядит как небольшой прибор с автономным питанием. В основу устройства положена электронная плата с микропроцессором, который способен принимать и обрабатывать данные, поступающие с датчиков. Электронная начинка автономного регистратора помещается в небольшой корпус, в котором также размещается дисплей, элементы управления и разъемы для считывания данных. При выборе приборов такого назначения учитываются прежде всего такие их характеристики как номенклатура измеряемых физических величин, диапазоны их измерений и пределы допускаемых погрешностей измерений, объем памяти и возможность их программирования. В качестве таких приборов, обладающих наилучшим сочетанием выделенных характеристик, можно рекомендовать такие их типы как **EClerk-M-RHT**, **Testo 174 H**, **Testo 174 T**. Выделенные приборы кроме всего прочего характеризуются достаточно хорошей эргономичностью, прежде всего в плане простоты управления и удобства считывания информации, имеют относительно невысокую стоимость по сравнению с приборами аналогичного назначения.

УДК 628

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ

Студент гр. 11305122 Закревская Е. В.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Романчук В. М.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Цель работы. Определение плотности образцов неправильной формы при помощи пикнометра.

Плотность вещества – это масса единицы объема этого вещества. Очевидно, измерение плотности сводится к измерению массы и объема тела. Определение плотности пикнометром является давним способом определения плотности, как жидкостей, так и твердых тел. Определяющий плотность пикнометр – специальный сосуд для работы с жидкостями и твердыми материалами. Представляет собой стеклянную колбу округлой, грушевидной, конической или другой формы. Обязательно снабжается градуировкой или меткой номинального объема. Имеет несколько разновидностей, многие из которых названы по имени разработчиков: Гей-

Люссака, Менделеева, Оствальда, Рейшауэра. Зная массу и объем пикнометра, можно рассчитать плотность вещества по формуле:

$$\rho = \frac{m_2 - m_0}{v}$$

Расчет неопределенности измерения выполняется по формуле:

$$u_p = \sqrt{\left(\frac{dp}{dm}\right)^2 u_{m_2}^2 + \left(\frac{dp}{dm_0}\right)^2 u_{m_0}^2 + \left(\frac{dp}{dv}\right)^2 u_v^2 + u_v^2}$$

Вычислим определение плотности и произведем расчет неопределенности измерений. Все измерения представлены в таблице (табл. 1).

Таблица 1 – Расчет неопределенности измерения плотности.

Величина	Значения	Полуширина	Расширение неопределенности	Стандартная неопределенность	Коэффициент влияния	Вклад неопределенности
X_i	x_i	$0,5R_i$	k^*	$u(X_i)$	c_i	$u_i(Y)$
m_2	221,151	$5 \cdot 10^{-3}$	2	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$9,89 \cdot 10^{-3}$	$2,47 \cdot 10^{-5}$
m_0	87,272	$5 \cdot 10^{-3}$	2	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$-9,89 \cdot 10^{-3}$	$-2,47 \cdot 10^{-5}$
V	101,11	$5 \cdot 10^{-3}$	2	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$-13,1 \cdot 10^{-3}$	$-3,27 \cdot 10^{-4}$
ρ	1,324093	–	–	–	–	$3,29 \cdot 10^{-4}$

Литература

1. Тарасов, А. В. Определение плотности жидкостей. Методические указания к лабораторной работе / А. В. Тарасов, И. В. Степанова. – Петербургский государственный университет путей сообщения, 2006.
2. Arendarski, J. Niepewność pomiarów / J. Arendarski. – Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2003.

УДК 658.5

ПРИМЕНЕНИЕ КВАЛИМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Студент гр. 11305119 Василевская А. А.

Ст. преподаватель Ленкевич О. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Анализ состояния производства – мероприятие, осуществляемое органом по сертификации продукции непосредственно по месту осуществления деятельности по производству продукции с целью установления способности изготовителя продукции стабильно выпускать продукцию, соответствующую техническим требованиям, подтверждаемым (подтвержденным) при сертификации [1].

Для обоснования, принятого органом по сертификации решения в отношении соблюдения организацией установленных требований, предлагается использовать квалиметрическую модель получения комплексной количественной оценки состояния производства.

Для получения такой оценки необходимо реализовать следующий алгоритм [2]:

1. Выбрать шкалы размерностей комплексной оценки K_0 (для приведения единиц измерения отдельных свойств к единому виду).
2. Выбрать способ нахождения коэффициентов весомости отдельных свойств M_{ij} , приемлемого для получения комплексной оценки качества K_0 данного объекта и определение коэффициентов весомостей свойств.
3. Выбрать метод сведения воедино результатов оценки отдельных свойств K_{ij} для получения комплексной оценки качества объекта K_0 .
4. Вычислить комплексную оценку качества объекта K_0 .
5. Сделать заключение о способности изготовителя продукции стабильно выпускать продукцию.

На основе положений Правил подтверждения соответствия Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь в квалиметрическую оценку включены следующие комплексные показатели, каждый из которых состоит из непосредственно оцениваемых единичных показателей: техническая документация; компетентность персонала; взаимодействие с потребителями; идентификации продукции и прослеживаемости; технического обслуживания и ремонта оборудования; соблюдения технологии производства; входного контроля материалов, комплектующих изделий и составных частей изделия; системы производственного контроля и проведения испытаний; управления контрольным, измерительным и испытательным оборудованием; корректирующие мероприятия; хранение, упаковка, маркировка, консервация продукции.

Для комплексирования результатов оценки отдельных показателей (K_i) предлагается применить способ, основанный на использовании средневзвешенного гармонического показателя, поскольку он учитывает разброс единичных показателей и их существенные отклонения от базовых значений, причем простота вычислений сохраняется [2]. Коэффициенты весомостей M_i определяются экспертным методом. Тогда комплексная оценка будет равна:

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{\sum_{i=1}^n \frac{M_i}{K_i}}. \quad (1)$$

Литература

1. Об утверждении Правил подтверждения соответствия Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь: Постановление Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 25 июля 2017 г. – № 61.
2. Соколовский, С. С. Методы менеджмента качества. Квалиметрия: учебно-методическое пособие для студентов высших учебных заведений / С. С. Соколовский. – Минск: БНТУ. – 160 с.

УДК 531.711

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ ЕДИНИЦЫ ДЛИНЫ-МЕТРА

Магистрант гр. 1-54 80 01 Волчок О. П.

Кандидат техн. наук, доцент Спесивцева Ю. Б.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Метрологическая прослеживаемость – свойство результата измерения, в соответствии с которым этот результат может быть соотнесен с национальным эталоном единицы величины или иной основой для сравнения через документированную неразрывную цепь поверок и (или) калибровок. Эталон – средство измерений (или комплекс средств измерений), обеспечивающее воспроизведение и (или) хранение единицы, а также передачу ее размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений и утвержденное в качестве эталона в установленном порядке. Метрологическая прослеживаемость результатов измерений является одним из основных принципов обеспечения единства измерений до единиц величин международной системы SI, в первую очередь, воспроизводимых национальными эталонами единиц величин. Способы обеспечения метрологической прослеживаемости расширены до международных эталонов единиц величин и эталонов иностранных государств, в том числе до основ для сравнения, воспроизводимых стандартными образцами и референтными (первичными) методиками (методами) измерений [1].

Одной из основных единиц международной системы единиц физических величин является метр. На этапе анализа обеспечения прослеживаемости единицы длины рассмотрен опыт использования лазерных источников на эталонах других государств. Рассмотрены основные вопросы реализации единицы длины – метра с использованием абсолютных физических констант. Проведен анализ обеспечения прослеживаемости единицы длины. С учетом актуальности применения лазерных источников излучения для обеспечения прослеживаемости единицы длины, представлен анализ существующей и новой схемы прослеживаемости.

Рассмотрены вопросы создания методического обеспечения для анализа и обработки результатов измерений.

На первичном уровне метр воспроизводится как длина волны при помощи йод-стабилизированных гелий-неоновых лазеров. На подуровнях используются материальные меры, такие как плоскопараллельные концевые меры длины, а прослеживаемость удостоверяется средствами оптической интерферометрии для определения длины плоскопараллельных концевых мер длины, когда в качестве опорного значения берется упомянутая выше длина. Концевая мера длины – эталонная мера длины, выполненная в форме прямоугольного параллелепипеда с нормируемым размером между измерительными плоскостями [2]. Абсолютный метод измерения заключается в сравнении длины концевой меры с длиной волны источника излучения.

В настоящее время в качестве источников излучения на эталонах, предназначенных для измерения длины концевых мер, как правило, применяются газоразрядные лампы, заполненные следующими газами и металлами в газообразном состоянии: гелием He, криптоном Kr, йодом I или кадмием Cd. Применение лазерных источников излучения для определения длины является приоритетным направлением в метрологии в настоящее время. Стабилизированные лазерные источники излучения воспроизводят длину волны с точностью превышающей точность, которая обеспечивается при применении газоразрядных ламп. Проведен детальный анализ применения лазерных источников излучения для измерения длины концевых мер. Представлены новая схема метрологической прослеживаемости концевых мер длины, расчет неопределенности и методика выполнения измерений [3].

Литература

1. Закон Республики Беларусь от 5 сентября 1995 г. № 3848-XII «Об обеспечении единства измерений» (в ред. Закона Республики Беларусь от 11.11.2019 № 254-3).
2. Меры длины концевые плоскопараллельные. Технические условия: ГОСТ 9038-90.
3. МИ 2060-90 Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне от 1/1000000 до 50 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм.

УДК 531.711

ЭТАЛОН ЕДИНИЦЫ ДЛИНЫ-МЕТРА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА КОНЦЕВЫХ МЕР ДЛИНЫ АБСОЛЮТНЫМ МЕТОДОМ

Магистрант гр. 1-54 80 01 Волчок О. П.

Кандидат техн. наук, доцент Спесивцева Ю. Б.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Единство измерений – состояние измерений, при котором результаты этих измерений выражены в допущенных к применению в Республике Беларусь единицах величин, обеспечена метрологическая прослеживаемость, а показатели точности измерений не выходят за установленные границы с заданной вероятностью. Воспроизведение, хранение и передача размеров единиц осуществляется с помощью эталонов [1].

Обеспечение единства измерений способствует устранению технических барьеров в торговле, позволяет повысить конкурентоспособность продукции, работ и услуг, гарантируя достоверность информации об их характеристиках и эффективности. В настоящее время эталонная база Республики Беларусь состоит из 64 национальных эталонов. Развитие национальной эталонной базы и ее поддержание на высоком международном уровне является частью государственной политики в сфере научной, научно-технической и инновационной деятельности. В рамках подпрограммы «Эталонные Республики Беларусь» Государственной научно-технической программы «Национальные эталоны и высокотехнологичное исследовательское оборудование» на 2021–2025 годы ведется работа над модернизацией и созданием новых эталонов и единиц величин [2].

Метр является одной из семи основных единиц измерения, принятых в системе СИ. Определение метра как единицы и его физическая реализация менялись с течением времени. Первый эталон метра представлял собой платино-иридиевый брусок, единица длины – метр

определялась расстоянием между осями двух средних штрихов, нанесенных на бруске. В 1895 г. II Генеральная конференция по мерам и весам признала, что естественным свидетелем размера метра может являться длина волны монохроматического света. Позже принято определение метра: «Метр – единица длины, равная пути, проходимому в вакууме светом за $1/299792458$ долю секунды» [3]. На первичном уровне метр воспроизводится как длина волны при помощи йод-стабилизированных гелий-неоновых лазеров. На подуровнях используются материальные меры, а прослеживаемость удостоверяется средствами оптической интерферометрии.

Концевые меры длины (КМД) были предложены в 1898 году С. Е. Jогansson в качестве составных калибров для контроля размеров деталей машин. Несмотря на простоту, КМД стали значительным изобретением в то время и широко применяют до сих пор, т. к. являются единственными точными материальными носителями линейных размеров.

В настоящее время воспроизведение единицы длины-метра происходит за счет применения различных источников излучения, длина волны которых известна с определенной точностью. На практике в качестве источников излучения могут применяться газоразрядные лампы, заполненные следующими газами и металлами в газообразном состоянии: гелием He, криптоном Kr, йодом I или кадмием Cd. Эталонная мера длины выполняется в форме прямоугольного параллелепипеда с нормируемым размером между измерительными плоскостями. Абсолютный метод измерения заключается в сравнении длины концевой меры с длиной волны источника излучения, которая является фундаментальной физической константой. Используемая для целей измерения интерференционная способность гелиевого света распространяется на диапазон измерений до 25 мм. Для измерения больших концевых мер переходят на кадмиевую лампу. Пользуясь светом кадмиевой лампы можно измерять концевые меры длиной до 100 мм.

Литература

1. Закон Республики Беларусь от 5 сентября 1995 г. № 3848-XII «Об обеспечении единства измерений» (в ред. Закона Республики Беларусь от 11.11.2019 № 254-3).
2. Перечень государственных и региональных научно-технических программ на 2021 – 2025 гг. (утв. постанов. Совета Министров Республики Беларусь от 26.03.2021 № 173).
3. О метрологии – кратко: пер. с англ. / кол. авт. Белорусский государственный институт метрологии (БелГИМ); под общ. ред. Н. А. Жагора; пер. В. В. Красовский. – 3-е изд. – Минск: БелГИМ, 2012. – 84 с.

УДК 006.92

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ АТОМОВ ИТТЕРБИЯ

Магистрант гр. М21-209, инженер Вялых А. П.^{1,2},

Аспирант, инженер Семенко А. В.¹, мл. научный сотрудник Белотелов Г. С.¹

Ph. D., начальник отдела 752 Сутырин Д. В.¹

¹ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений», Менделеево, Россия,

²Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

Оптические стандарты частоты (ОСЧ) – устройства, с помощью которых можно проводить измерения частот с относительной неопределенностью 10^{-18} [1]. Благодаря таким характеристикам ОСЧ могут найти применение во многих сферах: спутниковая навигация, гравиметрия, геодезия, фундаментальные научные исследования [2, 3]. Чтобы ОСЧ мог применяться в указанных целях, необходима разработка более компактных его версий, что подразумевает создание малогабаритной вакуумной камеры, в которой происходит охлаждение и захват атомов в оптическую решетку. Для решения данной задачи, необходимо глубокое исследование характеристик магнитооптической ловушки (МОЛ), таких как температура, количество атомов, от параметров охлаждения: градиент магнитного поля, отстройка охлаждающего излучения от резонанса, размер пучков и т. д. Результаты могут быть использованы для разработки оптического спектроскопа на основе дифракционной решетки или атомного чипа [4, 5].

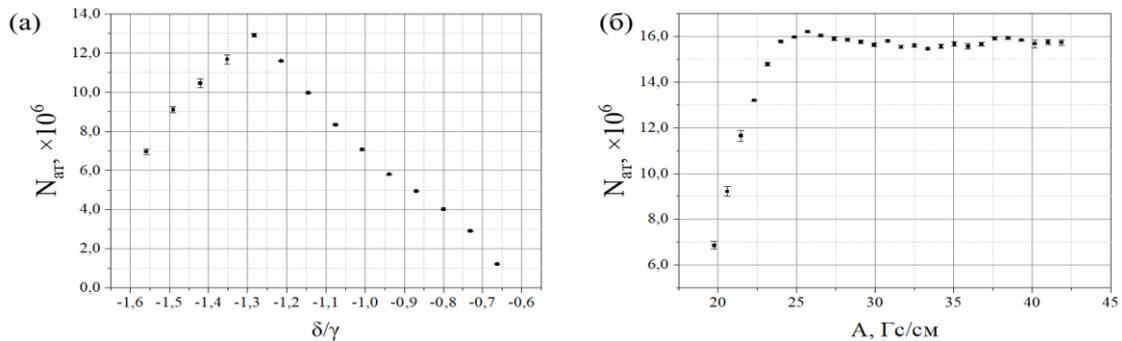


Рис. 1. Зависимость количества атомов ^{174}Yb , захваченных в МОЛ, от частотной отстройки излучения МОЛ от резонанса охлаждающего перехода δ по отношению к ширине линии этого перехода γ (а), и от градиента магнитного поля A (б)

На данный момент ведутся исследования параметров первичного охлаждения атомов иттербия в МОЛ. Измерены зависимости количества атомов ^{174}Yb (рис. 1) и ^{171}Yb , захваченных в МОЛ, от частоты охлаждающего излучения и от градиента магнитного поля катушек. Наилучшие полученные значения количества атомов составляют $\sim 1,6 \cdot 10^7$ для ^{174}Yb и $\sim 3,4 \cdot 10^6$ для ^{171}Yb без использования тормозящего луча. Проведена оценка температур обоих исследуемых изотопов (значения составляют от одного до нескольких десятков милликельвин) и времени их накопления в МОЛ. Ведется подготовка к получению вторичного охлаждения.

Литература

1. Jila Srl optical lattice clock with uncertainty of 2.0×10^{-18} / T. Bothwell [et al.] // Metrologia. IOP Publishing. – 2019. – Vol. 56, № 6. – P. 65004.
2. Cold atom clocks and their applications in precision measurements / S.-Y. Dai [et al.] // Chinese Phys. B. IOP Publishing. – 2021. – Vol. 30, № 1. – P. 13701.
3. Белотелов, Г. С. На пути к мобильному оптическому стандарту частоты на нейтральных атомах иттербия / Г. С. Белотелов, Д. В. Сутырин, С. Н. Слюсарев // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. – 2019. – Т. 6, № 1. – С. 24–31.
4. Magneto-optical trapping using planar optics / W. R. McGehee [et al.] // New J. Phys. IOP Publishing. – 2021. – Vol. 23, № 1. – P. 13021.
5. Hexapole-compensated magneto-optical trap on a mesoscopic atom chip / S. Jöllenbeck [et al.] // Phys. Rev. A. APS. – 2011. – Vol. 83, № 4. – P. 43406.

УДК 628.98

ДИНАМИЧНАЯ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОЙ ВИЗУАЛЬНОЙ СРЕДЫ

Магистрант гр. 1-438001 Клявдо М. А.

Кандидат техн. наук, доцент Савкова Е. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Визуальная среда, в которой человек проводит время бодрствования не только в производственной, но и домашней обстановке, комбинируется естественным и искусственным освещением, изменяющим фотометрические и спектральные параметры во времени и пространстве. Поэтому светотехнические сценарии должны учитывать как чисто физические характеристики мощности излучения, стимулирующей зрительную систему, так и спектральную чувствительность последней, что подчеркивается разделением фотометрии на фотопическую, мезопическую и скотопическую. Разработка комплексно научной обоснованной модели световой среды основана на последних достижениях науки и техники и включает помимо стандартизованных параметров также хроматический, психофизиологический и пространственно-временной компоненты освещения. Модули модели:

1. Номенклатура показателей визуальной среды и методики оценки ее эффективности,

сформированные на основе обзора и анализа действующих нормативных документов и научных публикаций.

2. Динамичная многопараметрическая модель эффективной визуальной среды с проработкой светотехнических сценариев.

3. Функциональные и электрические схемы систем адаптивного освещения на основе разработанных светотехнических сценариев.

Система адаптивного освещения, являясь средством обеспечения визуальной среды, реализуется комбинаторикой технических и программных средств, сочетаемых по критериям результативности и эффективности применительно к конкретным условиям и пользователям. Существует ряд нормативных документов, содержащих требования и рекомендации к созданию благоприятной световой среды в основном для производственных помещений и жилых зон.

Однако до сих пор не в полной мере уделяется внимание многозадачной деятельности людей, сочетающей работу с документами на бумажных и электронных носителях (включая смартфоны), взаимодействию с различными видами видеоконтента, фонового влияния телевизоров, ночной иллюминации и подсветки. Еще одно направление – совершенствование визуальной среды для водителей, осуществляющих деятельность в темное и сумеречное время суток, когда задействованы фoveальное и периферийное механизмы зрения. Официальная информация о выданных патентах, выпущенных в обращение системах адаптивного освещения, включает их технические и функциональные характеристики, опираясь на универсальные светотехнические сценарии без возможности адаптации к конкретному пользователю.

Разработка автоматизированной базы данных параметров комфортной визуальной среды в зависимости от вида помещения, а также методические рекомендации по проектированию и управлению системами адаптивного освещения в процессе эксплуатации. Предлагаемая база данных реализуется в виде комплекта документации, адаптированной к требованиям заказчика, включая: 1) номенклатуру показателей визуальной среды с учетом хроматического, психофизиологического и пространственно-временного компонентов; 2) динамичная многопараметрическая модель эффективной визуальной среды с проработкой светотехнических сценариев; 3) функциональные и электрические схемы систем адаптивного освещения на основе разработанных светотехнических сценариев.

Литература

1. Строительные нормы РФ. Естественное и искусственное освещение: СН 2.04.03-2020.
2. Приборы осветительные светодиодные. Требования к комфортной световой среде: СТО.69159079-05-2020.
3. Building environment design. Indoor environment. Design process for the visual environment: ISO 16817:2017.

УДК 535.317.1

ПРИМЕНЕНИЕ GIF-ИЗОБРАЖЕНИЙ КАК ФАЙЛОВ-КОНТЕЙНЕРОВ

Ст. преподаватель кафедры ИУ-8 Ковыньев Н. В.

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

Главной задачей стеганографии является сокрытие факта наличия конфиденциальной информации при ее передаче, хранении или обработке. Набор несекретных данных, использующихся для сокрытия стегосообщений, называют контейнером или же носителем информации. Контейнеры бывают пустые (без стегосообщения) и заполненные (со стегосообщением).

Широко распространено применение в качестве контейнеров изображений форматов BMP, JPEG, PNG и GIF. Но многие программные реализации алгоритмов стеганографии изображений сохраняют заполненные контейнеры в форматах JPEG или PNG. В современных условиях использования различных интернет сервисов использование данных форматов влечет потерю или искажение конфиденциальной информации, которая передавалась в стегоконтейнерах. Наиболее часто для таких целей используют метод замены наименее значащего бита

(last significant bit), в котором основным принципом является встраивание передаваемой информации в значения младших битов изображения [2].

Графические файлы формата GIF имеют весомое преимущество по сравнению с остальными форматами. Оно заключается в том, что файлы данного формата при передаче на сервер не подвергаются каким-либо дополнительным воздействиям, модификациям. Данная особенность гарантирует сохранность конфиденциальной информации. Также следует отметить следующие достоинства формата GIF [3]:

- 1) наличие текстурных областей с шумовой структурой, что делает встраивание информации практически незаметным;
- 2) использование блочной структуры данных;
- 3) наличие палитры цветов, а именно фиксированного набора цветов и оттенков, которые имеют реализацию цифровую или физическую;
- 4) размер контейнера известен заранее;
- 5) широкое распространение файлов данного типа;
- 6) большой объем пространства для сокрытия.

Во время использования цифровой палитры каждая точка изображения (пиксель) содержит только номер цвета, но не содержит информацию о данном цвете в цветовом пространстве изображения.

Рассмотренный формат контейнера позволяет решать задачи сохранения важной (конфиденциальной информации) при передаче или хранении. Стоит отметить, что время процесса записи и извлечения конфиденциальной информации будет зависеть от того, из скольких кадров состоит GIF-изображение. От этого же признака будет зависеть какой объем информации можно будет поместить в контейнер данного типа. Стоит отметить, что если в контейнере будут пиксели с разными индексами, но они будут кодировать одинаковый цвет, то для визуального восприятия пустой и заполненный контейнеры будут выглядеть одинаково, то есть стегоконтейнер будет идентичен оригиналу. Чтобы идентичность была наиболее высока рекомендуется использовать контейнеры со сложной структурой и зашумленностью.

Литература

1. Урбанович, П. П. Защита информации методами криптографии, стеганографии и обфускации / П. П. Урбанович. – Минск, 2016.
2. Изычева, А. В. Стеганографические методы защиты информации / А. В. Изычева, В. Г. Сидоренко. – М., 2017.
3. Пономарев, И. В. Стеганографические методы встраивания и обнаружения сокрытых сообщений, использующие GIF-изображения в качестве файлов-контейнеров / И. В. Пономарев, Д. И. Строкин, // Известия Алтайского государственного университета, 2022. – № 1(123). – С. 112–115.

УДК 615

ПРИМЕНЕНИЕ СИТ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Коробко Ю. С., Булыга Д. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Мукомольные сита – это устройства, предназначенные для определения размеров зерна, плодов и много другого. В связи с этим очень широк и номинал мукомольных сит, отличающихся как диапазоном номинала ячеек (от десятков микрон до десятков сантиметров), могут изготавливаться из холоднокатаных и горячекатаных стальных листов, из листовой нержавеющей стали, оцинкованной стали, а также из алюминиевых сплавов.

В зависимости от сферы применения применяются различные номиналы сит. В сельском хозяйстве сита используют в процессах очистки, сепарации, шелушения и дроблении зерна, в производстве комбикормов. В пищевой промышленности сита используют в процессе очистки размола продуктов, проращивания солода, сепарации молока, при производстве мясомолочной продукции. В сельском хозяйстве после сбора урожая зерновые массы следует очищать, так как оно может содержать мусор, который может случайным образом попасть в зерновую смесь во время ее транспортировки или погрузки. Поэтому такому сложному и важному

технологическому процессу, как очистка зерна и семян отводится центральное место в послеуборочной обработке зерновых культур. Правильный подбор сит определяет качество и производительность очистки.

Производство таких продуктов как мука, крупы, комбикорм неизбежно без использования мукомольных сит.

В зависимости от выращивания и других факторов средний размер зерен одной культуры и сорта может быть разным, поэтому для обеспечения наибольшей эффективности рекомендовано подбирать сита в зависимости от имеющейся партии зерна с учетом наличия примесей, ее влажности.

В докладе проведен детальный анализ востребованности мукомольных сит на производствах. Таким образом несмотря на то, что по своей природе сито является довольно примитивным приспособлением, его роль очень существенна в сельскохозяйственной промышленности.

Литература

1. Об утверждении Правил осуществления метрологической оценки в виде работ по калибровке средств измерений. Постановление государственного комитета по стандартизации.
2. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Основные методы определения правильности стандартного метода измерений: СТБ ИСО 5725-4.
3. Системы менеджмента. Менеджмент измерений. Анализ измерительных систем: СТБ 2450-16.
4. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры: ГОСТ 8.558.
5. Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Калибровка средств измерений. Организация и порядок проведения: СТБ 8014.
6. Сита контрольные. Технические требования и испытания. Часть 1. Сита контрольные из металлической проволочной сетки: СТБ ISO 3310-1-2019.
7. Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками: ГОСТ 6613-89.
8. Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками: ГОСТ 3826-82.
9. Ткани для сит из шелковых и синтетических нитей: ГОСТ 4403-91.

УДК 615.8-7

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТЕРЕОФОМЕТРИИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ОСАНКИ ЧЕЛОВЕКА

Студент гр. 11305119 Кошель И. В.

Магистр техн. наук, ассистент Самохвал П. М.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Цифровая фотография, дополненная анализирующим программным обеспечением или нанятым специалистом, находит применение в различных сферах науки и жизни: архитектуре, медицине и других областях.

Для оценки показателей осанки этот метод приобретает широкую распространенность за счет своей неинвазивности и рентабельности. Так, история использования снимков в диагностике берет свое начало еще с 1895 года, когда был сделан первый рентгеновский снимок. Сегодня же рентгенография широкодоступна, но менее информативна в сравнении с более современными методами визуализации.

Нарушение осанки – это состояние, когда позвоночник не находится в естественной и здоровой позиции. Это может быть вызвано различными причинами, включая неправильную посылку за компьютером или плохую осанку при ходьбе или стоянии.

Нарушение осанки может привести к болевым ощущениям в спине, шее и плечах, а также к головным болям, усталости и другим проблемам со здоровьем. Длительное нарушение осанки также может привести к деформации позвоночника [1].

Патобиомеханические изменения Ю как правило, принято называть нарушениями или дефектами осанки. При нарушениях осанки образуются новые условно-рефлекторные связи, закрепляющие неправильное положение тела, а навык правильной осанки утрачивается [2].

Использование надежных инструментов и методов для клинических измерений – первый шаг к доказательной медицине, потому что процедура проведения фотосъемки должна быть

стандартизована [3, 4].

На снимках сделанных по методу стереофотометрии специалист может увидеть все тело, а не его части как, когда используют рентгенограммы. Также отсутствует лучевая нагрузка.

Инструкторы ЛФК, массажисты и мануальные терапевты могут оценивать патобиомеханические изменения на статичных изображениях, что значительно облегчает работу с детьми и подростками. Также изображения хорошо показывают динамику лечения и менее требовательны к квалификации, что позволяет пациентам самостоятельно наблюдать за эффективностью лечения. А за счет низкой себестоимости, из-за отсутствия необходимости приобретения дорогостоящего специализированного оборудования и программного обеспечения, метод стереофотометрии имеет большую привлекательность как для бюджета поликлиник, так и для более раннего обращения пациентов.

Метод прост, объективен и имеет низкую себестоимость, однако также не лишен и недостатков. Основным из них будет двумерность оценки положения тела и соответственно невозможность оценки вращения туловища. Которые неотъемлемы при объективной оценке патобиомеханических изменений. Таким образом стереофотометрия не может считаться полноценной заменой рентгенографии, КТ, МРТ и УЗИ, но может считаться новым аддитивным методом для измерений характеристик осанки человека.

Литература

1. Penha P, Joao S, Casarotto R, Amino C, Penteado D. Postural assessment of girls between 7 and 10 years of age. Clinics. – 2005. – Vol. 60. – P. 9–16.
2. Боль в спине. Клинические рекомендации / А. И. Ичайкин [и др.]. – СПб.: Скифия-принт; М.: Профмедпресс, 2021. – 80 с.
3. Czaprowski D., Pawlowska P., Gebicka A., Sitarski D., Kotwicki T. Intra- and interobserver repeatability of the assessment of anteroposterior curvatures of the spine. using Saunders digital inclinometer Ortop Traumatol Rehabil. – 2012. – Vol.14. – P. 145–53.
4. Two-dimensional digital photography for child body posture evaluation: standardized technique, reliable parameters and normative data for age 7–10 years / Stolinski [et al.] // Scoliosis, 2017. – Vol. 12, 38.

УДК 53.088.22

МЕТОДИКА РАСЧЕТА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ СТЕРЕОФОМЕТРИИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ОСАНКИ ЧЕЛОВЕКА

Студент гр. 11305119 Кошель И. В.

Магистр техн. наук, ассистент Самохвал П. М.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Методика расчета неопределенности является одним из ключевых инструментов в области измерений и метрологии. Ее целью является определение погрешности измерений, которая связана с неизбежными ограничениями точности и точности самого измерительного прибора.

Фотостереометрия – это метод измерения размеров и форм объектов на основе анализа изображений, полученных с помощью пары (или более) камер, расположенных под разными углами.

Неопределенность фотостереометрии относится к ошибкам, связанным с измерениями, которые могут быть вызваны различными факторами, такими как разрешение камеры, точность калибровки, шумы изображений и т. д. Формула расчета неопределенности фотостереометрии может быть определена в зависимости от конкретного метода, используемого для измерения. Однако, в общем случае, можно использовать следующую формулу:

$$u = (f / B) \sqrt{(\Delta b / b)^2 + (\Delta f / f)^2} \quad (1)$$

где u – неопределенность, f – фокусное расстояние камеры, B – базовое расстояние между камерами, Δb – неопределенность в измерении базы, b – значение базы, Δf – неопределенность в измерении фокусного расстояния.

Эта формула позволяет оценить влияние неопределенностей в измерениях на точность полученных результатов. Она может быть использована для определения оптимальных значений параметров, таких как расстояние между камерами, фокусное расстояние и т. д. Другие

факторы, которые могут влиять на неопределенность фотостереометрии, могут включать в себя:

1. Точность калибровки камер: калибровка камер является ключевым этапом в фотостереометрических измерениях, и любая неопределенность в этом процессе может привести к ошибкам в измерениях.

2. Разрешение камер: чем выше разрешение камер, тем меньше вероятность ошибок измерений. Однако более высокое разрешение также может привести к более высокому уровню шума изображения, что может снизить точность измерений.

3. Качество изображения: качество изображений, полученных с помощью камер, также может оказать влияние на точность измерений. Например, шумы в изображении, вызванные освещением, могут снизить точность измерений.

4. Углы наблюдения: углы, под которыми фотографии были сделаны, также могут влиять на точность измерений. Например, если угол наблюдения слишком крутой, это может привести к искажениям изображения и, следовательно, к ошибкам в измерениях.

Еще одним фактором, который может повлиять на точность измерений в фотостереометрии, является геометрическое расположение объектов и камер. Например, если объекты расположены слишком далеко друг от друга, это может привести к потере информации о форме и размерах объекта при пересечении изображений, что в свою очередь может привести к ошибкам в измерениях. Кроме того, на точность измерений также может влиять выбор метода фотостереометрии, который будет использоваться для измерений. Существует несколько методов фотостереометрии, таких как метод параллакса, метод дискретного пикселя и т. д., каждый из которых имеет свои преимущества и ограничения.

Наконец, на точность измерений может влиять человеческий фактор. Например, ошибки в интерпретации изображений или неправильный выбор точек для измерения могут привести к ошибкам в измерениях.

В целом, фотостереометрия является эффективным методом для измерения размеров и форм объектов, но для достижения высокой точности измерений необходимо учитывать все факторы, которые могут повлиять на точность измерений, и использовать соответствующие методы и инструменты для уменьшения неопределенности и повышения точности.

УДК 531.7

ИЗМЕРЕНИЕ ДИАМЕТРА ШАРА НА ИЗМЕРИТЕЛЬНОМ МИКРОСКОПЕ

Студенты гр. 11305122 Кубрин Д. С., Лешко М. Е., Витько Е. В.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Романчук В. М.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Цель данной работы – изучение методики оценки неопределенности измерений, при измерении на измерительном микроскопе. В технике существует понятие неразрушающих измерений. Иногда измерительный прибор может так воздействовать на объект измерения, что последний деформируется или, в худшем случае, разрушается. Измерительный прибор теоретически в любом случае взаимодействует с измеряемым объектом, что всегда влияет на точность измерений. Практически же это взаимодействие в большинстве случаев может быть настолько незначительным, что его никто не учитывает. Например, в механике оптические измерения считаются совершенно неразрушающими.

Для измерения диаметра шара необходимо [1]:

- 1) перед измерением получить отчетливое изображение шкалы измерения и шара;
- 2) поместить шарик в центре поля зрения микроскопа, посередине шкалы. Определить его диаметр, как разность отсчетов по шкале микрометра с левого и правого боков шарика.

Конечная формула определения диаметра шара выглядит следующим образом:

$$D = [(O_2 + P_{w2}) - (O_1 + P_{w1}) + P_t] \pm U_D ,$$

где D – диаметр шара, O_2 – значение по шкале микрометра справа; O_1 – по шкале микрометра слева; P_w – ошибка показания шкалы измерения; P_t – ошибка разности температур; U_D – ошибка

конечного измерения. Для вычисления неопределенности измерений диаметра воспользуемся формулой (2):

$$U_D = \sqrt{2U_U^2 + 2U_I^2 + 2U_C^2 + 2U_S^2 + 2U_N^2 + 2U_M^2 + U_W^2 + U_{PT}^2}$$

Измерение этом риску деформации диаметра шара. Для более точных измерений требуется большое количество данных. Рассчитаем диаметр шара диаметра на микроскопе является одним из точных способов измерения, не подвергая при и произведем расчет неопределенности измерений. Все измерения представлены в таблице (табл. 1).

Таблица 1 – Расчет неопределенности измерения диаметра шара

X_i	x_i	$0,5R_i$	k^*	$u(X_i)$	c_i	$u_i(Y)$
O_2	64,7285	$7,4 \cdot 10^{-4}$	2	$3,7 \cdot 10^{-4}$	1	$3,7 \cdot 10^{-4}$
P_{r2}	0	$0,5 \cdot 10^{-4}$	$\sqrt{3}$	$0,3 \cdot 10^{-4}$	1	$0,3 \cdot 10^{-4}$
P_{s2}	0	$0,5 \cdot 10^{-4}$	$\sqrt{3}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$	1	$2,9 \cdot 10^{-4}$
P_{n2}	0	$0,5 \cdot 10^{-4}$	$\sqrt{3}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$	1	$2,9 \cdot 10^{-4}$
P_{m2}	0	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$\sqrt{3}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$	1	$2,9 \cdot 10^{-4}$
O_1	10,4273	$7,4 \cdot 10^{-4}$	2	$3,7 \cdot 10^{-4}$	-1	$-3,7 \cdot 10^{-4}$
P_{r1}	0	$0,5 \cdot 10^{-4}$	$\sqrt{3}$	$0,3 \cdot 10^{-4}$	-1	$-0,3 \cdot 10^{-4}$
P_{s1}	0	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$\sqrt{3}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$	-1	$-2,9 \cdot 10^{-4}$
P_{n1}	0	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$\sqrt{3}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$	-1	$-2,9 \cdot 10^{-4}$
P_{m1}	0	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$\sqrt{3}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$	-1	$-2,9 \cdot 10^{-4}$
P_{wz}	0	$7,5 \cdot 10^{-4}$	$\sqrt{3}$	$4,3 \cdot 10^{-4}$	1	$4,3 \cdot 10^{-4}$
P_t	0	$2,4 \cdot 10^{-4}$	$\sqrt{3}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	1	$1,4 \cdot 10^{-4}$
D	54,3012	–	–	–	–	$9,94 \cdot 10^{-4}$

$$U_D = u_D = 0,001988 = 0,002 \text{ мм}; D = (54,3012 \pm 0,002) \text{ мм}$$

Литература

1. Касьянов, В. А. Физика. 11 кл.: учебн. для общеобразоват. учеб. заведений / В. А. Касьянов. – М.: Дрофа, 2002.
2. Arendarski J. Niepewność pomiarów. – Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2003.

УДК 658

АТОМНЫЕ СТАНДАРТЫ ЧАСТОТЫ ФОНТАННОГО ТИПА, РАЗРАБОТАННЫЕ ВО ФГУП «ВНИИФТРИ»

Мл. научный сотрудник Купалова О. В.,

начальник отдела, кандидат техн. наук Купалов Д. С., ст. научный сотрудник Бойко А. И.
Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений, Менделеево, Солнечногорский район, Московская область, Россия

В настоящее время в состав Государственного первичного эталона единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ 1-2022 входят метрологический цезиевый репер частоты фонтанного типа (МЦР), который воспроизводит размер секунды в соответствии с его определением в международной системе СИ. Основной метрологической характеристикой МЦР является относительная неисключенная систематическая погрешность, не превышающая $2,5 \cdot 10^{-16}$. Хранение национального размера времени осуществляется ансамблем водородных генераторов и рубидиевыми реперами частоты фонтанного типа. Среднее квадратическое относительное двухвыборочное отклонение (СКДО) рубидиевых реперов составляет менее $2 \cdot 10^{-16}$ на интервале времени измерения 16 суток.

В докладе представлены конструкция стандартов частоты фонтанного типа (рис.1), принцип работы, их характеристики [1–3]. Приведена независимая оценка точностных характеристик МЦР по ежемесячным отчетам Международного Бюро Мер и Весов.

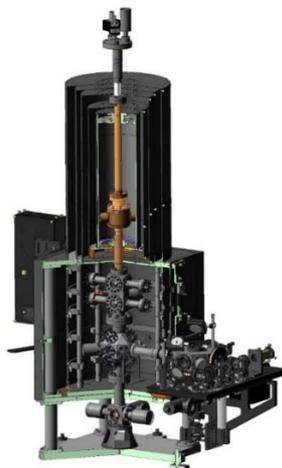


Рис. 1. Компьютерная модель атомного спектроскопа

Литература

1. Domnin, Yu.; Baryshev, V.; Boyko, A.; Elkin, G.; Novoselov, A.; Kopylov, L.; Kupalov, D., "The MTsR-F2 fountain-type cesium frequency standard", *Measurement Techniques*. 2013. – Vol. 55. – № 10. – P. 1155–1162.
2. Бюджет неопределенностей цезиевого репера частоты фонтанного типа / И. Ю. Блинов [и др.] // *Измерительная техника*. – 2017. – № 1. – С. 23–27.
3. Хранительшь единиц времени и частоты на основе «фонтана» атомов рубидия / Д. С. Купалов [и др.] // *Альманах современной метрологии*. – 2018. – № 15. – С. 31–41.

УДК006.91

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В МАШИНОСТРОЕНИИ И ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Студент гр. 11305119 Кухарчук М. С.

Д-р техн. наук, профессор Соломахо В. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Наиболее распространенными измерительно-вычислительных системами, гарантирующими высокое качество измерений, являются машины типа ATOS и КИМ.

Общий принцип действия координатно-измерительных машин состоит в том, что объект измерения сканируется по точкам щупом со сферическим наконечником. При каждом касании щупа измерительным элементом считывается смещение на координатных осях.

Преимуществами КИМ являются высокая точность, автоматизация процесса и то, что контролируемый объект не требует предварительной подготовки. Однако из-за специфики устройства и способа получения данных, данная система обладает рядом существенных недостатков: отсутствие числовых данных о размере объекта, необходимых для проведения процесса измерения, требуется квалифицированный исполнитель, требуется дорогостоящая оснастка.

Бесконтактный метод измерения характеризуется отсутствием измерительного контакта прибора с проверяемым объектом. В последнее время получил большое распространение такой бесконтактный метод, как оптическое сканирование.

В основе действия оптической системы ATOS лежит принцип TripleScan. В процессе получения цифрового изображения на поверхность измеряемого объекта проецируются интерференционные полосы, после чего камеры фиксируют полученные изображения. В процессе калибровки и наладки определяется положение и угол этих камер. Из огромного числа полученных точек по принципу триангуляции вычисляются трехмерные координаты. Законченное измерение состоит из нескольких отдельных видов, которые с помощью самоклеящихся точечных маркеров система ATOS преобразует каждый отдельный вид в систему координат объекта, распознавая расположение точечных маркеров.

Системы оптической оцифровки находят следующее применение: оцифровка и измерение объектов, контроль качества в процессе изготовления деталей, контроль оснастки. Также система позволяет обмениваться данными напрямую со станками с ЧПУ и выполнять обратный инжиниринг в соответствии с полученными данными. Это позволяет существенно ускорить и удешевить производство изделий с частой сменяемостью формы.

Рассматриваемые автоматизированные средства контроля позволяют получить с высокой точностью информацию о проверяемых параметрах объекта, тем не менее, система оптического сканирования ATOS дает наиболее полные и к тому же легко воспринимаемые результаты измерения.

Технологические измерения являются существенной частью информационных технологий, используемых в машиностроении и приборостроении. Связь технологии и информатики и их влияние на проектирование процедур контроля особенно ярко проявляется в отношении измерения геометрических параметров деталей в связи с тем, что:

– методика проведения измерений любых геометрических параметров позволяет использовать общую информационную базу об интересующем нас объекте – координатах отдельных точек поверхностей деталей, на основе которых создаются метрологические модели размерных элементов поверхностей;

– в качестве средства измерения используются координатно-измерительные системы различной конфигурации, производительности, точности и степени автоматизации;

– универсальность использования, родство используемых метрологических моделей для контроля деталей с информационно-программными пакетами, применяемых в CAD/CAM технологиях, способствуют развитию и распространению измерительно-вычислительных систем.

УДК 621.382

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛООВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ МОЩНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ И ЕГО СТРУКТУРЫ

Студентка гр. 11305122 Лужинская А. И.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Бумай Ю. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Метод основан на исследовании переходных электрических процессов при пропускании через мощный полупроводниковый прибор прямоугольных импульсов тока, обеспечивающих его разогрев. Измеряется прямое напряжение смещения на переходе (металл–полупроводник, полупроводник–полупроводник). Затем напряжение с помощью заранее определенного температурного коэффициента напряжения пересчитывается в зависимость температуры от времени. Данная зависимость определяется прохождением теплового потока через всю структуру прибора, поэтому дает возможность получения информации о тепловых сопротивлениях составляющих прибор слоев. Из зависимости температуры перехода времени предварительно находится дифференциальный спектр теплового сопротивления R_{th} прибора, значения тепловой емкости C_{th} и постоянной времени тепловой релаксации τ для элементов структуры прибора. Дифференциальный спектр определяется на основе производных высшего порядка динамического (зависящего от времени) теплового импеданса и соответствует модели Фостера. Затем он перестраивается в дискретный спектр, соответствующий модели Кауера. Непрерывный спектр используется для уточнения компонентов теплового сопротивления и остальных параметров рамках электротепловой модели Фостера и дискретный – более физически точной модели Кауера. Метод также позволяет оценить также сечение теплового потока при прохождении через элементы структуры прибора. Метод наиболее эффективен при анализе слоя посадки полупроводникового кристалла (с помощью эвтектики, припоя, с термокомпенсатором или без) на теплоотводящее основание, а также всего термодизайна, включая радиатор. Изменение теплового сопротивления связано с развитием дефектов пайки – пустот и неприпаянных областей, которые анализируются при помощи термоударов (циклических изменений температуры от высоких до низких) при которых происходит развитие дефектов посадки.

Существует аналогичный метод, основанный на переходных процессах и разработанный фирмой MicRed. В основе этого метода также лежит измерение временной зависимости теплового импеданса прибора (рассчитанного из изменения его прямого смещения) и построение кумулятивной и дифференциальной структурных функций (зависимостей теплоемкости и производной от нее от теплового сопротивления по структуре, соответственно). Зависимость релаксации динамического теплового импеданса представляет спектр постоянных времени, соответствующих элементам структуры приборов, по которым распространяется тепловой поток. Структурные функции такой зависимости рассчитываются посредством алгоритма деконволюции спектра постоянной времени в частотную область с фильтрацией на основе алгоритма Ферми-Дирака (стандарт JESD51-140). Затем из их анализа определяется эквивалентная электротепловая модель прибора в рамках схемы Кауера. Данный метод основан на сложных многоступенчатых преобразованиях, что приводит к накоплению систематических ошибок и, как следствие, потере точности.

Разработанный в БНТУ метод обладает рядом преимуществ перед другими методами измерения тепловых характеристик приборов, в частности стационарных, а также MicRed:

- является неразрушающим, а также экспрессным (быстрым);
- является более точным;
- позволяет определить внутреннее (зависящее от путей прохождения теплового потока по элементам прибора) и внешнее тепловое сопротивление приборов (переход–внешняя среда);
- позволяет оценить сечение теплового потока в разных слоях устройства и внешнего теплоотвода;
- использование больших импульсных токов, близких к предельно допустимым, позволяет выявлять ненадежные приборы, т.е., например, обнаружить области шнурования тока;
- метод также позволяет на основе разности температурных зависимостей определить эволюцию малых изменений тепловых параметров при термоиспытаниях.

УДК 531.756

ИЗМЕРЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ ЖИДКОСТИ С ПОМОЩЬЮ ПИКНОМЕТРА

Студенты гр. 11305122 Лужинская А. И., Грибкова В. К., Новикова М. В.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Романчук В. М.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Цель данной работы – разработать методику расчета неопределенности измерений с помощью пикнометра. Плотность является одним из основных показателей, с помощью которого определяют качество жидких веществ на предприятиях самых разных отраслей промышленности. Пикнометрический метод используется в нефтегазовой промышленности, в пищевой промышленности, в электрохимии, в химической промышленности, в фармацевтике [1]. Определение плотности жидкостей пикнометром основано на измерении отношения массы определенного объема исследуемого вещества к массе дистиллированной воды, взятой в таком же объеме. Формула для расчета относительной плотности имеет вид:

$$d = \frac{m_3 - m_2}{m_2 - m_1}, \quad (1)$$

где d – относительная плотность; m_1 – масса пикнометра; m_2 – масса пикнометра с водой; m_3 – масса пикнометра с жидкостью.

Для вычисления неопределенности измерений относительной плотности с помощью пикнометра воспользуемся формулой [2]:

$$u_d = \sqrt{\left(\frac{dd}{dm_3}\right)^2 u_{m_3}^2 + \left(\frac{dd}{dm_2}\right)^2 u_{m_2}^2 + \left(\frac{dd}{dm_1}\right)^2 u_{m_1}^2}. \quad (2)$$

Чистый сухой пикнометр взвешивают на аналитических весах. Затем заполняют его дистиллированной водой немного выше метки, закрывают пробкой и помещают в термостат. После 20-минутной выдержки в термостате при температуре $20 \pm 0,1$ с уровень воды в

пикнометре быстро доводят до метки, отбирая излишек воды пипеткой, капилляром или свернутой полоской чистой не волокнистой фильтровальной бумаги. Пикнометр снова закрывают пробкой, термостатируют еще 10 мин, проверяют соответствие уровня жидкости метке, протирают снаружи досуха чистой мягкой тканью или фильтровальной бумагой и оставляют на 10 мин за стеклом коробки аналитических весов, а затем снова взвешивают. После этого пикнометр освобождают от воды, затем удаляют остатки эфира продуванием воздуха, заполняют пикнометр испытуемой жидкостью и проводят те же операции, что и с дистиллированной водой. Измерим относительную плотность этилового спирта. Все результаты измерений представлены в таблице (табл. 1).

Таблица 1 – Расчет неопределенности

X_i	x_i	$0,5 R_i$	k	$u(X_i)$	c_i	$u_i(Y)$
m_1	4,85	$1,0 \cdot 10^{-2}$	2	$5 \cdot 10^{-3}$	-0,103533	$-5,18 \cdot 10^{-4}$
m_2	6,84	$1,0 \cdot 10^{-2}$	2	$5 \cdot 10^{-3}$	-0,398980	$-1,99 \cdot 10^{-3}$
m_3	6,43	$1,0 \cdot 10^{-2}$	2	$5 \cdot 10^{-3}$	0,502512	$2,51 \cdot 10^{-3}$
d	0,79397	–	–	–	–	0,003245

$$U(d) = 2u(d) = 0,00649 = 0,007, d = 0,794 \pm 0,007$$

Литература

1. Плакс, Д. П. Петрофизика: практикум для студентов специальности 1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых» / Д. П. Плакс. – Минск: БНТУ, 2021. – 84 с.
2. Arendarski J. Niepewność pomiarów. – Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2003.

УДК 004.056.5

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В DLP-СИСТЕМАХ

Студент гр. ИУ8-122 Мартиросян В. В.

Кандидат техн. наук, доцент Медведев Н. В.

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

DLP расшифровывается как «Предотвращение потери данных». Это набор инструментов и технологий, которые помогают организациям предотвратить потерю, кражу или неправомерное использование конфиденциальных данных путем мониторинга и контроля доступа к конфиденциальной информации и шифрования данных для предотвращения несанкционированного доступа [1].

Некоторые популярные решения для предотвращения потери данных могут различаться по функциям, цене и уровню сложности, поэтому важно исследовать и сравнивать варианты, чтобы найти лучшее решение для конкретных потребностей вашей организации.

Основные способы контроля трафика по DLP. Решения для предотвращения потери данных (DLP) обычно контролируют сетевой трафик несколькими способами, в том числе:

Проверка содержимого. Решение DLP сканирует весь входящий и исходящий сетевой трафик для выявления конфиденциальных данных, таких как номера кредитных карт, номера социального страхования и конфиденциальные документы.

Блокировка на основе правил. На основе predefined правил решение DLP может автоматически блокировать или разрешать определенные типы трафика в зависимости от их содержимого. Например, он может блокировать отправку электронных писем, содержащих конфиденциальную информацию, за пределы организации.

Шифрование: решения DLP могут шифровать конфиденциальные данные при передаче, чтобы предотвратить несанкционированный доступ, даже если данные перехвачены.

Аутентификация и контроль доступа. Решения DLP могут применять политики аутентификации и контроля доступа, чтобы предотвратить доступ неавторизованных пользователей к конфиденциальным данным.

Отчетность и аудит. Решения DLP создают отчеты и журналы, в которых отображается весь заблокированный или разрешенный трафик, обеспечивая прозрачность использования

данных и помогая организациям выявлять и устранять потенциальные угрозы безопасности.

Это некоторые из основных способов, с помощью которых решения DLP контролируют сетевой трафик для предотвращения потери данных. Конкретные возможности и методы, используемые различными решениями DLP, могут различаться, но обычно они направлены на обеспечение комплексного подхода к защите данных.

Использование ИИ в DLP. Искусственный интеллект (ИИ) становится все более распространенным в области предотвращения потери данных (DLP) и используется несколькими способами для расширения возможностей решений DLP [2]. Вот некоторые из основных способов использования ИИ в DLP:

Классификация контента. Алгоритмы ИИ можно обучить автоматически классифицировать конфиденциальные данные и идентифицировать их в сетевом трафике. Это можно сделать с помощью таких методов, как обработка естественного языка (NLP) и машинное обучение (ML).

Обнаружение угроз: алгоритмы искусственного интеллекта можно использовать для обнаружения потенциальных угроз, таких как вредоносное ПО, фишинговые атаки и попытки кражи данных. Это помогает организациям обнаруживать инциденты безопасности в режиме реального времени и быстро реагировать на них.

Обнаружение аномалий. Алгоритмы ИИ можно использовать для обнаружения необычных моделей поведения в сетевом трафике, таких как необычные передачи данных или попытки доступа. Это может помочь организациям обнаруживать потенциальные утечки данных и другие инциденты безопасности.

Применение политик: алгоритмы искусственного интеллекта можно использовать для автоматического применения политик DLP и предотвращения утечек данных. Например, решение DLP можно настроить на автоматическую блокировку электронных писем, содержащих конфиденциальную информацию, если они отправляются за пределы организации.

Это некоторые из основных способов использования ИИ для расширения возможностей решений DLP и помощи организациям в лучшей защите конфиденциальных данных. Поскольку технологии искусственного интеллекта продолжают развиваться, вполне вероятно, что в будущем они будут играть еще большую роль в области DLP.

Интеграция ИИ с DLP с технической точки зрения. С технической точки зрения ИИ можно интегрировать с защитой от потери данных (DLP) несколькими способами, в том числе:

Интеграция API: решения DLP могут интегрироваться с платформами ИИ с помощью API, что позволяет двум системам обмениваться данными и инициировать действия. Например, решение DLP может использовать API для отправки данных на платформу ИИ для анализа и получения результатов обратно в режиме реального времени.

Модели машинного обучения. Решения DLP могут интегрировать модели машинного обучения для классификации конфиденциальных данных и обнаружения угроз. Модели можно обучать на больших наборах данных, а затем развертывать в решении DLP для выполнения анализа сетевого трафика в реальном времени.

Интеграция озера данных: решения DLP могут интегрироваться с озером данных, централизованным хранилищем для хранения больших объемов данных, чтобы предоставить алгоритмам ИИ необходимые данные для выполнения их анализа.

Облачная интеграция: решения DLP также можно интегрировать с облачными платформами искусственного интеллекта, что позволяет организациям использовать возможности искусственного интеллекта без необходимости в специализированном оборудовании или опыте.

Вот некоторые из способов интеграции ИИ с DLP с технической точки зрения. Конкретный метод интеграции будет зависеть от конкретных требований организации и возможностей используемых решений DLP и AI. Однако цель интеграции – предоставить DLP-решению интеллектуальные возможности и возможности, необходимые для лучшей защиты конфиденциальных данных.

Интеграция ИИ с DLP по API. Интеграция ИИ с предотвращением потери данных (DLP) с помощью API может быть выполнена в несколько этапов:

Выберите платформу ИИ. Выберите платформу ИИ, которая предоставляет API для анализа данных, например Google Cloud AI, Amazon Web Services (AWS) AI или Microsoft Azure AI.

Определите интерфейс API: определите интерфейс API между платформой ИИ и решением DLP, включая формат данных и методы связи.

Создайте ключ API: создайте ключ API или токен доступа, который позволит решению DLP получить доступ к API платформы ИИ.

Внедрение вызовов API. Внедрение вызовов API в решении DLP для отправки данных на платформу ИИ для анализа и получения результатов обратно. Это можно сделать с помощью таких языков программирования, как Python или Java.

Протестируйте интеграцию. Протестируйте интеграцию между решением DLP и платформой ИИ, чтобы убедиться, что вызовы API работают правильно, а данные анализируются должным образом.

Разверните интеграцию: разверните интеграцию в производственной среде, отслеживайте ее и вносите необходимые коррективы.

Это общие шаги по интеграции ИИ с DLP с помощью API. Конкретная реализация будет зависеть от конкретных требований организации и возможностей используемого решения DLP и платформы ИИ. Однако цель интеграции – предоставить DLP-решению интеллектуальные возможности и возможности, необходимые для лучшей защиты конфиденциальных данных.

ИИ в постановке математической задачи использования DLP. Использование искусственного интеллекта (ИИ) для предотвращения потери данных (DLP) можно математически сформулировать как задачу оптимизации. Цель задачи оптимизации – найти оптимальное решение для защиты конфиденциальных данных при минимизации влияния на поток информации внутри организации.

Обычный подход к постановке этой проблемы состоит в том, чтобы определить набор ограничений, представляющих политики защиты конфиденциальных данных, а затем найти оптимальное решение, удовлетворяющее этим ограничениям. Например, ограничения могут включать правила для обнаружения и блокировки конфиденциальных данных в сообщениях электронной почты или для управления доступом к конфиденциальным данным, хранящимся на серверах.

После определения ограничений задачу оптимизации можно сформулировать как задачу линейного программирования, целью которой является минимизация риска потери данных при максимальном увеличении потока информации внутри организации. Затем задача линейного программирования может быть решена с использованием алгоритмов оптимизации, таких как симплексный алгоритм, метод внутренней точки или метод ветвей и границ.

В дополнение к линейному программированию для решения проблемы ИИ в DLP также можно использовать другие методы оптимизации, такие как деревья решений, машины опорных векторов и нейронные сети. Эти методы можно использовать для выполнения комплексного анализа данных и прогнозирования вероятности утечки данных, позволяя решению DLP принимать обоснованные решения о том, как защитить конфиденциальные данные.

Математическая формулировка ИИ в DLP может помочь организациям лучше понять компромиссы, связанные с защитой конфиденциальных данных, и принимать более обоснованные решения о политиках и технологиях, которые они используют для защиты своих данных.

Задание математических зависимостей. Использование ИИ в предотвращении потери данных (DLP) может включать в себя различные математические формулировки, включая линейное программирование, деревья решений, машины опорных векторов и нейронные сети. Конкретные используемые математические формулы будут зависеть от конкретных требований решения DLP и типа используемых методов искусственного интеллекта.

Например, если в решении DLP используется подход линейного программирования, задачу оптимизации можно сформулировать в виде линейной программы, целью которой является минимизация риска потери данных при максимальном увеличении потока информации внутри организации. Линейная программа может быть записана в матричной форме как:

$$\begin{aligned} & \text{свести к минимуму } c'x \\ & \text{при условии } Ax \leq b \\ & x \geq 0, \end{aligned}$$

где c – вектор коэффициентов, представляющих затраты, связанные с защитой конфиденциальных данных, x – вектор переменных, представляющих решения, принятые решением DLP,

A – матрица ограничений, представляющая политики защиты конфиденциальных данных, a , b – вектор значений правой части.

Если решение DLP использует деревья решений, математическая формулировка может включать создание деревьев решений на основе исторических данных и использование деревьев для прогнозирования вероятности утечки данных. Деревья решений могут быть записаны в виде серии правил принятия решений, представленных в виде утверждений «если-то», которые определяют условия, при которых данные должны быть защищены.

В случае машин опорных векторов математическая формулировка может включать использование набора обучающих данных для создания границы, которая разделяет данные на разные классы. Затем эту границу можно использовать для классификации новых данных и прогнозирования вероятности утечки данных. Математическая формула для машины опорных векторов может быть записана как:

$$f(x) = w \cdot x + b. \quad (1)$$

где w – вектор весов, представляющих важность каждого признака, x – вектор признаков, представляющих анализируемые данные, a , b – член смещения.

Наконец, если решение DLP использует нейронные сети, математическая формулировка может включать создание сети искусственных нейронов, которые можно обучить делать прогнозы о вероятности утечки данных. Математические формулы для нейронных сетей могут быть сложными и включать большое количество переменных и параметров и обычно выражаются с использованием матричной алгебры и векторного исчисления.

Это всего лишь несколько примеров математических формулировок, которые можно использовать в контексте ИИ в DLP. Конкретные используемые математические формулы будут зависеть от конкретных требований решения DLP и типа используемых методов искусственного интеллекта.

Литература

1. What is Data Loss Prevention [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fortinet.com/resources/cyberglossary/dlp>. – Дата доступа: 14.02.2023.
2. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В DLP [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.infowatch.ru/resources/blog/iskustvennyy-intellekt-v-dlp-i-kak-ne-dat-sebya-obmanut>. – Дата доступа: 25.02.2023.

УДК 519.718.2

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ БАЗА ЗНАНИЙ СОСТОЯНИЙ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

Магистрант гр. 1-438001 Мацук А. С.

Кандидат техн. наук, доцент Савкова Е. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Системы автоматизации энергетических предприятий направлены на обеспечение эффективного выполнения рабочих процессов и их безопасности. Несмотря на многообразие выполняемых функций, данные системы состоят из однотипных простейших узлов, которые подразделяются на воспринимающие, преобразующие, исполнительные, задающие и корректирующие органы, элементы сложения и вычитания сигналов.

Неисправности в системе автоматизации сводятся к ограниченному числу элементарных событий: 1) обрывы цепей; 2) короткое замыкание; 3) нарушение функции контактов; 4) неисправность электрических элементов; 5) неисправность механической части аппаратуры. В некоторых случаях при отказе элемента системы автоматизации возможно изменение состояния объекта на неработоспособное, нерабочее, предельное или опасное.

Таким образом, создание базы знаний опасных событий и их потенциальных причин позволит повысить надежность систем автоматизации. Удобным инструментом является реестр рисков, представляющий собой гибкую, модульную автоматизированную систему, включающую базы данных взаимосвязанных энергетических процессов, опасных событий, последствий, ущерба и вероятностей возникновения с функциями комплексирования и документирования.

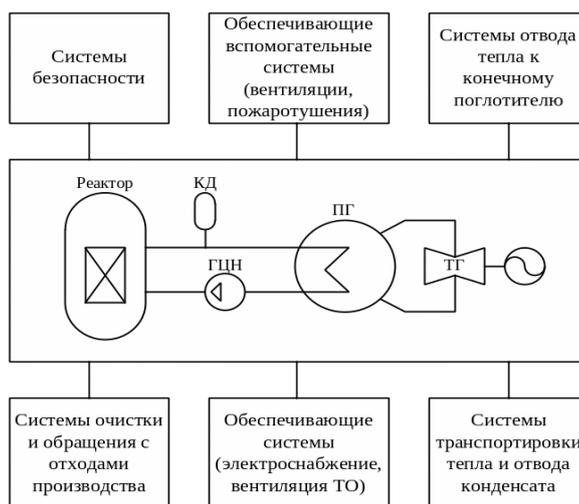


Рис. 1. Состав систем АЭС, обеспечивающих выработку электроэнергии

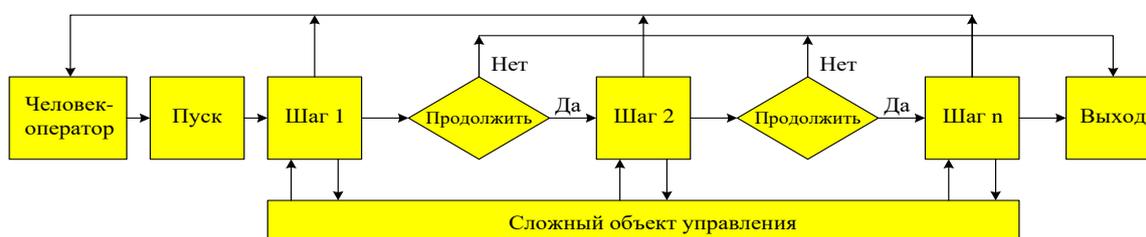


Рис. 2. Программно-логическое управление сложным объектом управления

Автоматизированная база знаний, основанная на ГОСТ Р МЭК 61513-2020, состояний систем автоматизации энергетического оборудования, включающее: а) систематизацию и классификацию систем автоматизации; б) спецификации рисков, оптимизацию выбора технологий управления рисками; в) определение факторов внутренней и внешней среды и уровней процессов системы; г) кодификацию опасностей с оценкой возможных последствий и ущерба; д) разработку реестра риска и компьютерной программы-анализатора, позволит повысить надежность, эффективность и результативность энергетических процессов на 15–20 %.

Литература

1. Боровиков, С. М. Расчет показателей надежности радиоэлектронных средств: учеб.-метод. пособие / С.М. Боровиков, И. Н. Цырельчук, Ф. Д. Троян; под ред. С. М. Боровикова. – Минск: БГУИР, 2010. – 68 с.
2. Тямалов, А. А. Системы автоматизации атомных станций Энергоблок № 2 Ростовской аэс: Конспект лекций / А. А. Тямалов. – Волгоград: ВИТИ НИЯУ МИФИ, 2011. – 146 с.
3. Мацук, А. С. Методы повышения надежности систем автоматизации энергетического оборудования / А. С. Мацук, Е. Н. Савкова // Приборостроение-2022: материалы 15-й Международной научно-технической конференции, 16–18 ноября 2022 года, Минск, Республика Беларусь / ред. кол.: О. К. Гусев (председатель) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2022. – С. 51–53.

УДК 519.718.2

ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ РИСКАМИ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИКИ АЭС

Магистрант гр. 1-438001 Мацук А. С.

Кандидат техн. наук, доцент Савкова Е. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

К основным направлениям работ по повышению надежности систем автоматизации можно отнести следующие группы мероприятий по повышению надежности при их проектировании: 1) системные; 2) структурные (схемные); 3) конструктивные; 4) эксплуатационные.

К системным методам относятся организационно-экономические мероприятия

по стимулированию повышения надежности и ряд технических мероприятий. Одним из путей стимулирования повышения надежности является включение в стоимость затрат на гарантийные ремонт и обслуживание. Другим путем стимулирования повышения надежности является планирование расходов на весь срок службы проектируемой системы.

Технические мероприятия по оформлению показателей надежности проектируемых систем необходимы при любой системе взаимоотношений заказчика и разработчика.

Структурные (схемные) методы объединяют мероприятия по повышению надежности систем путем совершенствования принципов их построения.

К конструктивным методам относятся мероприятия по созданию или подбору элементов, узлов или блоков системы, созданию благоприятных режимов работы, принятию мер по облегчению ремонтов и т. д.

Структурные (схемные) и конструктивные методы повышения надежности безусловно являются основными для обеспечения соответствующего уровня надежности разрабатываемых систем.

Эффективное выполнение мероприятий представленных выше зависит от выбора метода анализа видов, последствий, критичности отказов и работоспособности, который дает наиболее выгодное решение при несовершенных исходных данных.

Многофакторное моделирование схем систем автоматизации и анализ их надежности риск-ориентированными подходами. Разработка методики оценки надежности систем автоматизации энергетического предприятия на основе риск-ориентированных методов показывающей надежность системы и последствий отказа элементов. Описание применения риск-ориентированного подхода, согласно ГОСТ Р 58771-2019:

- а) технологии выявления мнения причастных сторон и экспертов;
- б) технология идентификации;
- в) анализ источников и доминантных факторов риска;
- г) технологии анализа средств контроля;
- д) технологии понимания последствий, вероятности и риска;
- е) технологии анализа зависимостей и взаимодействий;
- ж) технологии выбора между вариантами;
- з) технологии оценки значимости риска;
- и) технологии отчетности и документирования рисков.

Предлагаемый комплексный подход позволяет минимизировать или вовсе исключить риски за счет структурирования потенциальных опасностей и превентивных мероприятий по их мониторингу на трех уровнях: стратегическом, тактическом и оперативном. Автоматизированная база знаний, выполненная согласно ГОСТ Р МЭК 61513-2020, обеспечивает мониторинг внешних и внутренних воздействий и мероприятий по их предупреждению.

Литература

1. Дмитриевский, Е. С. Конструкторско-технологическое обеспечение эксплуатационной надежности авиационного радиоэлектронного оборудования: учеб. пособие / Е. С. Дмитриевский. – ГУАП. СПб., 2000. – 80 с.
2. Тямалов, А. А. Системы автоматизации атомных станций Энергоблок № 2 Ростовской аэс : Конспект лекций / А. А. Тямалов. – Волгоград: ВИТИ НИЯУ МИФИ, 2011. – 146 с.
3. Шапкин, А. С. Теория риска и моделирование рискованных ситуаций: Учебник для бакалавров / А. С. Шапкин, В. А. Шапкин. – 6-е изд. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2014. – 880 с.
3. Мацук, А. С. Методы повышения надежности систем автоматизации энергетического оборудования / А. С. Мацук, Е. Н. Савкова // Приборостроение-2022: материалы 15-й Международной научно-технической конференции, 16–18 ноября 2022 года, Минск, Республика Беларусь / ред. кол.: О. К. Гусев (председатель) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2022. – С. 51–53.

УДК 006.91

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ МЕТРОЛОГИИ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Студенты гр. 11305119 Норко П. В., Якуть Ю. П.

Ст. преподаватель Ленкевич О. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью пилотного проекта, реализуемого в Государственном объединении «Белорусская железная дорога», является совершенствование существующей модели взаимодействия Центральной лаборатории метрологии Конструкторско-технического центра (далее – ЦЛМ) организации с подразделениями Белорусской железной дороги.

В данной статье представлен один из вариантов оптимизации организации работы метрологической службы дороги, который включает в себя: предпосылки оптимизации существующей модели, краткий обзор варианта усовершенствования деятельности в ЦЛМ, его преимущества и недостатки.

Предпосылки оптимизации существующей модели:

Анализ деятельности ЦЛМ конструкторско-технологического центра показал, что существующая организация работы лаборатории имеет ряд недостатков, малоэффективна и не приносит запланированной прибыли. Это вызвано, прежде всего, следующим:

1) неравномерностью загруженности специалистов, работающих на линии по сравнению с загруженностью специалистов, работающих в стационарной лаборатории;

2) вынужденное уменьшение времени проведения работ по поверке за счет сокращения числа контролируемых точек в вагоне-лаборатории, в связи с частой перегруженностью склада,

3) неравномерным поступлением средств измерения (испытательного оборудования) на склад и большим объемом работ.

Все вышеперечисленные причины негативно сказываются на качестве оказываемых услуг, удовлетворенности потребителей и привели к тому, что возник вопрос о приведении системы менеджмента качества в соответствие с политикой и целями, обеспечить стабильное достижение нового запланированного уровня результативности через усовершенствование деятельности в ЦЛМ.

Краткий обзор варианта усовершенствования деятельности в ЦЛМ:

– обновление материально-технической базы и расширение области аккредитации ЦЛМ;

– оснащение предприятий на железнодорожных узлах измерительным оборудованием для самостоятельного проведения Контроля метрологических характеристик (далее – КМХ) части средств измерений;

– переоборудование вагонов-лабораторий метрологии с учетом расширения области аккредитации;

– расширение штата поверителей и ремонтного персонала ЦЛМ.

Преимуществами варианта являются:

– равномерное распределение нагрузки ЦЛМ в течение года;

– проведение метрологического обеспечения и КМХ СИ подразделений БЖД в кратчайшие сроки;

– высокая эффективность выполняемых работ;

– повышение качества ремонта СИ;

– привлечение новых заказчиков.

Недостатки варианта:

– необходимость дополнительной закупки измерительного оборудования отделениями дороги;

– увеличение затрат на закупку, обслуживание и метрологического оборудования нового измерительного оборудования; на переоборудование вагонов-лабораторий метрологии и организацию новых рабочих мест;

– увеличиваются затраты на заработную плату и обучение нового персонала ЦЛМ.

Литература

1. Закон Республики Беларусь «О железнодорожном транспорте» от 6 января 1999 г. № 237-З.
2. Закон Республики Беларусь «О внесении изменений и дополнений в Закон Республики Беларусь «О железнодорожном транспорте» от 19 июля 2004 г. № 306-З.
3. Закон Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений» от 5 сентября 1995 г. № 3848-ХП.

УДК 658.516

СТРАТЕГИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОПИСАНИЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ «BUSINESS STUDIO»

Студент гр. 11305119 Парфеня К. Н.¹, соискатель Бережных Е. В.²

Д-р техн. наук, профессор Серенков П. С.¹

¹Белорусский национальный технический университет,

²Белорусский государственный центр аккредитации, Минск, Беларусь

В докладе рассмотрены практические и теоретические аспекты автоматизации разработки моделей функциональных подсистем системы менеджмента качества организации (СМК) на этапах разработки и применения, а также проблемы их согласования.

В качестве инструмента решения данной задачи рассмотрено программное обеспечение Business Studio, которое предназначено для комплексного моделирования систем менеджмента и их отдельных элементов. Business Studio представляет собой программный продукт компании «Современные технологии управления» (Россия) и получил достаточно широкое распространение, активно используется организациями самого разного профиля Республики Беларусь и Российской Федерации.

В докладе сформулирован принцип эквивалентности при преобразовании моделей, описывающих функциональные подсистемы СМК с этапа «разработки» на этап «внедрения и применения» СМК. Как известно, с позиций необходимости и достаточности СМК должна быть представлена четырьмя функциональными подсистемами: подсистема сети процессов, подсистема целеполаганий, подсистема сбора и анализа данных, подсистема поддержки принятия решений.

Обоснованы рациональные типы моделей, в достаточной степени описывающие функциональные подсистемы СМК как этапе «разработки» СМК, так и на этапе «внедрения и применения» СМК. Рассмотрены технологии перехода от моделей, представляющих функциональные подсистемы СМК как этапе «разработки» СМК, к соответствующим моделям, представляющим те же самые функциональные подсистемы, но только для этапа «внедрения и применения» СМК в соответствии с принципом эквивалентности.

Особое внимание уделено нотациям представления моделей сети процессов как моделям организационной структуры и потоков работ на этапе «внедрения и применения» СМК. Из коллекции предлагаемых программным обеспечением Business Studio моделей обоснованы и предложены модели (комбинации моделей), которые позволяют обеспечить функциональные подсистемы целеполаганий, сбора и анализа данных, поддержки принятия решений. В докладе приведены алгоритмы автоматизации процесса их создания в соответствии с принципом эквивалентности в отношении соответствующих моделей, разработанных и верифицированных еще на стадии разработки СМК.

Особое внимание уделено формированию моделей, описывающих функциональную подсистему сбора и анализа данных о качестве. В частности, модель оценки результативности СМК. На этапе применения СМК организации, результативность предлагается считать не оценкой результативности через иерархию функций бизнес-процесса, а оценкой результативности структурных подразделений.

Метод оценивания структурных подразделений является достаточно сложным, поскольку для крупных предприятий, где задействованы большое количество процессов, возникает проблема со сбором количественных показателей для непосредственной оценки результативности СМК.

В докладе предлагается методика способ оценивания результативности СМК, через оценивание структурных подразделений. Методика состоит из трех этапов: 1) разработка квалиметрической модели оценивания результативности СМК; 2) непосредственная работа структурного подразделения и запись критериев результативности; 3) непосредственное оценивание результативности СМК организации.

Интерес представляет математическая модель согласования значений результативности СМК, полученных с помощью моделей оценки, разработанных соответственно на этапах разработки и применения СМК.

УДК 658.516

ОБОСНОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛЕЙ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА ЭТАПЕ ВНЕДРЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ СМК В ОРГАНИЗАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ «BUSINESS STUDIO»

Студент гр.11305119 Парфеня К. Н.¹, соискатель Бережных Е. В.²

Д-р техн. наук, профессор Серенков П. С.¹

¹Белорусский национальный технический университет,

²Белорусский государственный центр аккредитации, Минск, Беларусь

На этапе внедрения и применения СМК в организации для согласования бизнес-процессов, формирования потока работ и формирование штатного расписания в каждом структурном подразделении обосновано применение программы Business Studio и нотации Cross-functional Flowchart модели описания поддержки и принятия решений. Нотация предназначена для представления алгоритма (сценария) выполнения процесса и позволяют задать причинно-следственные связи и временную последовательность выполнения действий процесса. Особенностью Cross-functional Flowchart является то, что дополнительно к графическим символам, в нотации используются дорожки (Swim Lanes), обозначающие организационные единицы – исполнителей действий процесса. Это позволяет повысить наглядность диаграммы.

Cross-functional Flowchart можно применять для моделирования отдельных процессов компании, а также на нижнем уровне модели бизнес-процессов, созданной в нотации IDEF0. Пример модели потока работ в нотации Cross-functional Flowchart представлен на рис. 1.



Рис. 1. Фрагмент модели потока работ в нотации Cross-functional Flowchart

В докладе предложен алгоритм моделирования бизнес-процесса потока работ, который обеспечивает решение сразу двух задач: делегировать бизнес-процессы структурным подразделениям и автоматически формировать рациональное штатное расписание структурных

подразделений. Модель процессов в данной нотации позволяет также использовать критерий результативности решений со стороны руководства: никакие функции из запланированных на этапе разработки СМК не должны быть упущены и никакие функции из запланированных не должны дублироваться.

УДК 658.516

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ «BUSINESS STUDIO» ДЛЯ ЦЕЛЕЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Студент гр.11305119 Парфеня К. Н.¹, соискатель Бережных Е. В.²

Д-р техн. наук, профессор Серенков П. С.¹

¹Белорусский национальный технический университет,

²Белорусский государственный центр аккредитации, Минск, Беларусь

В докладе рассмотрено возможность автоматизации процессов моделирования инженерной составляющей системы менеджмента качества (СМК) на различных этапах ее жизненного цикла.

Известно, что для СМК характерны три этапа жизненного цикла: этап разработки, этап внедрения и применения, этап анализа и совершенствования. На каждом этапе жизненного цикла деятельность СМК реализуется с помощью четырех функциональных подсистем: система сети процессов; система целеполаганий; система сбора и анализа данных; система поддержки принятия решений. Каждая функциональная подсистема в свою очередь может быть представлена различными моделями в зависимости от поставленных целей и задач. Установлено, что на каждом этапе жизненного цикла СМК каждая ее функциональная подсистема решает различные задачи и соответственно может быть представлена различными моделями.

В пользу этого тезиса имеет место тот факт, что американский институт эталонов и технологий NIST собрал коллекцию более 30 языков описания бизнес-процессов. Каждое описание предназначено для определенных целей и задач. Совершенно очевидно, что моделирование функциональных подсистем «вручную» на различных этапах жизненного цикла СМК достаточно трудоемкая задача. Ситуацию усугубляет еще и тот факт, что современные организации являются сложными по решаемым целям и задачам, по непредсказуемой динамике своего функционирования в современных условиях рынка и т. д.

В докладе обоснована необходимость привлечения для целей моделирования функциональных подсистем СМК на различных этапах ее жизненного цикла специализированных программных продуктов, которые бы позволяли разработчику (инженеру по качеству) автоматизировать, хотя бы частично, отдельные элементы моделирования. В качестве рационального решения данной задачи предложено программное обеспечение Business Studio, которое имеет достаточный спектр возможностей и решаемых задач в области системного менеджмента качества. Так, например, для моделирования системы сети процессов СМК. В структуру Business Studio включены четыре нотации, которые позволяют описывать бизнес-процесс с позиций решаемых задач и т. д.

В докладе рассмотрены возможности нотаций, определено, в каких случаях, для описания каких функций они могут быть применены в рамках СМК. Обосновано применение шаблонов корректных, структурированных отчетов. Рассмотрена техника моделирования взаимодействия руководства организацией с ответственными должностными лицами структурных подразделений и т. д. В структуре программного обеспечения Business Studio выделены и обоснованы инструменты моделирования, применимые для формирования рациональной организационной структуры СМК, системы сбора и анализа данных (в частности, модели оценки результативности по иерархическому принципу, причем как на этапе разработки, так и на этапе применения), а также система поддержки принятия решений. Определены дополнительные полезные функции по моделированию должностных инструкций персонала структурных подразделений, положений о структурных подразделениях.

В совокупности представленные в докладе научно-методические рекомендации добавляют ценности программному обеспечению Business Studio и обеспечивают целостность, непротиворечивость и эффективность моделей, которые могут создаваться для целей описания СМК.

Литература

1. Серенков, П. С. Методы менеджмента качества. Процессный подход. / П. С. Серенков, А. Г. Курьян, В. П. Волонтей. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2013. – 441 с.

УДК 001.893:65.011.56:658.562

АНАЛИЗ НОРМАТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА СТАРЕНИЕ

Студент гр. 11305119 Пархомчук О. В.

Кандидат техн. наук, доцент. Соколовский С. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Одним из самых распространенных строительных материалов является древесина и материалы на ее основе. При этом можно утверждать, что она будет востребована еще долгие годы из-за ее свойств: прочность, возобновляемость, простота обработки, экологичность. Тем не менее одним из важных недостатков этого материала является быстрое возгорание, но на основании статистики по пожарам, можно прийти к выводу, что уровень пожарной безопасности можно достичь и обеспечить с помощью средств огнезащитных покрытий глубокой и поверхностной пропитки.

В данный момент в области обеспечения испытаний огнезащитных покрытий на старение имеется три стандарта: СТБ 11.03.02-2010, ГОСТ Р 53292-2009, СТ РК 615-1-2011. Для удобства работы и взаимодействия в этой сфере всех стран, входящих в Евразийский экономический Союз есть потребность написания межгосударственного стандарта для достижения целей в области стандартизации, в которой должны соблюдаться ее основные принципы. Также необходимо учесть приоритетные направления в работе по межгосударственной стандартизации.

Проанализировав вышеперечисленные стандарты, мы можем увидеть, что методическое обеспечение испытаний огнезащитных покрытий на старение древесины и материалов на ее основе в проанализированных документах представлено не в полной мере.

Так, к примеру сущность одного и того же метода испытаний, в разных стандартах отличается, что приводит к разногласиям. Это ставит в неравное положение производителей огнезащитных покрытий в странах Евразийского экономического Союза для получения сертификата соответствия продукции.

За основу разрабатываемого межгосударственного стандарта следует взять СТБ 11.03.02-2010 потому как именно в этом стандарте более детально представлена интересующая всех специалистов в данной области методика испытаний.

УДК 551.506.2(045)

МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТЬ ЕДИНИЦЫ НАПРЯЖЕНИЯ

Студент гр. 11305119 Сапранкова А. А.

Д-р техн. наук, профессор Соломахо В. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Одним из принципов обеспечения единства измерений является обеспечение метрологической прослеживаемости.

Метрологическая прослеживаемость – свойство результата измерения, в соответствии с которым этот результат может быть соотнесен с национальным эталоном единицы величины или иной основой для сравнения через документированную неразрывную цепь поверок средств измерений и (или) калибровок [1].

Метрологическая прослеживаемость является основой для сопоставления и признания результатов измерений на национальном и международном уровне при проведении поверки, калибровки, испытаний.

Для установления метрологической прослеживаемости необходимы, главным образом, следующие составляющие: основа для сравнения, в качестве которой может, например, выступать методика калибровки, первичная референтная методика измерений, эталон,

сертифицированный стандартный образец; калибровочная иерархия; оценка неопределенности. Стоит отметить, что неопределенность измерений неизбежно возрастает с увеличением числа калибровок при передаче единицы величины.

Рассмотрим схему прослеживаемости на примере единицы напряжения постоянного тока.

Единица электрического напряжения постоянного тока чаще всего воспроизводится при помощи эталонов, принцип работы которых основан на эффекте Джозефсона.

В состав национального эталона единицы напряжения – вольта, входит эталонное средство воспроизведения и измерения напряжения на основе микросхемы с 19700 переходами Джозефсона [2]. Схема прослеживаемости единицы напряжения постоянного тока показана на рис. 1.

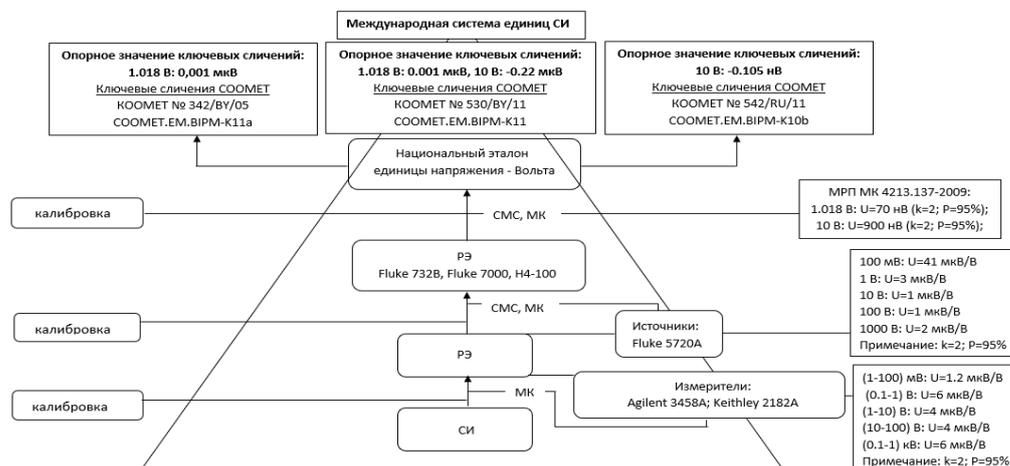


Рис. 1. Схема прослеживаемости единицы напряжения постоянного тока

Литература

1. Закон Республики Беларусь от 11.11.2019 № 254-3 «Об обеспечении единства измерений».
2. Национальный эталон единицы напряжения – вольта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://old/belgim.by/1430/>.

УДК 621.713

ИЗМЕРЕНИЕ БАЛАНСА ЧЕРНОГО И БЕЛОГО (НА ПРИМЕРЕ ТЕКСТОВОГО НАБОРА САЙТОВ)

Студент гр. 11305122 Селятыцкий А. А.

Кандидат техн. наук, доцент Токарь О. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Web-сайты в современных условиях являются оперативным источником информации самой различной тематики. Сайты, призванные доносить до пользователя интернета необходимую информацию, имеют ведущие периодические издания, образовательные, научные и культурно-просветительские учреждения. Высшие учебные заведения Беларуси также имеют сайты или интернет-порталы, являющиеся средством их информационной, научной, образовательной и рекламной деятельности. Средством передачи информации выступает шрифт. Удобство восприятия человеком информации зависят от его рисунка, а также от параметров шрифтового оформления, на которые влияет баланс черного и белого текстового набора в различном шрифтовом оформлении [1, 2].

Цель работы – выявить баланс черного и белого на полосе набора на материалах публикаций сайтов белорусских вузов.

Были выбраны материалы новостных заметок официальных сайтов БНТУ, БГУИР, БГАТУ, БГУ, БГПУ, при этом шрифтовое оформление текста оставалось неизменным. Были отобраны тексты объемом 700–750 знаков, поскольку в данных источниках текстовая информация подается небольшими объемами в сопровождении фотоматериалов.

Методика измерения баланса черного и белого на полосе заключалась в следующем: 1) подготовка тестового материала фиксированного объема с помощью снятия копии экрана; 2) в программе Adobe Photoshop размытие экрана с помощью команд Filter → Blur → Average; 3) изменение процентного содержания черного в рамках цветовой модели (панель Info) (табл. 1).

Таблица 1 – Значения баланса черного и белого в различных цветовых моделях

Источник	Lab, %	RGB, %	HSB, %	K, %
Сайт БНТУ	92	231	91	12
Сайт БГУ	94	239	94	8
Сайт БГУИР	92	230	91	12
Сайт БГАТУ	93	236	93	10
Сайт БГПУ	94	237	93	10
Интервал	92–94	230–239	91–94	8–12

В данной работе были использованы цветовые модели RGB, HSB, Lab. Отдельно был измерен процент черного с помощью инструмента Grayscale. Согласно цветовым моделям Lab и HSB значение 100 % соответствует белому цвету, а 0 % – черному. Для модели RGB белому соответствует 255 %, а черному – 0 %. Как видим, несмотря на разницу в шрифтовом оформлении, имеющуюся на сайтах вузов, процент серого и баланс черного и белого в цветовых моделях изменяется незначительно, оставаясь практически постоянным. Увеличение объемов текста до 2000 знаков показало, что этот параметр не меняет результатов, то есть не является влияющим.

Значение серого в интервале 8–12 % выступает постоянным показателем для характеристики текстового набора электронных текстовых материалов (на примере сайтов вузов). Для определения влияющих параметров необходимо проводить существенное изменение параметров шрифтового оформления полосы (размер шрифта, начертание, насыщенность, межстрочное расстояние, площадь незаполненной текстом полосы и др.).

Литература

1. Оценка восприятия электронных публикаций, выполненных на белом и цветных фонах (квалиметрический аспект) / И. А. Сысуев [и др.] // Омский научный вестник. – 2018. – № 5 (161). – С. 39–44.
2. Токарь, О. В. Определение насыщенности набора при изменении параметров полосы / О. В. Токарь, М. А. Зильберглейт // Технологія і техніка друкарства. – 2016. – № 1 (51). – С. 34–40.

УДК 541.13

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ЭКВИВАЛЕНТА МЕДИ С ПОМОЩЬЮ ВОЛЬТМЕТРА

Студенты гр. 11305122 Селятыцкий А. А., Пархоменко И. В.,
Кацапов Н. В., Александрович А. С.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Романчук В. М.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Закон Фарадея устанавливает строгую зависимость между количеством электричества, прошедшим через раствор или сплав электролитов, и количеством разложенного током вещества [1]. Согласно этому закону, при прохождении одного и того же гальванического тока через ряд вольтметров, количества веществ, выделившихся на электродах, должны быть в отношении их эквивалентных весов. Этим и пользуются для определения величины эквивалентов простых тел. Такие найденные электролизом величины можно назвать *электрохимическим* или *электролитическим эквивалентом*.

Электрохимический эквивалент вещества численно равен массе вещества, превращенного на электроде при пропускании через электрохимическую систему, единицы количества электричества и рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{m}{I t},$$

где m – масса меди, осажденной на электрон, I – ток, протекающий через электролит, t – прошедшее время.

Для более точного результата измерения и характеризующего разбросов значения, применим формулу стандартной неопределенности электрохимического эквивалента:

$$u_k = \sqrt{\left(\frac{dK}{dm}\right)^2 u_m^2 + \left(\frac{dK}{di}\right)^2 u_i^2 + \left(\frac{dK}{dt}\right)^2 u_t^2}$$

Основным вольтметром при нахождении эквивалентов служит обыкновенно серебряный. Это объясняется тем, что методы электролитического осаждения серебра разработаны лучше других и для серебра точнее всего известно соотношение между количеством прошедшего электричества и выделившегося вещества. Результаты измерения которого показаны в табл. 1, [2].

Таблица 1 – Расчет неопределенности измерений

Величина	Оценка	Ширина половины интервала неопределенности	Коэффициент расширенной неопределенности	Стандартная неопределенность	Коэффициент влияния	Бюджет неопределенности
X_i	x_i	$0,5R$	K	$u(X_i)$	c_i	$u_i(Y)$
m	$3,62 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-5}$	2	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$9,135 \cdot 10^{-5}$	$1,37 \cdot 10^{-9}$
i	4,31	$3,0 \cdot 10^{-2}$	2	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$-7,67 \cdot 10^{-8}$	$-1,15 \cdot 10^{-9}$
t	2540	6	2	3	$-1,30 \cdot 10^{-10}$	$-3,90 \cdot 10^{-10}$
K	$3,306 \cdot 10^{-7}$	–	–	–	–	$1,83 \cdot 10^{-9}$

$$U(K) = 2u(K) = 3,66 \cdot 10^{-9} = 0,04 \cdot 10^{-7}, K = (3,31 \pm 0,04) 10^{-7} \text{ кг/с}$$

Литература

1. Брокгауза, Ф. А. Малый энциклопедический словарь / Ф. А. Брокгауза, И. А. Ефрона. – 2-е изд. – Санкт-Петербург: 1907 – 1909.
2. Arendarski, J. Niepewność pomiarów. – Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2003.

УДК 006.92

КОМПАКТНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОПТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ ЧАСТОТЫ НА ОСНОВЕ УЛЬТРАХОЛОДНЫХ АТОМОВ SR И YB

Аспирант, инженер Семенко А. В.¹,
магистрант гр. М21-209, инженер Вялых А. П.^{1,2},

мл. научный сотрудник Белотелов Г. С.¹, начальник отдела 752, Ph. D. Сутырин Д. В.¹

¹Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений, Менделеево, Солнечногорский район, Московская область, Россия,

²Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

Для большинства физических исследований необходим компьютерный контроль проводимых экспериментов. Без него управление десятками различных приборов одновременно становится невозможным. Крайне важной является точная синхронизация моментов времени, в которые различные приборы выполняют определенные действия, и требования к ней постоянно растут. Одной из установок, к которой предъявляются высокие требования по синхронизации действий приборов, являются оптические стандарты частоты (ОСЧ) на основе ультрахолодных атомов [1–3].

ОСЧ состоит из системы охлаждения атомов и захвата их в магнито-оптическую ловушку, «часового» лазера, с помощью которого производится опрос атомов, и фемтосекундного лазера. Для функционирования ОСЧ необходима точная синхронизация поступающих в спектроскоп лазерных излучений с определенными интенсивностями и частотами, значений магнитного поля и срабатываний регистрирующего атомы устройства в конкретную стадию эксперимента. Типичным является повторяющийся цикл длительностью порядка 1 с, в котором необходимо управление 5–7 лазерными излучениями, магнитным полем и ПЗС-камерой. Характерные длительности отдельных событий в цикле составляют от десятков мкс до сотен мс. Разная длительность циклов и событий внутри них на уровне мс приведет к флуктуациям количества регистрируемых ультрахолодных атомов от цикла к циклу и, в конечном итоге, деградации метрологических характеристик ОСЧ. Задача синхронизации сигналов во многих лабораториях решается

с использованием Real-Time системы генерации управляющих импульсов и графической среды программирования LabVIEW. У данного решения есть несколько существенных недостатков, главными из которых являются стоимость и массогабаритные параметры Real-Time систем и ограничения языка LabVIEW. Графическая среда программирования не позволяет гибко настраивать управление различными приборами, быстро вносить изменения в эксперимент и масштабировать установку. В данной работе предлагается вариант компактной системы управления на основе микроконтроллера и языка программирования Python.

В систему входит графический интерфейс, написанный на языке Python и позволяющий с помощью матрицы моментов времен и состояний настраивать цикл измерений и управлять приборами, и устройство для генерации TTL-импульсов и аналогового сигнала на основе микроконтроллера STM32. В данный момент разработан и испытывается прототип данной системы, позволяющий получить точность синхронизации импульсов на уровне 2 мкс, что достаточно для управления ОСЧ на основе ультрахолодных атомов Sr и Yb.

Литература

1. Ultrastable optical clock with neutral atoms in an engineered light shift trap / H. Katori [et al.] // Physical Review Letters. – 2003. – Vol. 91, № 17. – P. 173005.
2. Barber, Z. Ytterbium optical lattice clock. University of Colorado at Boulder, 2007.
3. Jila SrI optical lattice clock with uncertainty of 2.0×10^{-18} / T. Bothwell [et al.] // Metrologia. IOP Publishing, 2019. – Vol. 56, № 6. – P. 65004.

УДК 621.713.12

ОСОБЕННОСТИ ТРАКТОВКИ РЕЗУЛЬТАТОВ КООРДИНАТНОГО КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ

Студент гр. 11305121 Сенюта В. В.

Асс. Гомма М. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Существенная часть всех измерений в современном производстве – это линейные измерения. Координатный метод, суть которого заключается в последовательном измерении координат ряда точек поверхности в пространстве и последующем вычислении размеров изделия, стал универсальным средством определения геометрических характеристик. Координатные измерения характеризуются прямым измерением точек поверхности детали и расчетом нормируемых геометрических параметров на основе полученных результатов.

При проведении контроля геометрических параметров детали на базе координатно-измерительных машин возможны случаи неоднозначной интерпретации полученных результатов измерений из-за допустимых вариаций экспериментальных моделей контролируемых деталей и, следовательно, оценка возможных погрешностей метода измерения также может быть неоднозначной.

Существующая процедура измерений разработана таким образом, чтобы избежать всех наихудших вариантов погрешности метода, которые могут возникнуть в отношении размеров, формы и расположения поверхностей. В то же время не используется предварительная информация о характере искажения геометрических параметров реальных деталей, которая может существовать или быть доступной на этапе разработки конкретной методики.

Однако, неоправданное сокращение количества контролируемых точек (сечений) может привести к недостаточности измерительной информации для обеспечения адекватности получаемой экспериментальной модели, соответствующей реальному объекту измерения. В результате могут возникнуть большие методические погрешности измерений контролируемых параметров.

Также, при традиционном методе контроля параметров деталей каждый контролируемый параметр измеряется отдельно, в своей собственной системе координат и ограничен своим полем допусков, не зависящим от полей допусков других геометрических параметров.

Вышеупомянутые особенности традиционного контроля геометрических параметров деталей приводят к результатам измерений, которые не исключают систематических

погрешностей из-за несогласованности систем координат, в которых измеряются различные геометрические параметры деталей, и, как следствие, к увеличению числа неправильно принятых и неправильно забракованных деталей. Поэтому общим недостатком традиционных методов координатного контроля геометрических параметров деталей является отсутствие оптимизации всех контролируемых точек реальной детали относительно ее номинальной системы координат, а также соответствующих полей допусков контролируемых параметров.

Литература

1. Гомма, М. А. Анализ особенностей интерпретации результатов координатного контроля геометрических параметров деталей / М. А. Гомма, С. С. Соколовский // Новые направления развития приборостроения : материалы 15-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов, Минск, 20–22 апреля 2022 г. / Белорусский национальный технический университет ; редкол.: О. К. Гусев (пред. ред. кол.) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2022. – С. 252–253.
2. Тигнибидин, А. В. Определение достоверных методик проведения измерений на координатно-измерительных машинах: Динамика систем, механизмов и машин / Омский государственный технический университет / А. В. Тигнибидин, Л. В. Зайнуллина, В. А. Ромашенко. – Омск, 2018. – Том 6. – № 1.
3. Теория, расчет и проектирование оптимизированных методик координатного контроля в машиностроении / В. Л. Соломахо [и др.]. – Минск: БНТУ, 2012. – 239 с.

УДК 658.516

КЛАССИФИКАЦИЯ И АНАЛИЗ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В РАМКАХ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Магистрант гр. 1-54 80 01 Сильчук В. А., студент гр. 11305121 Троицкая А. Э.

Д-р техн. наук, профессор Серенков П. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Анализ состояния менеджмента качества на промышленных предприятиях Республики Беларусь показал, что наибольший круг первоочередных проблем связан с качеством именно производственных процессов и, в частности, с их планированием, обеспечением, управлением и улучшением. Подавляющее большинство процессов можно по степени определенности отнести к категории «черные ящики». Соответственно на рынке услуг в области управления появилось множество техник, технологий, методов, направленных на статистическое моделирование процессов. Имеет место множество мнений по поводу того, какие методы в современных условиях лучше. Этот вопрос все чаще возникает в рамках дискуссий по поводу использования статистических методов менеджмента качества. В докладе обосновано, что такая постановка вопроса некорректна. Отталкиваться следует от целей и задач управления качеством производственных процессов.

Сформулирован универсальный прагматичный подход к обеспечению качества процессов любой природы: действительные значения параметра качества процесса в условиях воспроизводимости должны укладываться в установленные границы, определяющие понятие «уровень качества».

В докладе сделан анализ типовых задач управления качеством производственных процессов с позиций возможных ситуаций, возникающих на выходе процесса по результатам проверки соответствия:

1) значения показателя качества процесса в условиях воспроизводимости распределены по закону Гаусса. При этом возможны два случая:

- процесс находится в статистически неуправляемом состоянии, индекс воспроизводимости $C_p \leq 1,33$, из чего следует, что необходимо кардинальное перепроектирование процесса;
- процесс находится в статистически управляемом состоянии, индекс воспроизводимости $C_p > 1,33$, из чего следует, что вмешиваться в управление процессом не следует, следует продолжать мониторинг процесса;

2) значения показателя качества процесса в условиях воспроизводимости распределены по закону, отличному от закона Гаусса, из чего следует, что, один или несколько факторов

процесса вносят доминирующий вклад в значения наблюдаемой переменной.

Наиболее часто встречается именно второй класс типовых задач, когда процесс может быть скорректирован на основании статистического исследования. Для этого класса задач характерно то, что управление качеством процесса сводится к обеспечению условий, при которых действительные значения параметра качества укладываются в границы поля допуска. Сформулированы два вида частных подзадач, относящихся к категории задач регулирования:

– управление смещением математического ожидания относительно заданного целевого значения параметра качества;

– управление рассеянием заключающаяся в снижении диапазона действительного рассеяния значений показателя качества до уровня меньшего, чем допуск.

Дана формализация приведенных видов задач как последовательность задач статистического анализа: критериальная проверка нормальности закона распределения значений показателя качества производственного процесса; критериальная проверка гипотезы о равенстве выборочных средних значений; критериальная проверка гипотезы о равенстве выборочных дисперсий.

В докладе приведены примеры критериального анализа состояния производственных процессов и эффективных управляющих решений по результатам анализа.

УДК 658.516

КОНЦЕПЦИЯ ПОДХОДА ОБЕСПЕЧЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПУТЕМ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОКАЗАТЕЛЬ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ

Магистрант гр. 1-54 80 01 Сильчук В. А.¹, соискатель Бережных Е. В.²

Д-р техн. наук, профессор Серенков П. С.¹

¹Белорусский национальный технический университет,

²Белорусский государственный центр аккредитации, Минск, Беларусь

В докладе рассмотрен подход совершенствования процесса, связанный с воздействием не на причины, вызывающие несоответствия, а непосредственно на результат процесса. Такая задача относится к задачам управления робастностью производственного процесса. Процесс считается робастным если его результат (вариация) не зависит от вариации входных факторов (причин). Наиболее известной для решения данной задачи является техника Г. Тагути.

Техника Г. Тагути, как техника робастного перепроектирования продукции и процессов, ориентирована на массовое использование в рамках организации.

В докладе дан анализ основным положениям робастного проектирования процессов по Г. Тагути [1]:

1. Качество процесса определяется комплексом параметров продукции на выходе, показателями рабочей среды процесса, его инфраструктуры. Указанные параметры задаются в виде интервалов допустимых значений (полей допусков).

2. Удовлетворительное качество характеризуется положением действительных значений показателей качества процесса в пределах поля допуска. Высокий уровень качества характеризуется положением действительных значений близко к целевому значению с минимальной дисперсией.

3. Каждый процесс является несовершенным от точки зрения текущего выбора номинальных значений факторов.

4. Можно, как правило, найти комбинацию номинальных значений факторов, снижающих неопределенность целевой функции (функции потерь качества).

5. Сверхнасыщенное ортогональное планирование экспериментов является эффективным методом организации сбора данных для робастного проектирования процессов.

6. Отношение «сигнал/шум» (S/N), используемое при обработке и анализе данных позволяет, оценить влияние факторов на неопределенность целевой функции.

В результате анализа определены две относительно «слабых» позиции основных положений техники Г. Тагути: функция потерь качества и планирование экспериментов.

Показана практическая несостоятельность математического выражения функции потерь качества функции «сигнал/шум» $L(t)$ [1]. Предложено в качестве практически реализуемой функции «сигнал/шум» $L(t)$ использовать показатель функции на основе стандартизованного статистического показателя результативности C_{pk} – индекса воспроизводимости процесса [2]. Индекс воспроизводимости как соотношение допуска T параметра процесса и фактического разброса процесса $6s$ (s – стандартное отношение результатов воспроизведения процессом значений показателя качества) в обязательном порядке оценивается при валидации процесса и выступает паспортной характеристикой воспроизводимости процесса.

Предложены варианты математического представления функции «сигнал/шум» $L(t)$ на основе индекса воспроизводимости процесса C_{pk} в зависимости от вида поля допуска параметра: 1) «номинальное – лучшее»; 2) «максимальное – лучшее»; 3) «минимальное – лучшее» [1].

Литература

1. Taguchi Methods. Case Studies from U.S. and Europe / Yuiin Wu, Principle Editor: 1989 by the American Supplier Institute, Inc.
2. Ford Motor Company (1984). Continuing Process Control and Process Capability Improvement. Ford Motor Company, Dearborn, MI.

УДК 371.3

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ МЕНЕДЖМЕНТА ПЕРСОНАЛА ВО ВЗАИМОСВЯЗИ С РАЗВИТИЕМ НАУКИ УПРАВЛЕНИЯ

Магистрант гр. 1-54 80 01 Степанова Е. Л.

Д-р техн. наук, профессор Соломахо В. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

История менеджмента персонала в эволюционном ключе рассматривается как процесс становления автономности и формирования самостоятельного научного подхода.

Истоки современной системы менеджмента управления персоналом уходят в далекое прошлое, когда создавались первые трудовые отношения. Ремесленный труд – это самая начальная стадия трудовых отношений, для которых были свойственны поддержание установившейся организации работы, вознаграждения за нее, установление режима труда, а также надзор за производительностью труда исполнителя.

Промышленная революция выжила мелкие мануфактуры и мастерские, заменив их производствами с относительно большим количеством рабочих, связанных сложной структурой производственных отношений, «узкой» специализацией исполнителей. Все это привело к резкому изменению интенсивности труда персонала.

Исторически сложилось так, что практически до середины XX в. управление персоналом как оригинальная функция не выделялось – доминирующим направлением в управлении персоналом являлось жесткое поддержание дисциплины труда с целью обеспечения максимальной производительности труда каждого работника.

По мере того, как труд человека, а не машин, становится основополагающим фактором в успехе предприятия, возникает необходимость в эффективном управлении персоналом посредством создания условий для его профессионального роста, комфортной среды и условий труда.

Впервые идею о научной составляющей к управлению персоналом продвинул Фредерик Тейлор [1]. Его внимание было сосредоточено на увеличении производительности труда путем реконструкции психологического подхода как у администрации предприятий, так и их работников.

Не менее выдающимися личностями в области становления управления персоналом являются Гаррингтон Эмерсон и супруги Гилберт [2]. Эмерсон уделял пристальное внимание совокупности в решении задач организации производства и управления им. Идеология школы

Гилбертов сводится к применению наблюдений, замеров, логического мышления и аналитических методов в целях усовершенствования технологических операций. Также большое влияние оказала практика Форда, который декомпозировал процесс создания каждого изделия до простейших «операций-движений», что позволило усилить технологическую дисциплину, улучшить культуру производства, в значительной мере снизить себестоимость выпускаемой продукции без значительных затрат на повышение профессиональной подготовки персонала [1].

Личный вклад на исследования в области менеджмента в формировании и развитии управления персоналом как самостоятельного направления научных исследований, оказали такие авторитеты в области менеджмента, как Taylor, Эмерсон, Гуго, Вебер, Файоль, Follet, Форд, Мейо, Шухарт, Барнард, Деминг, Drucker, Бир, Макгрегор, Фейгенбаум, Маслоу, Рассел, Чандлер, Hammer, Rampersad, Джуран, Гейтс, Макарова, Ашкинази, Полховская и другие.

Можно говорить о том, что постоянные исследования вопросов, связанных с управлением персоналом, сыграли решающую роль в создании современных представлений о построении системы менеджмента персонала и разработки комплекса инструментов для ее практической реализации.

Литература

1. Ермакова, Д. М. Менеджмент качества: история возникновения и развития / Д. М. Ермакова, В. П. Часовских, М. П. Воронов // Научное обозрение. Экономические науки. – 2016. – № 4 – С. 19–26.
2. Костенко, Е. П. История менеджмента: учебное пособие / Е. П. Костенко, Е. В. Михалкина. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2014. – 606 с.

УДК 371.3

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ ОРГАНИЗАЦИИ ПУТЕМ КОНКРЕТИЗАЦИИ ТРЕБОВАНИЙ К ИХ КОМПЕТЕНТНОСТИ И ОСВЕДОМЛЕННОСТИ

Магистрант Степанова Е. Л.

Д-р техн. наук, профессор Соломахо В. Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В условиях современной быстроменяющейся рыночной среды от организации требуется поиск новых методов осуществления своей деятельности с последующей корректировкой приоритетов для повышения эффективности жизнедеятельности организации.

Одним из важнейших факторов, обеспечивающих конкурентные преимущества организации, является персонал, который играет ключевую роль в формировании экономической стабильности компании и определяет перспективы ее стратегического развития.

Поэтому логично, наряду с решением технических задач, стоящих перед организацией, совершенствовать систему используемых и создания новых эффективных процедур в области управления человеческими ресурсами. Реализация бизнес-стратегий невозможна без квалифицированных и мотивированных работников, компетенции и профессиональный потенциал которых является ключевым фактором повышения эффективности организации.

Само понятие «компетенция», латинского происхождения, переводится как «соответствовать», было введено в 1959 г. Уайтом для описания способностей выпускника учебного заведения [2]. Применительно к управлению персоналом термин «компетенция» применил Р. Бояцис [2], определив его как сумму способностей личности, направляемых для достижения желаемых результатов.

Компетентность (выраженная способность применять навыки) – полностью новое понятие в стандартах серии ИСО 9000. Примечательно, что в первой (1987 г.) и второй (1994 г.) редакциях стандарта не уделялось внимание и не прослеживалась взаимосвязь между качеством продукции и уровнем компетентности человека, его производящего. Использование термина «компетентность», безусловно, подчеркивает важность соответствия квалификации людей выполняемой ими работе и, таким образом, усиливает данное требование. Таким образом, компетентность – это те специфические знания и навыки, которые

определяют профессиональную составляющую личности и придают преимущественную ценность для работодателя. Системность работы по развитию персонала позволит иметь высококвалифицированных сотрудников с необходимыми для организации компетенциями. Такие работники становятся ключевым фактором стабильного развития и экономического роста организации, поскольку конкурентные преимущества организации во многом достигаются за счет знаний, инноваций, профессионализма, источником которых является человек.

Рассмотрим процесс управления персоналом с точки зрения стандартов ISO серии 9000. В рамках этой системы управления данный процесс можно считать одним из многих процессов менеджмента ресурсов. Поэтому в основу данного процесса, как и в основу иных процессов системы менеджмента качества положен цикл «Plan-Do-Check-Act» (PDCA) [4].

Рассмотрим поэтапную реализацию цикла PDCA применительно к менеджменту персонала.

Высшее руководство должно определить стратегию и политику организации в целях ее дальнейшего развития, в том числе в области управления персоналом. Необходимо отметить, что персонал является не только ресурсом организации, но и ее внутренним потребителем. Поэтому стратегия организации должна отражать потребности и ожидания по широкому спектру вопросов, включая создание хорошей производственной среды, благоприятного психологического климата, механизма признания заслуг каждого работника, «прозрачной» системы морального и материального поощрения и т. д.

В блоке «Do» для реализации целей организации в области управления персоналом составляются конкретные планы по различным направлениям кадровой работы, таким как отбор и найм персонала, адаптация, оценка персонала и аттестация, мотивация и стимулирование, ротация кадров и другие.

Следующим этапом процесса управления персоналом (блок «Check») является оценка его эффективности, т. е. определение уровня кадрового потенциала и функционирования системы управления персоналом путем сопоставления фактических значений показателей с оптимальным или запланированным уровнем, а также определение их соответствия установленным в организации параметрам, критериям, нормам, правилам, принципам, стандартам, целям и задачам организации.

По результатам анализа и оценки процесса управления персоналом осуществляется разработка корректирующих и предупреждающих мероприятий, направленных на улучшение и совершенствование стратегии и политики организации в области управления персоналом, соответствующих целей, планов по различным направлениям работы (отбор и найм персонала, расстановка и адаптации, оценка персонала и аттестация и т. д.), а также структуры затрат организации в области управления персоналом.

Такой подход к менеджменту персонала является достаточно универсальным и находит широкое применение. Однако, существуют организации, которые относятся к опасным производственным объектам. К ним относятся организации, у которых производство и эксплуатация продукции объективно связана с возможностью возникновения аварий, иных инцидентов, связанных с аварийными ситуациями.

Наиболее наглядно подобная проблема проявляется в таких отраслях промышленности как горнодобывающая, газовая и нефтяная. Предприятия этих отраслей относятся к опасным производственным объектам. Это позволяет прийти к выводу, что компетентность и осведомленность персонала, работающего на объектах повышенной опасности, является залогом безопасности и гарантией безаварийного производства.

Таким образом, для обеспечения высокого уровня профессионализма и компетентности персонала, его осведомленности, недостаточно относиться к вопросам управления персоналом, как к одному из ресурсов обеспечения качества в рамках системы менеджмента ISO 9001. Верным решением будет разработка системы менеджмента персонала, которая позволит интегрировать все необходимые средства управления компетентностью и осведомленностью персонала в свой выделенный инструментарий.

Так, международный стандарт ISO 10015 рекомендует разработать следующие процессы, необходимые для эффективного управления компетентностью персонала и развития кадровых ресурсов:

- процесс формирования персонала (включает подпроцессы набора, отбора, адаптации персонала);
- процесс развития персонала (включает подпроцессы повышения квалификации, переподготовки, обучения, развития карьеры);
- процесс оценки персонала (включает стартовую оценку, периодическую и текущую оценку персонала);
- процесс ресурсного обеспечения персонала (включает подпроцессы технического, материального, финансового, информационного, методического и иного обеспечения деятельности сотрудников);
- процесс использования персонала (включает подпроцессы создания оптимальных и безопасных условий труда, кадрового перемещения, ротации кадров).

Стоит заострить внимание, что оценка эффективности в системе управления персоналом, как правило, является наиболее слабым элементом, ограничивающим эффективность всей системы управления организацией. Основная сложность состоит в том, что очень трудно оценить эффективность этой деятельности. Многие используемые показатели субъективны, их значение и содержание зависят от конкретной ситуации.

Для облегчения управления компетентностью персонала и, как следствие, увеличения эффективности деятельности предприятия следует обособить цель совершенствование процесса конкретизации оценки персонала путем создания информационно-методического обеспечения в формировании требований к уровню компетентности персонала.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. Структуризация и кластеризация моделей компетенций (набора компетенций, необходимого для эффективного выполнения обязанностей при эксплуатации газового оборудования).
2. Обоснование и разработка аппарата количественных и (или) качественных оценок соответствия требуемому уровню компетенций, а также определение «веса» каждой компетенции.
3. Формирование профиля компетенции при осуществлении определенной профессиональной деятельности (например, занятого изготовлением и эксплуатацией газового оборудования).
4. Внедрение профиля компетенции в организации.

Литература

1. Системы менеджмента качества. Требования: СТБ ISO 9001-2015. – Введ. 01.03.16. – Минск: Госстандарт: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2015. – 36 с.
2. Звонников, В. И. Оценка качества результатов обучения при аттестации (компетентностный подход), учеб. пособие / В. И. Звонников, М. Б. Челышкова. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М: Логос, 2012 – 280 с.
3. Ленкевич, О. А. Анализ требований обеспечения компетентности и осведомленности персонала в вопросах системного менеджмента / О. А. Ленкевич, Н. В. Чурак // Приборостроение-2019: материалы 12-й Международной научно-технической конференции, 13–15 ноября 2019 года, Минск, Республика Беларусь / ред. кол.: О. К. Гусев (председатель) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2019. – С. 206–208.
4. Использование цикла PDCA в системе управления персоналом [Электронный ресурс] / С. А. Куликовский // Стандарты и качество. – Режим доступа: <https://ria-stk.ru/stq/adetail.php?ID=74968>. – Дата доступа: 20.01.2023.

УДК 658.562

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ СИСТЕМЫ СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ КАК ИНСТРУМЕНТА УПРАВЛЕНИЯ НА ЭТАПЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СМК

Магистрант гр. 1-54 80 01 Хвистик М. Д.

Д-р техн. наук, профессор Серенков П. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В современных условиях большое значение на рынке имеет наличие у организаций сертифицированной системы менеджмента качества (СМК) аккредитованным органом. Это является гарантией высокой стабильности и устойчивости качества продукции или услуг организации.

Одним из ключевых требований органа по сертификации является необходимость демонстрации со стороны организации возможностей по совершенствованию СМК.

В современных условиях результативный менеджмент качества возможен при условии решения групп задач и их согласования на трех основных этапах жизненного цикла СМК [1]. В рамках исследования рассмотрены этапы внедрения и применения СМК, а также анализа и совершенствования СМК. Известно, что в целях постоянного улучшения организациям необходимо на постоянной основе анализировать потоки информации о качестве. Следовательно, менеджмент качества на данных – это менеджмент потоков информации, касающихся планирования, обеспечения, управления и улучшения качества продукции и процессов. В качестве информационного механизма функционирования и развития СМК используется система сбора и анализа данных (ССАД) [1].

Согласно требованиям СТБ ISO 9001 ССАД должна выполнять следующие функции [2]:

- определять критерии и методы, необходимые для обеспечения результативности и эффективности СМК как при осуществлении, так и при управлении ее процессов;
- обеспечивать наличие ресурсов и информации, необходимых для поддержания процессов и мониторинга;
- осуществлять мониторинг, измерение и анализ процессов для разработки мер, необходимых для достижения запланированных результатов и постоянного улучшения процессов.

Важно понимать, что в конечном итоге ССАД является одним из основных инструментов определения и анализа таких показателей как результативность и эффективность СМК. Результативность – это результат, которого ожидает потребитель. Эффективность – это связь между достигнутым результатом и использованными ресурсами. Очевидно, что эти понятия соподчинены, и что организации управляя эффективностью, в общем случае стремятся к максимальной результативности при минимальных затратах. Измерение и мониторинг процессов являются традиционно известными и привычными способами функционирования ССАД, оперирующими данными в количественной форме. Методологическим подспорьем для этой оставляющей ССАД выступают основные концепты метрологии.

В докладе особое внимание уделено аудиту, как специфическому инструменту функционирования ССАД. Особенностью аудита является качественная форма представления информации о результативности процессов и СМК в целом. Соответственно, аудит занимает в системе обособленное место, так как предполагает применение особых методов, техник, критериев, обеспечивающих достоверность информации.

Определен комплекс задач, которые должна решать ССАД как подсистема СМК, в частности, акцент сделан на идентификацию «узких мест» в процессах и СМК в целом, а также и организацию деятельности по улучшению.

Литература

1. Серенков, П. С. Концепция системы сбора и анализа данных о качестве как информационной основы системы менеджмента качества / П. С. Серенков, Н. А. Жагора, Л. И. Толстик // Метрология и приборостроение. – 2004. – № 2. – С. 2–6.
2. Системы менеджмента качества. Требования: СТБ ISO 9001-2015.

УДК 535.67

DRIVER'S VISUAL ENVIRONMENT AS A MULTI-PARAMETER SYSTEM OF FOVEAL AND PERIPHERAL TASKS

Postgraduate student Zhang Yun
Associate Professor E. N. Savkova, PhD in Technical Science
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

The purpose of optimizing the driver's visual environment is to improve the driver's visual perception, that is, the ability of the driver to perceive the surrounding environment through the eyes while driving. Therefore, the driver's visual environment must not only consider the purely physical

properties of the radiant power that stimulates the visual system, but also the spectral sensitivity of the human eye, which is emphasized by the photometric division into photopic, mesopic and scotopic vision (CIE S 017/E:2020: ILV). For photopic vision with an adaptation brightness above 5 cd/m^{-2} , the following functions are used: $V(\lambda)$ for all tasks of visual observation along the axis, when objects seen by the eye are in a narrow field of view with central vision with a narrow field of view (about 4° or less) for foveal view (CIE 165:2005 CIE 10). For scotopic vision with an average adaptation brightness of the eye $L < 0.005 \text{ cd/m}^{-2}$, the light output function $V'(\lambda)$ adopted by ISO 23539:2005/CIE S 010:2004 is used; for mesopic vision with adaptive brightness from 0.005 cd/m^{-2} to 5 cd/m^{-2} - family of luminous efficacy spectral functions $V_{\text{mes};m}(\lambda)$ for peripheral tasks (not applicable to foveal vision), physiology-based spectral luminous efficacy function [1]:

$$V_{\text{mes};m}(\lambda) = \frac{1}{M(m)} \{mV(\lambda) + (1 - m)V'(\lambda)\}, \quad (1)$$

where m is the adaptation coefficient, for mesopic vision – depending on the level of visual adaptation $m = 0.2; 0.4; 0.6; 0.8$; $M(m)$ is a normalizing function such that $V_{\text{mes};m}(\lambda) = 1$.

The fovea mentioned above is the central part of the retina, thin and sunken, almost full of cone cells, the part that forms the clearest vision. The angle of the fovea in the field of vision is about $0,087 \text{ rad}$ (5°), and the vision produced can be called the central vision, corresponding to it is called peripheral vision, that is, vision triggered by stimulation of the area of the retina beyond the macula (CIE S 017/E:2020: ILV). According to the above conditions, the driver's visual perception is shown in the figure below.

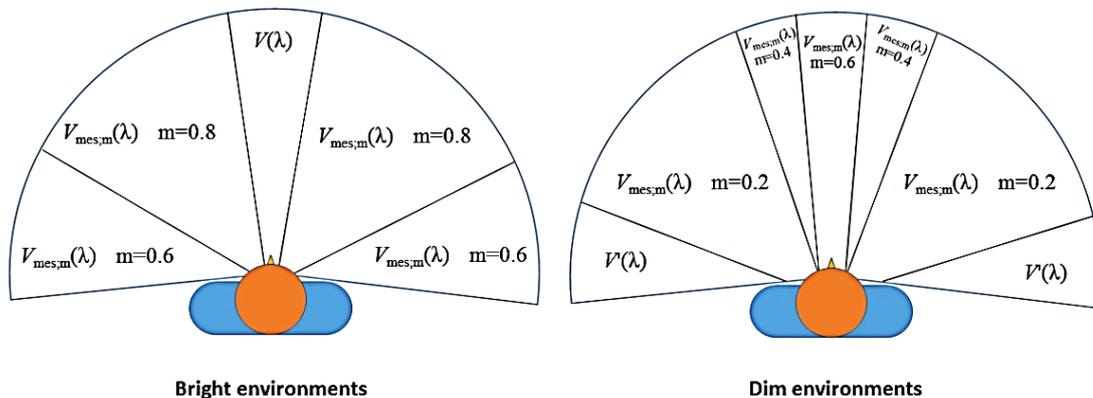


Fig. 1. Schematic diagram of driver's visual perception

A study by engineers at BMW and the Lighting Engineering Group at the Technical University of Ilmenau found that the visual environment can affect the mood and fatigue of the driver, and that orange ambient lighting gives a perception of luxury and better quality. Therefore, the orange light less than 0.1 cd/m^2 can be used to improve the driver's visual environment, focusing on central vision, supplemented by peripheral vision, accepting visual elements, and enhancing the sense of space through peripheral vision, enhancing the perceived quality of materials and make drivers feel safer.

References

1. Principles governing photometry. 2nd Edition. Rapport BIPM-2019/05. Pavillon de Breteuil, F-92312 SÈVRES Cedex, France. 44 p.

OPTIMIZATION OF THE SPECTRAL COMPOSITION OF A FAVORABLE LIGHT ENVIRONMENT

Postgraduate student Zhang Yun

Associate Professor E. N. Savkova, PhD in Technical Science
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

Light environment refers to ambient light and lighting conditions. In our living and working environments, the quality of the light environment can have a big impact on our health, well-being and productivity. Optimizing the spectral composition can create a light environment more suitable for human life and health, while improving energy efficiency and comfort.

Spectral composition has a great influence on human physiology. For example, blue light increases alertness and concentration, helping to stay awake and productive during the day, however, too much blue light may interfere with sleep because it suppresses melatonin production [1]; green light can alleviate eye fatigue and stress, helps to relax and calm the mind, it can also boost metabolism and stimulate the immune system; red light can help improve vision and energy, and can also promote blood circulation and speed up wound healing [2]. Improper spectral composition may cause eye fatigue, headaches, vision loss, poor mood and other health problems. Proper spectral composition can enhance people's sense of comfort and well-being, promoting health and well-being.

Due to human genetics and evolution, the natural light is a light source that best conforms to human biological rhythms. Therefore, the spectrum of artificial light sources should be as close as possible to natural light, and in order to save energy, it is necessary to use natural light as much when designing lighting systems. Fig. 1 shows the spectrum of natural light and artificial light sources with similar spectra in one day.

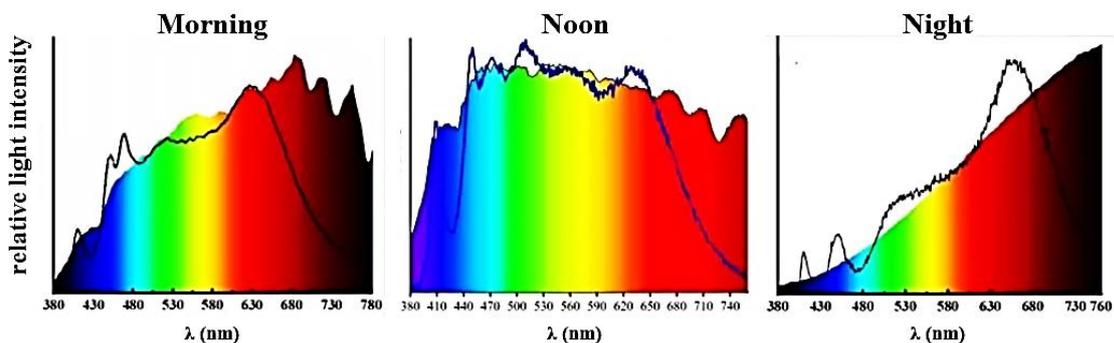


Fig. 1. Solar spectrum and artificial solar-like spectrum during the day

Gall et al. [3] proposed the concept of photobiological rhythm factor to quantitatively evaluate the non-visual biological effects of light on the human body, which can be expressed as:

$$a_{cv} = \frac{\int_{380}^{780} P(\lambda)C(\lambda)d\lambda}{\int_{380}^{780} P(\lambda)V(\lambda)d\lambda} \quad (1)$$

By selecting different types of light sources and using devices such as filters or reflectors, the spectral composition of the light source can be adjusted, thereby optimizing the spectral composition while saving energy.

Spectrum composition optimization is a complex problem, which requires comprehensive consideration of various factors, and the selection of appropriate methods and light sources according to different usage scenarios and needs. With the continuous development of intelligent control technology, the future light environment will be more intelligent and adaptive, so as to create a comfortable, healthy and efficient light environment which is suitable for human life.

References

1. Motamedzadeh, M., Golmohammadi, R., Kazemi, R., & Heidarimoghadam, R. The effect of blue-enriched white light on cognitive performances and sleepiness of night-shift workers: A field study. *Physiology & Behavior.* – 2017. – Vol. 177. – P. 208–214.

2. S Gregory Hipskind, Fred L Grover Jr, T Richard Fort, et al. Pulsed Transcranial Red/Near-Infrared Light Therapy Using Light-Emitting Diodes Improves Cerebral Blood Flow and Cognitive Function in Veterans with Chronic Traumatic Brain Injury: A Case Series. *Observational Study Photobiomodul Photomed Laser Surg.* – 2019. – Vol. 37(2). – P. 77–84.

3. Gall D., Bieske K. Definition and measurement of circadian radiometric quantities [C]. *Proceedings of 2004 CIE Symposium on Light and Health, Vienna.* – 2004. – P. 129–132.

УДК 658.562

ОЦЕНКА ОБЩЕГО СОСТОЯНИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Студент гр. 11305119 Юхневич А. Л.

Кандидат техн. наук, доцент Токарь О. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Качество продукции предприятия и соответственно его конкурентоспособность зависят от качества бизнес-процессов. Для их оценки интерес представляют квалиметрические методики на основе ряда единичных показателей качества процесса.

Одним из составляющих комплексной оценки качества бизнес-процесса является оценка его общего состояния. Показателями общего состояния могут выступать [1]: постоянное улучшение; эффективность; результативность; автоматизация процесса; инструкции процесса; управление; наличие измеряемых показателей и мониторинг; ресурсы (качество, доступность); взаимодействие процесса с другими; удовлетворенность. Также дополнительно включены таких два важных показателя, как длительность и стоимость процесса.

Оценка общего состояния бизнес-процессов производилась на примере процессов Минского производственного кожевенного объединения. Для получения результатов использовался экспертный опрос. Экспертами по процессу выступали специалисты предприятия, вовлеченные в выполнение процесса (3 человека для каждого процесса). Для опроса использовалась пятибалльная шкала. На основе анализа результатов внутренних аудитов компании за последний год были выбраны три процесса: производство кожи натуральной, взаимодействие с потребителем, закупки. Результаты опроса сотрудников представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Суммарные результаты оценки процессов

Показатели общего состояния процесса	Процесс		
	Производство кожи натуральной	Взаимодействие с потребителем	Закупки
1. Постоянное улучшение	11	12	10
2. Эффективность	12	13	11
3. Результативность	12	12	9
4. Автоматизация процесса	12	7	8
5. Инструкции процесса	13	11	11
6. Управление	13	13	11
7. Изменяемые показатели и мониторинг	13	12	11
8. Ресурсы	11	11	10
9. Взаимодействие процесса с другими	15	13	12
10. Удовлетворенность	12	13	9
11. Длительность	7	8	6
12. Стоимость	9	7	7
Среднее / Базовое (наилучшее) значение	12 / 15	11 / 15	10 / 15

Согласно оценкам экспертов по ряду показателей процессы протекают на приемлемом, но не самом лучшем уровне. Наибольшие сложности представляет процесс закупок, поскольку разница между действительным и наилучшим значением составляет 33 %. В процессе закупок наиболее уязвимыми точками являются автоматизация, ресурсы, результативность, удовлетворенность работников этим процессом и наличие постоянных улучшений. Для процесса взаимодействия с потребителем наиболее уязвимым местом является автоматизация. Для всех

трех процессов неудовлетворительные результаты показали оценки их по показателям длительности и стоимости. Проведенная работа показывает, что на эти показатели надо в первую очередь обратить внимание при разработке мероприятий по повышению качества бизнес-процессов.

Литература

1. Осипов, Д. С. Методика квалиметрической оценки и анализа производственных процессов / Д. С. Осипов, И. А. Михайловский, И. Г. Гунн. – Век качества. – 2011. – № 3. – С. 36–38.

УДК 006.91

ВЫРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОЙ МОДЕЛИ ОРГАНИЗАЦИИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

Студенты гр. 11305119 Якуть Ю. П., Норко П. В.

Ст. преподаватель Ленкевич О. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Для выработки эффективной модели организации метрологического обеспечения на Белорусской железной дороге руководство дороги поставила задачу проанализировать два варианта организации работы Центральной лаборатории метрологии (далее – ЦЛМ) по метрологической оценке измерительного оборудования, эксплуатируемого на Белорусской железной дороге.

1-й вариант: Переход от вагонов-лабораторий к мобильным лабораториям на базе специальных автомобилей

Для данного варианта предполагается, что функционирующие в настоящее время вагоны-лаборатории будут заменены альтернативными мобильными лабораториями на базе автомобилей. В этом случае базой являются седельный тягач с прицепом-лабораторией со специально оборудованными рабочими местами для проведения поверки (калибровки, аттестации), при наличии в Минске стационарной лаборатории, обслуживающей как Минские дистанции, так и все остальные дистанции по необходимости.

Преимуществами данного варианта являются:

- независимость от движения локомотивов;
- гибкость маршрутов движения к заказчику;
- сокращение обслуживающего персонала;
- улучшенное подключение к источникам электроэнергии.

Недостатки данного варианта:

- расходы на оплату жилья инженерам-метрологам;
- трудности с размещением на территории предприятия;
- необходимость в охране.

2-й вариант: Создание региональных стационарных лабораторий на крупных железнодорожных узлах

Организация на базе ЦЛМ обособленного структурного подразделения (филиала) Дорожный центр метрологии ГО «Белорусская железная дорога» с регионально-распределенной структурой в виде четырех региональных центров метрологии (далее – РЦМ), организованных на крупных железнодорожных узлах и аппаратом управления в г. Минске. Метрологические подразделения, расположенные на 12 железнодорожных узлах, будут производить контроль метрологических характеристик СИ своими силами, а метрологическое обеспечение СИ и эталонного оборудования – в ближайшем РЦМ по утвержденному плану-графику. Бригады из штата РЦМ будут выезжать на линию для проведения поверки (калибровки и аттестации) измерительного оборудования.

Преимуществами данного варианта являются:

- независимость от движения поездов и локомотивов с исключением их использования;
- уменьшение затрат на содержание вагонов-лабораторий (техническое обслуживание, эксплуатационные расходы, з/п проводников и т. п.);

- повышение уровня охраны труда, техники безопасности и безопасности движения;
- равномерное распределение нагрузки между РЦМ;
- повышение эффективности выполняемых работ;
- возможность оказания услуг сторонним организациям в большем объеме;
- расширение сферы влияния лабораторий на Белорусской железной дороге.

Недостатки данного варианта:

- увеличение затрат на доставку эталонов в РЦМ и обратно;
- увеличение затрат на создание четырех РЦМ: аккредитация РЦМ; аренда помещений, обучение персонала (повышение квалификации), хозяйственные расходы и пр.;
- возможное увеличение сроков проведения МО СИ, находящихся на удалении от РЦМ.

Литература

1. Закон Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений» от 5 сентября 1995 г. № 3848-ХІІ.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

<i>Беглик В. В., Охрименко И. П., Кольчевский Н. Н.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРАВИТАЦИОННОГО ДЕТЕКТОРА НА ОСНОВЕ УПОРЯДОЧЕННОЙ ГРУППИРОВКИ СПУТНИКОВ	3
<i>Бехлер И. А., Матвеев В. В.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КООРДИНАТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ	4
<i>Боровченко А. А., Свидинский А. А., Ризноокая Н. Н.</i> ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАПИЛЛЯРНОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ НАРУЖНЫХ ДЕФЕКТОВ	5
<i>Зысковец Ю. М., Семёнова К. В., Василевский А. Г.</i> СЕТЕВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ	6
<i>Веренич М. С., Тявловский К. Л.</i> УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МОДУЛЬ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ	7
<i>Веселовский В. А., Мелюх Н. С., Гусев О. К.</i> ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ФОТОПРИЕМНИКА	8
<i>Гриц М. А., Свистун А. И.</i> ИЗМЕРИТЕЛЬ ПУЛЬСАЦИЙ СВЕТОВОГО ПОТОКА ОСВЕТИТЕЛЕЙ	9
<i>Гриц М. А., Савёлов И. Н.</i> ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОСВЕЩЕНИЯ	10
<i>Гришин Д. С., Лихошерст В. В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПОКАЗАНИЯ МИКРОМЕХАНИЧЕСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО МОДУЛЯ	11
<i>Грищенко А. С., Матвеев В. В.</i> АКСЕЛЕРОМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОРИЕНТАЦИИ	12
<i>Шабловский К. Я., Монархович И. Е., Громыко И. Л., Галушко В. Н.</i> ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ОДНОФАЗНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	13
<i>Гусенников Е. Н., Юран С. И.</i> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ФИЛЬТРА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННОЙ СЕТИ	14
<i>Денисов М. О., Матвеев В. В.</i> ПРОГРАММА ДЛЯ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ	15
<i>Инояттов С. С., Ибрагимов Ш. Б., Ташиев Б.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПРОВОДИМОСТИ ДВОЙНЫХ ВАНАТАТОВ РЗЭ МЕТОДОМ ЭПР	16
<i>Закерничный И. В., Семенов С. Г.</i> ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПРОТОКОЛОВ КОМПЬЮТЕРНЫХ КЛАВИАТУР	17
<i>Жуковский В. А., Куклицкая А. Г.</i> РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ	18
<i>Зательмаер В. В., Здоровцев С. В.</i> БЛОК РЕГИСТРАЦИИ ДАННЫХ БЕСПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	19
<i>Захаров А. А., Ломтев А. А.</i> ТАЙМЕР ДЛЯ РАБОТЫ С ВЫСОКОЙ НАГРУЗКОЙ И НЕЗАВИСИМОЙ УСТАНОВКОЙ ВРЕМЕНИ РАБОТЫ И ПАУЗЫ	20

<i>Каликанов А. В., Погорелов М. Г.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ В ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ОРИЕНТАЦИИ.....	21
<i>Каликанов А. В., Погорелов М. Г.</i> МАГНИТОМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОРИЕНТАЦИИ	22
<i>Каликанов А. В., Погорелов М. Г.</i> ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ОРИЕНТАЦИИ НА БАЗЕ ВОЛНОВОГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ГИРОСКОПА	23
<i>Касьмин В. Ю., Ризноокая Н. Н.</i> ФИЗИЧЕСКИЙ МАЯТНИК ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ДИНАМИКИ КАЧАНИЙ ОТ НАГРУЗКИ.....	24
<i>Климанский Е. М., Борисёнок С. В., Свистун А. И.</i> УПРАВЛЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ФОТОПРИЕМНИКОВ НА ОСНОВЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВ С МНОГОЗАРЯДНОЙ ПРИМЕСЬЮ	26
<i>Книга Н. А., Ломтев А. А.</i> ИЗМЕРЕНИЕ ТРАЕКТОРИИ ВЕСЛА.....	27
<i>Ковалёв Д. С., Ломтев А. А.</i> МАЛОШУМЯЩИЙ УСИЛИТЕЛЬ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ	27
<i>Колядко Я. А., Коваленко Н. Д., Шадурская Л. И.</i> РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ РАЗЛИЧНЫХ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В НЕОДНОРОДНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ» ПО КУРСУ «МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ»	28
<i>Коваленко А. А., Драница М. Ю., Куклицкая А. Г.</i> ОСОБЕННОСТИ ОПТИЧЕСКОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ	29
<i>Коваленко Н. Д., Колядко Я. А., Самарина А. В.</i> СИСТЕМА РАСЧЕТА ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ ПО ВНК.....	30
<i>Колягин Е. В., Куклицкая А. Г.</i> РАДИОГРАФИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СТЫКОВЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....	31
<i>Колядко Я. А., Коваленко Н. Д., Самарина А. В.</i> СИСТЕМА УЧЕТА ТРАФИКА ДОСТУПА К СЕТИ ИНТЕРНЕТ, РАЗРАБОТАННАЯ НА ЯЗЫКЕ СИ	33
<i>Колядко Я. А., Коваленко Н. Д., Самарина А. В.</i> УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НЕСУЩИХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ.....	34
<i>Колядко Я. А., Коваленко Н. Д., Самарина А. В.</i> ФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПИТЬЕВОЙ И ОЧИЩЕННОЙ ВОДЫ.....	35
<i>Колядко Я. А., Коваленко Н. Д., Шадурская Л. И.</i> РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНОЙ И ПОЛЕВОЙ ЗАВИСИМОСТИ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ФЕРИТОВ» ПО КУРСУ «МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ»	36
<i>Комиссарчик А. В., Воробей Р. И.</i> УЧЕБНЫЙ СТЕНД СИСТЕМЫ ОХРАННОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ.....	37
<i>Кузнецов И. Д., Прокопец С. А., Погорелов М. Г.</i> СРАВНЕНИЕ РОБАСТНЫХ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ С МОДАЛЬНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ И ОПТИМАЛЬНЫМ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ УПРАВЛЕНИЕМ	38
<i>Мазаник Н. С., Ломтев А. А.</i> ИМПУЛЬСНЫЙ РЕГУЛИРУЕМЫЙ ФАЗОРЕЗОНАНСНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ГЕНЕРАТОРА ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ.....	39
<i>Маковский М. К., Здоровцев С. В.</i> ПОРТАТИВНЫЙ ЦИФРОВОЙ ТЕРМОГИГРОМЕТР С РАДИОИНТЕРФЕЙСОМ	40
<i>Мельников С. А., Михед А. Д.</i> ВЫЧИСЛЕНИЕ УГЛОВ СИСТЕМЫ НАВЕДЕНИЯ С НАКЛОННЫМ КАРДАНОВЫМ ПОДВЕСОМ.....	41

<i>Микитевич В. А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕЛЬТЬЕ.....	42
<i>Найден В. В., Гусев О. К., Шадурская Л. И.</i> КОМБИНИРОВАННЫЕ МАГНИТООПТИЧЕСКИЕ СЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ ТРАНЗИСТОРНЫХ СТРУКТУР.....	43
<i>Париза И. А., Забогонский К. А., Асадчая М. В., Самарина А. В.</i> МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СТРУКТУРЫ ЧУГУНОВ ПО СИГНАЛАМ РАССЕЙВАНИЯ.....	44
<i>Портных Н. А., Матвеев В. В.</i> СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ МИКРОМЕХАНИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА.....	45
<i>Приёмко Я. О., Крючков Н. И., Куклицкая А. Г.</i> КОНТРОЛЬ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ВКЛЮЧАЮЩИХ ЛИНЗОВЫЕ И ЛАЗЕРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ.....	46
<i>Романцева Е. А., Матвеев В. В.</i> ПРЯМОУГОЛЬНЫЙ ИМПУЛЬС: ОПИСАНИЕ И ПРИНЦИП ФОРМИРОВАНИЯ.....	47
<i>Романчик Е. Р., Ломтев А. А.</i> ГЕНЕРАТОР ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ.....	48
<i>Саечников И. В., Чернявская Э. А., Скакун В. В.</i> АДАПТИРОВАННАЯ ТЕХНИКА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ SL-DETRACK ДЛЯ ЗАДАЧ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА.....	49
<i>Свидинский А. А., Ломтев А. А.</i> ПЕРВИЧНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ.....	50
<i>Сороко Ю. Д., Самарина А. В., Жарин А. Л.</i> МЕТОДИКА КАЛИБРОВКИ ИЗМЕРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОВЕРХНОСТИ СО СТАТИЧЕСКИМ ЗОНДОМ.....	51
<i>Трапенко Н. В., Косенко А. Д., Мозгалёв С. В., Кольчевская И. Н., Дудчик Ю. И., Кольчевский Н. Н.</i> ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОТКЛИКА ЦИФРОВЫХ КАМЕР В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТОЧНОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ.....	52
<i>Третьяк И. Б., Антошин А. А.</i> КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ В ДЫМОВЫХ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЯХ.....	53
<i>Ценев В. А., Логачёв С. А., Куклицкая А. Г.</i> ЦИФРОВАЯ РЕНТГЕНОГРАФИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ГАЗОПРОВОДОВ.....	54
<i>Ценев В. А., Ломтев А. А.</i> УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ПЕРВИЧНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ.....	55
<i>Шабан Е. И., Мисюкевич Н. С.</i> К ВОПРОСУ ВЫБОРА ОРОСИТЕЛЯ В ДИКТУЮЩЕЙ ТОЧКЕ.....	56
<i>Ясько Н. Е., Тявловский А. К.</i> ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ ЗОНДА КЕЛЬВИНА НА ПЛИС.....	57
<i>Крючков Н. И., Ломтев А. А.</i> ВИХРЕТОКОВЫЙ ПЕРВИЧНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ.....	58
<i>Любинский К. А., Гулич А. Ю., Голубович А. И., Исаев А. В.</i> ВЫНОСНАЯ ПАНЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАННО-ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ С ПРОВОДНЫМ (RS-485) ИНТЕРФЕЙСОМ.....	59
<i>Молчан Е. В., Курсевич Н. Р., Савёлов И. Н.</i> ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗРЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	60
<i>Печень М. В., Савелов И. Н.</i> ПОРТАТИВНЫЙ АНАЛИЗАТОР КОНЦЕНТРАЦИИ МЕТАНА.....	61
<i>Чистов П. В., Савелов И. Н.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ В ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЕ.....	62

<i>Конопляников А. А., Односторонцева Д. А., Морошек П. М., Фёдорцев Р. В.</i> ВЫСОКОТОЧНЫЙ УГЛОМЕРНЫЙ ПРИЕМНИК ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ НЬУТОН-3	63
<i>Драница М. Ю., Коваленко А. А., Куклицкая А. Г.</i> ТЕПЛОВОЙ НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ЖИЛЫХ ОБЪЕКТОВ	64
<i>Парица И. А., Забогонский К. А., Асадчая М. В., Самарина А. В.</i> ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛЬНО-СОВМЕЩЕННЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТРУКТУРЫ ЧУГУНОВ	65

СЕКЦИЯ 2. КОНСТРУИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ПРИБОРОВ

<i>Антонович М. В., Суровой С. Н.</i> УСТРОЙСТВО КУХОННОЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ	67
<i>Анищук А. А., Минченя В. Т., Ситник А. А., Дежец В. И.</i> СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ МАТЕРИАЛА ГУБЧАТОЙ КОСТИ В СИСТЕМЕ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА ANSYS.....	68
<i>Бода Я. В., Суровой С. Н.</i> ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ САДОВЫЙ	69
<i>Бондаренко В. А., Монич С. Г.</i> ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СОСУДОВ.....	70
<i>Бондаренко В. А., Габец В. Л.</i> ПРИМЕНЕНИЕ СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ПРИ РЕАБИЛИТАЦИИ ПОСТИНСУЛЬТНЫХ БОЛЬНЫХ	71
<i>Борисенок Р. А., Занько А. И., Валай М. А., Зайцева Е. Г.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРИОДА ДЫХАТЕЛЬНОГО ЦИКЛА ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ПРОГРАММЫ МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ.....	72
<i>Боровская Н. Ю., Савченко А. Л.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КАВИТАЦИИ В УЛЬТРАЗВУКОВОЙ МОЙКЕ.....	72
<i>Валай М. А., Занько А. И., Борисенок Р. А., Зайцева Е. Г.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ ЧЕЛОВЕКА ПО ВРЕМЕННЫМ И ЧАСТОТНЫМ АКУСТИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ.....	73
<i>Галаваченко П. О., Габец В. Л.</i> КРЕСЛО-СТУЛ ДЛЯ ДЕТЕЙ С ДЦП	74
<i>Герасимович А. Г., Есьман Г. А.</i> СТЕНД ИСПЫТАНИЯ ПОДВИЖНЫХ ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ	75
<i>Гречишников В. И., Филонова М. И.</i> СТЕНД ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ШТАНГЕН- РЕЙСМУСОВ	77
<i>Грузд Н. А., Габец В. Л.</i> АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ПОДХОД К КОНСТРУИРОВАНИЮ ПРОТЕЗОВ ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ	77
<i>Едало Е. И., Монич С. Г.</i> ЭЛЕКТРОННАЯ КОЖА В НАНОСТРУКТУРЕ «ЯДРО-ОБОЛОЧКА»	79
<i>Едало Е. И., Габец В. Л.</i> БИОНИЧЕСКИЙ ПРОТЕЗ СТОПЫ	80
<i>Еромин Е. С., Степаненко Д. А.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ ПРЕЦИЗИОННЫХ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ	81
<i>Занько А. И., Борисенок Р. А., Валай М. А., Зайцева Е. Г.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ДЫХАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ ЧЕЛОВЕКА ПО АКУСТИЧЕСКИМ СПЕКТРАЛЬНЫМ ПАРАМЕТРАМ.....	82

<i>Зарихта А. С., Савченко А. Л.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЭНДОПРОТЕЗА КОЛЕННОГО СУСТАВА.....	83
<i>Клявдо М. А., Савкова Е. Н.</i> ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ АДАПТИВНОГО ОСВЕЩЕНИЯ	84
<i>Колос П. В., Есьман Г. А.</i> СТЕНД ИСПЫТАНИЯ ПРУЖИН СЖАТИЯ	85
<i>Колосова К. А.</i> ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ОПТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИБОРОВ	86
<i>Коляда Е. А., Запольская К. В., Степаненко Д. А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ РЕГИДРОКСИЛЯЦИОННОЙ ДАТИРОВКИ АРХЕОЛОГИЧЕСКОЙ КЕРАМИКИ	87
<i>Коляда Е. А., Запольская К. В., Луговой В. П.</i> УКРАШЕНИЯ ТРАНСФОРМЕРЫ – ХИТ СЕЗОНА ИЛИ ЗАБЫТАЯ МОДА ПРОШЛОГО	88
<i>Коровицкий В. А., Есьман Г. А.</i> УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЕЛИЧИНЫ ЗАЗОРОВ В ПОДШИПНИКАХ	89
<i>Косьянчук В. И., Бокуть Л. В.</i> БЕЛОРУССКИЕ КЛОНЫ «СПЕКТРУМА»	90
<i>Кузнецов С. А., Декевич Е. Ю., Мониц С. Г.</i> БИОНИЧЕСКИЕ ПРОТЕЗЫ РУК.....	91
<i>Лезина Е. С., Погорелов М. Г.</i> ДВУХОСНЫЙ СТАБИЛИЗАТОР НА МИКРОМЕХАНИЧЕСКИХ ДАТЧИКАХ	92
<i>Леценко Е. Г., Мониц С. Г.</i> СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ОБЪЕМА ЛЕГКИХ ...	93
<i>Лис И. С., Филонова М. И.</i> ШЕРОХОВАТОСТЬ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ	94
<i>Логуа Т. Т., Матвеев В. В.</i> ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПИЛОТАЖНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ	95
<i>Лукашеня И. С., Есьман Г. А.</i> КРЕСЛО БАРАНИ МЕХАНИЗИРОВАННОЕ.....	96
<i>Мохамад Альмахлеф Абдул Вахаб, Зайцева Е. Г.</i> КОНЦЕПЦИЯ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ДЫХАНИЯ С ПОМОЩЬЮ МИКРОФОНОВ	97
<i>Мохамад Альмахлеф Абдул Вахаб, Зайцева Е. Г.</i> СХЕМА ДИСТАНЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ ПРИ НАЛИЧИИ НОЧНОГО АПНОЭ	97
<i>Непогода А. Ю., Савченко А. Л.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НИТИНОВОЙ ПРОВОЛКИ	98
<i>Билейчик А. А., Охремчик В. А., Мудинов И., Степаненко Д. А.</i> ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ ПЛАСТИН ДЛЯ ОСТЕОСИНТЕЗА	99
<i>Билейчик А. А., Охремчик В. А., Степаненко Д. А., Филонова М. И.</i> АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИМПЛАНТАТОВ	100
<i>Петрухин М. В., Матвеев В. В.</i> РАЗРАБОТКА ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРА ОРИЕНТАЦИИ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА.....	101
<i>Пинигина А. В., Циркун А. С., Луговой В. П.</i> БЕЛОРУССКИЙ ОРНАМЕНТ В СОВРЕМЕННОМ ЮВЕЛИРНОМ ИСКУССТВЕ	102
<i>Пинигина А. В., Циркун А. С., Степаненко Д. А.</i> МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ИСТОРИЧЕСКИХ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ	103
<i>Попов Р. Н., Луговой В. П.</i> ДИЗАЙН ЭТНИЧЕСКОГО УКРАШЕНИЯ В ДРЕВНЕСКАНДИНАВСКОМ СТИЛЕ ЕЛИНГ	104
<i>Прокопенко Н. А., Мониц С. Г.</i> ДЫХАТЕЛЬНЫЙ ТРЕНАЖЕР С ФУНКЦИЕЙ АЭРОЛИЗАЦИИ	105

<i>Сатторов С., Савченко А. Л.</i> ФОРМООБРАЗОВАНИЕ НИТИНОЛА С УЛЬТРАЗВУКОМ.....	106
<i>Саяб М., Грузд Н. А., Монич С. Г.</i> ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УДАРНО-ВОЛНОВОЙ ТЕРАПИИ В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ МЕДИЦИНЫ	107
<i>Складчиков И. А., Матвеев В. В.</i> МАЛОГАБАРИТНЫЙ ГИРОСКОПИЧЕСКИЙ МАЯТНИК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛОВ ТАНГАЖА И КРЕНА ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА	108
<i>Степаненко А. И., Богдан П. С., Зайцева Е. Г.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ИЗЛУЧЕНИЯ СВЕДОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ	109
<i>Степаненко А. И., Матюшко А. В.</i> ВОЗДЕЙСТВИЕ МАГНИТОИНДУКЦИОННОГО КОСМЕТОЛОГИЧЕСКОГО АППАРАТА НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ТКАНИ	110
<i>Степаненко А. И., Богдан П. С., Зайцева Е. Г.</i> УПРАВЛЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫМ СОСТАВОМ ИЗЛУЧЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ СВЕДОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ	111
<i>Тахирова Г. Ш., Бабашев К. А.</i> ТИПЫ СКОЛЬЖЕНИЯ ПОДШИПНИКОВ И ЕГО ВКЛАДЫШИ В КОЛЕНЧАТОМ ВАЛЕ ДВС	112
<i>Хатковский Е. В., Есьман Г. А.</i> ПОДЪЕМНИК ДЛЯ ИНВАЛИДОВ АВТОМОБИЛЬНЫЙ.....	113
<i>Храмкова А. С., Салахлы Фарид, Монич С. Г.</i> ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ИЗНОСОМ ЭЛЕКТРОД-ИНСТРУМЕНТА В ПРОЦЕССЕ МИКРОЭЛЕКТРО-ЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ	114
<i>Шарко Д. С., Артюхина Н. К.</i> АНАЛИЗ ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ И ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ДИФРАКЦИОННЫХ ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	115
<i>Шик Д. В., Самойлова М. С.</i> ВЫБОР ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ НАГРЕВАТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА В ДУХОВОМ ШКАФУ	116
<i>Шорников Д. А., Габец В. Л.</i> КРОВАТЬ МЕДИЦИНСКАЯ ОРТОПЕДИЧЕСКАЯ С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ	117
<i>Якубович А. Д., Попкович А. И., Монич С. Г.</i> ПОРТАТИВНЫЙ ДЕТЕКТОР ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ВИРУСОВ.....	118
<i>Якубович А. Д., Попкович А. И., Филонова М. И.</i> ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ	119
<i>Якутович А. А., Киндрук А. Н., Степаненко Д. А.</i> КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭХО-ИМПУЛЬСНОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ ЗВУКА	120
<i>Ларионов Н. П., Есьман Г. А.</i> АВТОСАМПЛЕР	121

СЕКЦИЯ 3. МИКРО- И НАНОТЕХНИКА

<i>Васькин И. Н., Люцко К. С.</i> РАСТИТЕЛЬНЫЙ СИНТЕЗ НАНОСТРУКТУР	123
<i>Абмётко Н. В., Щербакова Е. Н.</i> СОВРЕМЕННЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ЗАПИСИ ИНФОРМАЦИИ.....	124
<i>Абмётко Н. В., Щербакова Е. Н.</i> ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ИСХОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОБАЛЬТОВЫХ ФЕРРИТ-ШПИНЕЛЕЙ	125
<i>Абмётко Н. В., Колонтаева Т. В.</i> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ГЕКСАФЕРРИТА БАРИЯ	126
<i>Артемук А. И., Колонтаева Т. В.</i> ОСНОВЫ ОБРАЗОВАНИЯ ПЕННЫХ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ	127

<i>Асанов Д. Ж., Маркевич М. И., Щербакова Е. Н.</i> ИМПУЛЬСНАЯ ФОТОННАЯ ОБРАБОТКА ТОНКОПЛЕНОЧНОЙ СИСТЕМЫ Si/Mg/Si/СИТАЛЛ	128
<i>Баган Н. П., Лапицкая В. А., Чижев С. А., Николаев А. Л., Садырин Е.</i> ФУНКЦИОНАЛЬНО-ГРАДИЕНТНЫЕ ПОКРЫТИЯ TiN и AlN	129
<i>Баган Н. П., Люцко К. С.</i> ПРИМЕНЕНИЕ БИОСЕНСОРОВ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	130
<i>Бука А. В., Дятлова Е. М., Попов Р. Ю., Колонтаева Т. В.</i> ВЛИЯНИЕ ЛЕГКОПЛАВКИХ ОКСИДОВ ИОНОВ-МОДИФИКАТОРОВ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ МАНГАНИТА ИТТРИЯ.....	131
<i>Венскевич Н. Н., Щербакова Е. Н.</i> ПРИМЕНЕНИЕ Фуллеренов в медицине	132
<i>Венскевич Н. Н., Лапицкая В. А., Гринчук П. С., Колонтаева Т. В.</i> ТРЕЦИНОСТОЙКОСТЬ КАРБИДОКРЕМНИЕВОЙ КЕРАМИКИ.....	133
<i>Венскевич Н. Н., Люцко К. С.</i> ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПАУТИНЫ.....	134
<i>Войтюк Д. М., Колонтаева Т. В.</i> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА И ИЗДЕЛИЙ ИЗ НЕГО	135
<i>Войтюк Д. М., Щербакова Е. Н.</i> ТЕХНОЛОГИИ БЫСТРОГО ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТАРИЯ, ИСПОЛЗУЕМОГО В ПРОИЗВОДСТВЕ МЭМС.....	136
<i>Воробей Д. А., Колонтаева Т. В.</i> ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ СУЛЬФИДА КАДМИЯ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ	137
<i>Галацевич В. В., Люцко К. С.</i> ИЗМЕРЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА С ПОМОЩЬЮ ХИМИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ	138
<i>Галацевич В. В., Люцко К. С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ВЫХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ	139
<i>Гапеев Д. О., Колонтаева Т. В.</i> ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЛЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЗАЩИТЫ	140
<i>Герман С. А., Колонтаева Т. В.</i> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ	141
<i>Довгаль М. И., Мельникова Г. Б., Чижев С. А.</i> ПОЛИМЕРНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ МЭМС-ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ.....	142
<i>Дорошенко С. С., Колонтаева Т. В.</i> ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	143
<i>Елин И. В., Колонтаева Т. В.</i> СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ.....	144
<i>Козуля А. А., Люцко К. С.</i> БИОЭЛЕКТРОНИКА РАСТЕНИЙ	145
<i>Козуля А. А., Щербакова Е. Н., Маркевич М. А.</i> ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОУРОВНЕВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ	146
<i>Курныш В. В., Колонтаева Т. В.</i> МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ. ПОТЕНЦИОМЕТРИЯ.....	147
<i>Лагун Д. В., Колонтаева Т. В.</i> ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КАЛОРИМЕТРИИ.....	148
<i>Литвинова А. В., Ефименко С. А.</i> ОСОБЕННОСТИ СИЛОВЫХ ПРИБОРОВ НА ОСНОВЕ GAN	149

<i>Некрашевич Д. А., Щербакова Е. Н.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СБОРКИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВНУТРИКОРПУСНОЙ ВЛАГИ.....	150
<i>Осокин Д. И., Колонтаева Т. В.</i> ПЕРИОДИЧЕСКИЕ КОЛЛОИДНЫЕ СТРУКТУРЫ.....	151
<i>Паришин П. С., Люцко К. С.</i> МИКРОБНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ.....	152
<i>Пекарский М. В., Манего С. А.</i> МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК CdS-CdSe	153
<i>Подвицкий Н. В., Сернов С. П.</i> ЭКСИТОНЫ.....	154
<i>Подвицкий Н. В., Щербакова Е. Н.</i> СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАЗМЫ В НАНОТЕХНОЛОГИЯХ.....	155
<i>Потонейко А. В., Колонтаева Т. В.</i> ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕРМОМЕТРИИ.....	156
<i>Пытченко С. С., Колонтаева Т. В.</i> ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕМБРАННЫХ ПРОЦЕССОВ.....	157
<i>Роман А. Н., Щербакова Е. Н.</i> ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКЕ.....	158
<i>Роман А. Н., Колонтаева Т. В.</i> КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ С МНОГОСТЕННЫМИ НАНОТРУБКАМИ	159
<i>Россоловский А. Ю., Сернов С. П.</i> ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ.....	160
<i>Россоловский А. Ю., Колонтаева Т. В.</i> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК НА ОСНОВЕ МАГНИТНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ.....	161
<i>Россоловский А. Ю., Щербакова Е. Н.</i> ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СКАНЕРОВ ОТПЕЧАТКОВ ПАЛЬЦЕВ	162
<i>Рухлевич П. М., Люцко К. С.</i> УНАСЛЕДОВАННАЯ НАНОБИОНИКА	163
<i>Самсонова А. С., Попов Р. Ю., Дятлова Е. М., Колонтаева Т. В.</i> ПОЛУЧЕНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО ВОЛЛАСТОНИТА	164
<i>Сапсалёв Д. В., Петровская А. С., Радюкевич Д. Л., Хабарова А. В., Мельникова Г. Б., Чижик С. А.</i> СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА С НАНОЧАСТИЦАМИ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ	165
<i>Сапсалёв Д. В., Петровская А. С., Радюкевич Д. Л., Хабарова А. В., Мельникова Г. Б., Чижик С. А.</i> ГИДРОФИЛЬНЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОЛИМЕРОВ И НАНОЧАСТИЦ Al_2O_3	166
<i>Севилькин Р. Н., Колонтаева Т. В.</i> ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНЫЕ ОСНОВЫ АДСОРБЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ	167
<i>Ташильков А. Р., Люцко К. С.</i> СОВРЕМЕННЫЕ ГИБРИДНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ.....	168
<i>Скураатович А. А., Колонтаева Т. В.</i> ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕТЕРО-СТРУКТУР ДЛЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ.....	169
<i>Трухан Р. Э., Толстая Т. Н., Лапицкая В. А., Мельникова Г. Б., Чижик С. А., Корольков И. В.</i> МОДИФИКАЦИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОРГАНИЧЕСКИМИ КИСЛОТАМИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОФОБНО-ГИДРОФИЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ.....	170

<i>Федорович И. Д., Макарецкий Е. А.</i> РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСШИРЕНИЯ ПОЛОСЫ ЗАГРАЖДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДВУХПРОВОДНИКОВЫХ РЕЗОНАТОРОВ НА ПОДВЕШЕННОЙ ПОДЛОЖКЕ.....	171
<i>Хабарова А. В., Латицкая В. А., Кузнецова Т. А., Чижик С. А.</i> НАПРЯЖЕНИЕ СМЕЩЕНИЯ НА ПОДЛОЖКЕ КАК СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРОЙ ПОВЕРХНОСТИ ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ ZrN	172
<i>Шафранский Т. А., Люцко К. С.</i> ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ СИНТЕЗА ГАЛОИДНЫХ ПЕРОВСКИТНЫХ НАНОКРИСТАЛЛОВ.....	173

СЕКЦИЯ 4. ОПТОЭЛЕКТРОНИКА, ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

<i>Али-заде Э. Т., Кулешов Н. В.</i> ПРИБОР КОНТРОЛЯ СВЕДЕНИЯ	175
<i>Баранкова Е. О., Алалуев Р. В.</i> ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА СКАНИРОВАНИЯ	176
<i>Барцевич А. М., Семёнок А. В., Фёдоров Р. В.</i> ВРАЩАЮЩЕЕСЯ КОНТАКТНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПАНОРАМНОГО ПРИЦЕЛА	177
<i>Белохвостик Е. В., Альхимович М. А., Кузнечик В. О.</i> СБОРКА И ЮСТИРОВКА МОНОКУЛЯРА НОЧНОГО ВИДЕНИЯ	178
<i>Бурдо М. В., Кулешов Н. В.</i> ТЕПЛОВИЗИОННЫЕ ПРИБОРЫ	179
<i>Васин С. И., Погорелов М. Г.</i> ОПТИЧЕСКАЯ СТЕРЕОСИСТЕМА	180
<i>Герцова А. В., Юмашев К. В., Трусова Е. Е.</i> ТЕРМИЧЕСКОЕ РАСШИРЕНИЕ КРИСТАЛЛА $KY(WO_4)_2$	181
<i>Град Д. В., Лишик С. И.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ СВЕТИЛЬНИКА-РЕЦИРКУЛЯТОРА ВОЗДУХА	182
<i>Дмитров М. А., Луис Мальпика Джейсонт, Козерук А. С., Кузнечик В. О.</i> ДВУСТОРОННЯЯ ОБРАБОТКА ЛИНЗ ПРИ НАПРАВЛЕНИИ УСИЛИЯ ПРИЖИМА ИНСТРУМЕНТОВ ПО НОРМАЛИ И ПРИНУДИТЕЛЬНОМ ИХ ВРАЩЕНИИ.....	183
<i>Еремеева А. В., Каликанов А. В.</i> ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ В МЕДИЦИНЕ.....	184
<i>Иванова П. А., Ермалицкая К. Ф.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО АТОМНО-ЭМИССИОННОГО СПЕКТРОМЕТРА ПРИ ЭЛЕМЕНТНОМ АНАЛИЗЕ	185
<i>Кирикович В. А., Лебедева О. В., Артюхина Н. К.</i> ГРАВИТАЦИОННАЯ ЛИНЗА	186
<i>Кирикович В. А., Артюхина Н. К.</i> КЛАССИФИКАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ОПТИЧЕСКИХ СХЕМ ФОТООБЪЕКТИВОВ	187
<i>Лазарчук А. И., Кисель В. Э.</i> ФЕМТОСЕКУНДНЫЙ $Yb_{3+}:Gd_{1-x}Y_xVO_4$ ЛАЗЕР В РЕЖИМЕ СИНХРОНИЗАЦИИ МОД НА КЕРРОВСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ.....	188
<i>Лазарчук А. И., Шишко Т. А., Кисель В. Э.</i> ПОЛНОСТЬЮ ВОЛОКОННЫЙ ИСТОЧНИК ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.....	189
<i>Королёва Е. А., Поляков А. В.</i> ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ НА ТОЧНОСТЬ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ.....	190
<i>Косенко А. Д., Кольчевская И. Н., Мозгалева С. В., Трапенок Н. В., Дудчик Ю. И., Кольчевский Н. Н.</i> СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЮСТИРОВКИ РЕНТГЕНОВСКОЙ ЛИНЗЫ.....	191
<i>Круковский В. А., Гацкевич Е. И.</i> БЕСПЛАТНЫЕ ОБЛАЧНЫЕ УСЛУГИ	192
<i>Куликович Д. А., Артюхина Н. К.</i> НАСАДКА ДЛЯ ПРИБОРА НОЧНОГО ВИДЕНИЯ.....	193

<i>Лазарчук А. И., Горбаченя К. Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРОГА ЛАЗЕРНОГО РАЗРУШЕНИЯ КРИСТАЛЛА LiGaS ₂ ИМПУЛЬСНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ ФЕМТОСЕКУНДНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ.....	194
<i>Матосов Г. Д.</i> ЛАЗЕРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЧАСТИЦ ПЛАСТИКА В ВОДНОЙ СРЕДЕ.....	195
<i>Москаленко И. А., Зайцев М. В., Кузнечик В. О.</i> ВИДЕОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МИКРОСКОПЫ.....	196
<i>Побожный А. А., Казакевич Н. А., Артюхина Н. К.</i> БИНОКЛИ: КОМПОЗИЦИЯ И РАСЧЕТ.....	197
<i>Стрельцов Д. С., Гуцол Д. М., Погорелов М. Г.</i> ФОРМИРОВАТЕЛЬ ИМПУЛЬСОВ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЗАДАННОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ И МОЩНОСТИ.....	197
<i>Полубок П. В., Артюхина Н. К.</i> МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБЪЕКТИВА МОБИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА «ISKRA».....	198
<i>Татура П. О., Дудиков В. М., Савинка И. В.</i> РАЗРАБОТКА ДИОДНО-НАКАЧИВАЕМЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ БЛИЖНЕГО ИК-ДИАПАЗОНА ДЛЯ РАБОТЫ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР.....	199
<i>Тупицын В. В., Погорелов М. Г.</i> РАЗРАБОТКА ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ С ГИРОСТАБИЛИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМОЙ.....	200
<i>Ульянов И. О., Погорелов М. Г.</i> РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ИНФРАКРАСНОГО ПРИБОРА.....	201
<i>Филина О. А., Погорелов М. Г.</i> ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА СМОТРЯЩЕГО ТИПА.....	202
<i>Хомячкова А. Н., Матвеев В. В.</i> ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА.....	203
<i>Хомячкова А. Н., Матвеев В. В.</i> МАЛЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ С РЕЖИМОМ АВТОСОПРОВОЖДЕНИЯ ЗА НЕБЕСНЫМ СВЕТИЛОМ.....	205
<i>Чалевич А. Ю., Павлюковец Е. Ю., Ларченко П. А., Кузнечик В. О.</i> НЕФЕЛОМЕТР.....	206
<i>Чергейко С. В., Артюхина Н. К.</i> УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СИНТЕЗА ВАРИООБЪЕКТИВА В ПП ОРТИСSTUDIO.....	207
<i>Черкасова П. В., Погорелов М. Г.</i> ЮСТИРОВКА ЛАЗЕРНОГО ДАЛЬНОМЕРА.....	208
<i>Чупин П. Е., Погорелов М. Г.</i> СКАНИРУЮЩИЙ ЛИДАР МОБИЛЬНОГО РОБОТА.....	209
<i>Чупина А. И., Каликанов А. В.</i> ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОРИЕНТАЦИИ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ.....	210
<i>Шевченко В. П., Диас Гонсалес Рафаэль Орландо, Козерук А. С., Кузнечик В. О.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ОБРАБОТКИ КОНИЧЕСКИХ ЛИНЗ.....	211
<i>Шшико Т. А., Красовский В. В.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЛАЗЕРОВ.....	212
<i>Шшико Т. А., Горбаченя К. Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИК ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ КРИСТАЛЛОВ Er:YAlO ₃ С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ИОНОВ-АКТИВАТОРОВ.....	213
<i>Якубович Т. С., Диас Гонсалес Рафаэль Орландо, Козерук А. С., Кузнечик В. О.</i> ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНИЧЕСКИХ ЛИНЗ.....	214

СЕКЦИЯ 5. ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

<i>Балакан М. С., Мовчун Э. Р., Манего С. А.</i> ИССЛЕДОВАНИЯ СВЕТОДИОДОВ С МАЛЫМ ТЕЛОМ СВЕЧЕНИЯ.....	215
<i>Адамович К. А., Щербакова Е. Н., Кондратьева Н. А.</i> ПРОФОРИЕНТАЦИЯ ПСФ В ЦИФРАХ И ДИАГРАММАХ.....	215
<i>Абгарян Ж. С., Дулуб Я. В., Лихошерст В. В.</i> АЛГОРИТМ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСКРЕТНОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ.....	216
<i>Алексеевко Е. М., Кондратьева Н. А.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМЫ ОГРАНЕННОГО БРИЛЛИАНТА В ПАКЕТЕ ТРЕХМЕРНОЙ ГРАФИКИ «BLENDER».....	218
<i>Бальцевич Д. М., Красовский В. В.</i> ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКИ МАТЕРИАЛОВ	219
<i>Бартошевич А. В., Семенович А. В., Гундина М. А.</i> ЛАБИРИНТЫ В WOLFRAM MATHEMATICA.....	220
<i>Басак А. Р., Бобученко Д. С.</i> МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	221
<i>Бернат Н. В., Кондратьева Н. А.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЮВЕЛИРНЫХ УКРАШЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ	222
<i>Богданов Д. В., Бобученко Д. С.</i> ИЗУЧЕНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ СТРУНЫ.....	223
<i>Божко В. В., Бобученко Д. С.</i> ОЦЕНКА ЗНАЧЕНИЙ МОДУЛЯ КРУЧЕНИЯ И МОДУЛЯ СДВИГА ПО ЗАТУХАЮЩИМ КРУТИЛЬНЫМ КОЛЕБАНИЯМ.....	224
<i>Веселовский В. А., Мелюх Н. С., Черный В. В.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСНОВНОЙ КРИВОЙ НАМАГНИЧИВАНИЯ ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	225
<i>Гайдук Н. С., Бокуть Л. В.</i> СОЗДАНИЕ ГРАФИЧЕСКОГО ДИЗАЙНА ПРОТОТИПА САЙТА. ГРАФИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР FIGMA	226
<i>Голубович А. И., Гулич А. Ю., Василевский А. Г., Безлюдов А. А.</i> РАСЧЕТ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕБУЕМОГО ТЕПЛООВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КРИСТАЛЛ–ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ СТАБИЛИЗАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ В SMD КОРПУСАХ.....	227
<i>Добровольская Е. Д., Гундина М. А.</i> НОРМАЛИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ	228
<i>Добровольская Е. Д., Бокуть Л. В.</i> СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ МЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПАКЕТЕ MATHCAD	229
<i>Дубойский Е. В., Ковалёнок И. А., Тарасенко Т. Д., Богдан П. С., Зайцева Е. Г.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОСВЕЩЕННОСТИ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ТОЧКЕ ПЛОСКОСТИ, ОСВЕЩАЕМОЙ СВЕТОДИОДНОЙ МАТРИЦЕЙ, ОТ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ МАТРИЦЕЙ И ЛИНЗОЙ.....	230
<i>Дудик С. А., Кондратьева Н. А.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ОГРАНКИ САМОЦВЕТНОГО КАМНЯ В ПАКЕТЕ 3D ДИЗАЙНА «BLENDER».....	231
<i>Дулуб Я. В., Абгарян Ж. С., Лихошерст В. В.</i> РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ РЕЗОНАТОРА.....	232
<i>Каменко Д. А., Гундина М. А.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕТОДА ИЗОЛИРУЮЩЕГО ЛЕСА.....	233
<i>Климович Т. А., Юхновская О. В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ОПОРНЫХ ВЕКТОРОВ ДЛЯ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ.....	234

<i>Климович Т. А., Князев М. А.</i> КИНК ДЛЯ ИСКУССТВЕННОГО АКСОНА.....	235
<i>Ковалёнок И. А., Тарасенко Т. Д., Дубойский Е. В., Богдан П. С., Зайцева Е. Г.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИНЗ, РАССЕЙВАТЕЛЕЙ И ИХ КОМБИНАЦИЙ НА ЯРКОСТЬ СПЕКТРАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ОСВЕЩЕНИЯ	236
<i>Ковалёнок И. А., Тарасенко Т. Д., Дубойский Е. В., Богдан П. С., Зайцева Е. Г.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМЫ ИЗ ЛИНЗЫ, РАССЕЙВАТЕЛЯ И ИХ КОМБИНАЦИЙ	237
<i>Колесникова А. Г., Матвеев В. В.</i> РЕАЛИЗАЦИЯ БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ С НАПРАВЛЯЮЩИМИ КОСИНУСАМИ	238
<i>Бойко Ф. В., Кольчевская И. Н., Кольчевский Н. Н.</i> СИСТЕМЫ СЛЕЖЕНИЯ ЗА ДВИЖЕНИЕМ ЛЕТАЮЩИХ ОБЪЕКТОВ.....	239
<i>Кольчевская И. Н., Дудчик Ю. И., Кольчевский Н. Н.</i> ОБНАРУЖЕНИЕ ГРАНИЦ ОБЪЕКТОВ МЕТОДОМ РАЗНОСТНОЙ СЪЕМКИ.....	240
<i>Косенко А. Д., Кольчевская И. Н., Мозгалева С. В., Трапенок Н. В., Дудчик Ю. И., Кольчевский Н. Н.</i> СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЮСТИРОВКИ РЕНТГЕНОВСКОЙ ЛИНЗЫ.....	241
<i>Мангутова Е. А., Гундина М. А.</i> АНОМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ В ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ.....	242
<i>Масауд М., Бурак В. А.</i> МАГНИТНЫЙ КОНТРОЛЬ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ	242
<i>Николаева Ю. Г., Гундина М. А.</i> АНОМАЛЬНЫЕ ПОГРЕШНОСТИ.....	243
<i>Паршин П. С., Прусова И. В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ДЛЯ ПРЕДСКАЗАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ СПОРТИВНЫХ ИГР	244
<i>Пузовиков Д. А., Погорелов М. Г.</i> МОДАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОДНООСНОГО ГИРОСТАБИЛИЗАТОРА.....	245
<i>Снежко М. В., Щербакова Е. Н., Кондратьева Н. А.</i> КОРРЕЛЯЦИЯ ПРОФИОРИЕНТАЦИОННОЙ РАБОТЫ И ПОСТУПЛЕНИЯ АБИТУРИЕНТОВ НА ПСФ	246
<i>Стрельцов Д. С., Матвеев В. В.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗОНАНСНОЙ ЧАСТОТЫ КОЛОКОЛООБРАЗНОЙ ОБОЛОЧКИ	247
<i>Суринович Е. И., Гацкевич Е. И.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ В ПРОГРАММЕ MATHCAD	248
<i>Суринович Е. И., Гацкевич Е. И.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ «БИЕНИЕ» В ПРОГРАММЕ MATHCAD	249
<i>Сыманович М. П., Черный В. В.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЕЙ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ С ЗАТВОРОМ ШОТТКИ	250
<i>Тарасенко Т. Д., Ковалёнок И. А., Дубойский Е. В., Богдан П. С., Зайцева Е. Г.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ РАВНОМЕРНОСТИ ОСВЕЩЕННОСТИ ОТ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ СВЕТОДИОДНОЙ МАТРИЦЕЙ И ЛИНЗОЙ.....	251
<i>Тиханкова Д. И., Кольчевская И. Н., Жукова М. Н., Кольчевский Н. Н.</i> ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ В ФИЗИКЕ И МАТЕМАТИКЕ.....	252
<i>Чалова А. К., Бокуть Л. В.</i> СОЗДАНИЕ РЕКЛАМНОГО ЛИСТА В ПРОГРАММЕ РАСТРОВОЙ ГРАФИКИ PHOTOSHOP	253

<i>Шурнач К. В., Бокуть Л. В.</i> МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЗАДАЧАХ МЕДИЦИНЫ И БИОФИЗИКИ В ПАКЕТАХ MATHCAD И EXCEL	254
--	-----

СЕКЦИЯ 6. ТЕХНОСФЕРА И МЕНЕДЖМЕНТ СПОРТА

<i>Буянов Т. О., Ковель С. Г., Колтунова А. Н.</i> УСТРОЙСТВО ЛЫЖЕРОЛЛЕРНЫХ ТРЕДБАНОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПОРТСМЕНОВ ЛЫЖНИКОВ	256
<i>Белко А. П., Бельский И. В.</i> ТРЕНАЖЕР ДЛЯ РАЗВИТИЯ МЫШЦ СПИНЫ	257
<i>Бельский И. Н., Карнейчик В. В.</i> РУКОВОДИТЕЛЬ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ СПОРТИВНЫМИ ОБЪЕКТАМИ	258
<i>Бережной Д. К., Карнейчик В. В.</i> ЦЕНОВАЯ ПОЛИТИКА СПОРТИВНОГО ОБЪЕКТА	259
<i>Большаков А. В., Барановская Д. И.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕРАКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ НА РЦОП «РАУБИЧИ»	260
<i>Бусько А. О., Барановская Д. И.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ СПОРТИВНОГО ИГРОВОГО ЗАЛА 18×36 М НА 60 УЧАЩИХСЯ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ НА 720 УЧАЩИХСЯ В Г. МИНСКЕ	261
<i>Войтеховский М. Ю., Васюк В. Е.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ КОНЦЕРТНОГО МЕРОПРИЯТИЯ НА СТАДИОНЕ БНТУ С РАЗМЕРОМ МОБИЛЬНОГО СЦЕНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА 20×14 М	262
<i>Вербицкая А. В., Карнейчик В. В.</i> ПЛАТЕЖНО-ПРОПУСКНАЯ СИСТЕМА КАК СПОСОБ АВТОМАТИЗАЦИИ СПОРТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ	263
<i>Гуменюк П. В., Борщ М. К.</i> ТРОСОБЛОЧНЫЙ ТРЕНАЖЕР ДЛЯ РАЗВИТИЯ МЫШЦ БРЮШНОГО ПРЕССА	264
<i>Катибникова В. А., Барановская Д. И.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ ГИМНАСТИЧЕСКОГО ЗАЛА СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ НА 800 УЧАЩИХСЯ В Г. БРЕСТЕ	265
<i>Ковалёв Н. А., Комаровская В. М.</i> ТРЕНАЖЕР ОБЛЕГЧАЮЩЕГО ЛИДИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗВИТИЯ СИЛЫ МЫШЦ СПИНЫ	266
<i>Ковалева В. А., Бельский И. В.</i> БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ ТРЕНАЖЕР ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ МЫШЦ СПИНЫ	267
<i>Кухарев Д. А., Барановская Д. И.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КЛИМАТИЗАЦИИ ДЕТСКОГО БАССЕЙНА В УЧЕБНО-СПОРТИВНОМ КОРПУСЕ БГУФК	268
<i>Ласкин Д. Ю., Кузьмицкий А. И.</i> МОДЕРНИЗАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ СКС «АРЕНА»	269
<i>Лукашевич В. А., Сергеевич П. В.</i> МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МУЛЬТИМЕДИА В ГУ ХК «ЮНОСТЬ-МИНСК»	270
<i>Овсянников А. А., Барановская Д. И.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КЛИМАТИЗАЦИИ СПОРТИВНОГО ЗАЛА СПОРТИВНО-БЫТОВОГО КОМПЛЕКСА БНТУ	271
<i>Прозорова М., Буянов Т. О., Ковель С. Г., Колтунова А. Н.</i> МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ПЛОВЦОВ	272
<i>Салабаев А. И., Карнейчик В. В.</i> БРЕНДИРОВАНИЕ В СПОРТЕ (НА ПРИМЕРЕ ФУТБОЛЬНОГО КЛУБА «БАРСЕЛОНА»)	272
<i>Самусев М. В., Борщ М. К.</i> ТРЕНАЖЕР ДЛЯ ПРИВОДЯЩИХ И ОТВОДЯЩИХ МЫШЦ БЕДРА	273

<i>Фалей Н. А., Барановская Д. И.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ В РЦОП ПО ШАШКАМ И ШАХМАТАМ.....	274
<i>Холязникова А. В., Савелов И. Н.</i> ТРЕНАЖЕР ДЛЯ РАЗВИТИЯ МЫШЦ БИЦЕПСОВ	285
<i>Чумак П. И., Парамонова Н. А.</i> ТРЕНАЖЕР ДЛЯ СКОРОСТНО-СИЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ ПЛОВЦОВ	286
<i>Ячный В. В., Саламонов А. С.</i> МОДЕРНИЗАЦИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СТАНЦИИ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ ДЛЯ БАССЕЙНОВ СОК «ОЛИМПИЙСКИЙ».....	287

СЕКЦИЯ 7. СТАНДАРТИЗАЦИЯ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

<i>Алейникова Е. С., Иванченко Е. В., Купалов Д. С.</i> ИСТОЧНИК МЕДЛЕННЫХ АТОМОВ НА ОСНОВЕ МАГНИТО-ОПТИЧЕСКОЙ КОНИЧЕСКОЙ ЛОВУШКИ	279
<i>Алексеевич А. О., Суворова У. В., Романчак В. М.</i> ИЗМЕРЕНИЕ КОНУСНОСТИ	280
<i>Артющик Е. Н., Соломахо В. Л.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ УНИФИКАЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕДУР.....	281
<i>Бирючинских Н. И., Троцкая А. Э., Серенков П. С.</i> НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗВЕЩАТЕЛЯ ПОЖАРНОГО ДЫМОВОГО ПРОТОЧНОГО	282
<i>Булыга Д. В., Коробко Ю. С.</i> УСТАНОВЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ ПРИ КАЛИБРОВКЕ КОНТРОЛЬНЫХ СИТ	283
<i>Лапко В. Е., Соколовский С. С.</i> ОСОБЕННОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ КАРТИРОВАНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	284
<i>Закревская Е. В., Романчак В. М.</i> НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ	284
<i>Василевская А. А., Ленкевич О. А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ КВАЛИМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВА.....	285
<i>Волчок О. П., Спесивцева Ю. Б.</i> НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ ЕДИНИЦЫ ДЛИНЫ – МЕТРА.....	286
<i>Волчок О. П., Спесивцева Ю. Б.</i> ЭТАЛОН ЕДИНИЦЫ ДЛИНЫ-МЕТРА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА КОНЦЕВЫХ МЕР ДЛИНЫ АБСОЛЮТНЫМ МЕТОДОМ 2.....	287
<i>Вялых А. П., Семенко А. В., Белотелов Г. С., Сутырин Д. В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ АТОМОВ ИТТЕРБИЯ.....	288
<i>Клявдо М. А., Савкова Е. Н.</i> ДИНАМИЧНАЯ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОЙ ВИЗУАЛЬНОЙ СРЕДЫ.....	289
<i>Ковыньев Н. В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ GIF-ИЗОБРАЖЕНИЙ КАК ФАЙЛОВ-КОНТЕЙНЕРОВ	290
<i>Коробко Ю. С., Булыга Д. В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ СИТ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	291
<i>Кошель И. В., Самохвал П. М.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТЕРЕОФОМЕТРИИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ОСАНКИ ЧЕЛОВЕКА	292
<i>Кошель И. В., Самохвал П. М.</i> МЕТОДИКА РАСЧЕТА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ СТЕРЕОФОМЕТРИИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ОСАНКИ ЧЕЛОВЕКА.....	293
<i>Кубрин Д. С., Лешко М. Е., Витько Е. В., Романчак В. М.</i> ИЗМЕРЕНИЕ ДИАМЕТРА ШАРА НА ИЗМЕРИТЕЛЬНОМ МИКРОСКОПЕ	294

<i>Купалова О. В., Бойко А. И., Купалов Д. С.</i> АТОМНЫЕ СТАНДАРТЫ ЧАСТОТЫ ФОНТАННОГО ТИПА, РАЗРАБОТАННЫЕ ВО ФГУП «ВНИИФТРИ»	295
<i>Кухарчук М. С., Соломахо В. Л.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В МАШИНОСТРОЕНИИ И ПРИБОРОСТРОЕНИИ.....	296
<i>Лужинская А. И., Бумай Ю. А.</i> МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛООВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ МОЩНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ И ЕГО СТРУКТУРЫ	297
<i>Лужинская А. И., Грибкова В. К., Новикова М. В., Романчак В. М.</i> ИЗМЕРЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ ЖИДКОСТИ С ПОМОЩЬЮ ПИКНОМЕТРА.....	398
<i>Мартыросян В. В., Медведев Н. В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В DLP-СИСТЕМАХ	299
<i>Мацук А. С., Савкова Е. Н.</i> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ БАЗА ЗНАНИЙ СОСТОЯНИЙ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ АЭС.....	302
<i>Мацук А. С., Савкова Е. Н.</i> ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ РИСКАМИ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИКИ АЭС.....	303
<i>Норко П. В., Якуть Ю. П., Ленкевич О. А.</i> УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ МЕТРОЛОГИИ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ.....	305
<i>Парфеня К. Н., Бережных Е. В., Серенков П. С.</i> СТРАТЕГИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОПИСАНИЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ «BUSINESS STUDIO»	306
<i>Парфеня К. Н., Бережных Е. В., Серенков П. С.</i> ОБОСНОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛЕЙ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА ЭТАПЕ ВНЕДРЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ СМК В ОРГАНИЗАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ «BUSINESS STUDIO»	307
<i>Парфеня К. Н., Бережных Е. В., Серенков П. С.</i> АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ «BUSINESS STUDIO» ДЛЯ ЦЕЛЕЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА	308
<i>Пархомчук О. В., Соколовский С. С.</i> АНАЛИЗ НОРМАТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА СТАРЕНИЕ	309
<i>Сапранкова А. А., Соломахо В. Л.</i> МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТЬ ЕДИНИЦЫ НАПРЯЖЕНИЯ.....	309
<i>Селятыцкий А. А., Токарь О. В.</i> ИЗМЕРЕНИЕ БАЛАНСА ЧЕРНОГО И БЕЛОГО (НА ПРИМЕРЕ ТЕКСТОВОГО НАБОРА САЙТОВ)	310
<i>Селятыцкий А. А., Пархоменко И. В., Кацапов Н. В., Александрович А. С., Романчак В. М.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ЭКВИВАЛЕНТА МЕДИ С ПОМОЩЬЮ ВОЛЬТМЕТРА	311
<i>Семенко А. В., Вялых А. П., Белотелов Г. С., Сутырин Д. В.</i> КОМПАКТНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОПТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ ЧАСТОТЫ НА ОСНОВЕ УЛЬТРАХОЛОДНЫХ АТОМОВ Sr И Yb	312
<i>Сенюта В. В., Гомма М. А.</i> ОСОБЕННОСТИ ТРАКТОВКИ РЕЗУЛЬТАТОВ КООРДИНАТНОГО КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ	313
<i>Сильчук В. А., Троцкая А. Э., Серенков П. С.</i> КЛАССИФИКАЦИЯ И АНАЛИЗ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В РАМКАХ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА	314

<i>Сильчук В. А., Бережных Е. В., Серенков П. С.</i> КОНЦЕПЦИЯ ПОДХОДА ОБЕСПЕЧЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПУТЕМ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОКАЗАТЕЛЬ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ.....	315
<i>Степанова Е. Л., Соломахо В. Л.</i> ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ МЕНЕДЖМЕНТА ПЕРСОНАЛА ВО ВЗАИМОСВЯЗИ С РАЗВИТИЕМ НАУКИ УПРАВЛЕНИЯ.....	316
<i>Степанова Е. Л., Соломахо В. Л.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ ОРГАНИЗАЦИИ ПУТЕМ КОНКРЕТИЗАЦИИ ТРЕБОВАНИЙ К ИХ КОМПЕТЕНТНОСТИ И ОСВЕДОМЛЕННОСТИ.....	317
<i>Хвистик М. Д., Серенков П. С.</i> ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ СИСТЕМЫ СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ КАК ИНСТРУМЕНТА УПРАВЛЕНИЯ НА ЭТАПЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СМК	319
<i>Джан Юн, Савкова Е. Н.</i> DRIVER'S VISUAL ENVIRONMENT AS A MULTI-PARAMETER SYSTEM OF FOVEAL AND PERIPHERAL TASKS	320
<i>Джан Юн, Савкова Е. Н.</i> OPTIMIZATION OF THE SPECTRAL COMPOSITION OF A FAVORABLE LIGHT ENVIRONMENT	322
<i>Юхневич А. Л., Токарь О. В.</i> ОЦЕНКА ОБЩЕГО СОСТОЯНИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	323
<i>Якуть Ю. П., Норко П. В., Ленкевич О. А.</i> ВЫРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОЙ МОДЕЛИ ОРГАНИЗАЦИИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ	324

Научное издание

**НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ**

Материалы
16-й Международной научно-технической конференции
молодых ученых и студентов

Минск, 19–21 апреля 2023 г.

Подписано в печать 17.04.2023. Формат 60×84 ¹/₈. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 39,76. Уч.-изд. л. 30,00. Тираж 60. Заказ 262.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.