

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

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

Минск, 20–22 апреля 2022 г.

Минск
БНТУ
2022

УДК 681.2.002 (063)

ББК 34.9я431

Н74

Редакционная коллегия:

О. К. Гусев (председатель), *А. М. Маляревич* (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 *В. Е. Матюшков*;
доктор технических наук *Л. М. Лыньков*

Издание включает материалы 15-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 978-985-583-753-5

© Белорусский национальный
технический университет, 2022

СЕКЦИЯ 1. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 531.383

ИЗМЕРИТЕЛЬНО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Студент гр. 120881 Андронов К.М.

Доцент Лихошерст В.В.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Определение высоты и характера полета летательного аппарата (ЛА) можно осуществлять путем визуального наблюдения со стороны, что зачастую ведет к субъективной оценке высоты и качества полета или потере ЛА из поля видимости и невозможности произвести оценку. Для решения данной проблемы, предлагается записывать параметры движения ЛА, измеренные при помощи микромеханических датчиков угловой скорости, ускорения, напряженности магнитного поля и давления, в энергонезависимую память непосредственно на борту или использовать радиоканал для передачи информации на персональный компьютер. В качестве приемопередатчика предлагается использовать SX1276 LoRa, работающую на частотах 868–915 МГц, так как эти частоты являются открытыми для использования и имеют высокую дальность передачи [1]. Структурная схема измерительной системы приведена на рисунке 1.

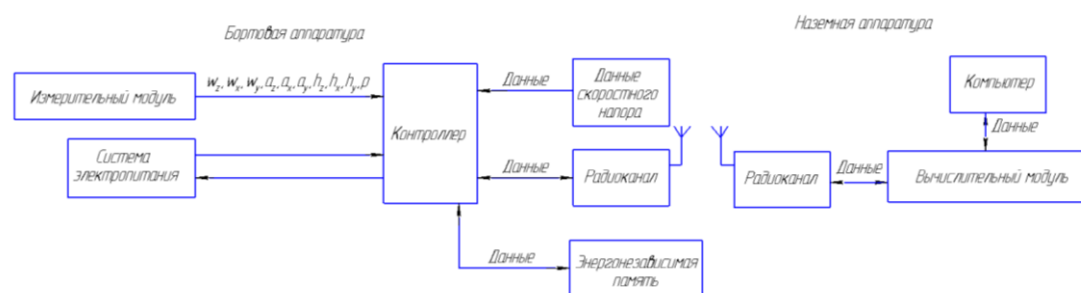


Рис. 1. Структурная схема измерительной системы

Определение высоты основано на изменении давления от высоты полета. Выражение для вычисления высоты на местности от давления на уровне моря имеет вид [2]:

$$H = \frac{T_0}{t_g} \left(1 - \frac{P_p}{P_0} \right)^{\frac{R t_g}{g}}, \quad (1)$$

где P_p – давление на текущей высоте, гПа; P_0 – давление на уровне моря, 1013,25 гПа; t_g – градиент температуры, 0,0065 °/м; T_0 – температура на уровне моря, 288,15 К; R – универсальная газовая постоянная, 287,053 Дж/кг·К; g – ускорение свободного падения, 9,80665 м/с².

Эта информационно-управляющая система реализует следующие функции:

- передача данных по радиоканалу с борта на Землю реализована на основе протокола LoRa;
- измерение угловых скоростей и ускорений ЛА при помощи измерительного модуля MPU9250 [3] содержащего трехосные датчики ускорения, угловой скорости и измерители проекции напряженности магнитного поля Земли.
- измерение текущего атмосферного давления и вычисление текущей высоты;
- измерение скорости полета ракеты на основе показаний датчиков давления.

Литература

1. Техническое описание на технологию передачи данных LoRa, Semtech. – 2016 г.
2. Пейсахович, Д.Г. Некоторые особенности построения систем передачи телеметрической информации // Молодой ученый. – 2010. – №8. – С. 109–112.
3. Техническое описание на MPU-9250, InvenSense, 2014 г. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.invensense.com/download-pdf/mpu-9250-datasheet/>

УДК 629.7.02, 62-408

КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ХВОСТОВОГО ОПЕРЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА МЕТОДОМ СКАНИРОВАНИЯ

Студент гр.11312117 Ардашев Д.С.¹, магистрант гр. 61315021 Касьмин В.Ю.¹

Кандидат техн. наук, доцент Ризноокая Н.Н.¹, главный конструктор проекта Яцына Я.Ю.²

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

²РУП «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Стабилизация БЛА (беспилотного летательного аппарата) при полете в основном обеспечивается хвостовым оперением самолета. Проверка геометрии хвостового оперения проводится для подтверждения соответствия выпускаемой продукции требованиям, установленным в нормативно-технической документации. В рамках данной проверки следует контролировать не только размеры и расположение оперения, но и форму поверхности.

Для проведения такого рода контроля требуется измерения большого массива точек. Это может обеспечить современные системы сканирования.

Целью работы является контроль геометрических параметров хвостового V-образного оперения беспилотного летательного аппарата «методом сканирования».

Для измерения параметров предлагается использовать координатно-измерительную машину (КИМ) с лазерной насадкой FARO Laser ScanArm ES.

Благодаря наличию быстросъемного модуля, сканер Laser Line Probe легко крепиться на измерительной ручке Faro Edge для временного или постоянного использования. За счет малого веса (222.4 г) и компактности, сканер удобен в эксплуатации. В отличие от других сканеров в FARO Laser ScanArm ES контактный щуп и сканирующая головка могут работать поочередно, без необходимости проведения замены компонентов системы.

Контролируемыми параметрами являются:

1. Геометрия плоскости;
2. Проверка угла расположения хвостового оперения относительно осей x, y, z ;
3. Проверка параллельности концов стабилизаторов относительно оси x .

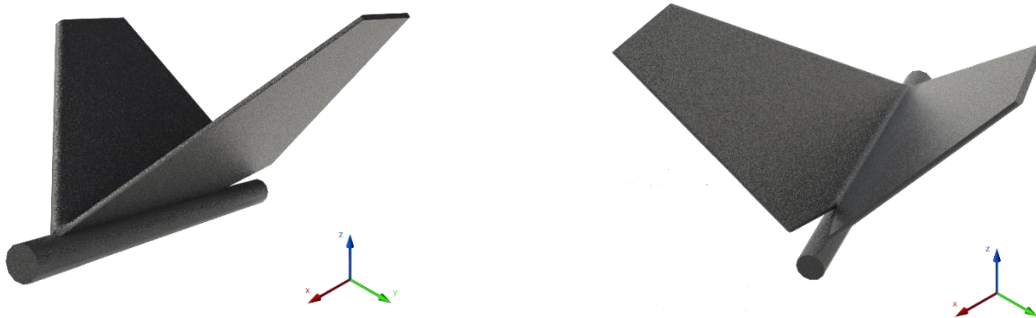


Рис. 1. Хвостовое V-образное оперение БЛА

Методика контроля геометрических параметров хвостового оперения беспилотного летательного аппарата методом сканирования состоит в следующем:

1. Жестко зафиксировать объект контроля и тележку с гранитной плитой, на которой установлен манипулятор;
2. Установить манипулятор в максимально вытянутое положение, определить возможность выполнения сканирование без смещения КИМ;
3. При невозможности провести сканирование без смещения КИМ, установить маркеры в пределах досягаемости манипулятора;
4. Предварительно откалибровав КИМ, провести сканирование, соблюдая фокусное расстоянии лазера от объекта контроля ;
5. По завершению сканирования, при помощи ПО Geomagic Design X, сгруппировать отсканированные точки в модель, пригодную для наложения на модель конструктора;

6. Сравнить отсканированную модель с 3D-моделью объекта, выполненной конструктором;
7. Составить протокол отклонений и дать заключение.

Данная методика позволяет провести контроль качества изделия и анализ геометрии поверхности реального объекта относительно 3D-модели объекта, выполненной конструктором, а так же позволяет проводить реверс-инжиниринг.

УДК 004.94:519.72:616-71

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОМОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Магистранты гр. 51315021 Бобоев Х., Худойназаров Х.

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

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Задачей исследования являлась разработка методики компьютерного моделирования процессов регистрации и обработки данных в магнитно-резонансной томографии (МРТ) и рентгеновской томографии (РТ), основанной на применении программы MathCad. Создание подобной методики является актуальной научно-педагогической задачей, решение которой позволит повысить качество усвоения студентами соответствующих разделов дисциплины «Анализ и преобразование медико-биологических сигналов». Выбор программы MathCad обусловлен простой ее интерфейса, позволяющего записывать используемые для обработки сигналов операции с использованием общепринятых математических обозначений и не требующего специальных знаний и навыков в области программирования. Разработанная методика может быть использована при проведении лабораторных работ, что позволит студентам более наглядно представить теоретические концепции и методы, используемые в медицинской томографии.

Применительно к МРТ в качестве исходных данных был принят комплекснозначный массив отсчетов сигнала, полученный на аппарате МРТ для сагиттального среза головного мозга. Комплекснозначность отсчетов сигнала объясняется тем, что они содержат информацию о двух проекциях вектора намагниченности вокселей биологического объекта. Исходный сигнал подвергался фазовой коррекции (умножению на комплексный экспоненциальный множитель) для приведения матрицы отсчетов сигнала к эрмитово-симметричной форме, обеспечивающей вещественный характер элементов восстановленного изображения. Реконструкция изображения головного мозга производилась с помощью обратного дискретного двумерного преобразования Фурье, для чего матрица отсчетов сигнала приводилась к форме, принятой для отображения спектральной информации в MathCad (постоянная составляющая в верхнем левом углу, высокочастотные составляющие в центре). Также были смоделированы некоторые артефакты, возникающие при некорректной регистрации или обработке данных, в частности, артефакт типа «квадратурный призрак» в виде дополнительного фантомного изображения, повернутого относительно исходного на 180° , причиной которого является неодинаковое усиление действительной и мнимой частей сигнала.

При моделировании РТ рассматривалось как восстановление изображения объекта по проекциям, так и процесс формирования проекций, то есть, в отличие от случая МРТ, дополнительно моделировалась работа аппаратной части томографа. В качестве тестового объекта использовался цифровой фантом Шеппа-Логана, имитирующий внутреннюю структуру головы человека. Был выполнен расчет проекций фантома под различными углами, что позволило построить их графические изображения и исследовать взаимосвязь между элементами проекций и фантома. Для более наглядного понимания этой взаимосвязи дополнительно строились проекции внутренне однородного фантома, состоящего из внешней области с высоким коэффициентом поглощения, имитирующей костную ткань, и однородной внутренней области с более низким коэффициентом поглощения, имитирующей мягкие ткани. Восстановление изображения производилось с помощью метода фильтрованных обратных проекций с использованием различных типов фильтров, в частности, Рама-Лака и Шеппа-Логана. Было исследовано влияние количества проекций и типа фильтра на качество восстановления изображения (отношение сигнал/шум, разрешающая способность, наличие артефактов). В частности, при недостаточном количестве проек-

ций был выявлен полосовой артефакт (streak artifact) в виде полос, ориентированных в направлении длинной оси областей с высоким коэффициентом поглощения.

Таким образом, разработана методика моделирования процессов регистрации и обработки данных в МРТ и РТ, которая может найти применение в учебном процессе для повышения качества усвоения студентами дисциплины «Анализ и преобразование медико-биологических сигналов».

УДК 621.383

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЦВЕТОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ОСВЕТИТЕЛЕЙ

Магистрант Борисенок С.В.

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

Искусственное освещение является одним из факторов, влияющих на работоспособность, внимательность, утомляемость на производстве, учебных аудиториях, классах. Часто рабочее место или жилое помещение освещаются несколькими осветителями различного типа, которые могут быть включены в различных сочетаниях. Интегральной характеристикой спектра излучения осветителя является цветовая температура. Светодиодные осветители характеризуются возможностью изменять цветовую температуру в широких пределах. В СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение» рекомендует использовать различные источники излучения в зависимости от их типа, мощности, и характеристик светового потока. Комбинируя источники освещения с разной температурой в пределах одного помещения, можно изменять цветовое восприятие предметов в интерьере и психофизическое состояние человека. Неправильное сочетание включенных осветителей или неконтролируемое изменение их цветовой температуры может привести к дискомфорту человека. Поэтому важно контролировать фактическую цветовую температуру осветителей.

Ряд фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) на основе полупроводников с собственной фотопроводимостью и глубокими многозарядными примесями [1, 2] при относительной простоте приборных структур обеспечивают комплекс новых качественных характеристик, одной из которых является возможность управления характеристикой спектральной чувствительности, причем изменение значения красной границы спектральной чувствительности ФЭП может достигать нескольких микрометров [2, 3], в зависимости от типа материала полупроводника и примеси. Применение таких ФЭП и широтно-импульсной модуляции управляющего сигнала [3] позволяет реализовать измерительный преобразователь с непрерывным управлением спектральной характеристики чувствительности в некотором диапазоне.

Так как спектральные характеристики осветителей, нормированные по интенсивности, имеют различный наклон, то проводя измерения интенсивности в двух определенных участках спектра и измеряя их отношение или отношение в обоих участках спектра к третьему, можно определить цветовую температуру излучателя. Из-за особенностей формирования «белого» света в светодиодных излучателях в качестве опорного участка спектра в операции нормирования целесообразно выбирать синий с длиной волны 460 нм, а для измерения цветовой температуры участок спектра в диапазоне 550–570 нм. В традиционных приборах на базе цветковых пирометров потребовалось бы использование набора нескольких фотоприемников, с различными спектральными характеристиками чувствительности для каждого типа осветителя [1]. Применение одноэлементного ФЭП с управляемой спектральной характеристикой чувствительности позволяет применять измерительный преобразователь цветовой температуры для контроля различных типов осветителей: светодиодных с люминофором, RGB светодиодных, газоразрядных ламп и ламп накаливания – путем выбора опорных и измерительных участков спектра только изменением режима ФЭП.

Литература

1. Гусев, О.К. Методология и средства измерений параметров объектов с неопределенными состояниями / под общ. ред. О.К. Гусева – Минск: БНТУ, 2010. – 582 с.

2. Vorobey, R.I. Series of Photovoltaic Converters Based on Semiconductors with Intrinsic Photoconductivity / R.I. Vorobey [et al.] // Devices and Method of Measurements, – 2021. – № 2. – P. 108–116.

3. Измерительный фотоэлектрический преобразователь с управляемой характеристикой спектральной чувствительности / С.В. Борисенко [и др.] // Приборостроение–2021: материалы 14-й международной научно-технической конференции, Минск, 2021 г. / Бел. нац. техн. университет; редкол.: О.К. Гусев [и др.]. – Минск, 2021. – С. 31–32.

УДК 621.383

ИЗМЕРИТЕЛЬ ЦВЕТОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ СВЕТОДИОДНЫХ ОСВЕТИТЕЛЕЙ

Магистрант Борисенко С.В.

Кандидат техн. наук, доцент Воробей Р.И., кандидат физ.-мат. наук, доцент Тявловский К.Л.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Для настройки светодиодных осветителей с изменяемыми или предустановленными значениями цветовой температуры требуется приборы для ее измерения [1].

Для измерения цветовой температуры светодиодных осветителей предлагается использовать особенности спектральной характеристики «белых» светодиодов. Эти особенности заключаются в наличии интенсивного пика излучения на длине волны около 460 нм, провале интенсивности излучения в зелено-желтой области спектра, и широкой полосе излучения с максимумом на длине волны около 570 нм (рис. 1, а), причем отношение интенсивностей пиков излучения на длинах волн 570 и 460 нм определяет цветовую температуру излучателя. Таким образом, измеритель цветовой температуры светодиодных осветителей должен содержать два спектрально селективных фотоприемника микроконтроллер, дисплей (рис. 1, б). Микроконтроллер выполняет вычисление отношения сигналов фотоприемников и методом табличной коррекции сопоставляет вычисленное значение величине цветовой температуры.

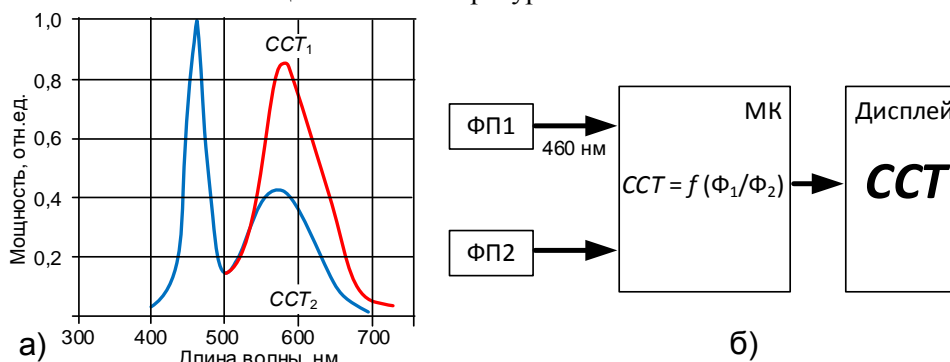


Рис. 1. Спектры излучения «белых» светодиодов (а) и схема измерителя цветовой температуры (б)

В требованиях к методам испытаний светотехнических параметров [1] допустимая погрешность определения цветовой температуры составляет от 145 до 510 К, в зависимости от диапазона измерения. При объеме таблицы 128 ячеек такой метод измерения обеспечивает определение цветовой температуры с дискретностью 50 К в диапазоне от 2000 до 8500 К. Для обеспечения таких измерений [2] достаточно выполнять измерения интенсивности излучения спектрально селективными фотоприемниками с 8 разрядным представлением, что позволяет использовать дешевые широко распространенные микроконтроллеры. В качестве спектрально селективных фотоприемников возможно использование Si фотодиодов с оптическими светофильтрами. При использовании в качестве фотоприемников цветных синего и оранжевого светодиодов в обратном (диодном) включении оптические светофильтры можно не использовать, т.к. спектральная селективность обеспечивается различной шириной запрещенной зоны полупроводника, на основе которого изготовлены эти структуры. Кроме того, вместо двух фотоприемников можно использовать один фотоприемник с управляемой спектральной характеристикой чувствительности [3]

Литература

1. Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний. – Национальный стандарт Российской Федерации. ГОСТ Р 54350 – 2015.

2. Гусев, О.К. Методология и средства измерений параметров объектов с неопределенными состояниями / О.К. Гусев [и др.]; под общ ред. О.К. Гусева – Минск: БНТУ, 2010. – 582 с.

3. Измерительный фотоэлектрический преобразователь с управляемой характеристикой спектральной чувствительности / С.В. Борисенок [и др.] // Приборостроение-2021: материалы 14-й международной научно-технической конференции, Минск, 2021 г. / Бел. нац. техн. университет; редкол.: О.К. Гусев [и др.]. – Минск, 2021. – С. 31–32.

УДК 681

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ МАТРИЧНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ НЕПРЯМОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

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

Ст. преподаватель Куклицкая А.Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Полупроводниковые матричные детекторы непрямого преобразования, часто используются на практике. Они отличаются тем, что рентгеновские кванты сначала взаимодействуют со сцинтиллятором с образованием фотонов света, а затем свет преобразуется сразу в электрический сигнал, в твердотельных плоскочастотных детекторах. Панели на основе аморфного кремния (aSi) чаще всего используются в качестве плоскочастотных детекторов непрямого преобразования. В них используются сцинтилляторы из CsI:Tl или GdO₂S, которые преобразуют рентгеновское излучение в видимый свет. После этого свет конвертируется в заряд сенсорами из аморфного кремния. От толщины покрытия будет зависеть чувствительность детектора со сцинтиллятором из GdO₂S. Из-за рассеяния света при увеличении толщины покрытия ухудшается пространственное разрешение детектора. В какой-то степени от этого недостатка свободны панели с покрытием из CsI. [1]

Цель: разработать методику применения полупроводниковых матричных детекторов непрямого преобразования в цифровой рентгенографии

Пример полупроводниковых матричных детекторов непрямого преобразования представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Плоскочастотный детектор компании PerkinElmer XRpad 4336

Характеристики и достоинства: детектор кассетного размера по ISO 4090, действительное изображение 35 см × 43 см, высокое разрешение с шагом пикселей 100 мкм, до 65 536 уровней серого цвета, автоматическое определение экспозиции AED (Automatic Exposure Detection), прямое осаждение CsI для получения исключительно высокого качества изображения, встроенная память для сохранения изображений, дополнительный разъем для питания и передачи данных [2].

Методика применения матричных детекторов непрямого преобразования включает следующие этапы: установка детектора на объект, экспозиция объекта, считывание информации для специального программного обеспечения на ПК (обычно ноутбук), анализ изображения.

Разработанная методика позволяет получать рентгеновские изображения с разрешением 35 см × 43 см с шагом пикселей 100 мкм.

Литература

1. Майоров, А.А. Цифровые технологии в радиационном контроле / А.А. Майоров // В мире неразрушающего контроля. – 2007. – № 3(35). – С. 5–12.

2. Промышленное диагностическое оборудование и инжиниринг – ПЕРГАМ. ЧТУП-«Пергам – Инжиниринг». – Минск. – 1996–2022. https://www.pergam.by/catalog/nondestructive_testing/radiographic_inspection/xrpad-4336.htm#main

УДК 621.398

УДАЛЕННЫЙ БЛОК ИНДИКАЦИИ МОБИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЖЕСТКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Магистрант гр.61315021 Величко А.В.

Кандидат техн. наук, доцент Тявловский А.К

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Блок индикации предназначен для отображения алфавитно-цифровой информации и обеспечения функционального управления при эксплуатации в составе основного изделия. Экран содержит 4 строки по 20 символов в строке. Функциональное управление – при помощи 4 кнопок. Обеспечивает поддержку на русском и английском языке.

Сопряжение с основным изделием – по интерфейсу RS-232 со скоростью 9600 бит/с. Электропитание блока индикации осуществляется от сети постоянного тока напряжением 24 В. Потребляемая мощность – не более 2 Вт. По уровню допустимых помех изделие соответствует СТБ EN 55022-2012 (класс А до 1 ГГц). Изделие имеет лицевую панель для индикации и управления. Изделие выполнено в виде одного металлического блока, поверхность имеет защитный цвет, содержит стекло для защиты экрана, имеется крышка для защиты лицевой панели, обеспечивает возможность крепления при эксплуатации в основном изделии.

Эксплуатация в жестких условиях, например:

- повышенная рабочая температура 55 °С;
- пониженная рабочая и предельная температура минус 40 °С;
- повышенная предельная температура 70 °С и так далее.

Проблема разработки блока индикации состоит в сложности составления принципиальных схем, расчетах деталей и узлов, электрических монтажных схем, чертежах деталей. Для того, чтобы не было отказов и неисправностей блока изготавливается опытный образец, который проходит ряд испытаний и только после этого разработка внедряется и становится на рынок. Самым главным ресурсом решения этой проблемы являются опытные специалисты в области проектирования, конструирования, электроники, приборостроения, одним словом – инженеры.

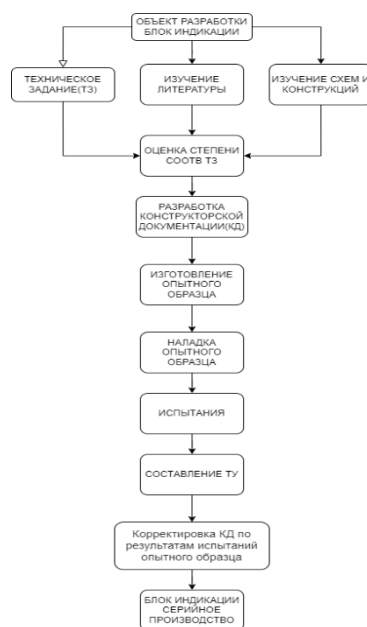


Рис. 1. Порядок разработки блока индикации

В процессе разработки выполнены сборочные чертежи плат, защитных крышек, корпуса, 3D-модель блока индикации с применением информационных средств САПР, а также запрограммирована микросхема на плате с помощью среды Atmel Studio.

УДК 531.383

БЕСПЛАТФОРМЕННАЯ СИСТЕМА ОРИЕНТАЦИИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Студент гр.120881 Грищенко А.С.

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

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Задача ориентации летательного аппарата (ЛА) может быть решена на основе измерений проекций вектора угловой скорости при последующем преобразовании полученных сигналов и их интегрировании. Известно [1], что системы ориентации, чувствительные элементы которых жестко установлены на корпусе ЛА, а его положение относительно осей опорной системы координат вычисляется, называются бесплатформенными.

Реализована бесплатформенная система ориентации ЛА (рис. 1) с использованием технологии микроэлектромеханических систем (МЭМС). Данная система имеет ряд преимуществ: малые масса и габариты, низкое энергопотребление, а также отсутствие подвижных частей, что делает конструкцию более надежной.

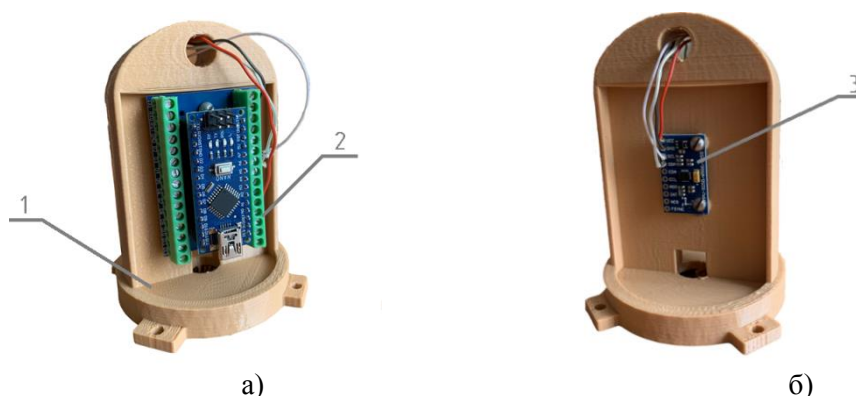


Рис. 1. Макет бесплатформенной системы ориентации ЛА: вид сверху (а); вид снизу (б): 1 – корпус, 2 – микроконтроллер, 3 – инерциальный измерительный модуль

В качестве инерциального измерительного модуля используется микросхема *MPU-9250*, которая включает в себя трехосный гироскоп, трехосный акселерометр и трехосный магнитометр (магниторезистивный компас). Такая связка позволяет отслеживать положение ЛА в пространстве.

В качестве управляющего устройства был выбран микроконтроллер *Arduino Nano* на базе *ATmega328* с тактовой частотой 16МГц, имеющая 8 аналоговых и 14 цифровых контактов общего назначения, а также протоколы *I2C*, *SPI* и *UART*. Рабочее напряжение питания +5 В.

В контроллере реализуется алгоритм ориентации ЛА с направляющими косинусами, в основе которого лежит матричное уравнение Пуассона:

$$\dot{\mathbf{A}} = [\boldsymbol{\omega} \times] \mathbf{A},$$

где $[\boldsymbol{\omega} \times]$ – кососимметрическая матрица, элементами которой являются показания гироскопических датчиков.

Результатом решения уравнения Пуассона является девять косинусов углов между опорной и связанной системами координат. По элементам матрицы направляющих косинусов \mathbf{A} восстанавливаются углы рыскания, тангажа и крена:

$$\psi = -\arctg \frac{a_{13}}{a_{11}}; \quad \vartheta = \arctg \frac{a_{12}}{\sqrt{a_{22}^2 + a_{32}^2}}; \quad \gamma = -\arctg \frac{a_{32}}{a_{22}}.$$

Для коррекции данных углов привлекаются сигналы с акселерометров и магнитометров.

Литература

1. Гироскопические системы: учеб. для вузов по спец. «Гироскоп. Приборы и устройства» / Д.С. Пельпор [и др.]; под ред. Д.С. Пельпора.– М.: Высш. шк., 1988. – 424 с.

УДК 681.586+615.477.2

ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКИЙ СЕНСОР И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ОБЛАСТИ ПРОТЕЗИРОВАНИЯ КОНЕЧНОСТЕЙ

Студент гр. 11307120 Грузд Н.А.

Кандидат техн. наук, доцент Суходолов Ю.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

На сегодняшний день достижения в области протезирования позволяют людям, перенесшим ампутацию конечности, вести здоровую жизнь и справляться с повседневными задачами без посторонней помощи. Немаловажным является период реабилитации, когда человеку необходимо привыкнуть к новым условиям и освоить управление протезом утраченной конечности. Современные подходы к управлению протезным устройством основаны на использовании методов электромиографии для распознавания мышечной активности пациента. Протез, реализующий данный метод, называется бионическим (миоэлектрическим).

Бионические протезы контролируются с помощью электромиографических (ЭМГ) сигналов, регистрируемых поверхностными электродами. Электромиографический сигнал – это разность потенциалов, возникающая в мышцах человека в покое и при их активации [1]. Такой сигнал несет информацию о состоянии нервно-мышечной ткани и о произвольных и рефлекторных сокращениях мышц человека.

Чаще всего ЭМГ устройство содержит аппаратную и программную части. Аппаратная часть принимает сигнал и осуществляет его начальную обработку (усиление и фильтрацию), а программная часть выполняет дальнейшее преобразование с использованием различных алгоритмов обработки и дополнительных программных средств.

Электромиографический датчик располагается в гильзе протеза для непосредственного соприкосновения с кожей. Активных сенсоров может быть несколько. Каждый из датчиков выполнен на основе миниатюрной печатной платы, на которой смонтированы два гладких электрода. Поверхность электрода имеет серебряное или титановое покрытие и требует сухого контакта с кожей. На верхней стороне платы смонтирована электронная схема, включающая в себя последовательно включенные дифференциальный усилитель, фильтр и детектор. За счет усилителя, связанного с соответствующими электродами, датчик обладает высокой помехоустойчивостью ко внешним наводкам.

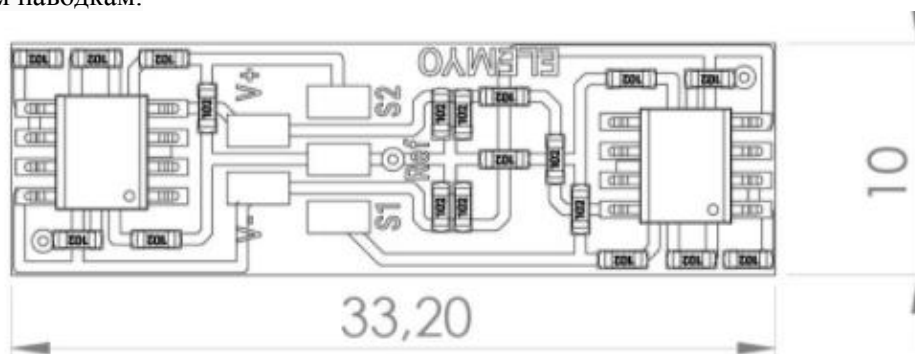


Рис. 1. Электромиографический датчик BPSDual 1.0

Исследования в области электромиографии направлены на реализацию интуитивного управления протезным устройством путем повышения точности считываемого сигнала. Один из наиболее перспективных методов заключается в использовании гибких эпидермальных электродов, позволяющих задействовать большую область мышечной ткани.

Литература

1. Будко, Р.Ю. Распознавание мышечных усилий по сигналу лицевой электромиограммы в режиме реального времени / Р.Ю. Будко, Н.Н. Чернов, А.Ю. Будко // Научный вестник НГТУ. – 2018. – № 2. – С. 59–74.
2. Advanced technologies for intuitive control and sensation of prosthetics / Wolf E. J. [et al.] // National Center

for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine [Electronic resource]. – 2019. – Mode of access: Advanced technologies for intuitive control and sensation of prosthetics (nih.gov). – Date of access: 10.03.2022.

3. Многоканальный датчик электромиограммы: пат. WO2016171642A2 / Д.Д. Фокин. – Оpubл. 22.06.2017.

4. Электромиографический датчик: пат. RU199832U1 / ООО «МОТОРИКА» (RU) / И.И. Чех. – Оpubл. 22.09.2020.

УДК 681

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ

Студенты гр. 11312120 Докутович В.А., Коваленко Н.Д.

Ст. преподаватель Куклицкая А.Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) – летательный аппарат без экипажа на борту.

Одно из направлений применения БПЛА в сфере неразрушающего контроля – визуальный контроль линий электропередач и других объектов энергетики. Из соображений безопасности доступ человека к таким объектам был и будет максимально затруднен и ограничен.

Целью научной работы является разработать методику применения беспилотного летательного аппарата (БПЛА) для контроля линий электропередач (ЛЭП).

Для получения необходимой информации БПЛА экипируют необходимой техникой. Кроме видеокамеры на летательный аппарат может быть установлен сканер, тепловизор, другая аппаратура. [1]



Рис. 1. Пример беспилотного летательного аппарата

Методика беспилотного летательного аппарата включает следующие основные этапы: настройка аппаратуры включая программу полета по определенному маршруту, выбор режима съемки (непрерывная съемка или серия фотографий), запуск летательного аппарата, съемка ЛЭП, посадка, анализ полученных изображений.

Преимущества БПЛА для контроля ЛЭП: низкая стоимость, оперативность мониторинга, высокое качество получаемых данных, полеты происходят на безопасном расстоянии от опоры кабелей, не требуют отключения напряжения.

Предложенная методика решает следующие задачи: осмотр состояния проводов и кабелей, оценка состояния изоляторов и узлов их крепления, осмотр и оценка опор, инженерных сооружений и устройств.

Литература

1. Василин, Н. Я. Беспилотные летательные аппараты / Н.Я. Василин. – М.: Попурри, 2012. – 272 с.
2. Макаров, Ю. В. Летательные аппараты МАИ / Ю.В. Макаров. – М.: МАИ, 2015. – 256 с.

УДК 681

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИПРОПИЛЕНА

Студент гр. 11312117 Евженко А.А.

Ст. преподаватель Куклицкая А. Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

На сегодняшний день не только в бытовых коммуникациях можно встретить трубы из полипропилена. Они стали повсеместно заменять металлические трубы в промышленных газовых и водных магистралях, как открытого, так и закрытого типа.

Полипропиленовые трубы превосходят металлические долговечностью, устойчивостью к коррозии и износу.

Целью работы являлась разработка методики проведения контроля сварных соединений полипропиленовых труб больших диаметров.

В качестве технического средства для проведения контроля выбран ультразвуковой дефектоскоп SyncScan 2 (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид ультразвукового дефектоскопа SyncScan 2

Разработанная методика позволяет определять дефекты: трещины, впадины, несплавление, непровары размерами до 0,5 мм.

УДК 621.38

УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ УРОВНЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ПОМЕЩЕНИЯХ

Студенты гр. 11303120 Иванков Н.А., Боханко И.Н.

Кандидат техн. наук, доцент Савёлов И.Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

При длительном пребывании в помещении без проветривания существует вероятность скопления углекислого газа, что в свою очередь приводит к интоксикации организма, ухудшению самочувствия и продуктивности. Для контроля уровня углекислого газа существуют специальные детекторы CO_2 .

Углекислый газ является неотъемлемой частью воздушной смеси, но его концентрация на улице не высока – всего около 400–450 ppm, что соответствует 0,04 % объемной концентрации. Норма уровня CO_2 в помещении превышает уличные значения примерно в 1,5 раза. Концентрация в 800 ppm уже считается небезопасной, а при возникают первые признаки «отравления». При таких показателях понижаются когнитивные способности людей. Критические величины – более 3000 ppm. В этом случае быстро развиваются признаки кислородного голодания [1].

Игнорировать повышенный уровень CO_2 в помещениях нельзя. Когда углекислота накапливается, уровень работоспособности людей падает, а их общее самочувствие ухудшается. Детекторы измерения CO_2 работают следующим образом: измеряется количество света, прошедшего через светофильтр и поглощенного углекислотой. Данные детекторы могут быть как портативные, так и стационарные [2].

Современные технологичные устройства отличаются точностью, стабильностью и надежностью. Кроме того, в числе достоинств этих приборов стоит отметить малогабаритность и компактность. Данные устройства работают с высокой чувствительностью, не нуждаются в сложных настройках и могут встраиваться в автоматизированные системы контроля микроклимата. Однако их недостатком является высокая чувствительность к влаге и пыли. Для устранения этого недостатка следует развивать защищенность датчиков от проникновения пыли и влаги посредством применения более качественных фильтров.



Рис. 1. Детектор CO₂ testo 315-3 портативный



Рис. 2. Детектор CO₂ testo 160 IAQ стационарный

Наиболее перспективным, в настоящее время, является применение таких приборов в составе интернета вещей (IoT). Устройства, подключенные к Интернету, используют встроенные датчики для контроля каких-либо параметров и, в некоторых случаях, воздействуют на них [3].

Существующие конструкции датчиков CO₂, как правило, не предназначены для функционирования в составе домашних или промышленных компьютерных сетей.

Поэтому работка конструкций новых приборов, способных работать в составе автоматизированных систем управления является, на сегодняшний день, актуальной проблемой.

Литература

1. Допустимое содержание CO₂ в помещениях. Официальный сайт ООО «Измерение и Контроль». – Санкт-Петербург. 2022. – <https://izmerkoni.ru/podderzhka/publikaczii/normy-so2.html>.
2. Разновидности датчиков CO₂. Официальный сайт ООО «Измерение и Контроль». – Санкт-Петербург. 2022. – <https://izmerkoni.ru/podderzhka/publikaczii/datchiki-uglekislogo-gaza-co2.html>.
3. Шварц, М. Интернет вещей с ESP8266 / М. Шварц. – СПб.: БХВ-Петербург, 2018. – 192 с.

УДК 004.421

РАЗРАБОТКА ИГРОВОГО ПРИЛОЖЕНИЯ В ЖАНРЕ «ГОНКИ» НА ПЛАТФОРМЕ UNITY

Учащийся Ивашевич Д.С.¹
Преподаватель Гордеюк А.В.²

¹Национальный детский технопарк, Минск, Беларусь

²Филиал «Минский радиотехнический колледж», Минск, Беларусь

Unity3d является современным кросс-платформенным движком для создания игр и приложений, разработанный Unity Technologies. С помощью данного движка можно разрабатывать не только приложения для компьютеров, но и для мобильных устройств (например, на базе Android), игровых приставок и других девайсов.

В последнее время все чаще можно услышать об увеличениях масштабов разработки программного обеспечения развлекательного характера. К числу таких продуктов относятся видеоигры. Спустя десятки лет индустрия видеоигр заняла фиксированное место на рынке наряду с другими развлечениями сферы мультимедиа, таких как кино, мультипликация, музыка.

Цель проекта заключается в создании платформера, а в процессе его создания понять весь процесс создания игр, а именно: создание уровней, персонажей, игровых элементов, игровое меню, пользовательское меню и т. п., игровых алгоритмов, игровой физики.

Этап предварительного моделирования предметной области, является одним из первых и важных элементов разработки программного средства. На данном этапе определяются более точные требуемые критерии и функциональные возможности в разрабатываемом программном средстве.

Непосредственно программирование в Unity3D заключается в первую очередь в разработке пользовательских классов, которые подключаются к игровым объектам как компоненты. Все такие классы должны наследоваться от класса `MonoBehaviour`. Указание этого отношения значительно перегрузило бы диаграмму, поэтому для обозначения классов и компонентов к их именам добавлен суффикс «Script».

Были спроектированы следующие классы игрового приложения:

класс `Audio` отвечает за проигрывание музыки и звуковых эффектов игры;

класс `Settings` отвечает за то, чтобы состояние игры соответствовало текущим настройкам игрока;

класс `Data` отвечает за хранение пользовательских данных: рекордов, настроек и игрового прогресса;

класс `SerializableSettings` используется для хранения настроек игры: уровней громкости музыки и звуковых эффектов;

класс `Player` – класс, отвечающий за поведение машины. С помощью него определяются такие параметры, как скорость и направление перемещения, а также поворота камеры;

класс `Health` – класс, отвечающий за состояние автомобиля. В нем определяются изначальное состояние;

класс `Move` – класс, отвечающий за направление и скорость движения;

класс `Scrolling` – класс, отвечающий за непрерывное движение фона (дороги) игры и декоративных объектов фона;

класс `Generator` – класс, отвечающий за генерацию случайных автомобилей. В нем определяются координаты игровых объектов, их количество, а также среднее время задержки генерации объектов.

Литература

1. Торн, А. Искусство создания сценариев в Unity / А. Торн; пер. с англ. Р.Н.Рагимова. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 360 с.
2. Хокинг, Д. Unity в действии, мультиплатформенная разработка на C# / Д. Хокинг. – 2019. – 336 с.
3. Игровой дизайн, гейм дизайн (game design) // GameDev.ru – Разработка игр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gamedev.ru/gamedesign/terms/gameplay>. – Дата доступа: 14.03.2022.

УДК 531.383

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛНОВОГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ГИРОСКОПА ДЛЯ РЕЖИМА СВОБОДНОЙ ВОЛНЫ

Аспирант гр. 12.06.01-81 Каликанов А.В.

Д-р техн. наук, профессор Матвеев В.В

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

В настоящее время актуальна задача построения бескардановых систем ориентации, навигации и стабилизации подвижных объектов, для решения которой могут быть использованы волновые твердотельные гироскопы (ВТГ), производимые по технологиям высокоточной обработки металла или кварцевого стекла. Как известно, одним из режимов ВТГ является его функционирование в режиме интегрирующего гироскопа, т.е. датчика угла [1]. В этом случае в ВТГ реализуется, так называемое, параметрическое возбуждение резонатора - режим «свободной волны» (выбега). При таком способе возбуждения колебаний, возбужденная стоячая волна за счет своих инерционных свойств, становится подобна быстровращающемуся ротору-волчку классического гироскопа.

Цель данной работы: исследование ВТГ с металлическим резонатором, работающим в режиме «свободной волны».

Результаты работы: Исследовано влияние амплитуды возбуждения резонатора, на расширение интервала времени достижения зоны нечувствительности, при котором сигнал может быть выделен из шума. **С помощью математического моделирования установлена зависимость добротности резонатора на время функционирования ВТГ (рис. 1).**

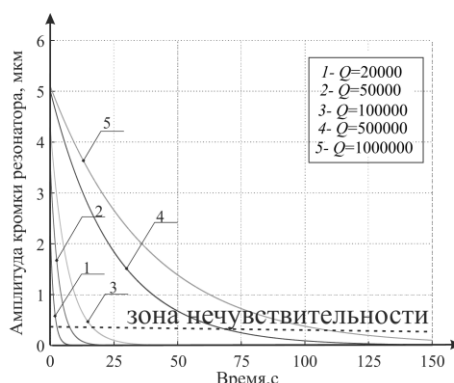


Рис. 1. Огибающие затухающих колебаний ВТГ для различной добротности

На рисунке 1 показана зона нечувствительности соответствующая 5 % от максимальной амплитуды, при достижении которой может быть выделен полезный сигнал на фоне шума.

Показано, что при пренебрежимо малом трении ($Q = 0$) динамика ВТГ может рассматриваться, как обобщенный маятник Фуко, у которого плоскость колебаний тела в подвижной системе координат поворачивается не с угловой скоростью вращения основания, а с меньшей, определяемой коэффициентом прецессии волны $K = 0,3-0,4$ (для металлического резонатора).

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта правительства Тульской области в сфере науки и техники. № ДС1264

Литература

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

УДК 621.38

ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ УРОВНЯ КИСЛОРОДА

Студенты гр. 11303120 Карпеня П.Е., Гриц М.А.

Кандидат техн. наук, доцент Савёлов И.Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Основной задачей современных средств измерения является обеспечение преобразования информации о внешней среде в данные, пригодные для передачи их средствам обработки. Это могут быть как отдельные датчики температуры, освещенности и т. п., так и сложные измерительные комплексы состояния окружающей среды.

Организму человека необходим кислород для нормальной жизнедеятельности организма. При дефиците кислорода человеку становится более сонным, чувствует слабость, головную боль, ухудшается концентрация внимания, память и т. д., что может сильно повлиять на работоспособность человека. Для полноценного дыхания человеку необходимо 350–700 л. Кислорода ежедневно. При значительном падении содержания кислорода в воздухе до 15 % – 17 % (при норме – почти 21 %) у человека наблюдаются выраженное ухудшение самочувствия и снижение работоспособности [1].

Для предотвращения подобных симптомов необходимо контролировать уровень кислорода в помещении в нормальных количествах в пределах от 18 % и выше от объемной доли в воздухе. Для этого разработаны приборы контроля уровня кислорода, которые используют специализированные датчики, измеряющие уровень концентрации кислорода в окружающей среде.

Газоанализаторы кислорода выпускаются в мобильном и стационарном варианте (рис.1)[3]. Последние предусмотрены для постоянного анализа кислорода в помещениях, баллонах, баро-

камерах, реакторах, центрифугах, такое оборудование может быть установлено с помощью креплений на поверхность стены или DIN-рейку. Показания замеров кислорода в атмосфере выводятся на дисплей газоанализатора, при превышении или снижении концентрации прибор задействует звуковую и световую сигнализацию.



Рис. 1. Виды современных устройств контроля

Без газоанализаторов невозможно нормальное функционирование крупных промышленных предприятий. На данный момент не существует массовых аналогов для использования в оздоровительных, учебных и домашних сферах пользования.

Основным недостатком существующих конструкций является, что, как правило, конструктивно не предусмотрено их применение в составе «Интернета вещей» (IoT). Поэтому разработка новых конструкций кислородомеров, способных работать в составе домашних или корпоративных сетей расширит возможности данного класса приборов и обеспечит их повсеместное применение.

Литература

1. Чем опасен дефицит кислорода и как с ним справиться [электронный ресурс] / Режим доступа: <https://plus-one.ru/manual/2021/08/25/chem-opasen-deficit-kisloroda-i-kak-s-nim-spravitsya>. – 18.03.2022.
2. Поляков, А.В. Оптоволоконный датчик концентрации кислорода / А.В. Поляков, М.А. Ксенофонов // Приборостроение–2021: материалы 14-й Международной научно-технической конференции, 17–19 ноября 2021 года, Минск, Республика Беларусь / редкол.: О. К. Гусев [и др.]. – Минск: БНТУ, 2021. – С. 447–448.
3. Газоанализаторы кислорода [электронный ресурс] / Режим доступа: <https://kip-expert.by/p66008809-gazoanalizator-kisloroda-pkg.html> – 21.03.2022.

УДК 681

УСТРОЙСТВО ЗАПУСКА МАЯТНИКА С ОПОРОЙ НА ОДИН ШАРИК

Магистрант гр. 61315021 Касьмин В.Ю., студент гр.11312117 Ардашев Д.С.,
студент гр.11312118 Красневский Д.Ю.

Кандидат техн. наук, доцент Ризноокая Н.Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Одним из наиболее простых и чувствительных методов для измерения коэффициентов сопротивления качению является маятниковый метод. Данный метод основан на наблюдении затухания амплитуд свободных колебаний физического маятника, который опирается одним или двумя шариками на плоскую поверхность исследуемого материала. Применение маятника с опорой на один шарик является предпочтительным, так как такой маятник не требует двух абсолютно одинаковых образцов. На сегодняшний день в системах с маятником с опорой на один шарик применяется несколько механизмов запуска [1, 2], но не одна из них не позволяет задавать начальную амплитуду колебаний маятника не внося при этом дополнительных импульсов.

Целью работы является проектирование устройства запуска маятника, позволяющее задать различную начальную амплитуду колебаний маятника.

Маятник является очень чувствительным устройством, амплитуда которого измеряется до единиц угловой секунды. Кроме того, на него могут оказывать влияние различные факторы, такие как: электромагнитное поле, потоки воздуха, вибрации основания и системы запуска, приводящие к увеличению погрешности измерений. В связи с этим конструкция устройства запуска не должна создавать электромагнитное поле и создавать дополнительные механические импульсы (подкачку).

Устройство представляет собой боек (1), вертикально установленный в жестко закрепленный к основанию корпус (2). Боек свободно перемещается относительно вертикальной оси конструкции, что позволяет установить его на заданную высоту в пределах 20 мм. В качестве регулировки положения бойка выступает зубчатое колесо (3), имеющее свободное вращение. Фиксируется положение зубчатого колеса стопором (4).

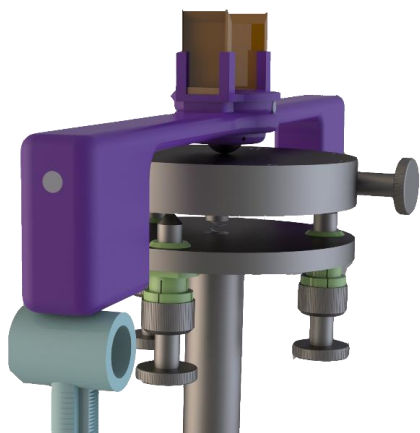


Рис. 1. Расположение устройства в установке

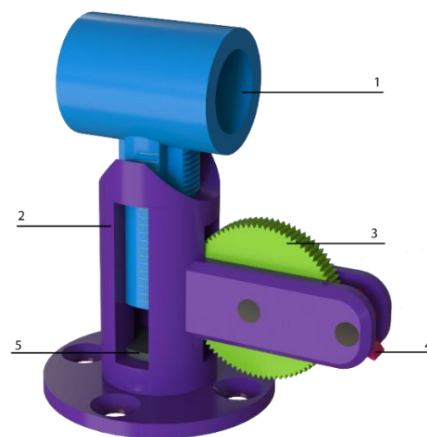


Рис. 2. Устройство запуска маятника

Маятник запускается следующим образом: боек подводится к маятнику до контакта поверхностей, тем самым задается нулевой уровень отсчета угла отклонения маятника, затем поднимается на дополнительное расстояние за счет зубчатого колеса. Положение фиксируется упором. Одновременно с началом измерений, упор отводится от зубчатого колеса и боек под собственным весом опускается в исходное положение. Для минимизации возникших вибраций от удара бойка о дно корпуса, предусмотрен резиновый демпфер (5).

Благодарность: работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь, а рамках выполнения гранта студентам на 2022.

Литература

1. Halama, R. Mechanics of Herbert Pendulum Hardness Tester and its Application / R. Halama [et al.] // Key Engineering Materials. – Trans Tech Publications Ltd, 2017. – Vol. 741. – P. 122–127.
2. Джилавдари, И.З. Устройство и методика измерения моментов сил сопротивления качению на пятне контакта / И.З. Джилавдари, С. Мекид, Н.Н. Ризноокая // Приборы и методы измерений. – 2019. – Т. 10. – №. 4.

УДК 621.397.3

ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Ст. преподаватель Ковынёв Н.В.

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

Задача защиты информации – одна из главных задач, которые решаются с давних времен. Защита информации решает такие задачи как: защита авторских прав, интеллектуальной собственности, подлинности представленной продукции, защита от несанкционированного доступа и т. д. Наиболее остро данная проблема представлена в цифровом виде: фотографии, аудио, видеозаписи. Одним из основных способов защиты информации является стеганография. Стеганография скрывает сам факт существования секретных данных на носители при их передачи. В качестве одного из способов стеганографической защиты информации может выступать способ встраивания цифровых водяных знаков (ЦВЗ) в файлы или документы. Организация стеганографической передачи информации является актуальным направлением для сохранения безопасности информации.

Цифровые водяные знаки изначально предназначены для защиты от копирования или подмены информации, исходя из этого, можно утверждать, что злоумышленник будет знать про

ЦВЗ, но данное знание не является критичным, в отличие от стойкости ЦВЗ. Также, стоит отметить, что более высокий приоритет у задачи достоверности приема бит ЦВЗ, а не у задачи повышения скрытых пропускных способностей каналов передачи информации, так как скрытность встраивания ЦВЗ является определяющим требованием.

В отличие от обычных водяных знаков, цифровые водяные знаки могут быть видимы, но и не видимы, второй вариант наиболее часто используется. Невидимые ЦВЗ анализируются декодером, устанавливающим их корректность. В ЦВЗ может содержаться информация о владельце, какой-либо код, любую управляющую информацию. Рассмотрим стегосистему с декодером.

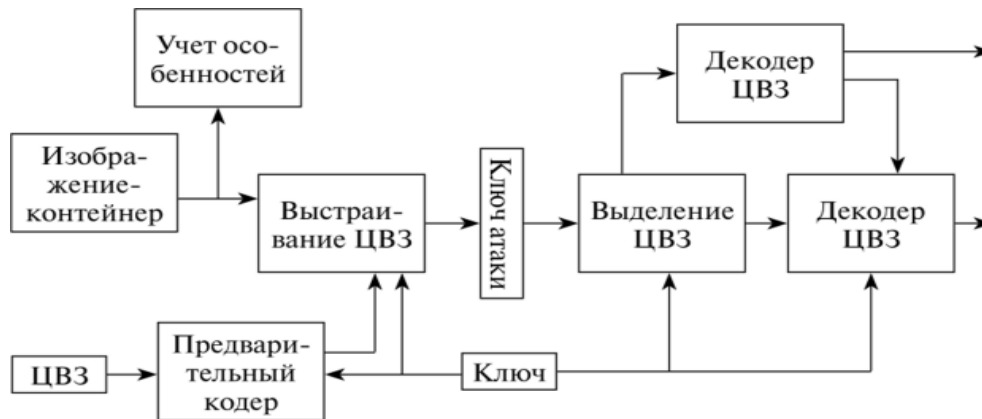


Рис. 1. Структурная схема стегосистемы с ЦВЗ

В данной системе происходят процессы встраивания и выделения ЦВЗ из контейнера. Система состоит из следующих компонентов: предварительный декодер, учет особенностей, устройство встраивания ЦВЗ, устройство выделения ЦВЗ, Декодер ЦВЗ, иногда для проверки наличия ЦВЗ используют детектор ЦВЗ.

Данная система достаточно продуктивна, потому что человек не способен обнаружить ЦВЗ невооруженным взглядом. Стегодетектор (декодер) обнаруживает ЦВЗ в контейнере. Декодеры могут выполнять следующие задачи: обнаружение ЦВЗ и декодирование ЦВЗ. Принятие решения о наличии или отсутствия ЦВЗ в контейнере выносится на основании расстояния по Хэммингу либо на основании взаимной корреляции между данным контейнером и оригиналом или же при помощи статистических методов при отсутствии оригинала.

Исходя из информации, которая требуется декодеру, выделяют три класса стегосистем:

1) закрытые: а) декодеру необходимы исходные контейнер и ЦВЗ для обнаружения наличия или отсутствия ЦВЗ, б) декодеру нужен только исходный контейнер, чтобы получить восстановленный ЦВЗ;

2) полужакрытые: декодер выдает информацию о наличии или отсутствии ЦВЗ по исходному ЦВЗ;

3) открытые: ничего не требуется, выдается восстановленный ЦВЗ.

Наиболее часто применяются открытые стегосистемы, потому что для решения задачи обнаружения им не требуются никакие исходные данные. Стоит отметить, что и сами ЦВЗ бывают разными, а именно:

1) робастные – устойчивые к изменениям: видимые для всех, видимые хотя бы для одной стороны, устойчивые к модификациям и извлечениям контейнера (невидимые ни для кого);

2) хрупкие – чувствительны к любым изменениям и взаимодействиям контейнера, как правило, применяются для проверки целостности контейнера.

3) полухрупкие – чувствительны к определенным воздействиям на контейнер, чаще всего применяются для аудиофайлов.

Как показывает практика, актуальность проблемы защиты информации неуклонно возрастает и стимулирует на поиск новых методов и способов защиты информации. Исходя из представленного исследования, можно сделать выводы, что применение цифровых водяных знаков для защиты конфиденциальной информации или интеллектуальной и цифровой собственности дает

гарантии, что злоумышленник не сможет реализовать угрозы конфиденциальности и целостности информации. Однако, стоит отметить, что применение цифровых водяных знаков в изображениях может быть ограничено размерами из-за маленьких размеров исходных изображений, так как при малых разрешениях могут возникать искажения исходных изображений. Не стоит забывать и про помехоустойчивость изображений с ЦВЗ, так как при передачах контейнер может быть подвержен различным воздействиям, из-за которых может нарушиться целостность информации и ЦВЗ.

Литература

1. Грибунин, В.Г. Цифровая стеганография : учебное пособие / В.Г. Грибунин, И.Н. Оков, И.В. Туринцев. – Москва: СОЛОН-ПРЕСС, 2009. – 264 с.
2. Шелухин, О.И. Основы стеганографии. Часть 1. Скрытие данных в аудио- и текстовых файлах : учебное пособие / О.И. Шелухин, Т.Б.К. Бен Режеб. – Москва: Московский технический университет связи и информатики, 2015. – 129 с.
3. Ганжур, М.А. Особенности цифровой стеганографии как метода обеспечения сокрытия данных / М.А. Ганжур, Я.В. Дзюба, В.А. Панченко // Проблемы современного педагогического образования. – 2018. №59-4. – С. 10 – 14.
4. Алаа Вахаб Методы цифровой стеганографии на основе модификации цветовых параметров изображения / Алаа Вахаб, Д.М. Романенко // Труды БГТУ. Серия 3: Физико-математические науки и информатика. – 2018. – №1 (206). – С. 94–98.

УДК 531.383

КОМПЛЕМЕНТАРНЫЙ ФИЛЬТР ДЛЯ НАВИГАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Студент гр. 120891 Колесникова А.Г.

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

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Целью любого эксперимента является получение данных и дальнейший их анализ. Однако как понять на сколько точны и правдивы измерения?

К основным погрешностям измерений навигационных элементов относятся нестабильность технических параметров, технологические погрешности в изготовлении, недостаточная чувствительность, несовершенство метода измерения. Также велико влияние внешней среды.

Для анализа и дальнейшей обработки использовались данные, полученные с микромеханического модуля GY-521. Данный модуль подвергался колебаниям математического маятника, и на выходе имел затухающие колебания (рис. 1).

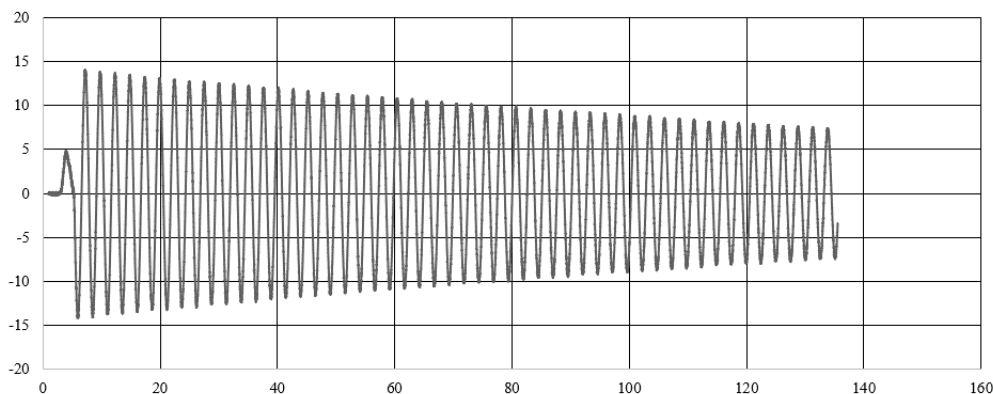


Рис. 1. Исходные данные

Далее стояла задача определить зависимость входных данных W_k и выходных Wf_k

$$Wf_{k+1} := Wf_k (1 - \alpha) + \alpha \cdot W_{k+1}. \quad (1)$$

Исследуем наименьший (рис. 2, а) и наибольший (рис. 2, б) коэффициент фильтрации данных.

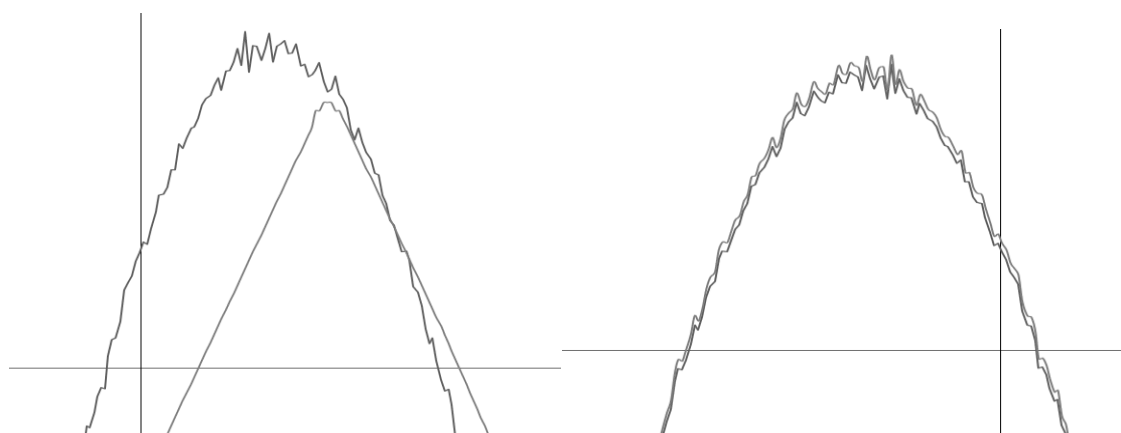


Рис. 2. Результат обработки данных: а) $\alpha = 0,1$ б) $\alpha = 0,9$

Воспользовавшись формулой (1) мы можем наблюдать, что в случае меньшего коэффициента, данные хоть и сглаживаются, но сильно искажаются и уже сложно судить об их правильности. Когда же коэффициент больше, он, хоть и незначительно, но убирает мелкие помехи и не изменяет сигнал.

Литература

1. Матвеев, В.А. Гироскоп – это просто / В.А. Матвеев. – Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. – 191 с.

УДК 004.414.23

ВИРТУАЛЬНЫЙ МАКЕТ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Учащиеся Колосун Н.Д.¹, Шереметов Н.И.¹

Преподаватель Гордеюк А.В.²

¹Национальный детский технопарк, Минск, Беларусь

²Филиал «Минский радиотехнический колледж», Минск, Беларусь

Атомная электростанция (АЭС) — ядерная установка для производства энергии. Для осуществления этой цели используется ядерный реактор (реакторы) и комплекс необходимых систем, устройств, оборудования и сооружений с необходимым персоналом.

Целью проекта является создание макета энергоблока АЭС, который будет включать в себя следующие блоки: ядерный реактор, турбину, турбогенератор, повышающий трансформатор, вспомогательное тепломеханическое и электрическое оборудование, паропроводы и трубопроводы питательной воды и др. Создание макета энергоблока АЭС позволит увидеть его строение, как внутри, так и снаружи.

Для достижения, поставленной цели мы ставим следующие задачи:

1. Изучить принцип работы АЭС.
2. Изучить строение АЭС.
3. Изучить строение и принцип работы энергоблока АЭС.
4. Создание 3D-моделей энергоблока АЭС.

В ходе реализации проекта использовалось полигональное моделирование, позволяющее создать реалистичное окружение для визуализации. Построение модели осуществлялось полигонами, а также способом сплайн, этот способ позволяет создавать модели плавными сразу, без постепенного увеличения числа полигонов в сетке. Готовый макет энергоблока приведен на рисунке 1.

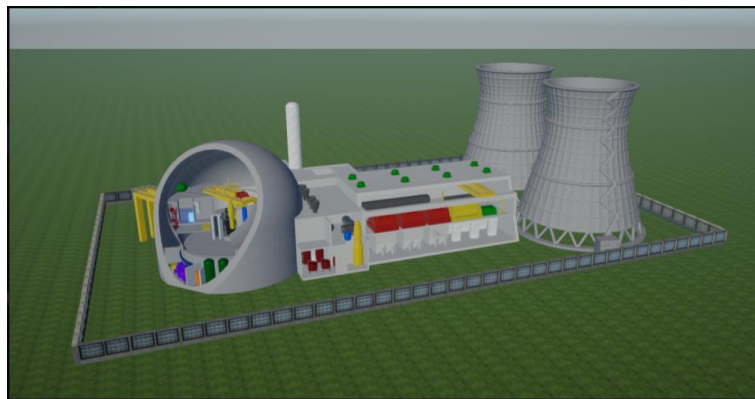


Рис. 1. Макет энергоблока

Визуализация проекта выполнена на платформе Unity, итоговый вариант доступен по ссылке: <https://drive.google.com/file/d/1876N66SbAA45h5c4fcQ01fY4jfqJqBpP/view?usp=sharing>, а также по QR-коду (рис. 2).



Рис. 2. QR-код макета энергоблока

Литература

1. Губанов, С.Г. Основы моделирования в среде FUSION 360: метод. указания / С.Г. Губанов. – М.: Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2019. – 80 с.
2. Торн, А. Искусство создания сценариев в Unity / А. Торн; пер. с англ. Р.Н. Рагимова. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 360 с.

УДК 621

ПРИМЕНЕНИЕ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТОЛЩИНЫ ОПТИЧЕСКИ ПРОЗРАЧНЫХ И ПОЛУПРОЗРАЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Студент гр. 11312118 Красневский Д.Ю.

Ст. преподаватель Ломтев А.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В массовом производстве оптоэлектронные датчики могут применяться как средства неразрушающего контроля материалов, имеющих полную или частичную оптическую прозрачность. В частности, к таким материалам относятся тонированные и многослойные стекла, закаленное стекло, прозрачные и полупрозрачные пластики, а так же пленки и покрытия.

Преимущества оптоэлектронных датчиков перед другими устройствами контроля таких материалов состоит в массовом и постоянном контроле материалов, простоте использования, отсутствии прямого физического контакта с материалом, совместимости с другими устройствами контроля и высокой помехозащищенности.

В состав оптоэлектронного датчика входит источник оптического излучения (И), приемник оптического излучения (П), среда передачи оптического излучения (М), сформированный оптический канал (ОК) и объект. Схема оптоэлектронного датчика представлена на рисунке 1. При измерениях, проводимых на различных покрытиях и пленках, источник и приемник излучения могут располагаться под углом друг к другу, что определяется геометрией объекта и свойствами покрытий.

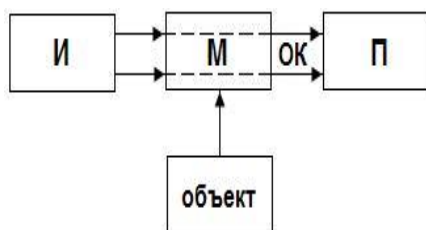


Рис. 1. Схема оптоэлектронного датчика

Измеряемый параметр объекта меняет характеристику оптического канала, которая регистрируется приемником. На основе полученных данных автоматизированная система или оператор принимают решение о годности контролируемого объекта.

Оптоэлектронные датчики могут применяться в машиностроении, авиастроении, производстве электроники, производстве пластмасс и стекла при условии, что материал или пленка имеют оптическую прозрачность или полупрозрачность.

УДК 629.7

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ СПУТНИКОВОЙ И ИНЕРЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Студент гр. 140811/15 (магистрант) Кузнецов И.Д.

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

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Задача безопасного приведения объекта в точку назначения является актуальной и по сей день. Очевидно, что навигационные системы, применяемые в современной гражданской технике, должны обладать высокой точностью. К сожалению, применение автономных систем инерциальной и спутниковой навигации в настоящее время не допустимо вследствие их низкой точности, что делает их использование не безопасным и рискованным. Одним из способов повышения точности системы является комплексирование выходной информации от спутникового приемника и инерциальной навигационной системы.

В результате проведенного анализа были выявлены основные преимущества и недостатки существующих схем комплексирования, исходя из которых было предложено такое направление модернизации, как внедрение микромеханических гироскопов и акселерометров, обладающих малой массой, габаритами, низким энергопотреблением и высоким ресурсом работы, что позволит значительно уменьшить габариты системы, ее стоимость, повысить надежность за счет уменьшения механических частей и введения электронных блоков.

Проведено моделирование работы дискретного фильтра Калмана в составе комплексной навигационной системы ЛА на базе слабо связанной схемы построения. В качестве чувствительных элементов БИНС были выбраны микромеханический гироскоп ММГ–100 и микромеханический акселерометр МА–20. Так как приемник СНС вырабатывает позиционную информацию с частотой 10 Гц, то в качестве периода дискретизации фильтра примем постоянную времени $T = 0,1$ с. Из результатов моделирования следует, что оценку построения вертикали следует проводить после завершения переходного процесса, который составил 90 с. Значение ошибки оценивания составило $0,2^\circ$. При оценивании систематической составляющей дрейфа гироскопа в начальный момент времени наблюдается обнуление ошибки, сопровождающееся «грубым» оцениванием. Более точная выработка оценки систематической ошибки происходит на интервале 90–150 с. Стоит отметить, что для акселерометра данный параметр не вырабатывается, так как эта переменная состояния не наблюдаема. Ошибка определения координат местоположения, определяемая точностью СНС, принимает установившееся значение через 25 с моделирования и составляет около 15 м. Из данного результата следует, что для увеличения точности измерения текущих координат местоположения необходимо применение спутниковой приемной аппаратуры, обладающей высокими точностными характеристиками.

Литература

1. Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий / К.К. Веремеенко [и др.]. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 280 с.

2. Ориентация и навигация подвижных объектов: современные информационные технологии / Б.С. Алешин [и др.]. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 424 с.

3. Матвеев, В.В. Основы построения платформенных систем / В.В. Матвеев, В.Я. Распопов. – СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ Электроприбор», 2009. – 280 с.

УДК 621.317.799:621.382

ПРЕЦИЗИОННЫЙ КОММУТАТОР ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕСТОВЫХ ПРИБОРНЫХ СТРУКТУР

Лисенков Б.Н., Гришковец И.А.
ОАО «МНИПИ», Минск, Беларусь

В системах контроля параметров полупроводниковых приборов (ПП), как правило, используют коммутатор, который может существенно исказить результаты измерений, что ставит задачу совершенствования традиционных и создания новых методов и средств коммутации.

Для контроля ПП обычно используют матричные коммутаторы, обеспечивающие соединение входов и выходов по принципу «любой к любому». Их основной недостаток связан с большим количеством реле. Это усложняет конструкцию и увеличивает искажения коммутируемого сигнала, особенно в области малых и больших токов и напряжений, несмотря на сравнительно высокую стоимость матричного коммутатора.

Повысить точность передачи испытательных сигналов при тестировании ПП можно с помощью гораздо более простого и менее затратного мультиплексного коммутатора. Однако, до последнего времени, применение таких коммутаторов было ограничено проведением испытаний, например, на надежность, на воздействие температуры т. п.

Для автоматизации процесса контроля параметров тестовых приборных структур с помощью мультиплексного коммутатора разработан метод коммутации, реализующий принцип «любой сигнал к любому электроду», который, благодаря упрощению конструкции коммутатора, обеспечивает более высокую достоверность, по сравнению с методом матричной коммутации.

Метод реализован на базе автоматизированного измерительного комплекса (АИК), включающего отечественный 4-х каналный измеритель вольтамперных характеристик (ВАХ) ИППП-1/3, мультиплексный коммутатор и персональный компьютер. Внешний вид АИК, в котором реализован предложенный метод коммутации, представлен на рисунке 1. Коммутатор расположен под измерителем ВАХ и содержит 4 секции, собирающий электрод каждой из которых соединен с соответствующим каналом измерителя ВАХ.



Рис. 1. АИК на основе мультиплексного коммутатора

Предлагаемый метод включает еще одну ступень коммутации, которую реализуют вручную при подключении с помощью кабелей устройства контактирования, например зондов, к коммутатору. С учетом этой ступени, метод обеспечивает автоматический выбор ОТ для тестовых модулей с идентичной разводкой (распиновкой) электродов тестовых приборных структур, что сужает его функциональные возможности, по сравнению с методом матричной коммутации, однако позволяет повысить достоверность контроля при существенном снижении издержек.

Технические характеристики коммутатора:

- конфигурация – $4 \times (1:12)$;
- количество триаксиальных входов / выходов – 4/48;
- тип и количество реле – герконы 48 шт.;
- ток смещения канала коммутации – $\leq 100 \text{ фА} (\leq 1 \cdot 10^{-13} \text{ А})$;

- напряжение смещения через 5 мин. после замыкания реле – $\leq 0,2$ мВ;
- сопротивление изоляции – ≥ 10 ГОм ($\geq 10 \cdot 10^{12}$ Ом);
- сопротивление канала коммутации (сопротивление пути) – $\leq 1,5$ Ом.

УДК 621

ТОЛЩИНОМЕР ВИХРЕТОКОВЫЙ МЕГЕОН 19210

Студент гр. 11312118 Макаревич У.В.

Ст. преподаватель Ломтев А.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Для выполнения измерений непроводящих покрытий без их нарушения применяются толщиномеры. Их действие основано на возбуждении вихревых токов Фуко в материале основания, на которое нанесено непроводящее покрытие.

В данной работе для неразрушающего контроля толщины неметаллических покрытий (краска, эмаль) на немагнитном основании (медь, алюминий) использовался толщиномер вихретоковый МЕГЕОН 19210 (рис.1).



Рис. 1. Толщиномер вихретоковый МЕГЕОН 19210

Принцип действия вихретокового толщиномера следующий: через катушку, которая находится в зонде толщиномера, протекает ток высокой частоты. Этот ток создает переменное магнитное поле. Поле, приближаясь к поверхности, возбуждает в ней вихревые токи. Токи Фуко или вихревые токи измеряются и распознаются этой катушкой.

На результат измерения влияет искривление поверхности исследуемого объекта. Этот эффект изменяется в зависимости от радиуса кривизны. Максимальный радиус кривизны исследуемого объекта составлял 11 мм. Минимальная толщина основания исследуемого объекта составляла 0,5 мм.

В толщиномере используется три типа калибровки. Базовая калибровка необходима при продолжительном неиспользовании прибора, при замене датчика или первоначальном использовании. Также предусмотрена калибровка нуля и калибровка по двум точкам.

Прибор чувствителен к изменению плоскости уровня поверхности исследуемого объекта. Поэтому результаты измерения, полученные на краю или в углублении поверхности объекта, будут ненадежными.

УДК 004.384

СИСТЕМА УДАЛЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВАМИ С MQTT

Учащийся Маринович Д. А.¹

Сицко В.А.², Андрейчук А.О.³

¹Национальный детский технопарк, Минск, Беларусь

²Институт информационных технологий БГУИР, Минск, Беларусь

³Филиал «Минский радиотехнический колледж», Минск, Беларусь

В современном мире технологии продвинулись до того, что можно управлять различными системами удаленно. Все больше людей нуждается в управлении устройствами из любого места.

MQTT – упрощенный сетевой протокол, работающий поверх TCP/IP, ориентированный на обмен сообщениями между устройствами по принципу издатель-подписчик.

MQTT или Message Queue Telemetry Transport – это легкий, компактный и открытый протокол обмена данными созданный для передачи данных на удаленных локациях, где требуется небольшой размер кода и есть ограничения по пропускной способности канала (рис. 1).

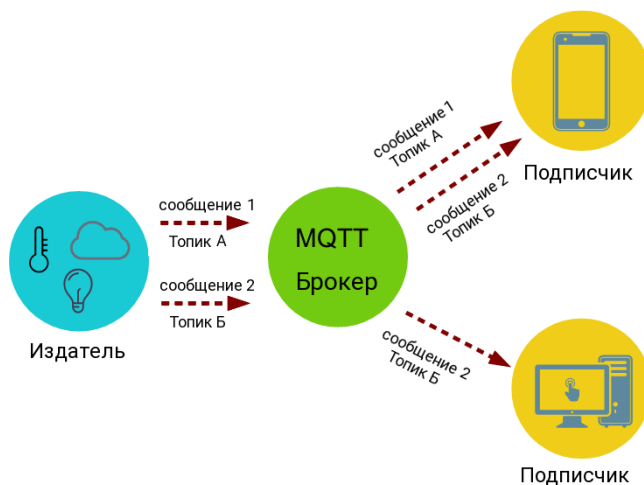


Рис. 1. Схема обмена сообщениями MQTT

С целью реализации проекта созданы функции:

Для управления микроконтроллером:

- scanWIFI() для поиска окружающих WiFi-сетей;
- WiFi_Other_Connect() для подключения к лучшей сети WiFi из объявленных;
- WiFi_Connect() для подключения к сети указанной внутри этой функции;
- callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) для получения значений из топиков на которые подписаны;

на которые подписаны;

- BrokerConnection() для подключения к брокеру, используется после разрыва соединения;
- setup() для настройки основных функций микроконтроллера;

Для управления компьютером:

- subscribe(client: mqtt_client) подключение топиков для получения данных;
- on_message(client, userdata, msg) для получения значений из топиков на которые подписаны;
- run(): бесконечный цикл для непрерывной работы программы.

Литература

1. Язык программирования Python [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://andreyex.ru/yazyk-programirovaniya-python>. – Дата доступа: 14.03.2022.
2. Введение в Rest API [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mcs.mail.ru/blog/vvedenie-v-rest-api>. – Дата доступа: 14.03.2022.

УДК 620.179.14

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ МАГНИТНЫЙ КОНТРОЛЬ АНИЗОТРОПИИ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА СТАЛЕЙ

Студент гр. 11302117 Маругин В.В.

Кандидат техн. наук Бурак В.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Создание принципиально новых и совершенствование уже существующих приборов неразрушающего контроля является важной прикладной задачей точного приборостроения. Импульсные магнитные анализаторы [1], предназначенные для контроля структурного состояния и связанных с ним механических свойств ферромагнитных материалов, получили широкое распространение в металлургии и машиностроении. Их работа основана на намагничивании импульсом магнитного поля, формируемым цилиндрической катушкой, и измерении феррозондовым преобразователем градиента остаточной намагниченности в центре области намагничивания.

В [2] показано, что для листового проката углеродистых сталей оценить наличие и степень влияния анизотропии механических свойств возможно посредством измерения величин градиента остаточной намагниченности на некотором расстоянии от центра области намагничивания в двух перпендикулярных направлениях, соответствующих направлениям вдоль и поперек прокатки. Исследования проводились при помощи намагничивающей системы прибора ИМА-6 [3]. Был сделан вывод о том, что контроль неоднородности механических свойств, возникающих при холодном прокате, может быть осуществлен по разности между измеренными на некотором, выбранном исходя из параметров импульсного магнитного поля, расстоянии от центра области локальной намагниченности для всех марок конструкционных среднеуглеродистых сталей, а для описания магнитной анизотропии стального листового проката после импульсного намагничивания было предложено использовать параметр $\delta_{\nabla H_r}$ (формула 1) представляющую собой относительную разницу между величинами измеренных вдоль и поперек направления прокатки градиентов нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности, взятых на некотором удалении от центра области намагничивания.

$$\delta_{\nabla H_r} = \frac{|\nabla H_{rn0i} - \nabla H_{rn90i}|}{\nabla H_{rn}} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где ∇H_m – величина градиента нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности в центре области локальной намагниченности; ∇H_{rn0i} – величина градиента нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности, измеренная вдоль направления прокатки на некотором i расстоянии от центра области локальной намагниченности; ∇H_{rn90i} – величина градиента нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности, измеренная поперек направления прокатки на некотором i расстоянии от центра области локальной намагниченности.

Для реализации разработанного метода была предложена конструкция датчика на основе датчика прибора ИМА-6, состоящая из намагничивающей катушки и трех феррозондовых преобразователей, один из которых расположен внутри катушки, а два других – на некотором расстоянии от него. Также разработана электрическая схема и алгоритм преобразования сигналов феррозондовых преобразователей. Использование разработанного датчика позволяет не только контролировать структурное состояние листового проката, но и оценивать анизотропию механических свойств по магнитным параметрам.

Литература

1. Матюк, В.Ф. Приборы магнитной структуроскопии на основе локального однополярного импульсного намагничивания / В.Ф. Матюк // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2012. – № 2. – С. 29–64.
2. Бурак, В.А. Анизотропия магнитных свойств листового проката из стали 35 / В.А. Бурак, В.Ф. Матюк, А.С. Счастный // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2019. – № 3. – С. 17–31.
3. Матюк, В.Ф. Импульсный магнитный анализатор ИМА-6 / В.Ф. Матюк [и др.] // Дефектоскопия. – 2009. – № 7. – С. 62–74.

УДК 681.515.8

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМБИНИРОВАННЫХ ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ

Выпускник ЦУО ИжГСХА, бакалавр Мезрин Г.И.
Д-р техн. наук, профессор Юран С.И.

Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, Ижевск, Россия

В связи с развитием автоматических систем управления, в частности, датчиков и регуляторов (контроллеров) появилось многообразие способов и схем регулирования микроклимата.

Целью работы стал выбор способа управления микроклиматом и его усовершенствования в производственных помещениях с постояннодействующей приточно-вытяжной системой вентиляции.

В качестве датчиков используются комбинированные датчики (преобразователи) влажности и температуры воздуха ПВТ10 или ПВТ100. Выбор в конкретном помещении зависит от температуры регулирования и от требуемой степени пыли-влагозащиты. В остальном параметры практически идентичны.

В качестве регулятора может использоваться любой промышленный логический контроллер, или программируемое реле, имеющие два и более аналоговых входов (4-20мА) и два и более дискретных (релейных) выходов. В нашей работе примером будет являться программируемое реле ОВЕН ПР-220.2.3.1.0, имеющее 8 дискретных и 4 аналоговых (4-20мА) входа и 8 дискретных выходов. Для подключения к ПК (например, для визуализации режимов управления) предусмотрен один интерфейс RS-485.

Исполнительным механизмом являются задвижки с электромагнитным приводом, например, клапан соленоидный серии SMART SM556. Подогрев (охлаждение) и увлажнение воздуха производится водяными канальными нагревателями/охладителями Korf WWN/Korf WLO, секциями сотового увлажнения Korf UTR U2/U3.

В зависимости от размеров помещения, количества рабочих мест и требуемой точности регулирования возможны три схемы автоматического управления.

1. Применяется один комбинированный датчик, который подключается к двум аналоговым входам регулятора. Управление клапанами происходит по закону ПИД-регулирования. Данный способ имеет существенный недостаток – температура и влажность в разных участках помещения могут быть различны, но не учтены системой.

2. Применяется два комбинированных датчика, при этом перед выполнением программы управления происходит расчет среднего значения полученных данных по температуре и влажности. Это повышает точность получения контролируемых параметров, но несколько удорожает систему в целом.

3. Применяется столько комбинированных датчиков, сколько существует рабочих мест, участков или помещений. При выборе данной схемы следует устанавливать канальное оборудование непосредственно в тех каналах, которые подходят к зоне управления. Эта схема является наиболее точной в регулировании, но при этом и самой дорогостоящей. Так как на один комбинированный датчик требуется два аналоговых входа, то при количестве помещений больше двух в схему нужно будет добавить модули расширения ПРМ-2.

Примечание: в схемах 1 и 2 канальное оборудование размещается в основном приточном канале.

Литература

1. Секция сотового увлажнения UTR U2 и U3. – <https://www.po-korf.ru/equipment/14/63/>
2. Водяные воздухоохладители WLO. – <https://www.po-korf.ru/equipment/9/172/>
3. Водяные нагреватели WWN. – <https://www.po-korf.ru/equipment/9/170/>
4. Клапаны электромагнитные прямого действия SM5563 (H3). – https://shop-watervalve.ru/category/klapany/klapany-elektromagnitnye-dlya-vody-i-para-vysokogo-davleniya/category_85/
5. ПР200 программируемое реле с дисплеем. – <https://owen.ru/product/pr200>
6. ПВТ10 датчик (преобразователь) влажности и температуры воздуха. – <https://owen.ru/product/pvt10>
7. ПВТ100 промышленный датчик (преобразователь) влажности и температуры воздуха. – <https://owen.ru/product/pvt100>

УДК 681.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ СВЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ПОВЕРХНОСТНОЙ ФОТО-ЭДС

Аспирант Микитевич В.А., студенты гр. 11303118 Мочалов Д.С., Баранов К.Д.

Д-р техн. наук, профессор Жарин А.Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

При измерении поверхностной фото-ЭДС полупроводниковых пластин возникает вопрос нормирования светового потока при его модуляции. Если используется светодиодный источник света, то наиболее оптимальным будет широтно-импульсная модуляция [1].

Рассмотрим процессы, протекающие в поверхностном слое полупроводника при воздействии света. Генерация неравновесных носителей заряда (ННЗ) под действием светового излучения осуществляется по экспоненциальному закону и зависит от времени жизни ННЗ. При этом процесс рекомбинации ННЗ более медленный, чем процесс генерации [2].

При освещении полупроводника прямоугольными импульсами света малой частоты процесс генерации (рекомбинации) ННЗ будет успевать происходить за период. Если увеличить частоту следования импульсов светового излучения, то процессы генерации (рекомбинации) ННЗ будут выглядеть как на рисунках 1 и 2.

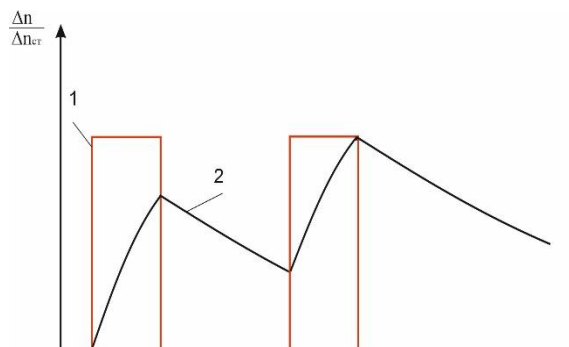


Рис. 1. Генерация и рекомбинации ННЗ при пониженной частоте импульсов: 1 – импульс светового излучения; 2 – процесс генерации (рекомбинации) ННЗ

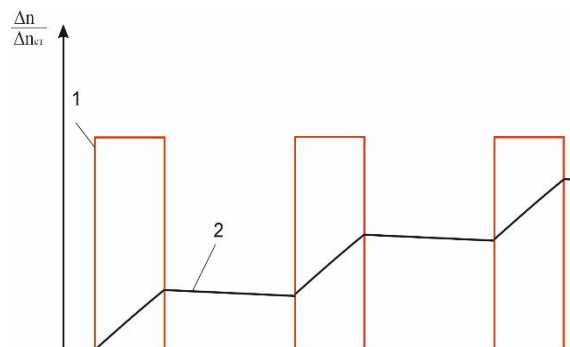


Рис. 2. Генерация и рекомбинации ННЗ при повышенной частоте импульсов: 1 – импульс светового излучения; 2 – процесс генерации (рекомбинации) ННЗ

В случае применения широтно-импульсной модуляции (ШИМ) светового излучения, критерием выбора частоты ШИМ будет величина удельного изменения концентрации ННЗ.

В случае исследования поверхности полупроводниковой пластины с большим временем жизни носителей заряда, изменение концентрации ННЗ за один период ШИМ сигнала будет незначительным (рисунок 2). Если время жизни носителей заряда мало, то за один период ШИМ сигнала концентрация ННЗ будет увеличиваться, а затем спадать до некоторого значения (рисунок 1). Однако, если при измерении поверхностной фото-ЭДС выполнять интегрирование сигнала за период ШИМ, то получим усредненное значение отклика на воздействие света.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что ШИМ светового излучения при измерении поверхностной фото-ЭДС будет аналогично линейному изменению интенсивности светового излучения для полупроводниковых пластин с малым и большим значением времени жизни ННЗ.

Благодарность: работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь, а рамках выполнения гранта на 2022.

Литература

1. Микитевич, В.А. Методы реализации модуляции светового излучения для фотостимулированной зондовой электрометрии / В.А. Микитевич, А.Л. Жарин // Новые направления развития приборостроения: материалы 14-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов, 14–16 апреля 2021 г. – Минск: БНТУ, 2021. – С. 41–42.
2. Рывкин, С.М. Фотоэлектрические явления в полупроводниках / С.М. Рывкин. – М.; Физматгиз, 1963. – 496 с.

УДК 681

КВАДРОКОПТЕРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА

Студенты гр. 11312119 Михалюто К.А., Колягин Е.В.

Кандидат техн. наук, доцент Воробей Р.И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Квадрокоптеры широко используются в промышленности и на практике доказали свою эффективность. Применяют их в неразрушающем контроле газопроводов и нефтепроводов, а также тепловых сетей.

Цель научной исследовательской работы: Выбор доступного в Республике Беларусь квадрокоптера для контроля тепловых сетей в условиях города.

В стандартной комплектации квадрокоптеры, например, оснащаются фото- и видеокамерами высокого разрешения, возможна использование навесного оборудования. На рисунке 1 представлен квадрокоптер DJI Matrice 300, который возможно купить в Республике Беларусь.



Рис. 1. Квадрокоптер DJI Matrice 300 и его характеристики [0]

Использование квадрокоптеров позволяет решать следующие задачи:

- поиск утечек на всем протяжении трубопроводов горячей воды, независимо от труднодоступности района;
- предотвращение аварийных ситуаций и экологических последствий;
- оценка технического состояния существующей системы отопления;
- обнаружение участков магистрали, место прокладки которых отличается от проектного;
- экологический мониторинг районов прохождения магистрали отопления;
- обнаружение мест обвала и подмывания грунта и других природных явлений, способных нарушить плановую работу магистрали.

Квадрокоптеры гораздо дешевле вертолетов, не говоря уже о самолетах, позволяют при обследовании тепловых сетей решать те же задачи сокращая экономические затраты на проведение контроля.

Литература

1. Квадрокоптер DJI Matrice 300. Магазин квадрокоптеров в Минске. – Минск, 2022. – <https://coptermarket.by/dji-shop/drones/promyshlennye-kvadrokopty/matrice-300>

УДК 681.2.08

НОРМИРУЮЩИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ ТЕРМОПАР КАК ЧАСТЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Магистрант Мороз А.С.

Кандидат техн. наук, доцент Тявловский А.К.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Ряд задач измерения, управления и контроля технологическими процессами требует интеграции нормирующего преобразователя сигналов термодатчиков (далее НПТ) в информационную измерительную систему (далее ИИС).

Термодатчики являются простым и надежным датчиком температуры, предназначенного для осуществления точных измерений в довольно широких температурных диапазонах, при этом обладая низкой инерциальностью, высокой коррозионной стойкостью, отсутствием саморазогрева

измерительного спая. Номинальные статические характеристики преобразования термопар приведены в ГОСТ Р 8.585-2001.

Конструктивно НПТ выполнен в стандартном пластиковом корпусе, предназначенном для крепления на стену или в бокс (DIN-рейка). Корпус состоит из двух частей, соединяемых между собой при помощи винтов. Внутри корпуса расположена печатная плата. Простая и унифицированная конструкция обеспечивает высокую технологичность сборки прибора, простоту применения и монтажа. Конструкция представлена на рис. 1.

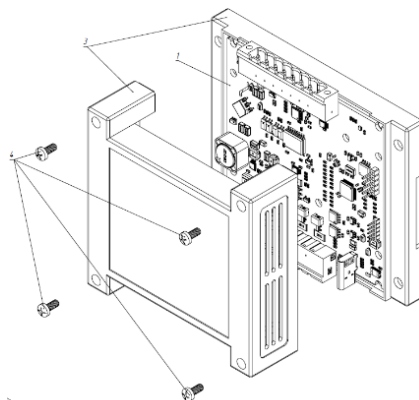


Рис. 1. Разнесенная сборка нормирующего преобразователя для термопар: 1 – печатная плата; 2 – корпус; 3 – крепежные винты

НПТ измеряет, нормирует и преобразовывает выходное напряжение термопары в цифровое значение температуры с двух термопар [1]. Внешние интерфейсы: RS-485; CAN; токовая петля 4-20 мА, обеспечивают гибкие возможности подключения НПТ к ИИС.

Применение НПТ в измерительной информационной системе позволяет получить:

- Измеренные значения температуры различных сред и объектов по унифицированным интерфейсам и протоколам уже в цифровом виде;
- Широкий спектр типов подключаемых термопар: ТХА (К); ТПП (S); ТХК (L); ТХК (L); ТНН (N); ТПП(R); ТПР (В)
- Увеличении номенклатуры измеряемых точек температуры;
- Увеличивается производительность измерительных операций, и за счет их автоматизации уменьшается влияние человеческого фактора;
- Несколько измерительных входов, позволяют расширить области применения: дополнительное резервирование измерения (множественный контроль температуры в печи) или дифференциальное измерения температуры (замкнутый теплоносущий контур).
- Возрастает число выполняемых функций системы.

Литература

1. Manual on the Use of Thermocouples In Temperature Measurement, Fourth Edition. – Philadelphia: Revision of ASTM Special Publication, 1993. – 548 p.

УДК 620.179.1.05

ОПТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КОРПУСОВ ИЗ СТАЛИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ FARO PRIME

Студенты гр.11312117 Москалёва А.В, Хомич Е.М.

Ст. преподаватель Куклицкая А.Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Контроль качества корпусов из стали является важным и неотъемлемым компонентом, так как корпус является связующим узлом в различных приборах и системах. Несоответствие готового корпуса конструкторской документации может привести к проблемам на этапе сборки или непродолжительному сроку службы всей конструкции.

Целью работы является разработка методики контроля корпусов из стали с применением координатно-измерительной машины FARO PRIME. Актуальность работы подтверждает отсутствие существующих методик.

Устройство Faro Prime (рис. 1) – это многоосевой шарнирно-сочлененный манипулятор типа «рука» со сферической рабочей зоной. Каждый шарнир оснащен датчиком контроля угловых перемещений. После обработки сигналов с этих датчиков данные о положении передаются в компьютер по USB-кабелю или с помощью беспроводного подключения Bluetooth. Одно из преимуществ использования FARO для контроля корпусов из стали является оснащение полупроводниковым температурным сенсором, встроенным в каждый шарнир. Он постоянно следит за температурой, затем разница температур применяется к математическим формулам или кинематической схеме, которые определяют положение Faro в трехмерном пространстве. Контакт FARO PRIME с объектом контроля осуществляется с помощью специального щупа (рис. 2).



Рис. 1



Рис. 2

Разработанная методика контроля включает в себя следующие основные пункты:

1. Подготовка объекта контроля (осмотр ОК на наличие заусенцев, зарезов, стружки).
2. Подготовка места контроля (очистка плиты от грязи).
3. Фиксирование объекта контроля в пространстве с помощью тисков.
4. Запуск FARO PRIME с помощью нажатия кнопки ВКЛ.
5. Запуск SMART INSPECT на ПК.
6. Выбор режима контроля (в SMART INSPECT существуют различные режимы контроля: измерение линейных размеров, измерение отклонений от формы и др.).
7. Выбор базовой плоскости путем касания щупом в трех точках (фиксация точки происходит путем нажатия зеленой кнопки).
8. Выбор второй плоскости путем касания щупом в трех точках.
9. Нажатие красной кнопки.
10. Вывод результата на экран.

Измерение продолжается в различных режимах до окончания контроля.

Разработанная методика может применяться на любом металлообрабатывающем производстве при наличии устройства FARO PRIME, которое сокращает время контроля и повышает точность.

УДК 612(07)

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

Студент гр. 10609120 Ницецки Л., аспирант Чжан Ю., студент гр. 10603121 Михалёв С.А.

Кандидат техн. наук, доцент Савкова Е.Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Цифровизация общества практически во всех сферах деятельности повышает эффективность информационных процессов и одновременно способствует все большей зависимости людей от телевизоров, смартфонов, компьютеров и т. д. Цифровые технологии используются детьми для

игр и обучения. Например, в США дети с первого классов ходят с ноутбуками, в некоторых школах есть предметы по набору текстов на время в рамках программы «Один на один» [2]. Возникает необходимость многоаспектного анализа процессов взаимодействия людей с цифровыми изображениями. Согласно ГОСТ Р 52872-2019 цифровое изображение – это «контент, доводимый до пользователя через его органы чувств с помощью пользовательского приложения, часто не требующий соответствия стандарту», представляемый в форме видео с определенной областью просмотра, возможностями визуальной подстройки, особенного восприятия, изменения контекста и т. д. Цифровое изображение есть система взаимодействующих технического и программного обеспечения, это первичный неточечный оптический излучатель, несущий смысловую психоэмоциональную нагрузку.

На влияние цифровых изображений можно выделить позитивный вектор. В исследовании других авторов показало, использование повышает эффективность образовательного процесса. Воздействие цифровых технологий на психоэмоциональное состояние и работоспособность обучающихся показало активацию их умственной деятельности, повышение учебной мотивации и самостоятельности [3, 4].

В научной литературе используют слова «синдром компьютерного зрения» (CVS – chorionic villus sampling) – термин, описывающий различные глазные заболевания, связанные с частым использованием компьютеров, планшетов и смартфонов. Многие люди испытывают дискомфорт в глазах. Уровень дискомфорта, по-видимому, увеличивается с увеличением количества использования цифрового экрана. Просмотр компьютера или цифрового экрана отличается от чтения печатной страницы. Часто буквы не такие четкие или резкие, уровень контраста букв с фоном снижен, а наличие бликов и отражений на экране может затруднить просмотр. Симптомы такого заболевания: напряжения в глазах, головные боли, боль в шее и плечах. Все это может быть вызвано плохим освещением помещения, в котором вы находитесь, плохая осанка, наличие патологий со зрением. CVS также можно диагностировать с помощью комплексного обследования глаз.

При просмотре контента иногда происходит существенное изменение яркости какого-либо объекта, называемое вспышкой, которой может вызвать эпилептический припадок. В ГОСТ Р 52872-2019 указано что норма, когда происходит не более трех вспышек или красных вспышек за секунду. При этом общая площадь вспышек не превышает 0,006 стерадианов в пределах 10 градусов визуального поля на экране при обычном отдалении глаз от экрана.

Литература

1. Opinion on Potential risks to human health of Light Emitting Diodes Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks SCHEER; 9th plenary meeting on 5–6 June 2018. – 92 p.
2. Опыт реализации модели 1:1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://surl.li/bneor/>. – Дата доступа: 12.03.2022.
3. Морфофункциональные и психофизиологические особенности адаптации школьников к учебной деятельности / Д. З. Шибкова [и др.]. – Челябинск : Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, 2016. – 380 с.
4. Байгужин, П. А. Факторы, влияющие на психофизиологические процессы восприятия информации в условиях информатизации образовательной среды / П. А. Байгужин, Д. З. Шибкова, Р. И. Айзман // Science for Education Today. – 2019. – Т. 9. – № 5. – С. 48–70.

УДК 621.383.4

АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ФОТОНИКИ В ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭФФЕКТОВ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Студент гр. 10609120 Ницецки Л., аспирант Чжан Ю., студент гр. 10603121 Михалёв С.А.
Кандидат техн. наук, доцент Савкова Е.Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Световая среда для работы и отдыха людей в помещениях представляет собой совокупность взаимодействующих источников оптического излучения: 1) естественного света, проникающего через прозрачные оконные проемы и потолки; 2) искусственного общего и локального освеще-

ния; 3) электронных приборов – телевизоров, компьютеров, смартфонов; 4) отражающих поверхностей. Это динамическая система, состоящая из факторов ближнего и дальнего окружения, находящаяся в равновесных и неравновесных состояниях, оказывающая воздействие на зрительные и нейроповеденческие функции организма человека, состояния утомляемости и релаксации. Негативной составляющей являются эффекты нестабильности оптического излучения: стробоскопический эффект, фликер, мигание мониторов, телевизоров, а также вспышки видеоконтента, просматриваемые на смартфоне. В работе [1] приведены результаты измерений реакций зрачка на мерцающий свет с частотами 0,7 Гц и 1,0 Гц. Результатом эксперимента послужило, что на большинство частот мерцания вызывали последовательные колебания зрачка.

Стробоскопический эффект – это явление искажения зрительного восприятия вращающихся, движущихся или сменяющихся объектов в мелькающем свете, возникающее при совпадении кратности частотных характеристик движения объектов и изменения светового потока во времени [2]. На производстве из-за пульсирующего света, падающего на объекты, возникает иллюзия, когда вращающиеся предметы, кажутся неподвижными, является одной из частых причин травматизма на производстве с тяжелыми последствиями. Пульсации или же микромерцания ламп, невидимы для глаза, но отрицательно влияют на нейрофизические функции организма. Количественной мерой фликера является параметр P_{sLM} согласно ГОСТ ИЕС 61547-2013, а стробоскопического эффекта - параметр SVM (ИЕС TR 63158). Пульсации освещенности, частотой до 300 Гц, на рабочих местах не должны превышать 20 %, в некоторых случаях – 10 % [2]. Коэффициент пульсации ламп рассчитывается по формуле [2]:

$$K_{п} = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2E_{\text{ср}}} 100, \quad (1)$$

где E_{\max} – максимальное значение светового потока, E_{\min} – минимально значение светового потока, $E_{\text{ср}}$ – среднее значение светового потока от лампы.

Современные смартфоны, телевизоры, мониторы по устройству дисплея примерно схожи. Все они используют светодиодную подсветку, которая испускает свет на матрицу, что по принципу действия схоже со светодиодной лампой. Коэффициент пульсации монитора или мерцание зависит устройства, а также выставленного уровня яркости. При максимальной яркости ЖКИ-мониторы должны пульсировать на безопасном для здоровья уровне. Рецепторы глаза воспринимают колебания света с частотой до 300 Гц. Более высокая частота не оказывает негативного влияния на зрение и общую работоспособность, о чем упоминается в ГОСТ 33393-2015 [3]. Актуальным направлением фотоники также является исследование вспышек (относящихся к редким событиям), возникающих во время просмотра видеоконтента.

Литература

1. Naber M., Alvarez G. A., Nakayama K. Tracking the allocation of attention using human pupillary oscillations // *Frontiers in psychology*. – 2013. – Vol. 4. – P. 919.
2. СН 2.04.03-2020 Естественное и искусственное освещение– Введ. 24.03.2021. – Минск: Минстройархитектуры, 2021. – 86 с.
3. ГОСТ 33393-2015: Методы измерения коэффициента пульсации освещенности.– Введ. 01.01.2017. – М.: Стандартинформ, 2019. – 15 с.

УДК 621

ПРИБОР НА ОСНОВЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН

Студент гр. 11312118 Осмоловец Д.В.

Ст. преподаватель Ломтев А.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Поверхностные акустические волны (ПАВ) – это так называемые упругие волны, которые распространяются вдоль границы твердого тела с другими средами или вдоль свободной поверхности твердого тела и затухают при удалении от границы. Одним из приборов, основанных ПАВ, является пьеджер.



Рис. 1. Внешний вид пейджера

Его называют приемником персонального вызова. Сейчас они практически не используются, но раньше были очень популярны. Пейджер устроен таким образом: по пейджинговой сети посылаются сообщения и их принимает пейджер. При покупке этого устройства пользователь определялся с тарифным планом, после чего за ним был закреплен определенный номер, и когда на этот номер поступало сообщение, пейджер находил его из общего потока. Для отправки сообщения на пейджер необходимо было совершить звонок в колл-центр и сказать оператору номер своего устройства, после чего текст поступал на пейджер абонента. Некоторые компании позволяли отправлять сообщения через интернет, но это не пользовалось большим спросом, так как доступ к нему находился еще на начальном этапе развития. Также пейджер имел запоминающее устройство, которое позволяло записывать полученные сообщения и затем просматривать их совершенно в любое время. Но самым большим минусом его была односторонняя связь. Устройства ничего не отправляли, так как конструктивно работали только на прием. Из-за этого с начала 2000-х годов популярность пейджеров стала постепенно падать и все больше пользователей стали покупать сотовые телефоны.

УДК 621

ЕМКОСТНОЙ БЕСКОНТАКТНЫЙ ДАТЧИК УРОВНЯ

Студент гр. 11312118 Париза И. А.

Ст. преподаватель Ломтев А. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Емкостные датчики уровня получили широкое применение в промышленности. Датчики типа KQ10 используются для контроля заполнения резервуаров жидким веществом: маслами и смазками, водой и водными растворами, охлаждающими жидкостями.

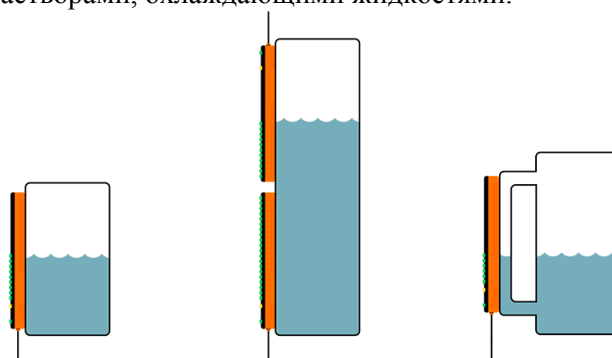


Рис. 1. Емкостной датчик уровня жидкости KQ10

Контроль уровня производится непосредственно через непроводящую стенку резервуара и не требует прямого контакта с измеряемым веществом.

Чтобы наиболее надежно определить уровень жидкости в сосуде, можно установить датчик на байпасную непроводящую трубу диаметром от 10 мм.

Для упрощения монтажа и уменьшения количества датчиков контроля состояний резервуара (пустой, заполненный и переполненный) используются три точечных сигнализатора. Так же датчики такого типа могут сигнализировать о наличии налипания на стенках емкости.

На панели устройства размещены 16 сегментов, которые после изменения диэлектрической проницаемости среды высвечивают на LED индикаторе уровень заполнения резервуара в процентах (от 0 до 100).

Емкостной датчик уровня жидкости KQ10 может реализовывать непрерывный контроль заполнения на расстояние до 25 см. Существует возможность измерять уровень до 50 см путем соединения двух датчиков с помощью IO-Link.

Обладают высокой эффективностью благодаря контролю процесса и хорошей чувствительностью.

УДК 681

ТРЕХСТУПЕНЧАТАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ.

Студенты гр. 11301119 Перевитый Е.П., Тыдыкова А.В.

Ст. преподаватель Василевский А.Г., ассистент Безлюдов А.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Любая телекоммуникационная система (к примеру система безопасности административной единицы) использует различные уровни питающего напряжения для входящих систем и устройств. При этом создается распределенная система электропитания, назначение которой обеспечить бесперебойное, надежное и качественное электроснабжение различных устройств.

В настоящее время наиболее целесообразно использовать систему питания с промежуточной шиной (IBA), в которой используются три ступени (уровни) понижения напряжения первичной сети.

На третьем (высшем) уровне преобразователь преобразует переменное сетевое напряжение в постоянное стабилизированное напряжение 48В. Задачей второго уровня является снижение напряжения 48В до 24, 12, 8 и т. д. в зависимости от конкретного питания блоков. И далее для питания каждой из плат (модулей) питание стабилизируется импульсными понижающими преобразователями. Каждый уровень использует свои схемотехнические, конструктивные решения и элементную базу. В результате, в общем и целом снижаются потери за счет высокого КПД преобразователей, снижается нагрев и потери в проводах.

Сочетание сложных систем с современными микроконтроллерами требует синхронизации по питанию, а также последовательности подачи питания на различные уровни. Это связано с тем, что при переходе из спящего режима в рабочий возникают опасные переходные режимы с резким увеличением токов в отдельных цепях. Кроме правильной последовательности еще очень важно обеспечить контроль скорости нарастания выходных напряжений источников питания.

Для примера, рассмотрим импульсные стабилизаторы напряжения компании Analog Devices ADP2384/ADP2386, использование которых решит данные проблемы.

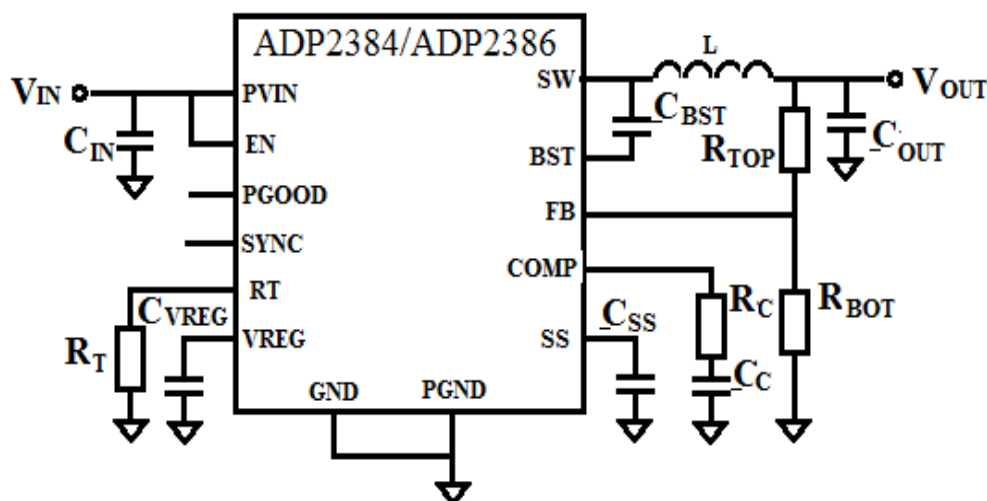


Рис. 1. Схема ИМС импульсного стабилизатора со встроенным FET-транзистором

Входное напряжение импульсного стабилизатора до 20В (оптимальное 12В), ток нагрузки до 6А, синхронизация режима включения и режим ограничения скорости нарастания выходного напряжения.

УДК 621.3.049.77: 681.586

КОНВЕРТЕР ДЛЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ УСТРОЙСТВ

Студент гр. 942891 Песецкий В.С.¹

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

¹Белорусский государственный университет информатики и

радиоэлектроники, Минск, Беларусь,

²ОАО «МНИПИ», Минск, Беларусь

В настоящее время широкое распространение получили беспроводные сенсорные сети. По мнению инженеров и исследователей, беспроводные сенсорные сети как единое целое являются важнейшей технологией для двадцать первого века. Последние разработки в области MEMS-сенсоров и беспроводной связи позволили создать высокоэффективные, маломощные, миниатюрные, интеллектуальные датчики, которые могут быть развернуты в широком пространстве и могут быть связаны через беспроводные каналы связи и Интернет для различных гражданских и военных приложений [1, 2].

При построении беспроводных сенсорных устройств ключевым звеном является конвертер, обеспечивающий беспроводную связь между сенсорными элементами и регистратором данных. На рис.1 представлен разработанный модуль конвертера, осуществляющий преобразование и передачу данных по протоколу беспроводной связи Bluetooth.

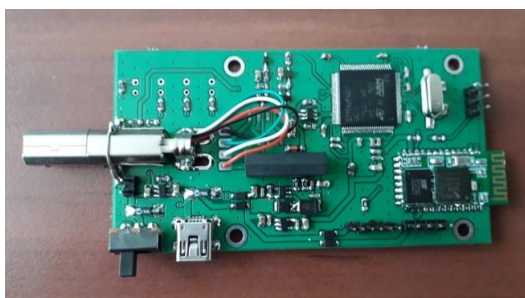


Рис. 1. Модуль конвертера Bluetooth для беспроводных сенсорных устройств

Связь конвертера с сенсорными элементами осуществляется посредством внешней шины USB. В конвертере в качестве микроконтроллера использована микросхема STM32F407VGT6TR с архитектурой Cortex M4, тактовой частотой 168 МГц, объемом флеш-памяти 1 МБ. Обмен данными между конвертером и регистратором осуществляется по протоколу беспроводной связи Bluetooth. С этой целью в конвертере применен модуль связи HC-06, работающий на частоте 2,4 ГГц, со скоростью обмена 9600 бод, дальностью связи до 10 м. В качестве регистратора данных может быть использован электронный планшет или смартфон с установленным прикладным ПО. Основные требования к операционной системе регистратора данных – Android 7.0 и выше. Вывод данных на панели регистратора осуществляется в цифровой и графической форме с последующим запоминанием и формированием архивов данных.

Разработанный конвертер использован в беспроводной сенсорной системе контроля параметров окружающей среды: температуры, влажности, давления, освещенности.

Литература

1. Беспроводная сенсорная сеть (WSN): структура, классификация, топологии. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://digitrode.ru/articles>.

2. Пьявченко О.Н., Панин А.Е., Мокров А.Е. Принципы построения и архитектура перспективных информационно-измерительных систем мониторинга, диагностики и управления на базе интеллектуальных датчиков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.microsystems.ru/files/publ>.

УДК 620.179.162

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА С ПРИМЕНЕНИЕМ ФАЗИРОВАННЫХ РЕШЕТОК

Студент гр.11312117 Пехов Н.Н.

Ст. преподаватель Самарина А.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Неразрушающий контроль качества магистральных трубопроводов является ответственной задачей, так как трубопровод – это важнейшая часть множеств инфраструктур, начиная с жилищно-коммунальной и заканчивая мировой торговой.

Целью работы является разработка методики контроля магистрального трубопровода ультразвуковым неразрушающим методом контроля с применением технологии фазированных решеток.

В трубопроводах важнейшим местом для контроля является именно сварной шов, так как вполне очевидно, что качество сварных швов влияет на функциональность всей конструкции и дефекты, в свою очередь, приводят к ослаблению прочности и разрушению этой конструкции.

В качестве средства контроля представлен ультразвуковой дефектоскоп SyncScan который объединяет в одном корпусе: традиционный ультразвук (UT), метод фазированной решетки (РА), TOFD-метод, ультразвуковая толщинометрия (ТГ).

В процессе контроля специальный сканер UNTS-X02 с установленными на нем датчиками крепится к объекту контроля (рис. 1), перемещается вдоль сварного соединения и на экране дефектоскопа отображается результат проведения контроля (рис. 2).



Рис. 1



Рис. 2

Для более тщательного и удобного исследования результатов контроля, полученную информацию можно сохранить на SD карту и расшифровать на персональном компьютере с помощью программного обеспечения SuporUp.

Разработанная методика может применяться для контроля сварных соединений любых трубопроводов диаметром от 500 до 1000 мм. Если необходимо провести контроль трубопроводов других диаметров, то следует использовать сканер другой модели, подходящий по диаметру.

УДК 654.9

СИСТЕМЫ ПОЖАРНОЙ И ОХРАННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ СКЛАДА АЛКОГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Студент гр. 31301218 Потапенко Д.В.

Кандидат техн. наук, доцент Мисюкевич Н.С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Для склада алкогольной продукции разработаны проекты систем пожарной и охранной сигнализации. Система пожарной сигнализации (СПС) обеспечивает обнаружение пожара. Система охранной сигнализации (СОС) обеспечивает обнаружение проникновения (попытки проникновения) нарушителя. При обнаружении пожара СПС формирует управляющий сигнал на запуск

системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре и передает дискретный сигнал «Пожар» на объектовое оконечное устройство системы передачи извещений о пожаре «Молния» (ООУ СПИ «Молния»). При возникших неисправностях СПС передает дискретный сигнал «Неисправность» на ООУ СПИ «Молния». При обнаружении проникновения (попытки проникновения) СОС передает в соответствии с «Протоколом информационно-логического обмена информацией между ПЦН и ППКО» в СПИ «АСОС Алеся» по ETHERNET/GPRS каналу связи извещение «Тревога» на пульт подразделения Департамента охраны МВД Республики Беларусь.

Состояние СПС и СОС отображаются на единичных светодиодных индикаторах приборов приемно-контрольных.

Путем раннего обнаружения опасных факторов пожара обеспечивается пожарная безопасность объекта, а с помощью раннего обнаружения проникновения (попытки проникновения) обеспечивается охрана материальных ценностей от хищения.

Для автоматического обнаружения пожара применяются дымовые оптико-электронные пороговые извещатели. Для ручного формирования сигнала «Пожар» применяются ручные электроконтактные извещатели.

Для обнаружения проникновения применяются:

- магнитоконтактные извещатели, извещатели контроля разрушения остекленных конструкций (1 рубеж охраны);
- оптико-электронные пассивные инфракрасные извещатели (2 рубеж охраны).

УДК 621.314.21

КОНТРОЛЬ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМОГО ДАВЛЕНИЯ МЕДИЦИНСКОГО СТЕНТА

Студент гр. 11312117 Потапова Ю.Д.

Ст. преподаватель Самарина А.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Испытания продукции основного производства проводятся для обеспечения качества и стабильности характеристик выпускаемой продукции, а также подтверждения соответствия выпускаемой продукции требованиям, установленным в технических нормативных правовых актах.

Целью работы является создание прибора для контроля предельно допустимого давления медицинского стента.

Тестер давления 2766 1UP с обнаружением утечек представляет собой гидравлический тестер разрыва, разработанный для клиентов, занимающихся разработкой и производством катетеров для ангиопластики. Система управления дает возможность выбирать различные циклы давления для продуктов с особыми требованиями и сохранять их в виде набора данных. Машина подает дистиллированную воду под давлением и может выполнять следующие тесты:

- испытание на разрыв: давление непрерывно нарастает до давления разрыва;
- испытание на соответствие: давление создается поэтапно с использованием до 10 точек измерения для каждого шага.

– множественное испытание на надувание: повторное нарастание одного и того же давления.

Испытания, в соответствии со стандартной методикой, проводят следующим образом:

- стент-систему погружают на одну минуту в воду температурой $(37 \pm 2)^\circ\text{C}$;

Испытания проводят сразу же после выдерживания в воде;

- вставляют соответствующие вспомогательные устройства (например, проволочный проводник, тело интродьюсера);

– испытуемый образец вместе с системой доставки подсоединяют к системе задания давления и равномерно повышают давление (со скоростью 0,5–1,0 атм./с или в соответствии с данным, рекомендованным производителем на упаковке) до достижения уровня 120 % значения максимально рекомендуемого рабочего давления, указанного изготовителем;

- выдерживают образец под установленным давлением не менее 30 с, после чего спускают баллон в соответствии с инструкцией по применению.

Стент-система считается выдержавшей испытание, если не произошло отклонений от нормальной работы: разрыва, прокола или другого нарушения герметичности, а также выпячиваний или перерастяжений баллона (рис.1).

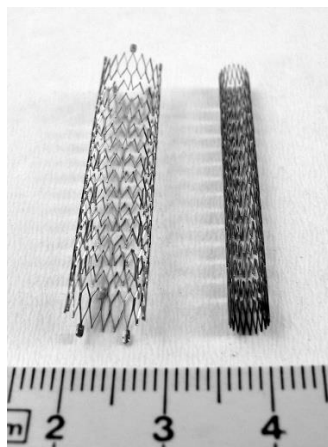


Рис. 1. Пример стента, выдержавшего испытание

Разработанная методика может применяться для контроля предельно допустимого давления медицинского стента.

УДК 654.9

СИСТЕМЫ ПОЖАРНОЙ И ОХРАННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ РЕСТОРАНА БЫСТРОГО ПИТАНИЯ

Студент гр. 31301218 Пранович В.Д.

Кандидат техн. наук, доцент Мисюкевич Н.С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Для ресторана быстрого питания, находящегося на первом этаже жилого дома, разработаны проекты систем пожарной и охранной сигнализации. Система пожарной сигнализации (СПС) предназначена для обнаружения пожара на начальной стадии, а также формирования сигнала на запуск системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ), передачи сигналов «Пожар» и «Неисправность» на пункт диспетчеризации пожарной автоматики МЧС. Система охранной сигнализации (СОС) обеспечивает охрану материальных средств ресторана быстрого питания от хищения в нерабочее время.

Системы пожарной и охранной сигнализации являются двумя отдельными самостоятельными системами обеспечения безопасности. Извещатели СОС, так же, как и СПС соединяются между собой радиальными шлейфами. Взаимодействие СПС с другими инженерными системами ресторана организована на релейном уровне. Информация о состоянии СОС отображается на панели индикации, которая расположена на корпусе приемно-контрольного прибора и дублируется на пульт централизованного наблюдения подразделения охраны МВД при помощи GSM связи. Информация о состоянии СПС отображается на выносной панели контроля и индикации, сигналы об обнаружении неисправности и пожара дублируются на пункт диспетчеризации пожарной автоматики МЧС.

Для круглосуточного функционирования устанавливается резервируемый источник электропитания. Резервируемый источник электропитания обеспечивает работу пожарной сигнализации не менее 24 ч в состоянии «Дежурный режим» и не менее 3 ч в состоянии «Пожар». Для СОС обеспечена круглосуточная работа от резервного источника питания не менее 24 ч в дежурном режиме.

Путем раннего обнаружения опасных факторов пожара обеспечивается пожарная безопасность объекта, а с помощью раннего обнаружения проникновения (попытки проникновения) обеспечивается охрана материальных ценностей от хищения.

УДК 681

МНОГОРАЗОВЫЕ ПЛАСТИНЫ С ЗАПОМИНАЮЩИМИ ЛЮМИНОФОРАМИ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ РЕНГЕНОГРАФИИ

Студенты гр. 11312119 Расчётина Ю.С., Ценев В.А.

Ст. преподаватель Куклицкая А.Г.

Белорусский национальных технический университет, Минск, Беларусь

Цифровая рентгенография является ярким примером промышленного воплощения достижений современной науки. Она широко используется для контроля сварных соединений трубопроводов нефти и газа, пара и воды. [3]

Цель работы: Разработать методику применения многоразовых пластин с запоминающими люминофорами.

В основе одного из методов цифровой рентгенографии лежит технология записи и считывания изображения с применением фосфорных пластин. Фосфорные пластины отличаются высокой скоростью экспонирования и длительным сроком службы. Выпускаются пластины стандартного IPC2, высокого IPS и сверхвысокого IPU разрешения [1]. Полимерное покрытие обладает повышенной стойкостью к механическому износу и воздействию химических реагентов. Приемник изображения представляет собой гибкую пластину, покрытую люминофором с вынужденной люминесценцией. В результате попадания рентгеновского излучения в люминофор, часть электронов переходит в полу-стабильное возбужденное состояние. Возврат электронов происходит при считывании лазерным лучом, при этом происходит высвечивание видимого света с длиной волны 400 нм [2]. Пластина устанавливается на объект контроля и осуществляется экспозиция. В процессе считывания высвобождается не вся накопленная экраном энергия. Чтобы полностью очистить люминесцентный экран от скрытого изображения, он подвергается в процессоре кратковременному интенсивному облучению видимым светом, после чего экран можно использовать повторно. Данный метод контроля называют компьютерной радиографией и относят к цифровым методам рентгеновского контроля. На рисунке 1 представлена структура многоразовой пластины. Методика заключается в следующем: после сделанного снимка пациента на кассету, она помещается в считыватель, где из кассеты автоматически изымается или считывается пластина, изображение переводится в цифровой вид и отправляется на персональный компьютер для обработки, затем в считывателе изображение пластины стирается и кассета готова к следующему снимку.



Рис. 1. Запоминающие фосфорные пластины (IPC2, IPS, IPU) [1]

Методика позволяет получить рентгеновские изображения с разрешением 125 мкм.

Литература

1. Запоминающие фосфорные пластины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fortaco.ru/plastiny>.
2. Золотое сечение в рентгеновском оборудовании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docplayer.com/199514059-Innovacionnaya-proizvodstvenno-torgovaya-kompaniya.html>.
3. Игнатъев, Ю.Т. Лабораторное дело в рентгенологии: учебное пособие, 2-е издание, переработанное и дополненное / Ю.Т. Игнатъев, С.Д. Хомяков. – Омск, 2017. – 169 с.

УДК 621.382

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СИЛОВЫХ КРЕМНИЕВЫХ ДИОДОВ И СТРУКТУР

Студент гр. 11303120 Рубин Д.С.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Сопряков В.И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Контроль качества и диагностика отказов являются важнейшими составляющими технологического процесса. Электропараметрический контроль силовых приборов и структур в большинстве случаев не выявляет признаков неустойчивости протекания тока, связанной с неоднородностью распределения удельного сопротивления и структурных дефектов. В настоящей работе предложен комплекс методов контроля исходного кремния, а также диодных структур и готовых приборов.

В качестве информативного параметра, который контролируется в области высоких обратных напряжений и связан с неоднородностью материала и дефектами структуры, была выбрана разность между напряжением электрического пробоя диодных структур и напряжением включения первой микроплазмы (ΔU). Для измерения величины ΔU применялась техника двойного дифференцирования вольт-амперных характеристик, позволяющая разрешать отдельные микроплазмы. В работе показано, что значения ΔU для контрольных и потенциально ненадежных элементов значительно различаются.

Другим эффективным методом прогнозирования надежности является измерение низкочастотного шума, который связывается с дефектами структуры, состоянием поверхности и контактов. Измерялось среднеквадратическое значение флуктуаций обратного тока силовых диодов при напряжении 200 В. Коэффициент корреляции флуктуаций и ΔU оказался равным 0,85.

В работе показана возможность применения метода измерения фото-ЭДС на межфазовой границе полупроводник-электролит для неразрушающего входного и операционного контроля полупроводниковых пластин и структур, используемых в производстве силовых диодов. Их особенностью является наличие поверхностного нарушенного слоя, необходимого для получения надежных контактов. Метод измерения фото-ЭДС, однако, дает хорошие результаты только на пластинах с удаленным нарушенным слоем. Применение аммиачно-перекисной отмычки кремниевых пластин, поступающих в производство, позволило выявить на излучении He-Ne лазера с длиной волны $\lambda = 0,63$ мкм пластины с макрофлуктуациями сигнала до ± 30 % на длине 1 мм. Исследование влияния длины волны излучения показали, что при $\lambda = 0,8$ мкм, соответствующей ширине запрещенной зоны кремния, величина фото-ЭДС возрастает в 7–8 раз, что значительно облегчает проведение контроля.

УДК 620.179.162

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТЕНОК РЕЗЕРВУАРА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ФАЗИРОВАННЫХ РЕШЕТОК

Студенты гр.11312117 Савлевич А.В., Москалева А.В.

Ст. преподаватель Самарина А.Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Резервуары для хранения нефтепродуктов относятся к категории потенциально опасных объектов, что устанавливает необходимость обязательного проведения неразрушающего контроля на этапах строительства, ремонта и реконструкции резервуаров.

Проведение контроля начинается с проведения геодезических измерений. На их основании определяют осадку фундамента, горизонтальность днища и отклонение конструкции от вертикали. После проведения данного этапа при отсутствии обнаруженных дефектов переходят к неразрушающему контролю стенок.

Целью работы является разработка методики контроля резервуаров для хранения нефтепродуктов с применением ультразвуковых дефектоскопов на фазированных решетках.

Методы неразрушающего контроля для стенок резервуаров – ВИК, УЗТ, УЗК, РК (для перекрестий первого и второго пояса). Для первого пояса дополнительно проводятся механические испытания и анализ химического состава металла. В ряде случаев вместо обычного визуального и измерительного контроля выполняется осмотр с применением оптических приборов.

В качестве средства контроля выступает многофункциональный дефектоскоп на фазированных решетках Альфаскан 3. В дополнение к фазированной решетке 32:128PR и 2 каналам TOFD, он также поддерживает технологию TFM (метод полной фокусировки) и FMC (метод полноматричного захвата). Помимо этого, он оснащен 3D-моделированием и возможность записи процесса контроля.

В процессе контроля сканирующее устройство с установленными на него датчиками (рис.1) перемещается вдоль сварного соединения и на экране дефектоскопа (рис. 2) отображаются результаты контроля со всех датчиков.



Рис. 1. Сканирующее устройство



Рис. 2. Отображение сканов на экране дефектоскопа

Процесс контроля продолжается до окончания контроля на всей продолжительности сварного соединения.

Разработанная методика может применяться при контроле сварных соединений стенок любых резервуаров при наличии дефектоскопа Альфаскан 3 со сканирующим устройством, содержащим в себе ряд установленных датчиков.

УДК 681

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ МАТРИЧНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ ПРЯМОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

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

Ст. преподаватель Куклицкая А.Г.

Белорусский национальных технический университет, Минск, Беларусь

В Республике Беларусь все шире начинают использовать полупроводниковые матричные детекторы в цифровой рентгенографии. Системы на основе полупроводниковых матричных детекторов возможно поделить на системы, которые используют матричные детекторы без сцинтилляционного слоя и с сцинтилляционным слоем.

Цель: Выбор полупроводникового матричного детектора прямого преобразования для использования в цифровой рентгенографии на промышленных объектах Республики Беларусь

Метод прямого преобразования в полупроводниковых матричных детекторах основан на преобразовании энергии рентгеновского кванта в электрический заряд. Полупроводниковые матричные детекторы прямого преобразования используются реже, чем детекторы непрямого преобразования, так как при прямом преобразовании существенно большее время экспозиции. В детекторах без использования сцинтилляционного слоя (с прямым методом преобразования рентгеновского излучения в электрический заряд полупроводником) используются поликристаллические, монокристаллические и аморфные полупроводники.

В наиболее распространенных системах используются детекторы на основе аморфного кремния и монокристаллического теллурида кадмия. Монокристаллический теллурид кадмия имеет ряд преимуществ по сравнению с другими типами детекторов: большую четкость изображения из-за отсутствия сцинтилляционного слоя и связанных с ним рассеивания и «эффекта выжигания»; отсутствие «фантомных изображений» характерных для аморфного селена при высоких энергиях рентгеновского излучения (>180 кэВ)[1].

В Республике Беларусь на данный момент используются чаще матричные детекторы прямого преобразования на аморфном кремнии, ведь использование аморфного кремния экономически более выгодно. Также такие детекторы можно использовать в полевых условиях, поскольку данные детекторы устойчиво работают в широком диапазоне температур.

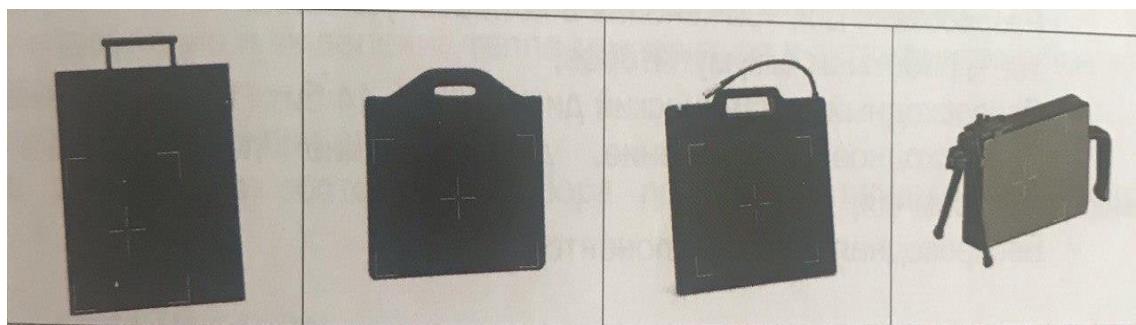


Рис. 1. Панели RAYZORX Pro, BLAZEX Pro, FLASHX Pro из аморфного кремния

Цифровые сканеры RAYZORX Pro, BLAZEX Pro, FLASHX Pro включают в себя широкий выбор плоских панелей из аморфного кремния. Такие панели достигают разрешения порядка 3,5 пар линий/мм. Максимальным размером снимка таких панелей является 34,2×43,2 см. Типом генератора изображения в основном является плоская панель из аморфного кремния(a-Si), либо технология CMOS.

Анализ существующих полупроводниковых матричных детекторов показал, что на промышленных объектах Республики Беларусь целесообразно использовать детекторы на основе аморфного кремния, поскольку при широком температурном диапазоне обеспечивается удовлетворительное разрешение. Использование матричных детекторов на основе аморфного кремния позволяет обеспечивать разрешение 75 мкм размера пикселя.

Литература

1. Григоров, М.С. Классификация цифровых систем неразрушающего рентгеновского контроля изделий микроэлектроники / М.С. Григоров // Информатика и автоматизация. – 2014. – Т. 4. – №. 35. – С. 94–107.

УДК 681

СОВРЕМЕННАЯ АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗВИТИЯ И МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Студенты гр. 11301119 Ситница А.С., Комиссарчик А.В., Тыдыкова О.В.

Ст. преподаватель Исаев А.В., ст. преподаватель Василевский А.Г.

Белорусский национальный технический университет Минск, Беларусь

Под модернизацией понимается процесс обновления оборудования, приведение его в соответствие с новыми требованиями и нормами, техническими условиями, показателями качества.

Целью модернизации промышленного оборудования является: повышение эффективности, быстродействия и производительности оборудования.

В Республике Беларусь сложилась ситуация как и в России. По состоянию на 2012 год физический и моральный износ основных средств производства достиг критического уровня от 65 % до 75 %. Выбытие основных фондов идет с темпом 1,5–3,5 % в год, в то время как годовой темп обновления технологической базы не превышает 0,1–0,5 % в год, что в 2 раза ниже, чем в целом по промышленности [1].

В Республике Беларусь последняя масштабная модернизация технического парка производилась в период между восьмидесятыми и девяностыми годами прошлого века. Осталось большое количество промышленного оборудования, которое на сегодняшний день способно выполнять задачи и функции машиностроительной, приборостроительной и других отраслей производства.

Несмотря на то, что механическая часть этого оборудования не устарела на сегодняшний день и функционирует достаточно хорошо, схемотехническая часть уступает современным аналогам как в обеспечении безопасности рабочих, так и в автоматизации рабочего процесса.

В связи с тем, что замена промышленного оборудования усложнена из-за введенных санкций на импорт в нашей стране, так же мы сталкиваемся с тем, что покупка такого оборудования очень дорога и требует переобучения рабочего персонала.

Проблему устаревания и затруднение закупки нового промышленного оборудования можно решить посредством модернизации уже имеющегося на предприятиях технического парка.

Целью работы является модернизация электронной начинки промышленного оборудования под современные нужды. Системы управления того времени строилась на аналоговой базе, что несет в себе проблемы в больших габаритах, ограниченной автоматизации, ее настройки и изменении алгоритмов управления. Замена же аналогового управления тех лет на цифровую основу, а именно настройка управления промышленным оборудованием через микроконтроллер, позволит организовать единую систему управления.

Данное решение позволит достичь следующих улучшений, как:

- сохранение уже существующих режимов работы;
- введение элементов автоматизации в работе;
- уменьшение травматизма на рабочем месте посредством введения автоматизма в работу системы, но и возможность встраивания в рабочий цикл датчиков прерывающих работу системы при нахождении человека в опасной близости от рабочей зоны;
- увеличение быстродействия цикла работы оборудования, что особенно важно в коммерческих организациях;
- не требует замены или внедрения кинематических, гидравлических и других механических систем.

Из недостатков данного решения можно выделить:

- необходимость в процессе работы дорабатывать программную часть при выявлении ошибок в работе системы;
- необходимость времени и финансовых вложений на разработку аппаратно-программного комплекса, финансовых затрат на научно-исследовательскую работу в этом направлении.

Литература

1. Краснопевцева, И.В. Современное состояние материально-технической базы производительности труда на российских промышленных предприятиях / И.В. Краснопевцева // Экономика и управление в машиностроении. – 2012. – № 6. – С. 21.

УДК 621.314.21

КОНТРОЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСФОРМАТОРОВ МОЩНОСТЬЮ ОТ 16 ДО 2500 кВ·А

Студент гр. 11312117 Скрипка И.Н.

Кандидат техн. наук, доцент Ризноокая Н.Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Испытания продукции основного производства проводятся для обеспечения качества и стабильности характеристик выпускаемой продукции, а также подтверждения соответствия выпускаемой продукции требованиям, установленным в технических нормативных правовых актах.

Целью работы является создание стенда контроля электрических параметров трансформаторов мощностью от 16 до 2500 кВ·А

Контролируемыми параметрами являются:

1. Сопротивления по постоянному току
2. Коэффициента трансформации по постоянному току

3. Электрическая прочность изоляции.

4. Изоляция витков, проверки короткого замыкания и холостого хода,

Для измерения параметров предлагается использовать следующее оборудование, включенное в состав стенда:

Для проведения проверки коэффициента трансформации используется:

- 2 вольтметра класса точности 0,1;
- 1 вольтметр класса точности 0,5;
- 1 амперметр класса точности 0,5;
- 1 фазометр класса точности 1,5.

Для проведения проверки электрической прочности используются:

- 1 мегаомметр класс точности 0,5;
- 1 вольтметр класс точности 0,5;
- 1 трансформатор испытательный однофазный масляный ИОМ100/26.

Для проведения проверки короткого замыкания, холостого хода, изоляции витков используется:

- 6 вольтметров класса точности 0,5;
- 6 амперметров класса точности 0,5;
- 3 ваттметра класса точности 0,5;
- 1 частотомер класса точности 0,2;
- 3 трансформатора тока.

Стенд представлен на рисунке 1, 2



Рис. 1. 1 часть



Рис. 2. 2 часть

В ходе выполнения работы был создан стенд который измеряет электрические параметры трансформаторов. Преимущества данного стенда заключается в том, что можно сократить время затраченное на проведение контроля.

УДК 004.384

АДАПТИВНЫЙ СВЕТИЛЬНИК ДЛЯ «УМНОЙ» АУДИТОРИИ

Студент гр. 11312120 Сороко Ю.Д., студенты гр. 11303118 Веренич М.С., Романчук Д.И.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Тявловский К.Л., ассистент Микитевич В.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Освещение в учебной аудитории в значительной степени влияет на эффективность учебной деятельности и утомляемость студентов и преподавателей. Качество освещения можно охарактеризовать следующими основными параметрами: интенсивность светового излучения, цветовая температура (ССТ), пульсации света. При этом в «умной аудитории» адаптивный светильник, в зависимости от вида занятий, должен обеспечивать регулировку интенсивности светового потока и цветовую температуру (рис. 1) при безопасных для человека пульсациях.

Прототип адаптивного светильника для «умной аудитории» изготовлен путем модернизации осветителя типа «армстронг» со светодиодами нейтрально белого цвета (ССТ = 4000 К). Регулировка цветовой температуры может быть выполнена следующими способами:

- применением светодиодов «теплого белого» и «холодного белого» цветов;

- добавлением к нейтрально белому осветителю светодиодов синего и желтого цветов;
- добавлением к нейтрально белым RGB-светодиодов.

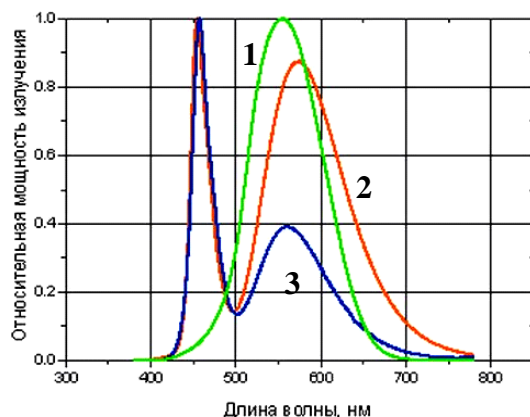


Рис. 1. Спектральные характеристики «белых» светодиодов: 1 – кривая чувствительности глаза, 2 – спектр излучения «белого» светодиода при CCT = 4000 K, 3 – при CCT = 6500 K

Как показали экспериментальные исследования, для коррекции температуры цвета в диапазоне 3000–6000 K мощность желтых светодиодов должна быть не менее, чем в 2 раза больше синих. Поэтому оптимальным является вариант, где желтый цвет формируется одновременным излучением красных и зеленых светодиодов. При этом компенсируется провал (рисунок 1) спектральной характеристики белых светодиодов в зеленой и желтой областях спектра.

Зависимость светового потока от тока через светодиод нелинейна, имеет большой технологический разброс, и изменяется также от температуры самого диода, вызванного саморазогревом светодиода. Поэтому наилучшим способом регулирования светового потока светодиодов будет широтно-импульсная модуляция (ШИМ) [1] с оптической обратной связью. Так как ШИМ подразумевает изменение интенсивности в диапазоне 0–100 %, то частота модуляции для исключения физиологического влияния на человека должна быть не менее 3 кГц [2].

Схема управления адаптивным светильником выполнена на основе микроконтроллера STM32. С помощью четырех каналов ШИМ и MOSFET ключей осуществляется управление светодиодами (белый, красный, зеленый, синий). Оптическая обратная связь выполнена на основе фоторезистора, расположенного на корпусе светильника и реагирующего на отраженное излучение. Дистанционное управление светильником осуществляется при помощи модуля NRF24L01. Каждый светильник имеет уникальный адрес.

Литература

1. Микитевич, В.А. Методы реализации модуляции светового излучения для фотостимулированной зондовой электродетекции / В.А. Микитевич, А.Л. Жарин // Новые направления развития приборостроения: материалы 14-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов, 14–16 апреля 2021 г. – Минск: БНТУ, 2021. – С. 41–42.
2. Lehman, B. Designing to mitigate effects of flicker in LED lighting: Reducing risks to health and safety / Lehman B., Wilkins A.J. // IEEE Power Electronics Magazine. – 2014. – Т. 1. – №. 3. – С. 18–26.

УДК 004.384

АДАПТИВНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ В «УМНОЙ» АУДИТОРИИ

Студент гр. 11312120 Сороко Ю.Д., ассистент Микитевич В.А.

Кандидат техн. наук, доцент Свистун А.И., кандидат физ.-мат. наук, доцент Тявловский К.Л.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Свет оказывает большое влияние на биоритмы человека. Качество освещения оказывает сильное влияние на утомляемость и эффективность трудовой деятельности. При правильной организации освещения можно не только создать комфортные условия, но и улучшить самочувствие и продуктивность учебной деятельности [1]. В темное время суток преобладает искусственное освещение. При проектировании искусственного освещения необходимо учитывать следующие

параметры: интенсивность светового излучения, цветовую температуру, цветопередача (охват цветового пространства), пульсации светового излучения. Оптимальная интенсивность светового излучения оказывает большое влияние на утомляемость зрения.

Цветовая температура света влияет на настроение человека, влияет на внимание и утомляемость, позволяет ощущать себя бодро или наоборот – клонить в сон. Также различная цветовая температура ассоциируется с разным временем суток: теплый белый свет ассоциируется с рассветом или закатом; холодный белый – с пасмурной погодой [2]. При коррекции цветовой температуры осветителей для достижения комфортных условий необходимо учитывать интенсивность излучения (кривая Круитофа) [3].

В последнее время в осветителях в основном используется светодиодное освещение. Главный недостаток белых светодиодов – малые значения интенсивности излучения в зеленой и желтой областях спектра [4]. Применение дополнительных светодиодов красного и зеленого излучения позволяют скорректировать спектр излучения.

Пульсации света также оказывают большое значение на состояние здоровья и утомляемость человека. Даже небольшие значения пульсаций, уже чуть более 3 % на частоте 100 Гц, ощущаются человеком и являются опасными для зрения [5].

С учетом изложенных обстоятельств и нормативных требований к освещению предложены основные требования к разрабатываемому адаптивному освещению: регулировка освещенности на рабочем месте в диапазоне 250–400 Лк в (в зависимости от вида деятельности); автоматизированная регулировка интенсивности излучения в диапазоне 0–100 % (при наличии естественного освещения); коррекция цветовой температуры излучения в диапазоне 3000–6000 К (в соответствии с кривыми Круитофа); пульсации светового излучения амплитудой 100 % (широкоимпульсная модуляция) должны быть с частотой не менее 3 кГц [5].

На основании требований к адаптивному освещению предложена следующая конструкция. В качестве светильника наилучшим образом подходит промышленно изготовленный светодиодный светильник с нейтрально-белыми светодиодами и матовым рассеивателем. Этот светильник дополняется светодиодной RGB-лентой и разработанным самостоятельно контроллером управления яркостью белых и RGB-светодиодов, датчиком освещенности. Для регулирования цветовой температуры применяется дополнительный датчик и изменяется алгоритм работы контроллера управления яркостью RGB-светодиодов.

Литература

1. Иоффе, К.И. Биологическое влияние видимого света на организм человека / К.И. Иоффе // *Lighting Engineering & Power Engineering*. – 2008. – № 3. – С. 21–29.
2. Еланская, К.В. Оценка влияния светодиодных лампочек (LED) на умственную работоспособность и утомляемость студентов / К.В. Еланская, А.О. Лобач // *Актуальные проблемы гигиены и экологической медицины : сборник материалов III межвузовской студенческой научно-практической конференции с международным участием, Гродно, 20 декабря 2017 года*. – Гродно: Гродненский государственный медицинский университет, 2018. – С. 26–29.
3. Veitch, J.A. Judging the scientific quality of applied lighting research / J.A. Veitch, S.A. Fotios, K.W. Houser // *Leukos*. – 2019. – Т. 15. – № 2–3. – С. 97–114.
4. Рудаков, А.И. Влияние качества освещения на здоровье людей / А.И. Рудаков, Р.И. Шафиков // *Problems and prospects of development of science and education in the XXI century*. – 2019. – С. 52–57.
5. Lehman, B. Designing to mitigate effects of flicker in LED lighting: Reducing risks to health and safety / B. Lehman, A.J. Wilkins // *IEEE Power Electronics Magazine*. – 2014. – Т. 1. – № 3. – С. 18–26.

УДК 620.621

АСТУЭ КАК ЧАСТЬ КРІ ДЛЯ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОМЕДЖМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЯ

Студент гр. 10607120 Стасевич А.С.

Кандидат экон. наук, доцент Манцерова Т.Ф.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Энергомеджмент является достаточно сложным и трудоемким процессом, требующим тщательного анализа и умений для принятия решений с целью эффективного энергосбережения на

предприятия. Для повышения рационального использования ресурсов на предприятии необходимо разработать комплекс показателей эффективности, который будет в дальнейшем использоваться при обеспечении функционирования системы энергетического менеджмента.

Система энергомеджмента (СЭМ) обеспечивает рациональное использование топливно-энергетических ресурсов и основывается на проведении энерготехнологических измерений, проверок, анализе использования ресурсов и проведении энергосберегающих мероприятий.

Для повышения эффективности деятельности все большее распространение на отечественных предприятиях получают неиспользованные ранее экономические индикаторы, например, КРІ. КРІ – это показатель достижения успеха в определенной деятельности или в достижении поставленных целей. Данная система показателей позволяет предприятию определить стратегические цели развития. Система КРІ позволяет решить основные проблемы энергосбережения. Решение данных проблем позволит избежать упущения возможности реализации эффективных мероприятий, искажения данных в отчетности и искажения представления о фактических потерях ТЭР [1].

Такие ресурсы как электроэнергия, газ, тепловая энергия поддаются автоматизированному учету в режиме онлайн. В рамках реализации Директивы Президента Республики Беларусь № 3 от 14 июня 2007 г. «ЭКОНОМИЯ И БЕРЕЖЛИВОСТЬ – ГЛАВНЫЕ ФАКТОРЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВА» все потребители тепловой энергии и воды должны быть обеспечены приборами учета и системами регулирования тепловой энергии и воды. Для организации учетных функций можно использовать автоматизированную систему технического учета энергопотребления (АСТУЭ), которая имеется на каждом промышленном предприятии. АСТУЭ позволяет с заданной дискретностью измерений производить дистанционный учет, передачу и хранение данных о параметрах энергопотребления. Данные из заводских систем АСТУЭ можно в автоматизированном режиме интегрировать с ERP-системами, существующими на предприятиях, что позволит повысить качество процессов организации, планирования и контроля показателей КРІ, а также эффективность управления предприятием в целом.

Схема использования достаточно проста и полностью автоматизирована: электрические счетчики считывают данные и с помощью различных устройств связи, которые устанавливаются вместе с самим счетчиком, передают сигнал и информацию на сервер, где операторами эта информация обрабатывается с помощью специального ПО, а далее перенаправляется к пользователям.

Сегодня в республике открыто опытное производство интеллектуальных приборов учета потребляемых ресурсов: тепловой энергии, воды, газа, электроэнергии на ООО «МИРТЕК-инжиниринг» в Гомеле. Здесь же осваивают производство умных счетчиков холодной и горячей воды. Данные приборы электрического учета позволяют более, чем на 50% снизить затраты на оплату коммунальных услуг [2].

Литература

1. Энергомеджмент [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://www.konsom.ru/solutions/informatsionnye-sistemy/sistemy-tsehovogo-energoberezheniya-ais-mes-energouchet/energomedzhment/>. – Дата доступа: 11.03.2022
2. АСТУЭ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://samelectrik.ru/chto-takoe-sistema-astue.html>. – Дата доступа: 11.03.2022

УДК 531.383

ВОЛНОВОЙ ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ ГИРОСКОП В РЕЖИМЕ ДАТЧИКА УГЛА

Студент гр. 121191 Стрельцов Д.С.

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

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Волновой твердотельный гироскоп (ВТГ) – один из перспективных гироскопических приборов, который может функционировать в режиме датчик угловой скорости или датчик угла (интегрирующий гироскоп) [1]. Носителем информации в ВТГ является стоячая волна, возбуждаемая в цилиндрической оболочке, которая подобно твердому телу обладает инерцией при повороте основания.

Приводятся результаты испытания ВТГ в режиме датчика угла, когда стоячая волна «свободна» в металлической цилиндрической оболочке. Добротность металлических резонаторов обычно лежит в диапазоне 20 000–30 000, поэтому свободная волна может существовать всего несколько секунд. Разработана электроника ВТГ, способная увеличить добротность в десятки раз и, следовательно, увеличить время функционирования ВТГ.

Волновая картина ВТГ может быть воссоздана при помощи фигуры Лиссажу, формируемой сигналами пьезоэлементов, установленных на резонаторе. На рисунке 1 приведены две экспериментальные фигуры, полученные по выходным сигналам ВТГ: первая из них начальная, полученная после запуска ВТГ, вторая – после поворота основания на угол 45° .

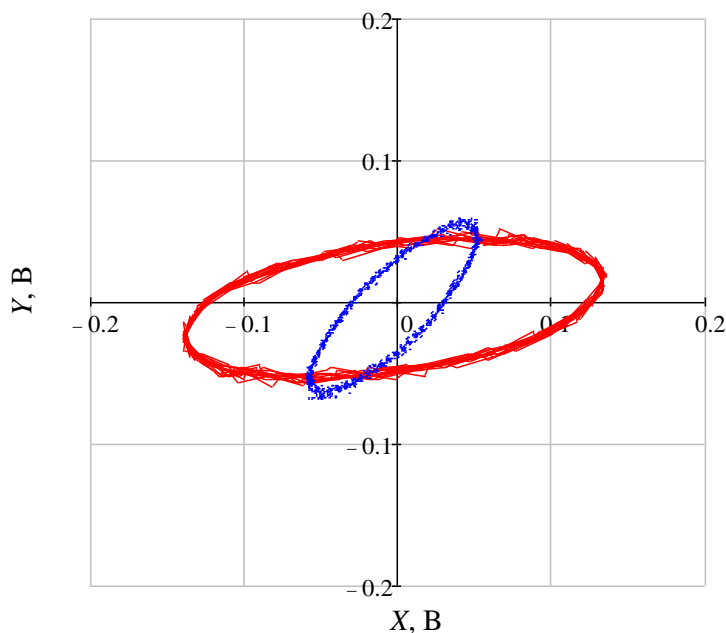


Рис. 1. Фигуры Лиссажу, полученные по выходным сигналам ВТГ

Найти поворот фигуры можно двумя амплитудными детекторами и микроконтроллером, который вычисляет арктангенс отношения амплитуд. При вычислении угла поворота эллипса необходимо учитывать переходы через координатные оси. Эта задача может быть решена с помощью фазового компаратора. Далее микроконтроллер находит поворот основания из поворота фигуры и передает угол в градусах в последовательный порт. Это значение может быть принято каким-либо другим цифровым устройством.

Литература

1. Волновой твердотельный гироскоп с металлическим резонатором / В.Я. Распопов [и др.] // Тула: Издательство ТулГУ. – 2018. – С. 135.

УДК 681.7

МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ЛАЗЕРНЫМ ДАЛЬНОМЕРОМ

Студент гр. 11312118 Стукалов А.С.

Ст. преподаватель Куклицкая А.Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Лазерная дальнометрия – одна из первых областей применения лазеров в неразрушающем контроле. Например, лазерный дальномер является основным элементом комплекта оборудования для теплового неразрушающего контроля жилых зданий и сооружений.

Целью научно-исследовательской работы была разработка методики контроля точности измерений лазерным дальномером с применением трассового метода.

Внешний вид и технические характеристики дальномера приведены на рис. 1 и таблице 1 [1].

Технические характеристики дальномера ДЛК-1

| Параметр | Длина волны, нм | Диапазон измеряемой дальности, м | Погрешность измерения, на максимальной дистанции, м | Масса, кг |
|----------|-----------------|----------------------------------|---|-----------|
| Значение | 905±10 | 10-3000 | ±3 | 1,5 |



Рис. 1. Внешний вид дальномера ДЛК-1

Методика контроля точности измерения расстояния лазерным дальномером с применением трассового метода включает следующие этапы:

1. Фиксация на горизонтальную поверхность и включение дальномера;
2. Наведение дальномера на 5 точек, с учетом крайних точек диапазона измерений;
3. После проверки 5 точек результаты заносятся в протокол, дается оценка погрешности;
4. Выключение дальномера.

Применение разработанной методики позволяет оценивать точность измерений с погрешностью 0,1 % на максимальной дистанции.

Главным достоинством трассового метода является его дешевизна и простота.

Литература

1. Продукция. Лазерные дальномеры. ДЛК-1 Официальный сайт ООО «СКАТ-Р». – 2020. – <http://www.skat-r.ru/>.

УДК 621

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЦИФРОВОЙ ТАХОМЕТР С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ХОЛЛА

Студент гр. 11312118 Стукалов А.С.

Ст. преподаватель Ломтев А.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Для выполнения измерений скорости вращения, а также числа оборотов различных объектов применяются тахометры, работа которых включает использование преобразователей Холла.

Тахометр цифровой модели Digital-RPM (рис.1) способен определить скорость вращения объекта контроля с высокой точностью.



Рис. 1. Внешний вид цифрового тахометра модели Digital-RPM

Принцип действия цифрового тахометра следующий: на вращающийся объект крепится магнит (северная сторона направлена к датчику). На расстоянии 3–8 мм от объекта контроля крепится датчик Холла, который фиксирует каждый оборот данного объекта путем взаимодействия магнита и датчика (рис. 2).

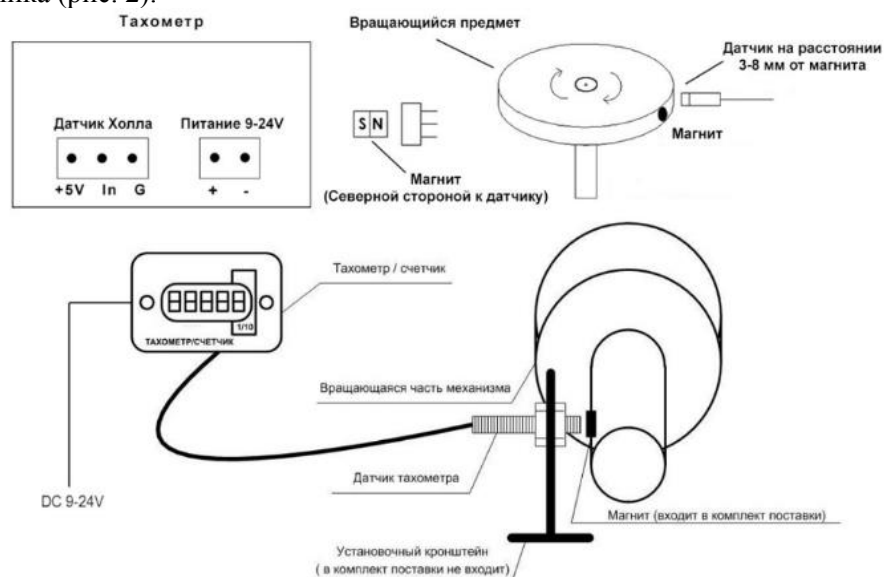


Рис. 2. Принцип действия тахометра

Данный тахометр способен определить скорость вращения от 0 до 99 999 оборотов в минуту. Для большего удобства имеется LED-дисплей, который упрощает работу в условиях недостаточной освещенности.

УДК 681

ИЗВЕЩАТЕЛЬ ОХРАННЫЙ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ВИБРАЦИОННЫЙ С РАДИОКАНАЛОМ

Студенты гр. 11301119 Сушко А.А., Комиссарчик А.В.

Ст. преподаватель Василевский А.Г., ассистент Безлюдов А.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Металлические конструкции, входящие в инженерные средства защиты объекта охраны, расположенные удаленно от основных каналов сигнализации, к примеру за пределами помещений на открытой площадке, могут быть заблокированы пьезоэлектрическим охранном извещателем с автономным питанием и радиоканалом. Принцип действия его основан на работе датчика, чувствительным элементом которого является пьезоэлектрическая пластинка на гранях которой образуются противоположные заряды при ее сгибании. При этом регистрируемый сдвиг торца пластинки составляет от 0,001 до 0,01 мкм. Механические параметры пьезокерамики достаточные для обеспечения надежной работы. Съемниками заряда служат латунные пластины соединенные с высокоомным входом операционного усилителя.

Из рисунка 1 следует возможность работы извещателя охранной сигнализации в составе любого приемно-контрольного прибора имеющего согласованный радиоканал. Датчик извещателя конструктивно представляет собой металлический уголок концы которого соединены с чувствительным элементом. Электронная часть содержит входной усилитель, активный фильтр инфранизких частот с полосой (0,1–2 Гц), пороговое устройство с пиковым детектором и компаратором. Блок управления работает по циклическому алгоритму как ведомое устройство, отвечая на запросы приемно-контрольного прибора, передавая текущее состояние датчика и аккумуляторной батареи. Радиоканал может использовать частотный диапазон 430–432 мГц с ограниченной мощностью порядка 10 мВт.

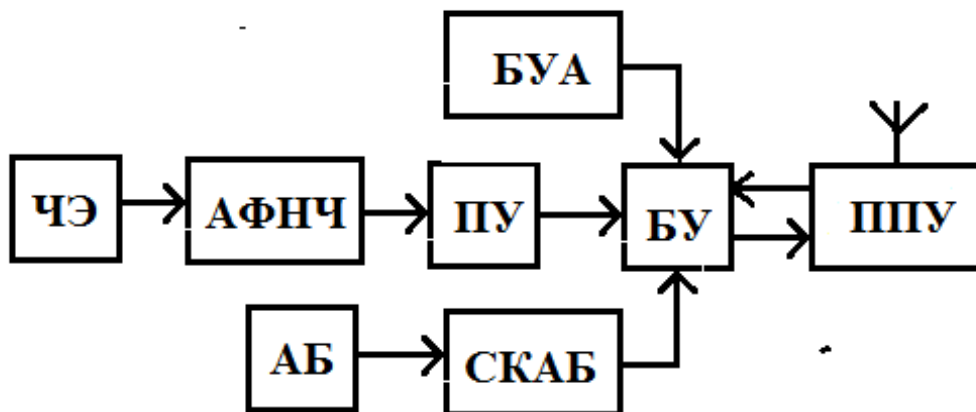


Рис. 1. Схема извещателя охранного пьезоэлектрического радиоканального: ЧЭ – чувствительный элемент; АФНЧ – активный фильтр нижних частот; ПУ – пороговое устройство; БУ – блок управления; БУА – блок установки адреса; АБ – аккумуляторная батарея; СКАБ – схема контроля аккумуляторной батареи; ППУ – приемопередающее устройство

Предлагаемая конструкция позволяет устанавливать извещатель в угол металлических ворот, лестниц эстакад и охранных вышек. Концы уголка жестко (сваркой) крепятся к взаимно перпендикулярным поверхностям металлической конструкции.

УДК 681

СВЕТОДИОДНЫЕ СИСТЕМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Студенты гр. 11301119 Сушко А.С., Перевитый Е., студент гр. 11303118 Осипук К.А.
Ст. преподаватель Исаев А.В., кандидат техн. наук, доцент Свистун А.И.
Белорусский национальный технический университет Минск, Беларусь

Светодиодные системы отображения информации, а упрощенно светодиодные экраны сегодня получили большую популярность. Их устанавливают, как снаружи, так и внутри зданий. Такие экраны используются круглогодично, при любой погоде и температуре, поэтому они должны быть надежными и долговечными.

Изготавливаются из светодиодных модулей и могут быть различного размера и различной формы. Их можно подключить к различным источникам информации, чтобы управлять изображением на экране. Уличные видеоскрены отличаются высокой яркостью, надежной защитой, высоким контрастом изображения.

Так как светодиодные экраны могут использоваться при разных условиях, их принято делить на внешние и внутренние.

Внешние дисплеи – это тип LED экранов, которые можно эксплуатировать на улице, при любых погодных условиях. Они хорошо выдерживают перепады температур, смену погоды. И чаще всего работают круглосуточно.

Экраны для внутреннего использования более уязвимы, они тоже могут работать круглогодично, но только в помещении, для уличного использования они не пригодны, не та конструкция. Такие экраны уже более восприимчивы к пыли, влаге, они не выдержат ни пониженных температур, ни повышенных.

В данной работе будут рассматриваться внешние дисплеи. Цель данного анализа найти наиболее выгодное предложение по закупке светодиодного экрана для рекламных роликов.

Был проведен анализ панелей. При анализе были учтены следующие параметры экрана: воспроизведение; применение; размер; шаг пикселя. Возможность приобретения данных экранов рассматривается в двух странах Китае и Беларуси. Данные проведенного анализа представлены в таблице 1 «Сравнительный анализ экранов».

| Сравнительный анализ экранов | | | | | | | | |
|------------------------------|--------------|--------|-----------|---------|----------|------------|--------------|--|
| № | Модель | Страна | Цена | Воспр. | Использ. | Размер (м) | Шаг пкс (мм) | Примечание |
| 1 | SRY-O-P3.91 | Китай | 12 000\$* | Асинхр. | Улица | 5×4 | 3,91 | Требуются дополнительные затраты на сборку и монтаж |
| 2 | SRY-OF-P4.81 | Китай | 19 160\$ | Асинхр. | Улица | 5×4 | 4,81 | Требуются дополнительные затраты на сборку и монтаж |
| 3 | P3.91 | Китай | 20 000\$ | Асинхр. | Улица | 5×4 | 3,91 | Требуются дополнительные затраты на сборку и монтаж |
| 4 | BLACKING P8. | РБ | 13 364\$ | Асинхр. | Улица | 5×4 | 8 | Собственное производство, монтаж и сборка включен в стоимость товара |

Из представленной таблицы видно, что физические параметры схожи, но значительное различие есть в их стоимостях, сборке и монтаже. Китайские экраны потребуют дополнительных затрат на закупку дополнительных частей, например корпус, крепления и т.д. также потребуются монтаж и сборка данной установки.

Соответственно из табл.1 делаем вывод, что экран BLACKING P8 является более выгодным для данной цели. Его достоинство состоит в том, что в его стоимость заложены затраты на сборку и монтаж. Также одним из его достоинств является гарантия предоставленная производителем. Надо отметить, что у данной модели шаг пикселя хуже, но это существенное не влияет на качество данного экрана.

УДК 681

ОПТИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАНЕЛИ КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ СОПС

Студенты гр. 11301119 Сушко А.С., Перевитый Е.

Ст. преподаватель Исаев А.В., кандидат техн. наук, доцент Свистун А.И.

Белорусский национальный технический университет Минск, Беларусь

Современное развитие оптических систем, построенных на светодиодных элементах, дает дополнительный импульс для их широкого применения. И если такие устройства, как бегущие строки, информационные панели, просто системы освещения и подобное на настоящее время являются достаточно привычными, то в качестве систем индикации как элементов технических средств охранной и пожарной сигнализации такие устройства не получили широкого применения. И на это есть самая веская причина – достаточно высокая стоимость конечного изделия при минимальной вероятности (конечно в идеальном случае) необходимости ее работы когда-либо. Поэтому в данной работе предлагается комбинирование работы подобных систем.

Так, например, в самом простом случае добавив в информационную оптическую систему функцию принятия команды от сформированной на объекте системы СПС, она будет переходить в режим индикации информации о пожаре с указанием, в том числе, и путей эвакуации. Если в качестве комбинирования оптической системы использовать систему освещения, то функционал и информативность можно увеличить еще на порядок.

В общем виде структуру разрабатываемой системы можно представить рис. 1.



Рис. 1

Особенностью работы такой системы является следующее. В нормальном режиме работы система выступает в качестве элемента системы освещения в помещении, в котором она установлена. В случае получения соответствующей команды от внешней управляющей системы устройство переходит на отображение информации, определяемой данной командой, например о тревоге или пожаре на объекте.

Все настройки оповещения такой системы выполняются в отдельном программном обеспечении – «Конфигуратор модуля оповещения». Эта программа позволяет настраивать как вывод визуальной информации на ТВ-панели, так и вывод на светодиодные табло. Звуковое и голосовое оповещение либо выключается, либо включается в любой комбинации

Соединение можно установить с помощью различных интерфейсов: RS-232 (COM-порт), Ethernet, Радиоканал, Wi-F, GSM-сеть, Bluetooth и т. д.

Энергопотребление у светодиодных бегущих строк относительно невысокое. Это дополнительно делает такие конструкции отличным вариантом для наружного и внутреннего использования.

Дополнительно в таких системах можно использовать современные адресные светодиоды. Это позволит с одной стороны автоматически управлять уровнем и цветовой гаммой освещением но и с другой стороны отображать не только статическую информацию, но и различные рисунки и графики. А это, в свою очередь, позволит выводить на разрабатываемом приборе пути и особенности эвакуации.

Благодарность: работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь, а рамках выполнения гранта студентам на 2022.

Литература

1. WS2815 Intelligent control LED integrated light source, Datasheet. – WORLDSEMI CO., LIMITED. – Электронный ресурс: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1134588/WORLDSEMI/WS281B.html>.
2. Производство LED часов, панелей, медиавывесок с монтажом в Минске и Беларуси. – Электронный ресурс: <https://ventuscar.by/led-reklama>.

УДК 681

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОП С ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

Студент гр. 11312118 Титов К.В.

Ст. преподаватель Ломтев А.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В работе рассматривается ультразвуковой дефектоскоп УД2-70 (рис. 1). Основными особенностями данного дефектоскопа являются малые габариты, прочный алюминиевый корпус, возможность синхронизации с внешними устройствами и цветной дисплей с высокой разрешающей способностью. Совместно с дефектоскопом используются ультразвуковые пьезоэлектрические преобразователи, имеющие встроенную индуктивность (рис. 2). Подключение преобразователя к дефектоскопу осуществляется при помощи специального кабеля, поставляемого вместе с прибором.



Рис. 1. Ультразвуковой дефектоскоп УД2-70



Рис. 2. Ультразвуковые пьезоэлектрические преобразователи (УЗ ПЭП)

При работе с дефектоскопом УД2-70 применяются методы и средства УЗК контроля, позволяющие определить наличие и размеры дефектов, а также координаты их залегания в сварных соединениях и основном металле. Дефектоскоп генерирует запускающий зондирующий импульс, амплитуда которого составляет не менее 185 В при длительности не более 80 нс с заданной задержкой развертки. Этот запускающий импульс возбуждает пьезоэлектрические преобразователи. После этого преобразователи начинают излучать ультразвуковые импульсы путем преобразования электрических колебаний в акустические с помощью обратного пьезоэлектрического эффекта. Для передачи в объект контроля и обратно ультразвуковых импульсов применяется контактная жидкость. Устройство не обладает отдельным архивом для хранения параметров, однако у него имеется возможность хранить параметры преобразователей в архиве настроек для контроля конкретного изделия. Также имеется возможность подключения внешнего накопителя информации через USB-разъем.

УДК 681

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЫРУБНОГО ПРЕССА КГ2134

Студенты гр.11301119 Тыдыкова О.В., Ситница А.С., Комиссарчик А.В.
Кандидат техн. наук, доцент Суходолов Ю.В., ст. преподаватель Исаев А.В.
Белорусский национальный технический университет Минск, Беларусь

Под модернизацией вырубного пресса подразумевается разработка и внедрение электронной схемы управления оборудованием с использованием современных программируемых систем. Так как системы управления, находящиеся в данном оборудовании, строились на аналоговой базе, при работе с ними возникают такие проблемы, как: большие габариты, настройка и изменение алгоритмов управления.

Для внедрения данной системы была разработана структурная схема, которая представлена на рисунке 1.

1) блок управления (микроконтроллер): осуществляет обработку поступающей с клавиатуры команд, осуществляет формирование цикла, а также управление двигателем и процессом торможения ленты;

2) индикатор: отображает результат работы, информирует о неисправности;

3) клавиатура: осуществляет ввод команд, передаваемых на блок управления;

4) система отсчета линейных перемещений (энкодер): позволяет определить положение заготовки для того, чтобы произвести последующую операцию с высокой точностью;

5) датчик цикла: определяет рабочий цикл;

6) система защиты персонала: служит для безопасной работы на данном оборудовании, уменьшения травматизма на рабочем месте посредством введения автоматизма в работу системы, но и возможность встраивания в рабочий цикл датчиков, прерывающих работу системы при нахождении человека в опасной близости от рабочей зоны;

7) реле давления пневмосистемы: поддерживает требуемую рабочую силу атмосферного давления;

8) блок управления асинхронным двигателем подачи заготовки: обеспечивает движение заготовки;

9) блок пневматического прижима заготовки: отвечает за быстрый и сильный прижим обрабатываемой заготовки;

10) сигнал на станок вырубки заготовки: подача звукового сигнала после завершения вырубки;

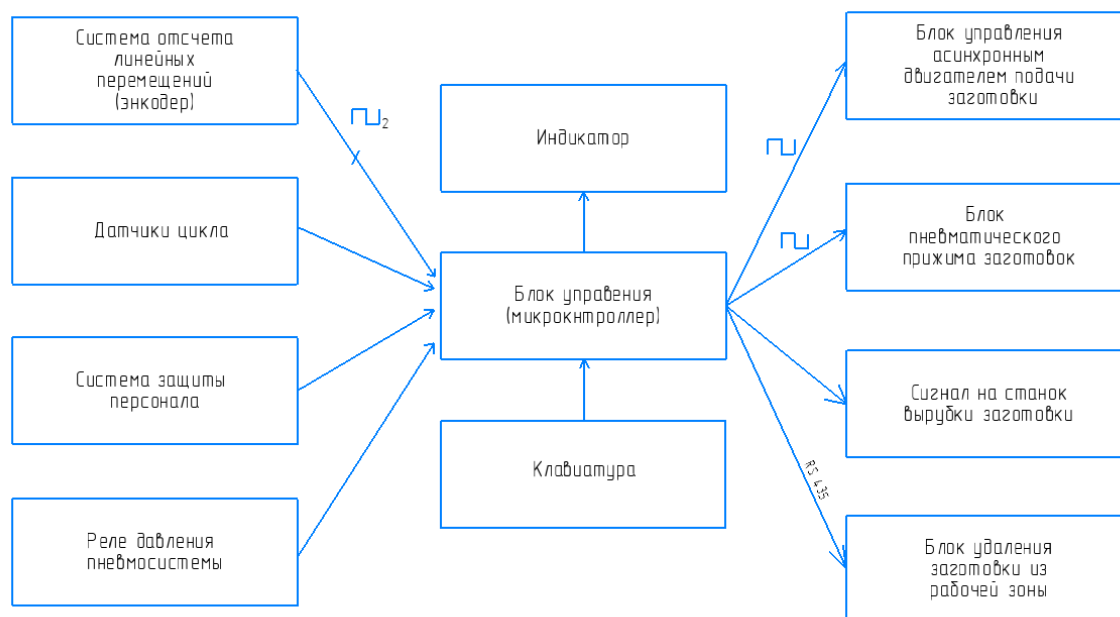


Рис. 1. Структурная схема управления вырубного пресса

11) блок удаления заготовки из рабочей зоны: отвечает за удаление заготовок с рабочего пространства.

Благодарность: работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь, а рамках выполнения гранта студентам на 2022.

Литература

1. Линия для производства гипсокартонных профилей (система KNAUF). – Электронный ресурс: [https://meer.group/liniya-dlya-proizvodstva-profilej-dlya-montazha-gipsokartonnyix-plit-\(sistema-knauf\)](https://meer.group/liniya-dlya-proizvodstva-profilej-dlya-montazha-gipsokartonnyix-plit-(sistema-knauf)).

УДК 681.2

ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ С РАСШИРЕННЫМ ДИАПАЗОНОМ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Магистрант Фолынский Д.А., студент гр. 11303119 Головня К.Ч., студент гр. 11303118 Ясько Н.Е.
Кандидат техн. наук, доцент Пантелеев К.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В течение последних лет наблюдается значительный интерес к исследованиям зарядового состояния полимерных материалов для характеристики их свойств [1–3]. Силовое воздействие электрических полей, создаваемых зарядом, могут вызывать повышение внутренних напряжений в материале и даже приводить к их разрушению [1]. В этой связи важное значение приобретает разработка новых методов и технических средств исследования и анализа поведения заряда на поверхности полимерных материалов, что позволит улучшить производительность различных приложений, снизить потенциальные риски предварительного выхода из строя электронных устройств и электрооборудования, например, вследствие повреждения изоляции.

В работе приводятся результаты разработки электрометрического преобразователя с расширенным диапазоном измерений, предназначенного для исследования поверхностного потенциала и заряда на поверхности, а также некоторые результаты экспериментальных исследований с использованием разработанных средств измерений.

Метод исследования поверхностного потенциала (заряда) полимерных материалов реализован в цифровых устройствах измерения контактной разности потенциалов (цифровой зонд Кель-

вина [4]). Следует отметить, что применение классического зонда Кельвина (вибрирующий конденсатор) [5] представляло ранее значительные методические трудности, связанные с необходимостью компенсации измеряемого потенциала, который в случае диэлектриков может быть значительно высоким. В цифровом зонде Кельвина реализованы алгоритмы, обеспечивающие косвенное определение уровня потенциала, необходимого для компенсации потенциала поверхности исследуемого высокоомного материала. Это достигается определением параметров компенсационной зависимости измерительного сигнала по нескольким тестовым потенциалам компенсации, и последующей аппроксимации прямой до нулевого уровня. При этом уровень тестовых потенциалов компенсации не превышает нескольких вольт, что позволяет использовать измеритель высоковольтной контактной разности потенциалов в составе сканирующих систем, таких сканирующий зонд Кельвина (Scanning Kelvin Probe) для исследования поверхностного электростатического потенциала (заряда), распределенного по поверхности [6], или системах для локального наблюдения за изменением заряда под действием внешних факторов [4, 7].

Благодарность: работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь, а рамках выполнения гранта студентам на 2022.

Литература

1. The Energy Distribution of Trapped Charges in Polymers Based on Isothermal Surface Potential Decay Model / Jianying Li [et al.] // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 2015. – Vol. 22, № 3. – P. 1723–1732.
2. Influence of high temperature annealing on AC electric properties of SiO₂ thin layers implanted with In and Sb ions / K. Czarnacka, T.N. Koltunowicza, A.K. Fedotov / Proc. of SPIE Vol, 2019. – Vol. 11176.
3. Okal, P. Modeling of the percolation phenomenon of disordered two-dimensional systems / P. Okal // Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2019. – Vol. 11176, 111764W.
4. Digital contact potential probe in studying the deformation of dielectric materials / Pantsialeyeu K. [et al.] Informatics, Control, Measurement in Economy and Environmental Protection, 2020. – Vol. 4., № 10. – P. 57–60.
5. Построение измерителей контактной разности потенциалов / К.В. Пантелеев, В.А. Микитевич, А.Л. Жарин // Приборы и методы измерений. – 2016. – Т. 7, № 1. – С. 7–15.
6. Пантелеев, К.В. Методы и средства измерения контактной разности потенциалов на основе анализа компенсационной зависимости зонда Кельвина: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.11.01 / К.В. Пантелеев; БНТУ. – Минск, 2016. – 23 с.
7. Анализ распределения электрофизических и фотоэлектрических свойств нанокompозитных полимеров модернизированным зондом Кельвина / К.В. Пантелеев [et al.] // Приборы и методы измерений. – 2017. – Т. 8, № 4. – С. 386–397.

УДК 621.397.13: 654.9 – 025.13(075.8)

ЗАДАЧИ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ В ЗОНАХ ОБЗОРА, КОНТРОЛИРУЕМЫХ РЕСПУБЛИКАНСКОЙ СИСТЕМОЙ МОНИТОРИНГА ОБЩЕСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Магистрант Фольнскова Е.С.

Кандидат техн. наук, доцент Воробей Р.И., кандидат физ.-мат. наук, доцент Тьяловский К.Л.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время видеонаблюдение стало неотъемлемой частью комплексной системы безопасности объекта. Современные системы видеонаблюдения позволяют не только наблюдать и записывать видеоизображения, но и программировать реакцию всей системы безопасности при возникновении тревожных событий или ситуаций [1]. Первичным рубежом охраны любого предприятия является внешняя территория. Обеспечение безопасности внешнего периметра позволяет максимально исключить акты незаконного вмешательства в деятельность предприятия.

В соответствии с техническим условием республиканской системой мониторинга общественной безопасности (РСМОБ) прилегающая территория к объекту бывает двух типов: территория, прилегающая к зданию и территория перед входами в здание [2]. Задачами видеонаблюдения для территории перед входами определенными РСМОБ являются:

1. Обзор территории перед входами в здание с целью выявления нештатных ситуаций.

2. Определение вторичных признаков людей.
3. Проведение интеллектуального поиска в архиве по заданным критериям.

К вторичным признакам людей относятся пол, рост и одежда, что позволяет искать объект по заданным визуальным признакам. Например, запросить у системы человека в зеленой рубашке. Система аналитики устройств наблюдения оснащена следующими 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 появлении любого из событий в зоне контроля IP-видеокамеры формируется сигнал тревоги на мониторе. Система должна быть рассчитана на работу в непрерывном круглосуточном режиме. При этом в соответствии с [3] срок хранения видеоархива – составляет не менее 30 суток.

Чтобы исключить неопределенность характеристик системы из-за влияния рекламы и промоутеров производителей цифровых видеокамер на заказчика РСМОБ предъявляет конкретные требования к характеристикам IP-видеокамер. Например, к основным требованиям относятся: КМОП-матрица с форматом от 1/3” и более, протокол кодирования видеоизображения H.264 и (или) H.265, класс защиты от атмосферного воздействия IP 66 и выше, температурный диапазон от –30 до +40 °С, качество изображения на границе контролируемой зоны от 50 пикселей/метр и более. Также конкретные обязательные требования предъявляются к углам установки камер, каналам связи, системе питания и характеристикам других элементов систем видеонаблюдения.

В связи с возможностью включения большого числа разнообразных объектов в РСМОБ, с целью оперативного подключения представляется целесообразным при проектировании систем телевизионного наблюдения задачи в зонах видеонаблюдения прилегающих территорий и входов в здание определять и реализовывать в аппаратной части проекта в соответствии с требованиями РСМОБ. При этом в других зонах могут применяться другие решения, обусловленные индивидуальными характеристиками и особенностями объекта охраны.

Литература

1. Проектирование систем охранного телевидения: учебное 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. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 11 декабря 2012 г. № 1135 «Об утверждении Положения о применении систем безопасности и телевизионных систем видеонаблюдения». – Введ. 15.12.2012. – 5 с.

УДК 620.179.152

РАДИАЦИОННЫЙ ЦИФРОВОЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ГАЗОПРОВОДА

Студенты гр. 11312117 Хомич Е.М., Москалёва А.В.

Ст. преподаватель Куклицкая А.Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Цифровая радиография – технология рентгенографического контроля, при которой носителем рентгеновского изображения выступает не пленка, а плоскопанельный детектор (DDA-система). Диагностирование трубопровода таким методом позволяет мгновенно оценивать качество снимка и, при необходимости, совершать повторные экспозиции. А также многократно ускоряет процесс получения рентгенограмм и эффективность РК в целом;

Целью работы является разработка алгоритма контроля сварных соединений газопровода, с применением универсальной бесплёночной автоматизированной рентгенометрической системы БАРС. Актуальность работы подтверждает отсутствие существующих методик.

Для проведения контроля таким способом требуется источник ионизирующего излучения, эталоны чувствительности и маркировочные знаки, но вместо рентгеновской пленки, на объекте устанавливается матричный детектор. Это электронное устройство с набором детектирующих

элементов, подключенное напрямую к ноутбуку. Прибор поглощает рентгеновское излучение и передает цифровое изображение на ПК.

Применение универсальной бесплочной автоматизированной рентгенометрической системы БАРС со съемным высокочувствительным цифровым детектором регистрации рентгеновского излучения позволяет выполнять работу по контролю сварных соединений результативно, эффективно и максимально безопасно с точки зрения радиационного воздействия. Для визуализации изображения необходимо значительно меньшие энергии рентгеновского излучения, а соответственно и меньшие радиационные нагрузки. Простота эксплуатации и мгновенное получение результатов контроля делает систему БАРС наиболее удобной и практичной.

Преимущества цифровой радиографии:

- 1) избавляет от многих операционных расходов при проведении радиационного контроля;
- 2) обеспечивает хранение снимков на протяжении длительного времени без потерь качества;
- 3) обеспечивает повышенную контрастную чувствительность.



Рис. 1. Бесплочная автоматизированная рентгенометрическая система БАРС

Разработанный алгоритм контроля включает в себя следующие основные пункты:

- 1) изучение документации на объект контроля;
- 2) подготовка объекта контроля к просвечиванию;
- 3) размещение и установка аппаратуры для проведения контроля;
- 4) просвечивание объекта контроля;
- 5) расшифровка результатов контроля;
- 6) документальное оформление результатов контроля.

УДК 681

СЧИТЫВАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ МНОГОРАЗОВЫХ ПЛАСТИН С ЗАПОМИНАЮЩИМИ ЛЮМИНОФОРАМИ

Студенты гр.11312119 Ценев В.А., Расчетина Ю.С.

Кандидат техн. наук, доцент Воробей Р.И.

Белорусский национальных технических университет, Минск, Беларусь

Мы живем в активно развивающемся мире, где компьютерные технологии затронули практически все сферы жизни, что безусловно не могло не повлиять и на такое важное направление в неразрушающем контроле, как рентгенография.

Цель научно-исследовательской работы: выбор считывающего устройства для многоразовых пластин с запоминающими люминофорами.

Цифровая система с использованием люминофорных пластин занимает второе место по частоте использования в цифровой рентгенографии. В основе метода лежит фиксация изображения дефектов, например, в сварных швах запоминающим люминофором. На многоразовой пластине, покрытой таким люминофором формируется скрытое изображение, которое сохраняется длительное время (до нескольких часов). Скрытое изображение считывается с пластины инфракрасным лазером считывающего устройства [1].

В Республике Беларусь используется считывающее устройство HD-CR 35 NDT, представленное на рисунке 1.

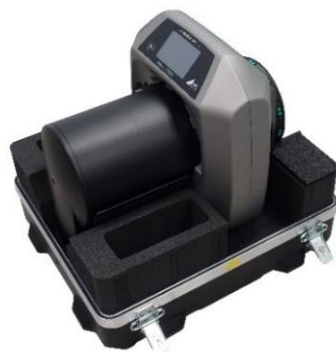


Рис. 1. Мобильный сканер запоминающих пластин HD-CR 35 NDT

Основные характеристики считывающего устройства HD-CR 35 NDT: размер пластин мин./макс. – 2 до 35 см × 2 до 100 см; размер лазерного пятна – 12.5-25-50 мкм; сенсорный дисплей – 4.3“ TFT 800 × 480 рх.

Считывающее устройство (сканер) считывает изображение, передает на ПК (либо записывает в собственной памяти для последующего экспорта на USB-носитель или SD-карту) и удаляет его (если включено автоматическое стирание после сканирования). После этого запоминающая пластина вновь готова к использованию. Качество готовых рентгенограмм зависит от размера лазерного пятна. Для подключения к ПК чаще всего используются интерфейсы USB, Ethernet, RJ45 или Wi-Fi. Одни сканеры требуют ручного извлечения пластины из кассеты перед сканированием. Другие умеют сами извлекать ЗП из кассеты, а после считывания изображения механика загружает ее назад. Существуют сканеры, которые могут сканировать пластины даже без извлечения из кассеты. Последний тип сканеров – самый дорогостоящий, но и самый эффективный с точки зрения увеличения ресурса пластин.

Выбранное устройство позволяет использовать его с пластинами, доступными в Республике Беларусь.

Литература

1. Игнатъев, Ю.Т. Лабораторное дело в рентгенологии: учебное пособие, – 2-е изд., переработанное и дополненное / Ю.Т. Игнатъев, С.Д. Хомяков. – Омск, 2017. – 169 с.
2. Компьютерная радиография – этап эволюции между пленочными технологиями и линейными детекторами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://defektoskopist.ru/page.php?p=radiacionniy-kontrol/kompyuternaya-radiografiya.html>.

УДК 681

СИСТЕМЫ ОХРАННОЙ И ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ КОНСТРУКТОРСКОГО БЮРО

Студентка гр. 11301117 Черняк А.С.

Кандидат техн. наук, доцент Мисюкевич Н.С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Конструкторское бюро представляет собой отдельно стоящее одноэтажное здание коридорного типа, основным видом деятельности в котором является разработка конструкторской документации. Здание имеет один центральный вход и один запасной выход. Общая площадь составляет 480,31 м². Основная пожарная нагрузка: дерево.

КБ относится к классу Ф4.3 согласно классификации зданий по функциональной пожарной опасности по СН 2.02.05-2020.

В СПС должны достоверно определяться следующие режимы работы: дежурный, обнаружения пожара, неисправности, контроля.

Назначение системы: обеспечить пожарную безопасность людей путем обнаружения пожара на начальной стадии, выдачи сигнала на пожарный пост и на запуск СОУЭ типа СО-1 для обеспечения своевременной эвакуации.

Система построена на базе приемно-контрольного прибора пожарного А24/6.

В соответствии с ТЗ система должна обнаруживать пожар при температуре 54–70 °С, значении удельной оптической плотности 0,05–0,2 дБ/м, а также иметь возможность передачи извещения о пожаре человеком.

Эти требования обеспечиваются применением тепловых, дымовых и ручных пожарных извещателей (ПИ). Всего на объекте запроектировано 4 шлейфа тепловых, 1 дымовых и 1 ручных ПИ. Шлейфы расположены таким образом, чтобы обеспечить наибольшую информативность передачи извещения о пожаре на пожарный пост и обеспечить возможность применения различных сценариев оповещения людей.

Прокладка кабелей проводится открыто в коробе по стенам и перекрытиям.

Здание КБ относится к III категории надежности по обеспечению электроэнергией.

Поскольку система должна обеспечивать непрерывное круглосуточное функционирование, она должна обеспечиваться электроэнергией по I категории надежности. Поэтому в качестве второго источника электроснабжения используется УЭ РИП-12 исп. 51, которое питается от свободной группы щита вводного устройства здания и оснащено аккумуляторной батареей емкостью 17 Ач в качестве резервного источника питания.

В соответствии с ТКП 627-2018 при организации охраны объектов с использованием средств и систем охраны должны учитываться следующие основные принципы тактики охраны неуязвимость, информационность, гибкость, рациональность.

Назначение системы охранной сигнализации: обеспечить сохранность материальных средств конструкторского бюро от противоправных действий при несанкционированном проникновении и (или) попытке проникновения в здание; формирование сигнала тревоги на посту охраны и передача на ПЦН ОДО МВД.

Первый рубеж:

- блокировка окон и входных дверей на открытие извещателями точечными;
- блокировка окон на разбитие извещателем поверхностным;
- блокировка входных дверей на пролом (выем) извещателем объемным с диаграммой направленности «штора».

Второй рубеж:

- блокировка помещений извещателями объемными;
- блокировка дверей кабинетов на открытие извещателями точечными.

Ручные тревожные извещатели установлены на посту (пом. 21) и в приемной (пом. 10).

Бесперебойная работа системы в дежурном режиме обеспечивается в течение не менее 24 ч с помощью АКБ в качестве резервного источника питания.

Устройства доступа для взятия (снятия) объекта с охраны расположены возле основного входа и у входа на пост.

СЕКЦИЯ 2. КОНСТРУИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ПРИБОРОВ

УДК 683.35/37

СТОЛ НАКЛОННО-ПОВОРОТНЫЙ

Студент гр. 11302117 Акулич Р.В.

Кандидат техн. наук, доцент Есьман Г.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Введение. Стол наклонно-поворотный предназначен для поворота тепловизионной камеры [1] относительно вертикальной и горизонтальной плоскостей на заданный угол. Это необходимо для контроля параметров тепловизионной камеры, в том числе: углового поля зрения, величины неперпендикулярности оптической оси базовой установочной поверхности и др.

Общий вид стола приведен на рисунке 1. Основание 11 на трех опорах 8 с регулировочными винтами 7. На основании 11 закреплен блок управления 6 и узел механический с шаговым двигателем 10 и абсолютным датчиком угла поворота. Узел механический обеспечивает перемещение установочной платформы 5 в горизонтальной плоскости относительно оси рейки 12. Рейка 12 перемещается по направляющей при вращении ручки 13. Повороты установочной платформы 5 в горизонтальной плоскости относительно оси рейки 12 обеспечиваются шаговым двигателем 10. Угол поворота отслеживается абсолютным датчиком угла поворота. Плита 4 с шаговым двигателем 1 и вторым абсолютным датчиком угла поворота 2 жестко закреплена на рейке 12. Наклоны установочной платформы 5 относительно горизонтальной оси рейки 12 обеспечиваются шаговым двигателем 1. Угол наклона контролируется вторым абсолютным датчиком угла поворота 2.

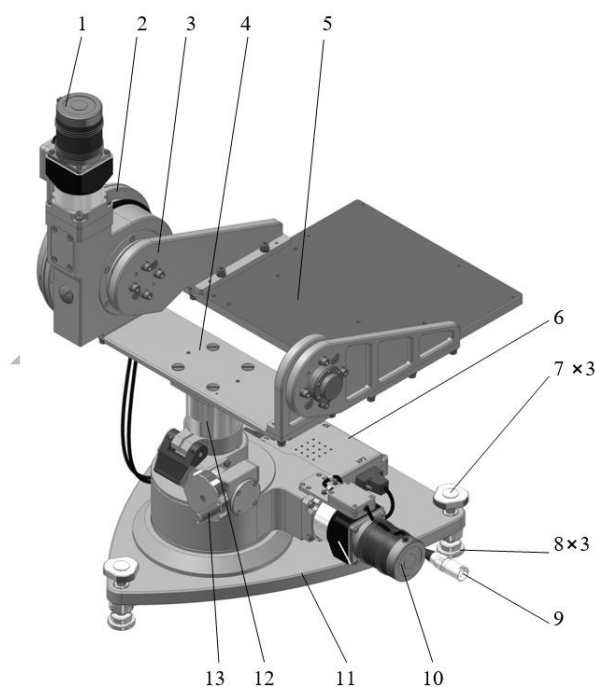


Рис. 1. Общий вид стола наклонно-поворотного: 1 – шаговый двигатель; 2 – абсолютный датчик угла поворота; 3 – кронштейн; 4 – плита; 5 – установочная платформа; 6 – блок управления; 7 – винт регулировочный; 8 – опора; 9 – сетевая кабель «+27V»; 10 – шаговый двигатель; 11 – основание; 12 – рейка; 13 – ручка

Для установки тепловизионной камеры [1] на установочную платформу используется специальное переходное приспособление, для закрепления которого на платформе предусмотрены от-

верстия. Это позволяет устанавливать на столе разные тепловизионные камеры, используя другие приспособления. Главное, чтобы их габаритные размеры и масса не превышали допустимые.

Литература

1. Технические параметры телевизионных модулей CUBE. Официальный сайт «NT Contact». – Санкт-Петербург 2022. – https://ntcontact.ru/product/680#CUBE_817.

УДК 681.2.082

СТЕНД КОТРОЛЯ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ КАМЕР

Студент гр. 11302117 Акулич Р.В.

Кандидат техн. наук, доцент Есьман Г.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Введение. Данный стенд предназначен для контроля параметров тепловизионной камеры [2], в том числе: угла поля зрения, величины неперпендикулярности оптической оси базовой установочной поверхности и др.

Описание стенда и методики проверки. Основными частями стенда являются: основание, система DT-150 [1] для тестирования тепловизоров, стол наклонно-поворотный, персональный компьютер. Схема стенда изображена на рисунке 1. Система DT-150, в состав которой входят источник 1 и тест-объект в виде перекрестия 2, на выходе выдает параллельный пучок света с изображением перекрестия. С помощью стола 4, изображение тест-объекта совмещается с оптической осью тепловизионной камеры 3. С помощью компьютера, подключенного к столу 4, снимается разность показаний по датчикам угла поворота между точками А-А и В-В. Полученные значения являются вертикальным и горизонтальным углом поля зрения соответственно.

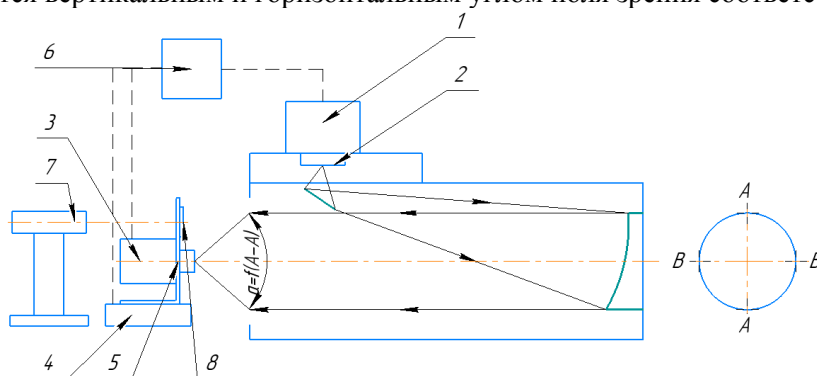


Рис. 1. Схема измерения углового поля зрения

При измерении величины неперпендикулярности оптической оси базовой установочной поверхности за тепловизионной камерой 5 устанавливается автоколлимационная труба 7 таким образом, чтобы ее входной зрачок был направлен в сторону входного зрачка DT-150 через окно в базовой установочной поверхности 5. Центр изображения тест-объекта 2 совмещается с центром сетки автоколлимационной трубы путем наклонов и разворотов последней. Камера так же фокусируется на тест-объекте и поворотами стола совмещается ее оптическая ось с тест-объектом. После этого к отверстию в базовой установочной поверхности 5 прикрепляется стеклянная пластина 8. Наблюдая в окуляр трубки 7 (рис. 2) снимается отсчет по шкале, соответствующий отклонению центра автоколлимационного перекрестия сетки, отраженного от поверхности стеклянной пластины, относительно центра сетки трубки.

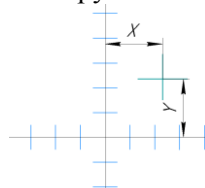


Рис. 2. Отклонение центра перекрестия сетки в окуляре автоколлимационной трубки

Величина неперпендикулярности рассчитывается по формуле:

$$Z = \sqrt{X^2 + Y^2}. \quad (1)$$

Литература

1. Стационарная система серии DT для тестирования телевизоров. Официальный сайт «Inframet». – Варшава 2019. – https://www.inframet.com/Data_sheets/DT.pdf.
2. Технические параметры тепловизионных модулей CUBE. Официальный сайт «NT Contact». – Санкт-Петербург 2022. – https://ntcontact.ru/product/680#CUBE_817.

УДК 617.3

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ ИМПЛАНТОВ С УГЛОВОЙ СТАБИЛЬНОСТЬЮ ДЛЯ ОСТЕОСИНТЕЗА

Магистрант Аншиц А.А.

Кандидат техн. наук, профессор Минченя В.Т.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Как известно, переломы обладают хорошим потенциалом самостоятельного сращения, но без врачебного вмешательства оно обычно происходит неправильно. Следовательно, оперативное вмешательство с самых истоков остеосинтеза заключалось в восстановлении анатомии и сохранении достигнутой репозиции. Последующая работа привела к выводам, что анатомическая репозиция «зубец в зубец» не всегда оправдана, зачастую достаточно сохранить длину сегмента, избавиться от угловой деформации и ротационного смещения. Наибольшее значение в травматологии сейчас уделяется биологии как первостепенному фактору хорошего заживления перелома (вне отрыва от остальных методов) [1].

В свете изменений принципов лечения, было разработано множество новейших имплантов, соответствующих им. Одним из них является пластина с угловой стабильностью, которая позволяет обеспечить стабильность остеосинтеза не за счет прижатия пластины к кости винтами и создания большого трения между винтами и пластиной и между пластиной и костью, а за счет блокирования винтов в пластине [2]. Поэтому обоснованный выбор профиля наружной и внутренней резьбы – один из факторов надежности будущих изделий.

В данной работе рассматривается один из вариантов анализа конструкции, а именно трехмерное (CAD) моделирование с последующим конечно-элементным анализом [3]. Это позволяет без больших затрат спрогнозировать и выбрать наиболее удачные конструктивные решения. На рис. 1 представлены результаты расчета напряжений, возникающих в резьбовом соединении при воздействии осевой нагрузки. Анализ показал возможность последующей оптимизации конструкции для уменьшения концентраций напряжений.

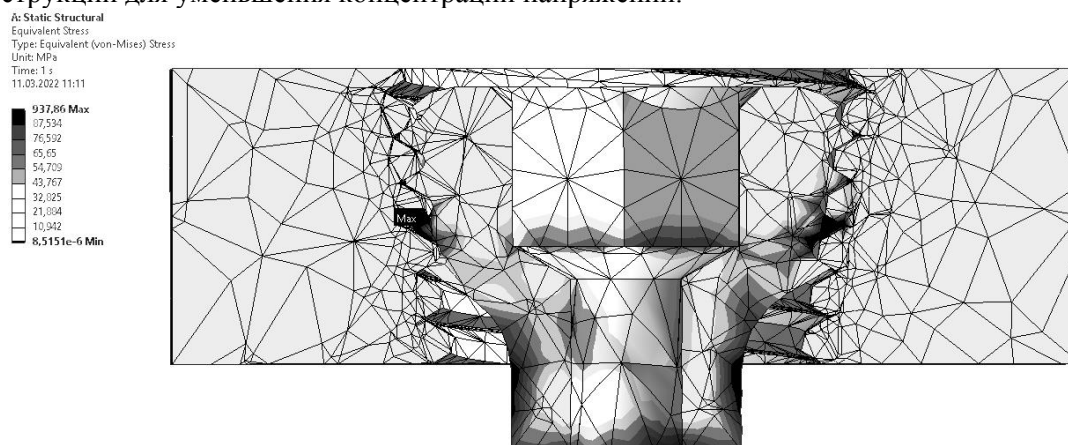


Рис. 1. Напряжения в резьбовом соединении при воздействии осевой нагрузки

Литература

1. Perren, S.M. Эволюция АО философии / S.M. Perren, P. Matter // Margo anterior. – 2004. – №. 1-С. – С. 1–3.

2. Biomechanics of locked plates and screws / Egol K.A. [et al.] // Journal of orthopaedic trauma. – 2004. – №. 8. – P. 488–493.

3. Жидков, А.В. Применение системы ANSYS к решению задач геометрического и конечно-элементного моделирования / А.В. Жидков. – Нижний Новгород, 2006. – 115 с.

УДК 645.43-182.7

УМНЫЙ СТОЛ

Студенты гр. 11302219 Афанасьев М.Р., Шик Д.В.

Кандидат техн. наук, доцент Мониц С.Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Письменный стол – стол для письменных работ и аналогичных занятий сидя. Такие столы используются в школе, офисе и дома как для академических, профессиональных или бытовых задач, таких как чтение, письмо, или используя такое оборудование, как персональный компьютер, принтер и т. д.

Умные столы – это новая альтернатива обычным столам в мебельном мире. Такие столы спроектированы специально для обеспечения наибольшего комфорта при работе. В стол конструктивно внесены различные элементы: колонки с устойчивостью к влаге, беспроводные зарядки для смартфонов, порты USB, а также индукционной системой подогрева кружек. Умные столы оснащены телескопическими ножками с электроприводом и профилями с сохранением положений, что позволяет не настраивать стол каждый раз и регулировать высоту стола на свое усмотрение, чтобы работать как стоя, так и сидя. Регулировки различными функциями стола могут осуществляться как со специальной панели, так и с использованием различных гаджетов, через беспроводное подключение. Умные столы, изготавливаемые на заказ, дают пользователям выбор дизайна пользователям, что дополнительно позитивно сказывается в процессе использования.

Немало важное значение играет посадка пользователя: правильно спроектированное рабочее место может облегчить процесс работы и предотвратить бедующие проблемы со здоровьем. В этом вопросе умный стол значительно выигрывает благодаря вариативности настройки своих положений.

Эргономика и внешний вид стола сможет дополнить образ любой комнаты, будь то офис, квартира, аудитория и т. д.

В настоящее время есть несколько организаций, производящих умную мебель, в том числе и умные столы. Одной из таких компаний является российская компания Tabula Sense, столы которой оснащены панелями беспроводной зарядки, зарядными USB портами, панелью для подогрева кружек, регулировкой по высоте и др. В стандартную комплектацию таких столов входит:

1. Стере колонки, работающие по беспроводной Bluetooth-связи.
2. Беспроводное зарядное устройство для смартфонов и планшетов.
3. Держатель-док для вертикальной установки мобильного устройства.
4. Телескопические ножки на газлифте, с электрическим приводом и памятью на четыре ступени регулировки.
5. Три порта USB, два из которых предназначаются для подключения внешних устройств, а один – для подзарядки.
6. Чехол-ресивер для беспроводной зарядки мобильных устройств Apple.
7. Встроенная подставка с функцией индукционного подогрева и кружка для кофе.

Умная мебель с каждым днем становится более востребованной практически во всех сферах деятельности человека. Удобство, простота и комфорт позволяют лучше концентрироваться при выполнении различного рода дел, помогают поддерживать здоровый образ жизни и значительно сокращают затраты времени на мелкие бытовые нужды.

Литература

1. Умный стол: что это такое, зачем он нужен и сколько стоит? [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://goosha.ru/umnyj-stol-cto-eto-takoe-zachem-on-nuzhen-i-skolko-stoit/>. – Дата доступа: 12.03.2022.

2. Официальный сайт «Tabula sense» [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tabulasense.ru/> – Дата доступа: 14.03.2022.

3. Официальный сайт ООО «ЛВ Трейдинг» [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://smartstol.by/> – 14.03.2022.

УДК 628.941

ВЛИЯНИЕ НАКЛОНА СВЕТОДИОДНЫХ ПЛОСКОСТЕЙ RGB МАТРИЦЫ НА РАВНОМЕРНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ

Студенты гр. 11307118 Баранов П.О., Степаненко А.И.

Кандидат техн. наук Богдан П.С., кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е.Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Расчеты распределения освещенности в плоскости, создаваемой светодиодной матрицей, показали, что при параллельности плоскостей светодиодов и освещаемой поверхности мала равномерность освещенности. Поэтому были проанализированы варианты, когда все светодиоды разворачивали относительно плоскости матрицы от ее одного края к другому на возрастающее с постоянным шагом значение в пределах от -45° до $+45^\circ$ по направлениям вдоль осей x и y и в пределах от $+45^\circ$ до -45° . Расчет производился для матрицы 5×10 из светодиодов LM1-TRP1-01 TTQ в плоскости для расстояния между матрицей и освещаемой поверхностью 1 м. На рис. 1 и 2 показаны соответствующие результаты расчета (нижняя кривая) и для сравнения график распределения освещенности при параллельности плоскостей светодиодов и освещаемой поверхности (верхняя кривая).

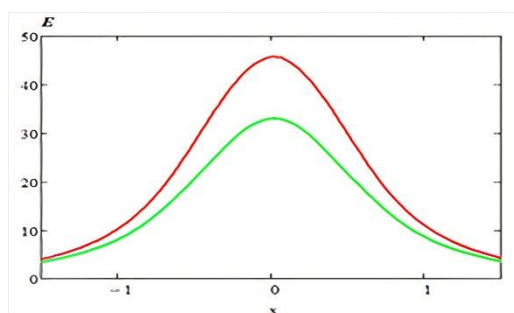


Рис. 1. График зависимости освещенности E на плоскости от координаты x для параллельного (верхний график) и наклонного (нижний) расположения плоскостей светодиодов и освещаемой поверхности при расстоянии между матрицей и плоскостью 1 м (все светодиоды развернуты относительно плоскости матрицы от ее одного края к другому на возрастающее с постоянным шагом значение в пределах от -45° до $+45^\circ$ по направлениям вдоль осей x и y).

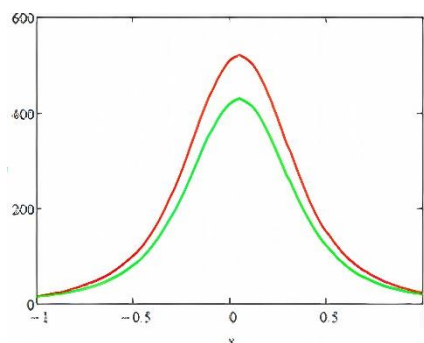


Рис. 2. График зависимости освещенности E на плоскости от координаты x для параллельного (верхний график) и наклонного (нижний) расположения плоскостей светодиодов и освещаемой поверхности при расстоянии между матрицей и плоскостью 1 м (все светодиоды развернуты относительно плоскости матрицы от ее одного края к другому на возрастающее с постоянным шагом значение в пределах от -45° до $+45^\circ$ по направлениям вдоль осей x и y).

Анализ графиков показывает, что наклон элементов матрицы уменьшает освещенность центральной части освещаемой плоскости, за счет чего незначительно возрастает равномерность освещенности.

УДК 628.941

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСВЕЩЕННОСТИ, СОЗДАВАЕМОЙ ПЛОСКОЙ RGB-МАТРИЦЕЙ

Студенты гр. 11307118 Баранов П.О., Степаненко А.И.

Кандидат техн. наук Богдан П.С., кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е.Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Математическое моделирование осветительных систем позволит уменьшить сроки их разработки и оптимизации. Так как наиболее эффективными и экологическими источниками излучения в настоящее время являются светодиодные, была разработана математическая модель распределения освещенности в плоскости от светодиодной матрицы. Для анализа была выбрана светодиодная RGB-матрица, так как она позволяет еще и оптимизировать спектральный состав излучения. Расчет производился как для отдельного светодиода, так и для матрицы 5×10 из светодиодов LM1-TRP1-01 ТТQ в плоскости для расстояний между матрицей и освещаемой поверхностью 0,5, 0,75, 1, 2 и 2,5 м. Результаты расчета представлены на рис. 1.

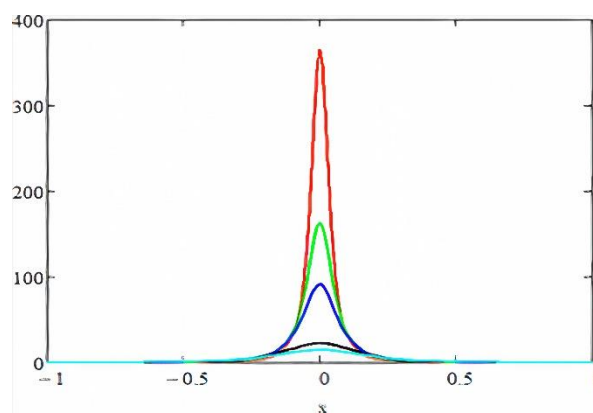


Рис. 1. График зависимости освещенности E на плоскости, освещаемой одним светодиодом, от координаты x для расстояний между матрицей и плоскостью 0,5, 0,75, 1, 2 и 2,5 м (снизу вверх)

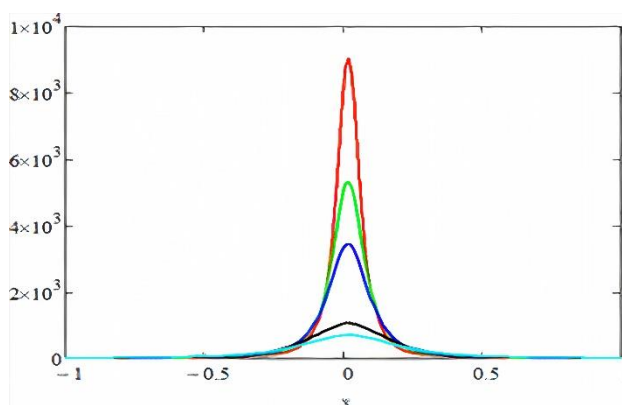


Рис. 2. График зависимости освещенности E на плоскости, освещаемой матрицей светодиодов 5×10 , от координаты x для расстояний между матрицей и плоскостью 0,5, 0,75, 1, 2 и 2,5 м (снизу вверх)

Анализ графиков показывает, что как для отдельного светодиода, так и для матрицы при значительной освещенности велика ее неравномерность и наоборот. Следовательно, непосредственное применение плоских RGB-матриц не является перспективным, требуются дополнительные конструктивные решения для увеличения уровня освещенности при достаточной ее равномерности.

УДК 628.941

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ, СОЗДАВАЕМОЙ RGB-МАТРИЦЕЙ

Студенты гр. 11307118 Баранов П.О., Степаненко А.И.

Кандидат техн. наук Богдан П.С., кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е.Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Для экспериментально исследования распределения освещенности, создаваемой плоской RGB-матрицей, были изготовлены модели светодиодного осветителя (рис. 1), а также измерительного устройства, схема которого представлена на рис. 2.



Рис. 1. Модель светодиодного осветителя

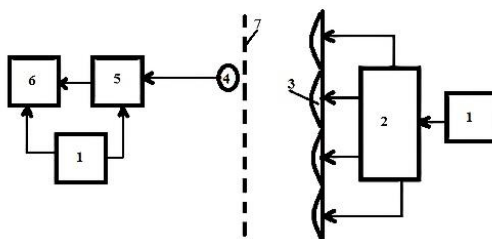


Рис. 2. Схема устройства для исследования распределения освещенности, создаваемой плоской RGB матрицей

Источники питания 1 подводят необходимое напряжение к устройству 2 управления светодиодной матрицей 3. Измерение освещенности осуществляется фотодиодом 4, сигнал с него усиливается усилителем 5 и поступает на устройство индикации 6. Для базирования светодиода и имитации освещаемой плоскости используется решетка 7.

УДК 628.941

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ, СОЗДАВАЕМОЙ RGB-СВЕТОДИОДОМ И ВСЕЙ МАТРИЦЕЙ

Студенты гр. 11307118 Баранов П.О., Степаненко А.И.

Кандидат техн. наук Богдан П.С., кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е.Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

С использованием изготовленного измерительного устройства были произведены измерения освещенности, создаваемой как отдельным RGB-светодиодом WS2812B, так и всей плоской RGB-матрицей, содержащей 5×10 светодиодов. Результаты измерений представлены на рис. 1 для одного светодиода и на рис. 2 для матрицы.

Анализ графиков показывает, что как для отдельного светодиода, так и для матрицы при значительной освещенности велика ее неравномерность и наоборот. Следовательно, непосредственное применение плоских RGB-матриц не является перспективным, требуются дополнительные конструктивные решения для увеличения уровня освещенности при достаточной ее равномерности.

сти. Такая модернизация может осуществляться за счет изменения геометрии матриц, дифференциации режимов питания отдельных светодиодов, использования в матрице светодиодов различных типов, применения вторичной оптики.

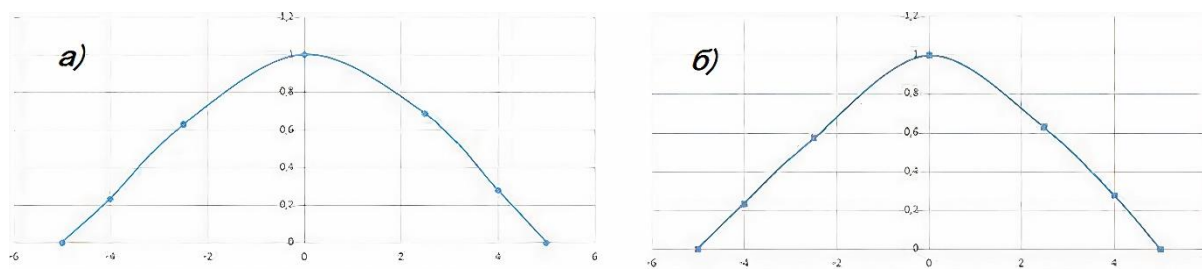


Рис. 1. Распределение освещенности для одного светодиода на расстоянии 30 см от освещаемой поверхности (a) на расстоянии 50 см по вертикали (b) и горизонтали (c)

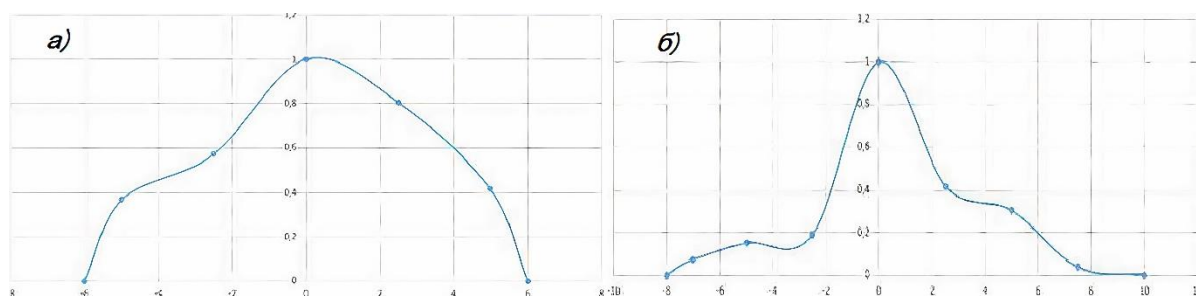


Рис. 2. Распределение освещенности на расстоянии 30 см от освещаемой поверхности (a) для матрицы светодиодов на расстоянии 50 см по вертикали (b) и горизонтали (c)

Первый способ предполагает неравномерное расположение светодиодов, т. е. шаг расположения должен уменьшаться от центра к краю светильника. Второй путь предполагает использование на периферии более мощных светодиодов, либо увеличение питающего напряжения светодиодов от края к центру. В третьем варианте предусматривается использование оптических пропускающих, отражающих или комбинированных элементов, причем форма данных элементов может быть различной. Возможно либо использовать персональный элемент для каждого светодиода, либо общий оптический элемент для всей совокупности светодиодов в матрице. Интересным решением может быть также и комбинация двух перечисленных способов. Введение оптических элементов требует вначале проведения математического моделирования.

УДК 628.941

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВУПОЛОСТНОГО ГИПЕРБОЛОИДА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ РАВНОМЕРНОСТИ ОСВЕЩЕННОСТИ, СОЗДАВАЕМОЙ СВЕТОДИОДНОЙ МАТРИЦЕЙ

Студенты гр. 11307118 Баранов П.О., Степаненко А.И.

Кандидат техн. наук Богдан П.С., кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е.Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Математическое моделирование осветительных систем со светодиодной матрицей позволило сделать вывод о значительной неравномерности освещенности при их использовании. Чтобы увеличить равномерность, необходимо отклонять в стороны исходящие от светодиодов световые лучи. Это также позволит уменьшить эффект ослепления за счет перераспределения световой энергии. Анализ различных поверхностей позволил сделать вывод, что оптимальными в смысле рассеяния лучей являются гиперболические. Для создания таких систем предусматривается использование гиперболического отражателя для каждого светодиода, причем светодиод должен располагаться в одном из фокусов двуполостного гиперboloида вращения. Такое расположение обосновано свойством гиперboloида так менять направление луча при отражении, как будто он выходит из другого фокуса гиперboloида (рис. 1).

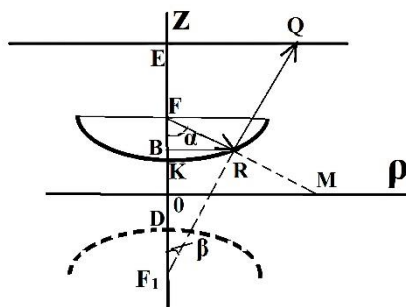


Рис. 1. Ход лучей из светодиода при отражении от внутренней поверхности гиперboloида

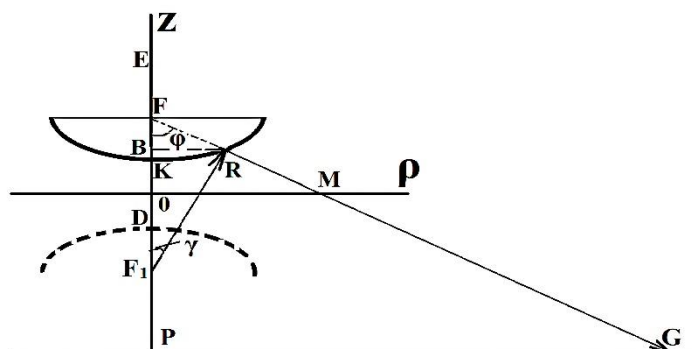


Рис. 2. Ход лучей из светодиода при отражении от и наружной поверхностей гиперboloида

Анализ графиков показывает, что как для отдельного светодиода, так и для матрицы при значительной освещенности велика ее неравномерность и наоборот. Следовательно, непосредственное применение плоских RGB матриц не является перспективным, требуются дополнительные конструктивные решения для увеличения уровня освещенности при достаточной ее равномерности.

УДК 679.8

ОГРАНКА ДРАГОЦЕННЫХ КАМНЕЙ

Студент гр. 11309120 Беганская В.Э.

Кандидат техн. наук, доцент Монич С.Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Огранка – технологический процесс обработки драгоценных и полудрагоценных камней для придания им определенной формы и максимального выявления их игры и блеска [1].

Существует множество видов огранки драгоценных камней. Рассмотрим несколько видов подробнее.

Круглая огранка камней считается самой простой, но в то же время универсальной, позволяющей преподнести камень в выгодном свете. При круглой огранке получается кристалл с лицевой стороной – короной – и тыльной – павильоном. На короне расположена широкая, плоская грань – площадка. Корону от павильона отделяет «поясок» – рундист. При прохождении через бриллиант луч света отражает от всех тыльных граней и выходит через площадку, создавая максимальное сияние.

Овальная огранка камня является разновидностью круглой. Обработанный самоцвет имеет столько же граней, фасетов, как и при круглой огранке, – 57, только сам камень и фасеты имеют вытянутую, клиновидную форму.

Бриллиантовая огранка «Маркиз» – вид огранки камня – удлиненный овал с заостренными концами. При огранке на камне высекают 55 граней.

Камень в форме «Груша»(или «Капля»). Очертания граней грушевидных кристаллов схожи с камнями вида «Маркиз». Самоцвет обрабатывается таким образом, что одна сторона оказывается заостренной, а другая – закругленной. Количество граней – 55–56.

Одна из разновидность «Капли» называется «Бриолет». Такой способ огранки использовался

для украшения диадем и корон. Впервые «Бриолет» был вырезан фламандским огранщиком из Брюгге в 15 веке.

Одна из самых популярных огранок бриллиантов – это «Принцесса». Верхняя часть имеет плоскую квадратную, реже прямоугольную форму, а тыльная сторона похожа на перевернутую пирамидку. Количество facets зависит от величины камня и может достигать 49, 65, 68. Чем больше граней, тем сильнее сияние кристалла.

Огранка «Изумруд», чаще используется для обработки изумрудов, реже алмазов. Камень огранки «Изумруд» имеет прямоугольную форму с плоской площадкой, но углы у него срезаны. Такая огранка подходит только для крупных камней чистой воды, которые не имеют внутренних дефектов, сколов, скрыть их невозможно. Количество граней – 57 или 65.

«Сердце» – это сложная в исполнении обработка, которая требует от ювелира высокого уровня мастерства. Такая огранка возможно только в случае, если ширина и длина камня равны. Такое соотношение линий повышает прочность кристалла и придает игре света особое сияние. Количество facets – 57–58.

«Триллиант» (или «Триллион») При обработке самоцвету придают форму треугольника. Количество facets варьируется и зависит от размера камня. Чаще всего так обрабатывают небольшие камни. Они редко играют роль центрального кристалла в украшении, их используют преимущественно для того, чтобы оттенить и подыграть основному камню.

Качество огранки непосредственным образом влияет на красоту камня. Предназначенная форма огранки, соблюдение пропорциональностей, симметричность граней играют особую роль при оценке приобретаемого изделия. Ведь от данных факторов влияет игра луча, глубина и яркость цвета, четкость форм самоцвета. Самым распространенным видом огранки ювелирных камней является круглая из-за простоты обработки, а самой сложной и дорогостоящей - огранка «Сердце». Одна из самых эффектных форм камней, представляет собой треугольник с клиньями «Триллион». Современные мастера ювелирного искусства не останавливаются на достигнутых результатах. Они постоянно находятся в поисках новых техник обработки камней.

Литература

1. Виды огранки драгоценных и полудрагоценных камней с названиями и фото [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://moykamen.com/interesnoe/ogranka-kamnej.html#i-2>. – Дата доступа: 15.02.2022.

УДК 621.789

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕДИЦИНСКОГО НИТИНОЛА

Студент гр.11307120 Бондаренко В.А.

Кандидат техн. наук, доцент Филонова М.И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является обзор свойств нитинола (NiTi) как материала с эффектом памяти и его применения в медицинских изделиях.

Никелид титана (NiTi) – один из наиболее широко применяемых материалов с эффектом памяти формы. Его открытие в 1958 году и последующее использование позволило улучшить традиционные и получить совершенно новые функциональные свойства приборов и устройств медицинской техники [1].

Применение нитинола связано с температурой превращения нитинола, близкой к температуре тела (310 К). Благодаря термоупругому мартенситному фазовому превращению и обратному превращению в исходный аустенит при нагреве (эффект памяти формы) или при разгрузке (сверхэластичность) нитинол имеет большое количество биомедицинских применений. Другим важным свойством нитинола является его низкий модуль упругости, близкий к естественному костному материалу, и прочность на сжатие выше, чем у природного костного материала, что делает его идеальным материалом для применения в биомедицинских имплантатах. Нитинол можно использовать в качестве инструмента для проволочной направляющей и клапана сердца, для соединения сломанных костей, а также в качестве стента, в качестве проволочной направляющей, а также в качестве ортодонтической проволоки или скобы [2].

Никель является токсичным элементом и вызывает контактную аллергию. В Европе около

20 % женского населения имеют аллергию на никель. Для хорошей биосовместимости нитинол должен обладать хорошей коррозионной стойкостью, поэтому выделение никеля должно быть минимальным [3].

Он достаточно сложен в производстве. Для достижения требуемой переходной температуры соотношение никеля и титана в сплаве должно выдерживаться с высокой точностью (рис. 1).



Рис. 1. Схема эффекта памяти

Литература

1. Wadood, A. Brief overview on nitinol as biomaterial / A. Wadood // Advances in Materials Science and Engineering. – 2016. – Режим доступа: <https://www.hindawi.com/journals/amse/2016/4173138/>. – Дата доступа: 03.03.2022.
2. Муслев, С.А. Медицинский нитинол: друг или враг? Еще раз о биосовместимости никелида титана / С.А. Муслев, О.А. Шумилина // Фундаментальные исследования. – 2007. – №. 10. – С. 87-89.
3. Nitinol // Chemistry Learner [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.chemistrylearner.com/nitinol.html>. – Дата доступа: 05.03.2022.

УДК 621.713.12

ТРЕБОВАНИЕ ПРИЛЕГАНИЯ ПРИ НАЗНАЧЕНИИ ДОПУСКОВ

Студенты гр. 11307120 Бондаренко В.А., Храмова А.С.

Кандидат техн. наук, доцент Мониц С.Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является исследование влияния выполнения требования прилегания к изготовлению деталей на примере вала.

Требование прилегания формулируется следующим образом: для валов – диаметр наименьшего правильного воображаемого цилиндра, который может быть описан вокруг вала так, чтобы плотно контактировать с наиболее выступающими точками поверхности на длине соединения (размер сопрягаемой детали идеальной геометрической формы, прилегающей к валу без зазора), не должен быть больше, чем предел максимума материала. Дополнительно наименьший диаметр в любом месте вала, определенный путем двухточечного измерения, не должен быть меньше, чем предел минимума материала.

При использовании ГОСТ 25346-89 требование прилегания применялось по умолчанию. Только для чертежей, которые имели ссылку на стандарт ISO 8015, требование прилегания соблюдалось, если указан модификатор E [1].

В настоящий момент ГОСТ 25346-89 устарел и в ГОСТ 25346-2013 указано, что требование прилегания также применяется только если с допуском указан модификатор E (рис. 1).

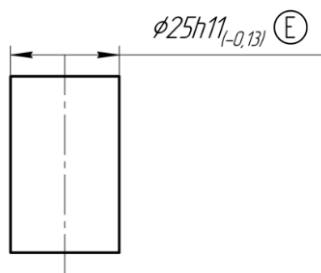


Рис. 1. Чертеж вала с применением требования прилегания

Контроль размеров вала осуществляется при помощи двухточечного измерения штангенциркулем или микрометром, что позволяет проверить соответствие всех диаметров сечения указанному допуску. Однако существует вероятность получения вала такой формы, при которой образуется непредсказуемый натяг в посадке подшипника на вал. С применением требования прилегания эта вероятность исключается, так как необходимо выполнение еще одного условия – вал должен вписываться в воображаемый цилиндр диаметром равным пределу максимума материала и минимуму материала.

Одним из способов контроля соблюдения правила Тейлора является проведение измерений параметров с применением концевых мер длины и индикатора часового типа.

Настройка индикатора производится с помощью одной или нескольких концевых мер длины, размер должен соответствовать номинальному диаметру вала. После настройки концевые меры заменяются валом, который необходимо измерить. Далее вращаем вал по спирали относительно конца стержня индикатора. Стрелка индикатора показывает отклонение вала. Вал не должен выходить за пределы размера максимума и минимума материала, то есть не превышать допуск размера.

Достоинством такого способа изготовления является повышение точности детали, а также изделия в целом. Недостатками – повышается себестоимость изделия и увеличивается время его изготовления.

Литература

1. ГОСТ 25346-2013: Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Основные положения, допуски, отклонения и посадки. – Взамен ГОСТ 25346-89; Введ. с 01.07.2015. – Москва: Изд-во стандартов, 2014. – 36 с.

УДК 612.172.4

ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СЕРДЦА

Студенты гр.11307120 Бондаренко В.А., Храмова А.С.

Кандидаты техн. наук, доцент Суходолов Ю.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Для разработки медицинских приборов, связанных с лечением или диагностикой сердца, необходимо учитывать его физиологические особенности. Целью данной работы является исследование электрофизиологических процессов сердца, его сути и особенностей.

Электрофизиологическое исследование сердца (ЭФИ) представляет собой нехирургический анализ системы электропроводности (нормальной или аномальной) сердца. В тесте используются сердечные катетеры и сложные компьютеры для создания записей электрокардиограммы (ЭКГ) и электрических измерений с исключительной точностью в камерах сердца [1].

Ритмичное насосное действие сердца, которое, по сути, представляет собой мышцу, является результатом прохождения электрических импульсов по стенкам четырех сердечных камер. Эти импульсы возникают в синоатриальном (СА) узле. В норме синоатриальный узел, действуя как свеча зажигания, спонтанно генерирует импульсы, которые проходят через определенные пути через предсердия к атриовентрикулярному (АВ) узлу. Атриовентрикулярный узел представляет собой ретрансляционную станцию, посылающую импульсы более специализированным мышечным волокнам в нижние камеры сердца: желудочки [2].

Если эти проводящие пути повреждены или заблокированы, или если существуют дополнительные (аномальные) проводящие пути, сердечный ритм может быть изменен (возможно, слишком медленный, слишком быстрый или нерегулярный), что может серьезно повлиять на сердце. Пациента транспортируют к рентгеновскому столу в лаборатории электрофизиологии и подключают к различным мониторам. В правую бедренную (бедренную) вену в паховой области вводят не менее двух катетеров. Катетеры имеют диаметр около 2 мм. Как правило, на концах катетеров располагаются от четырех до десяти электродов, которые способны посылать электрические сигналы для стимуляции сердца (так называемая кардиостимуляция) и получать электрические сигналы от сердца, но не одновременно (так же, как рация не может отправлять и получать сообщения одновременно).

Во-первых, электроды расположены так, чтобы получать сигналы изнутри сердечных камер. Это позволяет врачу измерить скорость прохождения электрических импульсов в настоящее время в сердце пациента. Эти измерения называются базовыми измерениями пациента. Затем электроды располагаются для стимуляции: команда электрофизиологов фактически пытается вызвать (иногда в сочетании с различными сердечными препаратами) аритмию, которую пациент испытывал ранее, чтобы команда могла наблюдать ее в контролируемой среде и сравнивать ее с клиническим состоянием пациента, или спонтанной аритмии, и решить, как ее лечить. Как только аритмия вызвана и команда определяет, что ее можно лечить с помощью катетерной абляции, выполняется картирование сердца, чтобы точно определить происхождение и путь аномального пути. Когда это выполнено, катетер абляционного электрода располагается прямо напротив патологического пути, и через электрод подается высокая радиочастотная энергия для разрушения (сжигания) ткани в этой области [3].

Литература

1. Cardiac Electrophysiology – Earth's Lab [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.earthslab.com/physiology/cardiac-electrophysiology/#content-coordination-of-cardiac-electrical-activity>. – Дата доступа: 05.03.2022.
2. Electrophysiology Study Of The Heart | Encyclopedia.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.encyclopedia.com/medicine/divisions-diagnostics-and-procedures/medicine/electrophysiology-study-heart>. – Дата доступа: 07.03.2022.
3. Electrophysiology Studies (EPS) | American Heart Association [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.heart.org/en/health-topics/arrhythmia/symptoms-diagnosis--monitoring-of-arrhythmia/electrophysiology-studies-eps>. – Дата доступа: 06.03.2022.

УДК 537.6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ТЕРМОСИФОНА

Студенты гр. 10601220 Борисюк Р.С., Бруверис М.Ю.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Создание высокоэффективных систем охлаждения и теплообмена является важной технической задачей в микроэлектронике, космонавтике, энергетике и других сферах профессиональной деятельности [1]. Используемые в настоящее время ребренные или штыревые радиаторы с принудительной конвекцией, изготовленные из меди или алюминия, практически достигли своей предельной эффективности и не могут обеспечить отведение тепловых потоков, достигающих плотности 100–200 Вт/см² и более.

Для повышения эффективности охлаждения сейчас все шире используются тепловые трубы и термосифоны, эффективная теплопроводность которых может значительно превышать теплопроводность меди и даже алмаза. Для конструирования систем охлаждения важно знать эффективный коэффициент теплопроводности таких устройств. Теоретический расчет теплопроводности термосифона или тепловой трубы является очень сложной задачей, поэтому в данной работе эффективный коэффициент теплопроводности термосифона определялся методом сравнения результатов компьютерного моделирования и экспериментальных данных.

Из тонкостенной медной трубы был изготовлен термосифон длиной 1 метр и диаметром 28 мм. Один конец трубы был герметично запаян, а на втором установлен шаровой кран, через

который сифон заправляется рабочей жидкостью и закрывается после удаления из него воздуха. При проведении измерений нижний конец термосифона (зона теплосъема) погружался в кипящую воду, а на верхнем конце (зона теплоотдачи) снималась динамика изменения температуры. Измерение температуры осуществлялось с помощью термопары. Для уменьшения теплообмена с окружающей средой термосифон был покрыт теплоизоляцией.

Для определения эффективного коэффициента теплопроводности была разработана компьютерная модель описанного термосифона в программе ABAQUS. В процессе компьютерного моделирования подбирался коэффициент теплопроводности термосифона, который позволял добиться совпадения экспериментальной и расчетной зависимости температуры зоны теплосъема термосифона от времени. Экспериментальная и расчетная зависимости температуры от времени представлены на графике (рис. 1). Эффективная теплопроводность термосифона с водой в качестве рабочей жидкости в соответствии с результатами опыта составила около $7800 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, что примерно в 4 раз выше теплопроводности алмаза.

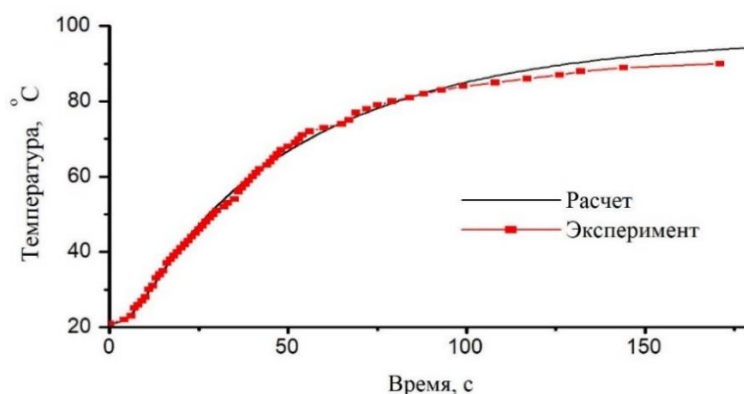


Рис. 1. Сравнение динамики изменения температуры в области термопары (эксперимент и модель).

Литература

1. Мухамбетов, А.М. Классификация систем охлаждения на основе конструктивных особенностей охлаждаемого элемента / А.М. Мухамбетов, И.М. Рыбаков, Н.В. Горячев // Труды XXI-го международного симпозиума «Надежность и качество», Т.2. – Пенза, 2016. – С. 59 – 61.

УДК 621.318.43+621.086.23

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СОЛЕНОИДА С УПРУГИМИ СВОЙСТВАМИ

Студент гр. 11307120 Грузд Н.А.

Кандидат техн. наук, доцент Филонова М.И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Тенденции в области приборостроения направлены на уменьшение габаритов устройств с целью повышения их компактности и удобства использования. Прежде всего это касается устройств медицинского назначения, в частности протезов утраченных органов и конечностей, когда внедрение сложных систем преобразования движения не предоставляется возможным, а незначительная поломка может нанести вред здоровью пациента.

При проектировании бионических протезов конечностей целесообразным является применение линейных электроприводов, позволяющих обеспечить протезу большее число свободы движений при относительно небольших размерах [1]. Работа таких двигателей осуществляется за счет электромагнитных сил, возникающих в катушке (соленоиде), причем обратный ход реализован за счет дополнительного конструктивного элемента – пружины сжатия. Объединение функций данных двух элементов (соленоида и пружины) в одном позволит упростить конструкцию привода и снизить себестоимость его производства. Такое изделие должно представлять собой катушку, выполненную из проводникового материала с высокими упругими свойствами, изначально имеющую просветы между витками.

Традиционно пружины разделяют на классы, виды и разряды. Класс пружины характеризует режим нагружения и выносливости, а также определяет основные требования к материалам и

технологии изготовления [2]. Пружины сжатия, подвергаемые циклическим нагрузкам, относят к III кассу и изготавливают из стальной углеродистой проволоки по ГОСТ 9389. Однако стальная пружина не будет обладать свойствами соленоида. Пружину-соленоид можно изготовить из проволоки CuNb (70 % меди и 30 % ниобия). Материал характеризуется высоким модулем упругости и высокой прочностью на разрыв до 1,2 ГПа, при электропроводности свыше 60 % IACS.

В условиях промышленных предприятий навивка пружин осуществляется на специальных пружинонавивочных станках или на переоборудованных токарных. Возможно применение ручной оснастки или специализированных полуавтоматов. Из проволоки до 8 мм в диаметре пружины навивают в холодном состоянии и не подвергают закалке [3].

Известен метод намотки соленоида в лаборатории сильных магнитных полей СарФТИ НИЯУ МИФИ, применяемый в рамках разработки многovitкового соленоида для получения магнитных полей свыше 50 Тл [4]. Предварительно провод обматывается стеклотканевой лентой, затем протаскивается через фильеру и наматывается на барабан. Навивка производится при помощи специальной технологической оснастки. Для увеличения проводимости и прочности производится охлаждение соленоида жидким азотом.

Соленоид с упругими свойствами может применяться также в устройствах наподобие электрогидравлического привода Козлова [5]. Приводы такого рода найдут широкое применение в робототехнике, а их внедрение в область протезирования позволит повысить технологичность конструкции и приблизит появление так называемых «мягких» протезов.

Литература

1. Линейный электродвигатель: пат. RU2705205 / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет» / Г.В. Атанов, С.Н. Антонов, Г.В. Никитенко. – Оpubл. 06.11.2019.
2. Ануриев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. Т.3. / В.И. Ануриев. – 8-е изд., перераб. и доп., под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение. 2001. – 864 с.
3. Технология изготовления пружин и требования к ним / КурскМК [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: Технология изготовления пружин и требования к ним (kurskmk.com). – Дата доступа: 12.03.2022
4. Разработка многovitкового соленоида для получения магнитных полей свыше 50 Тл / И.В. Макаров [и др.] // Электрофизические исследования при высоких интенсивностях воздействия. – С. 258–265.
5. Электрогидравлический привод Козлова: пат. СССР № 901611 / А.А.Козлов. – Оpubл. 30.01.1982.

УДК 615.477.2

ПОНЯТИЕ БИОНИЧЕСКОГО ПРИВОДА И ЕГО СУЩЕСТВУЮЩИЕ АНАЛОГИ

Студенты гр. 11307120 Грузд Н.А., Едало Е.И.

Кандидат техн. наук, доцент Монич С.Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Современные модели протезов зачастую превосходят по функциональности человеческое тело, однако ряд факторов, таких как отсутствие осязания и интуитивного управления, не позволяет в полной мере компенсировать утраченную конечность. Задачи такого рода являются объектом исследований бионики или биомиметики. Бионика – прикладная наука о применении в технических устройствах и системах принципов организации, свойств, функций и структур живой природы, то есть формы живого в природе и их промышленные аналоги [1].

Бионические протезы, принцип работы которых основан на считывании электромиографических сигналов, приводятся в действие при помощи сервоприводов. Безусловно, сервоприводы имеют ряд преимуществ, однако предполагают наличие цепей преобразования движения, что при ограниченных габаритах протезного устройства усложняет конструкцию и приводит к ограничению подвижности.

Одним из перспективных направлений в решении данной проблемы является разработка так называемых искусственных мышц. За последнее десятилетие было проведено не мало исследований, направленных на создание приводных устройств, способных имитировать принцип работы мышечных тканей человека. Существующие конструкции искусственных мышц содержат

полимерные волокна, материалы с памятью формы, магнитоэлектрические и электроэлектрические системы [2]. Известны гидравлические и пневматические аналоги.

В рамках исследований Колорадского университета в Боулдере был разработан самовосстанавливающийся электростатический мягкий привод с гидравлическим усилением HASEL для применения в протезах рук [3]. HASEL создает силу, которая уменьшается по мере линейного сокращения устройства наподобие мышц человека, в отличие от сервоприводов, создающих крутящий момент, пропорциональный силе тока и не зависящий от вращения на выходе привода. Система работает в 10,6 раз быстрее, имеет большую пропускную способность и потребляет в 8,7 раз меньше электроэнергии, однако имеет сравнительно малую мощность.

Понятие «Искусственный мускул» является общим термином, включающим приводы, материалы или устройства, которые имитируют естественную мышцу и могут реверсивно сжиматься и расширяться. В отношении приводных устройств, применяемых в робототехнике и протезировании конечностей можно ввести понятие «бионический привод» как частный случай искусственной мышцы. Такая формулировка не противоречит определению бионики как науки и вносит важное уточнение в описание типа устройств. Из вышесказанного можно заключить следующее: бионический привод – это устройство преобразования электрической энергии в механическую, имитирующее работу естественных мышц человека.

Аналогом бионического привода может служить также электрогидравлический привод Козлова [4]. Устройство содержит камеры с эластичными стенками, заполненными жидким ферромагнетиком, снабженные электрическими обмотками, состоящими из последовательно включенных катушек индуктивности. По своим свойствам привод во многом превосходит существующие устройства.

Бионический привод может применяться конструкции «мягких» протезов, способных повторять особенности строения утраченной части тела. Такой подход позволит пациентам лучше адаптироваться к устройству и вести полноценную социальную жизнь.

Литература

1. Бионика // Словари и энциклопедии по академике [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/tuwiki/119997>. – Дата доступа: 13.03.2022.
2. Bar-Cohen, Y. (ed.). Electroactive polymer (EAP) actuators as artificial muscles: reality, potential, and challenges. – SPIE press, 2004. – Т. 136.
3. Design of a High-Speed Prosthetic Finger Driven by Peano-HASEL Actuators/ Zachary Yoder, Nicholas Kellaris, Christina Chase-Markopoulou // Frontiers in robotics and AI [Electronic resource]. – 2020. – Mode of access: <https://doi.org/10.3389/frobt.2020.586216>. – Date of access: 14.03.2022.
4. Электрогидравлический привод Козлова: пат. СССР № 901611 / А.А.Козлов. – Оpubл. 30.01.1982.

УДК 616.1:616-71

НАСОС ДЛЯ АППАРАТА ОБЪЕМНОЙ СФИГМОГРАФИИ

Студент гр. 11307117 Дикая В.Ю.

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

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время сердечно-сосудистые заболевания занимают одно из лидирующих мест среди причин смертности в мире. Методы диагностики сердечно-сосудистых заболеваний делятся на физикальные, лабораторные и инструментальные. Физикальные методы обследования позволяют врачу поставить предварительный диагноз, однако для его уточнения необходимы лабораторные и аппаратные исследования. Одним из методов инструментальной диагностики является сфигмография – регистрация пульсовых колебаний сосудов, позволяющая судить об их вязкоупругих свойствах. Данный метод позволяет оценить жесткость артерий, что дает возможность судить об их состоянии и выявлять лиц с высоким риском сердечно-сосудистых заболеваний.

Среди наиболее часто применяемых параметров жесткости сосудистой стенки наибольшую диагностическую значимость показали сердечно-лодыжечный индекс и скорость распространения пульсовой волны.

Одним из узлов аппарата для объемной сфигмографии является миниатюрный насос, который служит для нагнетания воздуха в манжеты, сжимающих периферические артерии верхних и нижних конечностей пациента. По аналогии с осциллометрическим методом измерения кровяного давления аппарат регистрирует пульсации, возникающие в пневматических камерах манжет при медленном снижении статического давления в них, однако при сфигмографии регистрация производится одновременно в нескольких точках артериальной системы. Современные насосы обладают рядом недостатков, таких как деформация мембраны во время сборки, сложность ее установки в корпус, утечки воздуха между всасывающими и отводящими клапанами.

Конструкция разработанного насоса представлена на рисунке 1.

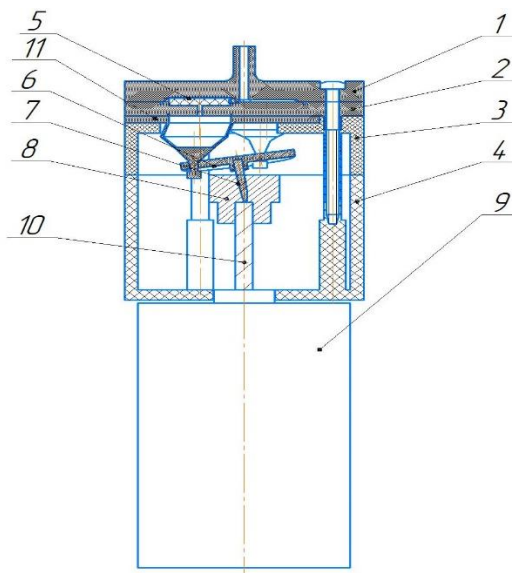


Рис. 1. Схема конструкции насоса

Насос состоит из крышек 1 и 2, корпусных деталей 3 и 4, трех выпускных клапанов 5, трех впускных клапанов (на рисунке не показаны), водила 6, в которое вклеен штифт 7, и ротора 8, установленного на выходном валу 10 электродвигателя 9. Штифт 7 установлен в наклонном эксцентричном отверстии ротора 8 с возможностью относительного вращения. Цельная диафрагма 11 выполнена из каучука.

При включении насоса электродвигатель 9 вращает вал 10 с ротором 8, что приводит к периодическому изменению ориентации оси штифта 7 и углов наклона водила 6, благодаря чему происходит циклическая деформация камер диафрагмы 11, сопровождающаяся всасыванием воздуха через впускные клапаны и его последующим вытеснением в манжету через выпускные клапаны 5.

УДК 617.7-089.28

СТЕКЛЯННЫЙ ГЛАЗНОЙ ПРОТЕЗ. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Студент гр. 11307120 Едало Е. И.

Кандидат техн. наук, доцент Филонова М.И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Глазной протез – это искусственный глаз, который замещает отсутствующий орган или покрывает деформированное глазное яблоко. Такой протез имеет косметическое и лечебно-профилактическое значение, так как защищает полость и поддерживает ее форму, сохраняет тонус и правильность положения век, удерживает в правильном положении слезные точки.

Виды глазных протезов:

- искусственный глаз – имитирует глазное яблоко. Применяется у пациентов, полностью лишившихся глаза;
- эндопротез – замещает глазное яблоко после его удаления;
- склеральная линза, применяется в случаях, когда имеется нормальная или почти нормальная

форма глазного яблока с общим помутнением роговицы или изуродованный глаз, который видеть уже не сможет.

По форме протезы делятся на: трехэллипсоидные с глубокой втяжкой, височные, удлиненные, плоские, удлиненные с уменьшенным верхним краем, плоские с увеличенным верхним краем. Двухэллипсоидные симметричные; двухэллипсоидные, смещенные к верхнему своду двухэллипсоидные, смещенные к нижнему своду [1].

Рассмотрим искусственный глаз, изготовленный из стекла. К преимуществам таких протезов относится хорошая смачиваемость, натуральность склеры изделия, яркость радужки и быстрота изготовления. Рассматриваемый вид протеза изготавливается из нескольких видов стекла, каждый из которых имеет собственную запатентованную рецептуру. Для производства используются склеральное, фоновое, венчиковое, зрачковое, цветное и рубиновое (для имитации кровеносных сосудов) стекла, которые имеют один коэффициент термического расширения, что позволяет предотвратить образование трещин.

Изготовление стеклянного глазного протеза начинается с промежуточного изделия – шпич, из которого впоследствии выдувается шар. Следующий шаг – это нанесение фона радужки с помощью специального фонового стекла. Далее цветным стеклом наносится рисунок самой радужки. Для качественной цветопередачи используется несколько скруток стекла различных оттенков. Следующая операция – нанесение пигментной каймы вокруг зрачка, который в свою очередь, изготавливается из черного непрозрачного стекла. Далее происходит нанесение прозрачного роговичного стекла, формирование лимба, для этого переходят к нагонке склерального стекла шарика на роговицу. Нити кровеносных сосудов наносят на подогретую височную и носовую части склеры. Окончательная форма протеза получается после заделки двустенного протеза и затяжки задней стенки внутрь протеза. Все этапы технологического процесса занимают от 50 минут до 1 часа. Чтобы предотвратить повреждение протеза, из-за резкой смены температур, глаз помещается в электромуфельную печь. Описанная технология применяется при изготовлении индивидуальных форм протезов [2].

При наличии большого количества преимуществ, данный вид протеза имеет несколько недостатков. К ним относится недолговечность (9 месяцев), высокая теплопроводность, отсутствие глубины передней камеры [3].

Литература

1. Шиф, Л.В. Глазное протезирование / Л.В. Шиф. – М.: Медицина, 1981. – 135 с.
2. Характеристика глазных протезов и показания к их применению / Вериге Е. Н. [и др.] // Глаз. – 2011. – №. 3. – С. 9–14.
3. Отличия между стеклянными и пластмассовыми глазными протезами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://okoris.ru/protezirovanie/chto-nuzhno-znat-pro-protez/otlichija-mezhdu-stekljannymi-i-plastmasso-vymi-glaznymi-proteжами/](http://okoris.ru/protezirovanie/chto-nuzhno-znat-pro-protez/otlichija-mezhdu-stekljannymi-i-plastmasso-vymi-glaznymi-proteзами/). – Дата доступа: 12.03.2022.

УДК 617.7-77.2-039.76

БИОНИЧЕСКИЙ ПРОТЕЗ ГЛАЗА

Студент гр. 11307120 Едало Е.И.

Кандидат техн. наук, доцент Мониц С.Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Бионический глаз – это искусственный глаз, который обеспечивает зрительные ощущения в мозгу. Цель этого изобретения – восстановление зрительного сигнала у тех, кто страдает от различных глазных заболеваний, приводящих к ухудшению зрения или же слепоте.

Бионический глаз состоит из компьютерного чипа, который находится в задней части глаза пострадавшего и связан с мини-видеокамерой, встроенной в очки, которые он носит. Очки захватывают и обрабатывают изображения, которые отправляются на небольшой процессор. Затем эти данные, фокусируются на чипе, преобразуя изображение в электронный сигнал, который мозг может интерпретировать. Имплантат обходит больные клетки сетчатки и проходит через оставшиеся возможные клетки [1].

В зависимости от количества оставшихся клеток слоев сетчатки, необходимых для восстановления большего процента существует два различных подхода: субретинальный и эпиретинальный. Рассмотрим первый вид протезов. Субретинальная концепция – между пигментным эпителием и нейросетчаткой вставляется тонкая пластина с большим количеством светочувствительных микро-фотодиодов. Таким образом, свет от зрительного объекта приводит непосредственно к возбуждению клеток наружного или среднего слоев сетчатки [2]. Работу протеза субретинальной концепции рассмотрим по экспериментам *in vitro* и *in vivo*. Приемник облучается инфракрасным передатчиком, установленным в оправе очков. Энергию, преобразованная в электричество, подается на чип через проводящую дорожку. Субретинальный чип с 1600 приемниками крепится на фольгированной ленте толщиной 0,1 мм.

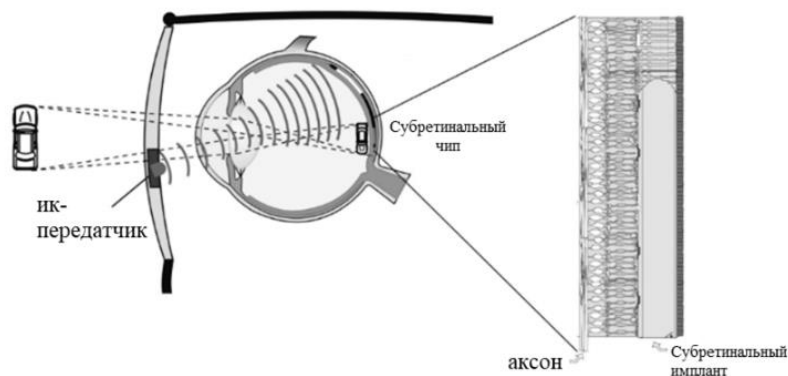


Рис. 1. Субретинальный протез глаза

Тем не менее, очень высокое пространственное разрешение естественных фоторецепторных клеток не может быть достигнуто, так как оно требует высокоспециализированных пре- и пост-синаптических структур отдельных клеток, которые можно стимулировать только биохимически, а не электрически [3].

Литература

1. Eckmiller, R. Learning retina implants with epiretinal contacts / R. Eckmiller // *Ophthalmic research*. – 1997. – №. 5. – P. 281–289.
2. The Yucatan micropig model for implantation of subretinal microphotodiode arrays (MPDA) in visual prosthetic research / H.G. Sachs [et al.] // *INVESTIGATIVE OPHTHALMOLOGY & VISUAL SCIENCE*. – 9650 ROCKVILLE PIKE, BETHESDA, MD 20814-3998 USA: ASSOC RESEARCH VISION OPHTHALMOLOGY INC, 1999. – Vol. 40. – №. 4. – P. S734–S734.
3. Stett, A. Retinal Prosthesis: Assessment of the quality of seeing achievable by subretinalelectrical stimulation / A. Stett // In: Troch I, Breiteneker F (Hrsg.). *Proceedings 4th MATHMOOD*, Vienna 2003. – Vienna: ARGESIM Verlag, 2003. – P. 1614–1618.

УДК 617.741-004

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПЛЕТИЗМОГРАФИИ

Студент гр. 11307119 Жихар И.А.

Кандидат техн. наук, доцент Монич С.Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Плетизмография измеряет изменения объема исследуемых органов, частей тела человека или животного. Измеряются эти изменения с помощью манжет для измерения артериального давления или других датчиков, которые подключены к плетизмографу [1].

Плетизмография особенно эффективна при выявлении изменений, вызванных кровотоком. Это может помочь врачу определить, есть ли у человека тромб в руке или ноге, рассчитать объем воздуха, который могут вместить ваши легкие.

Плетизмографы – приборы для графической регистрации изменений объема части тела или органа, вызванных изменением их кровенаполнения. По принципу восприятия информации раз-

личают механические, механоэлектрические, электрические и фотоэлектрические плетизмографы, причем собственно плетизмографами являются только механические, т.к. только они способны непосредственно воспринимать изменения объема исследуемого объекта [2].

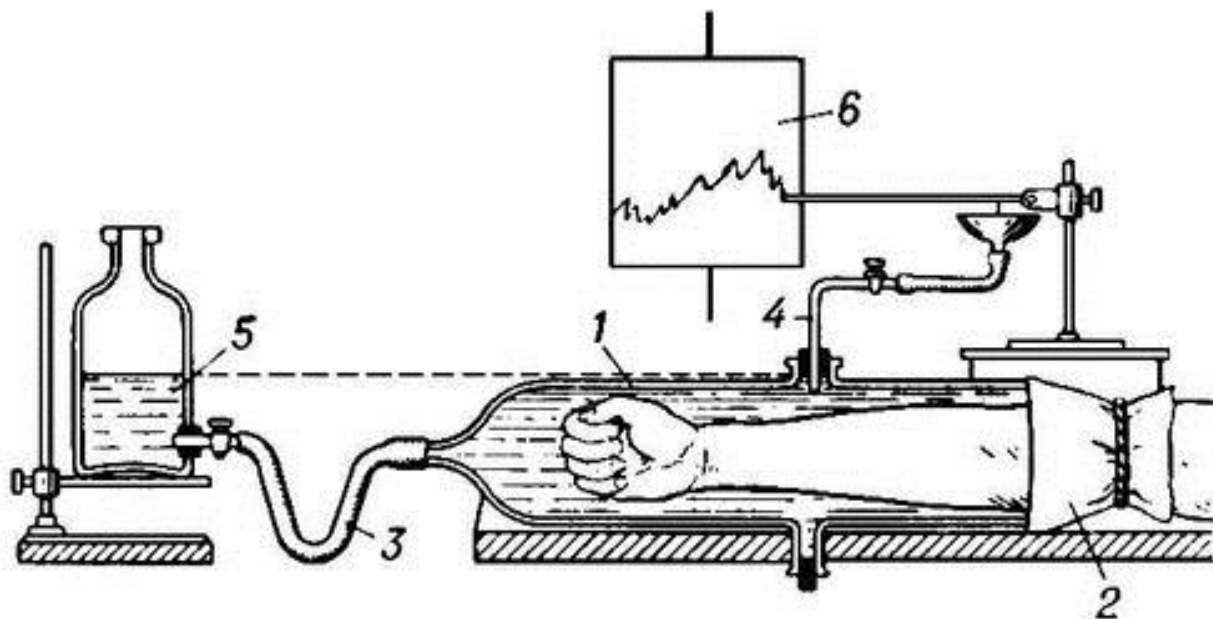


Рис. 1. Простейший плетизмограф: 1 – цилиндр; 2 – резиновая манжетка; 3 – трубка для соединения бутылки с прибором; 4 – трубка для соединения с капсулой Маррея; 5 – бутылка для воды; 6 – барабан кимографа

Простейший плетизмограф состоит из сосуда, наполненного водой, в который помещается исследуемый орган. Для герметичности сосуда используют резиновую манжету.

Колебания кровенаполнения сосудов органа влияют на уровень воды в приборе и отображаются на плетизмограмме в виде кривой.

Существуют более современные методы плетизмографии: фотоплетизмография (представляет собой простой оптический метод, используемый для обнаружения изменений крови в периферическом кровообращении. При этом методе измерения проводятся на поверхности кожи; реоплетизмография и диэлектрография (емкостная плетизмография) [3].

Литература

1. Брагин, В.М. Комплексная плетизмография у больных с патологией вен нижних конечностей / В.М. Брагин, С.А. Ярославцев, Е.Д. Завьялов // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. – 1982. – 128(2). – С. 63–66.
2. Орлов, В.В. Плетизмография / В.В. Орлов. – М.: Медицина, 1961. – 256 с.
3. Удальцов, В.Е. К методике измерения сегмента конечности при реовазографии и плетизмографии / В.Е. Удальцов // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. – 1974. – 112(10). – С. 73–81.

УДК 620.1.051

СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ГИДРОЦИЛИНДРОВ

Студент гр. 11302118 Зуев Д.В.

Кандидат техн. наук, доцент Габец В.Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Любой продукт (машина, услуга) перед его непосредственным введением в эксплуатацию подвергается испытаниям на соответствие заданным характеристикам. Для гидроцилиндров применяют испытания, которые регламентируются по ГОСТ 18464-96 «Гидроприводы объемные. Гидроцилиндры. Правила приемки и методы испытаний».

Темой данного исследования является изучение ресурсных испытаний и испытаний на наработку до отказа гидроцилиндров под рабочим давлением.

Существует множество стенов, предназначенных для проведения указанных испытаний. Например, стенд, в котором в качестве нагружающего устройства используются два кулачковых механизма со сменными шаблонами-профилями [1], стенд с тремя насосными станциями и тяговым гидроцилиндром [2], стенд с нагрузочным гидроцилиндром и качающимся рычагом [1]. Но, в большинстве своем, они обладают существенным недостатком – на испытания затрачивается огромное количество времени. С целью устранения данного недостатка разработана конструкция стенда, кинематическая схема которого представлена на рисунке 1.

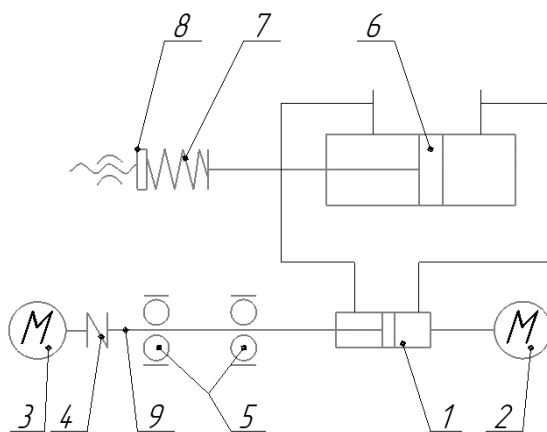


Рис. 1. Кинематическая схема стенда

Конструкция данного стенда разработана на основе патента РФ 2498120 [3], но имеет некоторые конструктивные отличия. Она содержит линейный электропривод 2, соединенный с корпусом испытуемого гидроцилиндра 1 и сообщающий ему возвратно-поступательное движение относительно поршня. Электродвигатель 3 соединен со штоком гидроцилиндра и сообщает ему дополнительную скорость вращения, за счет которой увеличивается суммарная скорость поршня относительно цилиндра, что позволяет снизить наработку на отказ и, соответственно, сократить продолжительность испытаний. Муфта 4 соединяет вал двигателя с валом 9, установленного в опоре с подшипниками качения 5, связанного с испытуемым гидроцилиндром. В качестве нагрузочного механизма используется гидроцилиндр 6. Регулировка рабочего давления в системе осуществляется пружиной 7, посредством винт-гайки 8.

Предлагаемая конструкция позволяет снизить наработку на отказ и, соответственно, сократить продолжительность проведения испытаний за счет увеличения суммарной скорости поршня относительно цилиндра путем сообщения ему дополнительной скорости вращения.

Литература

1. Васильченко, В.А. Гидравлическое оборудование мобильных машин: Справочник / В.А. Васильченко. – М.: Машиностроение, 1983. – 301 с.
2. Савин, И.Ф. Основы гидравлики и гидропривод / И.Ф. Савин, П.В. Сафонов – М.: Высшая школа, 1978. – 222 с.
3. Патент РФ 2498120 МПК F15B19/00. Стенд для испытаний гидроцилиндров / Р.М. Тавасиев. – Опул. 10.11.2013.

УДК 620.1.051

СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Студент гр. 11302118 Иванов Н.С.

Кандидат техн. наук, доцент Габец В.Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Темой исследования является методы установления фактической долговечности подшипников качения и методы испытаний подшипников на долговечность.

Подшипник – это сборочный узел, являющийся частью опоры или упора и поддерживающий вал, ось или иную подвижную конструкцию с заданной жесткостью. Фиксирующий положение в пространстве, обеспечивающий вращение, качение с наименьшим сопротивлением, воспринимает и передает нагрузку от подвижного узла на другие конструкции [1].

В настоящее время существует множество различных методик проведения испытаний, например такие как: стендовые испытания на машинах стандартной конструкции, испытание подшипников на специальных стендах, имитирующих условия их работы в узлах машин определенного назначения, испытания подшипников при форсированных режимах, а также метод бесступенчатого повышения нагрузки до наступления разрушения подшипников, что позволяет резко сократить число объектов и время проведения испытаний и другие [2].

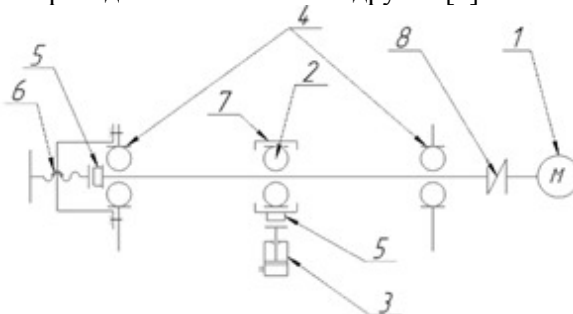


Рис. 1. Кинематическая схема: 1 – электродвигатель; 2 – вспомогательный подшипник; 3 – гидроцилиндр; 4 – испытуемый подшипник; 5 – датчик силы; 6 – винтовая пара; 7 – механизм радиального нагружения; 8 – муфта

На основе анализа существующих конструкций предлагается следующая конструкция испытательного стенда подшипников качения на долговечность (рис.1). Для обеспечения бесступенчатого регулирования радиальной нагрузки используется гидроцилиндр 3 [4]. Так же для обеспечения нагружения внутренних колец испытуемых подшипников нагрузка будет передаваться через вспомогательный подшипник 2 [3]. Для более точного задания радиальной и осевой нагрузки используются датчики силы 5. Так как испытания могут проходить при разных значениях частоты вращения двигателя 1, то в конструкции предусмотрено наличие промышленного частотного преобразователя. Критерием окончания испытания является шум подшипников или повышение температуры, что происходит при усталостном разрушении поверхностных слоев тел качения и износе беговых дорожек [5]. Поэтому испытательный стенд будет оснащаться двумя парами датчиков вибрации и датчиков температуры.

Литература

1. Перель, Л.Я. Подшипники качения. Расчет, проектирование и обслуживание опор. / Л.Я. Перель. – М.: Машиностроение, 1983. – 543 с.
2. Городецкий, Ю.Г. Приборы и автоматы контроля подшипников. / Ю.Г. Городецкий, Б.И. Мухин, Э.П. Соломотин. – М.: Машиностроение, 1973. – 256 с.
3. Патент РФ 2344399 МПК G01M 13/00. Стенд для испытания подшипников на долговечность / Р.И. Ли, М.В. Щетинин, С.И. Кондрашин, А.В. Бочаров. – Оpubл. 22.01.2007.
4. Патент РФ 2713624 МПК G01M 13/04. Стенд испытания подшипников качения на долговечность / Р.И. Ли, Д.Н. Псарев, Ю.Н. Ризаева, А.В. Пчельников. – Оpubл. 21.04.2020.
5. Проников, А.С. Надежность машин. / А.С. Проников. – М. Машиностроение, 1978. – 592 с.

УДК 681.2.084

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТОРМОЗНЫХ ДИСКОВ

Студент гр. 11302117 Кадуков А.А.

Кандидат техн. наук, доцент Есьман Г.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Тормозной диск является ключевым компонентом в тормозной системе автомобиля. Дисковая тормозная система компактнее, легче и дешевле чем барабанная. Она эффективнее, несмотря на меньшую площадь колодок, что достигается плоскостью поверхности диска, тем самым колодки прижимаются к нему равномерно и имеют меньшее время срабатывания. Дисковые тормоза лучше охлаждаются, потому что воздух может свободно циркулировать между диском и поверхностью колодки, а диски с двумя фрикционными поверхностями, разделенные перемычками имеют постоянную циркуляцию воздуха внутри тормозного диска, что улучшает теплоотвод [1].

С целью достижения наилучшего функционирования тормозной системы, а также повышения их срока службы стандартом ECE R90 предусмотрены требования, предъявляемые к поверхностям тормозных дисков и барабанов, а также требования к их механическим и другим характеристикам. Существуют такие геометрические показатели производительности дискового тормоза как плоскостность, эксцентриситет, параллельность поверхностей, которые определяют, насколько эффективно транспортное средство снизит скорость при торможении.

В настоящее время разработано множество конструкций позволяющих произвести контроль геометрических параметров дисковых тормозов, а также соответствующие методы, улучшающие результаты контроля. В результате анализа литературы и патентного поиска можно выделить некоторые применяемые методы, позволяющие уменьшить влияние погрешностей формы поверхностей на результаты измерения контролируемых параметров (рис. 1).

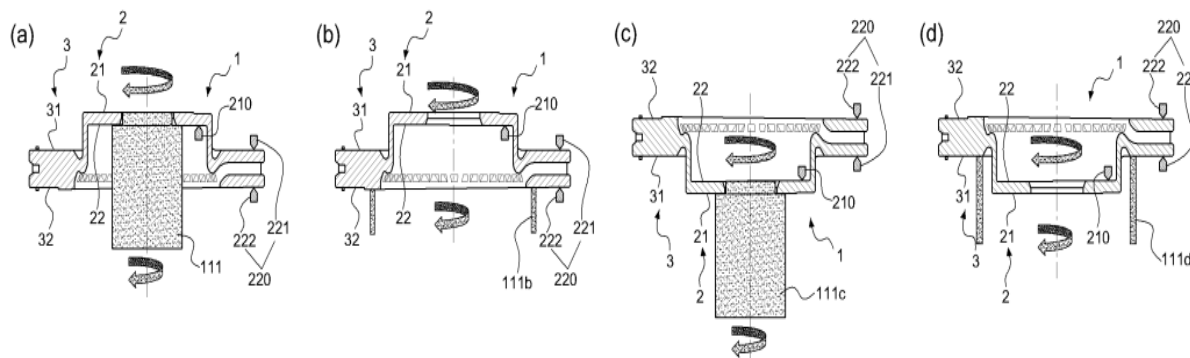


Рис. 1. Методы исключения влияния погрешности формы поверхности тормозного диска: 1 – тормозной диск; 2 – центральная часть; 21 – внутренняя поверхность; 22 – внешняя поверхность; 3 – фрикционные поверхности; 31 – передняя фрикционная поверхность; 32 – задняя фрикционная поверхность; 210, 220, 221 – измерительные преобразователи

Так, например, авторы патента KR101797741B1 описывают метод для уменьшения влияния погрешности формы базовой поверхности тормозного диска. В конструкциях *b* и *d* тормозной диск устанавливается тормозной поверхностью на торец полого вала с целью минимизации влияния неровностей поверхности [2].

Литература

1. Тормозные устройства: Справочник / М.П. Александров [и др.]; Под общ. ред. М.П. Александрова. – М.: Машиностроение, 1985. – 312 с.
2. A measurement apparatus for measuring flatness of outer surface of brake surface of brake disc and a measuring method [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://patents.google.com/patent/KR101797741B1>. – Дата доступа: 02.03.2022.

УДК 681.7-1/9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИПОДОВ В КАЧЕСТВЕ ОПОР КРЕПЛЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ЗЕРКАЛ

Студент гр. 11302117 Камков И.А.

Кандидат техн. наук, доцент Габец В.Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Особенностью оптических зеркал, которую необходимо учитывать при разработке конструкции крепления, является их повышенная чувствительность к деформациям – изгибу зеркала и местным искажениям формы отражающей поверхности. Выбор конкретного способа соединения зависит от множества факторов: функционального назначения зеркала, условий эксплуатации, технологических возможностей производства и т. д.

Особенно тщательно разрабатывают конструкцию крепления крупногабаритных космических зеркал. Это обусловлено тем, что качество форм рабочих поверхностей таких зеркал должно

сохраняться при креплении и в процессе эксплуатации очень высоким и, как правило, не превышать значения $\lambda / 50 - \lambda / 70$, где λ – рабочая длина волны света. Выполнить это требование непросто, так как в земных условиях зеркало деформируется под действием собственного веса, а в космосе оно находится в невесомости [1].

При креплении зеркала необходимо предусмотреть осевую и радиальную разгрузку зеркала, позволяющую относительное смещение (развязку) зеркала относительно оправы при изменении температуры [1].

В настоящее время используются конструкции крепления космических зеркал с разгрузкой на три опоры, воспринимающие осевые и радиальные нагрузки [2]. Однако в таких конструкциях используются подвижные элементы, что приводит к появлению зазоров в соединениях и как следствие низкой вибропрочности узла.

Поэтому в качестве конструкции крепления космических зеркал предлагается использовать упругие опоры – биподы. Бипод – это А-образная конструкция с 2-я стойками, его простейшая форма изображена на рис. 1 [3]. Опорный бипод является жестким в необходимых двух степенях свободы и относительно мягким (податливым) в остальных четырех.

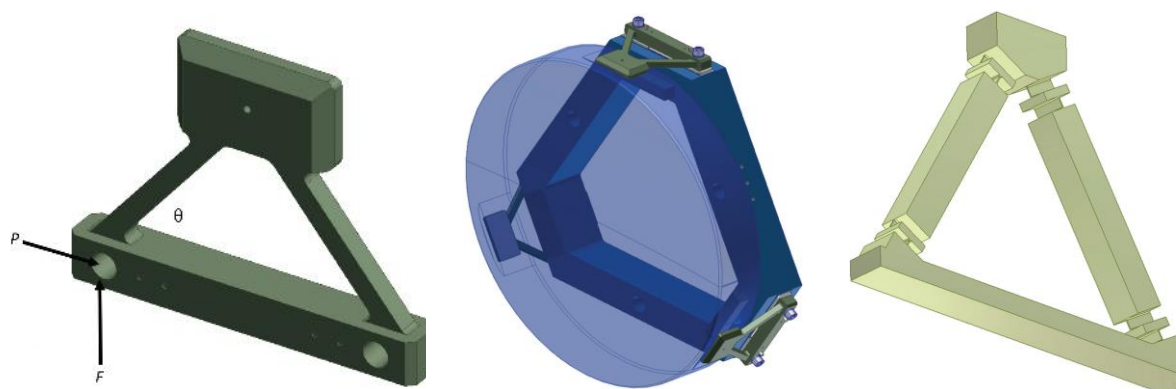


Рис. 1. Бипод. Крепление зеркала на биподах

Оптика закрепляется на трех биподах, перпендикулярных к ней и разнесенных на 120 градусов. Как правило бипод имеет квадратное или круглое сечение, чтобы облегчить упругие деформации по радиальной и тангенциальной осям. Квадратное сечение предпочтительнее круглого с точки зрения технологичности.

Литература

1. Латыев, С.М. Конструирование точных (оптических) приборов: Учебное пособие. / С.М. Латыев, – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Лань, 2015. – 560 с.
2. Савицкий, А.М. Вопросы конструирования облегченных зеркал космических телескопов / А. М. Савицкий, И. М. Соколов // Оптический журнал. – 2009. – № 10. – С. 94–98.
3. Pepi, J.W. Opto-structural analysis / J.W. Pepi. – Bellingham, Washington, USA: SPIE Press, 2018.

УДК 534.131:534-8

ВЛИЯНИЕ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА НА СОБСТВЕННЫЕ ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ КОЛЬЦЕВЫХ КОНЦЕНТРАТОРОВ УЛЬТРАЗВУКА

Магистрант гр. 51315021 Киндрук А.Н.

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

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

При эксплуатации ультразвуковых колебательных систем входящие в их состав концентраторы испытывают воздействие циклических нагрузок, приводящих со временем к усталостному разрушению. Для кольцевых концентраторов с эксцентричным взаимным расположением цилиндрических поверхностей коэффициент усиления колебаний по амплитуде растет с увеличением эксцентриситета, однако возможность его повышения при заданной входной амплитуде ограничивается циклической прочностью материала. Так как концентраторы эксплуатируются на собственных частотах, для расчета предельного коэффициента усиления необходимо в

первую очередь определить зависимость собственных частот колебаний кольцевого концентратора от степени его эксцентричности, что являлось задачей данного исследования.

Расчет собственных частот производился с помощью программы MathCad методом гармонического баланса (МГБ) для концентраторов с внутренним радиусом $r_0 = 20$ мм, толщиной в осевом направлении $H = 3,5$ мм и фиксированной суммарной толщиной в радиальном направлении

$$b_{\Sigma} = b_1 + b_2 = 5,5 \text{ мм}$$

где b_1 и b_2 – радиальная толщина концентратора во входном и выходном сечениях, соответственно, изготовленных из стали с модулем упругости $E = 210$ ГПа и плотностью $\rho = 7800$ кг/м³. В качестве меры эксцентричности использовалось отношение $b_2:b_{\Sigma}$, которое теоретически может принимать значения от нуля (концентратор с бесконечно тонким выходным сечением) до 0,5 (равнотолщинный концентратор), а при расчете варьировалось в диапазоне 0,1–0,5. Результаты расчета представлены на рис. 1.

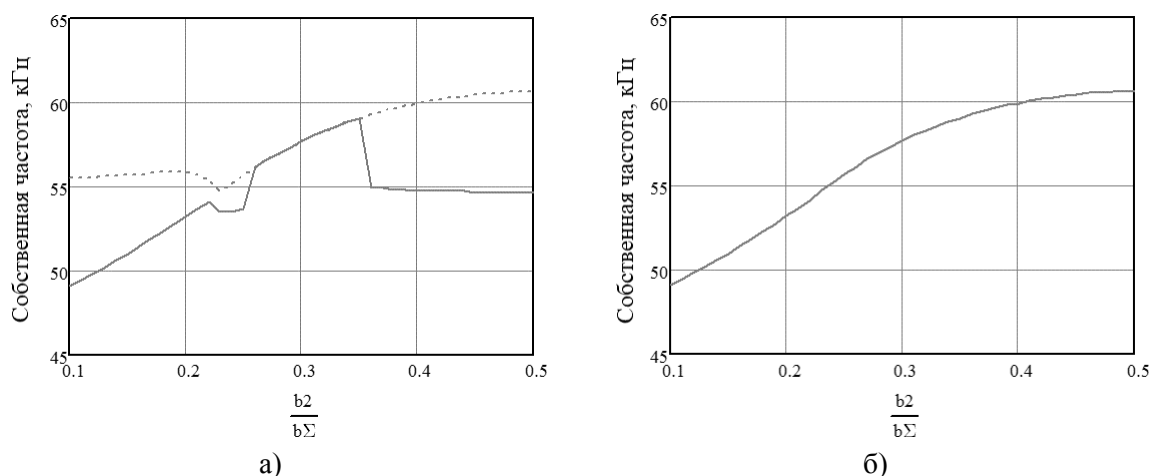


Рис. 1. Зависимость собственных частот от степени эксцентричности концентратора

Эмпирическим путем было установлено, что собственная частота, соответствующая моде 7-го порядка, при изменении отношения $b_2:b_{\Sigma}$ в интервале 0,1–0,5 оказывается заключенной в диапазоне частот 47,5–62,5 кГц и соответствует локальному минимуму псевдорезонансной кривой, рассчитанной с помощью МГБ. В этом же частотном диапазоне лежит еще одна собственная частота, также соответствующая локальному минимуму псевдорезонансной кривой. В связи с этим первоначально определялись частоты, соответствующие обоим локальным минимумам (рис. 1, а), а затем из двух частот выбиралась одна, обеспечивающая плавное изменение кривой зависимости частоты от степени эксцентричности (рис. 1, б).

Таким образом, разработана методика расчета, позволяющая исследовать влияние степени эксцентричности кольцевого концентратора на собственные частоты его колебаний. В дальнейшем планируется применение разработанной методики для определения предельно допустимого коэффициента усиления колебаний с учетом циклической прочности материала.

УДК 616.21:616-71

АППАРАТ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОТОАКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Студент гр. 11307117 Корень А.А.

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

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время, нарушение слуха является одним из самых частых врожденных дефектов. Скрининг новорожденных в разных странах выявил, что тугоухость разной степени выявляется в среднем в 1 случае на 650 новорожденных.

Ранняя диагностика тугоухости и других нарушений слуха позволяет предотвратить нарушения формирования речи ребенка и задержку психического и умственного развития. Одним из

диагностических тестов является такое обследование как отоакустическая эмиссия (ОАЭ).

ОАЭ представляет собой спонтанную или вызванную внешним акустическим стимулом генерацию звуковых сигналов в улитке внутреннего уха. Регистрация происходит с помощью высокочувствительного микрофона, который вводится в слуховой проход. Данное исследование имеет множество преимуществ, среди которых безопасность, точность, фактическое отсутствие противопоказаний и информативность. ОАЭ может быть зарегистрирована у детей уже на 3–4 день после рождения. Поэтому метод широко применяется в родильных отделениях, а также в оториноларингологии и сурдологии.

Схема конструкции акустического узла аппарата для исследования ОАЭ представлена на рис. 1.

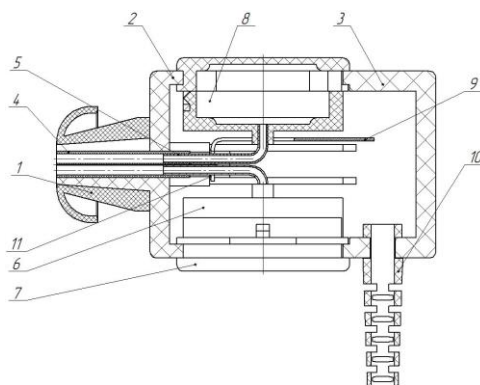


Рис. 1. Схема конструкции акустического узла аппарата для исследования ОАЭ

Конструкция имеет разъемный корпус, состоящий из двух частей 2 и 3. К детали 2 крепится силиконовая амбушюра 1, которая вставляется в наружный слуховой проход. Между деталями 2 и 3 крепятся крышки 6 и 7, в которых располагаются динамики 8, служащие для создания акустического стимула. Стимул передается с помощью звукопроводов 5 в акустические каналы трубки 4, после чего попадает в слуховой проход. Также внутри корпуса 2 в специальных посадочных местах располагаются два микрофона 11. Трубка 4 имеет два просвета для передачи акустического отклика из слухового прохода к микрофонам 11. Электрические соединения микрофонов 11 и динамиков 8 с электронным блоком осуществляются с помощью гибкой печатной платы 9 и кабеля, проходящего через ввод 10.

Преимуществом данной конструкции является использование сменной звукопроводящей трубки 4, что обеспечивает необходимый уровень гигиеничности.

В работе были проведены расчеты амплитудно-частотной характеристики звукопроводящих трубок, направленные на решение проблемы возникновения стоячих волн. Наиболее рациональным способом устранения этого эффекта является регулирование параметров электрического возбуждения динамиков в зависимости от требуемой частоты генерируемого ими звукового стимула.

УДК 621.3.013.32

СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ПРУЖИН НА СЖАТИЕ

Студент гр. 11302117 Короткий А.В.

Ст. преподаватель Суевой С.Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Стенд относится к технике механических испытаний изделий приборостроения, а именно к машинам для испытания винтовых пружин на жесткость и выносливость при нагружении, а также для механических испытаний образцов материалов (или изделий) на усталость при циклическом нагружении. Позволяет определить количество циклов, которые выдержит пружина при поочередном растяжении и сжатии.

Основная область применения станков машиностроительные и приборостроительные предприятия, производящие механизмы с использованием пружин сжатия, автомобильная промышленность.

Принцип работы стенда:

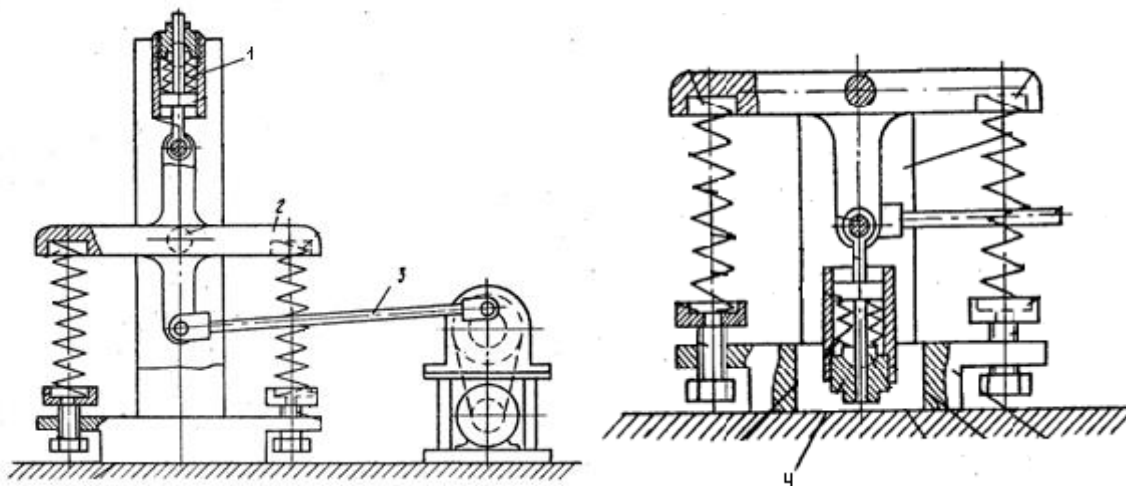


Рис. 1. Стенд для испытания пружин

Испытуемые пружины устанавливаются на опоры и сжимаются с помощью пружины 1 (поджатие регулируется резьбовой втулкой 4) с одинаковым усилием (коромысло остается в равновесном состоянии). Включением кривошипно-шатунного привода 3 приводится коромысло 2 в качательное движение (испытуемые пружины попеременно сжимаются и растягиваются). Изменяя предварительное поджатие пружины 1 проводят при испытании пружин с различной жесткостью.

Благодаря проведению испытаний, определяются характеристики пружин и их эксплуатационные возможности (в случае данной наладки определяется количество циклов, которые выдерживает пружина). При переналадке можно определять упругость, силу сжатия, деформацию пружины (дополнительные характеристики).

Достоинством разработанного в данном проекте стенда испытания пружин является возможность проведения ускоренных испытаний, с различным нагружением, а также определения технических характеристик пружин.

Литература

1. Суrowой, С.Н. Методическое указание по проведению практических занятий по курсу «Обеспечение надежности электробытовой техники» / С.Н. Суrowой. – Мн.: БНТУ, 2004. – 28 с.
2. Воробей, Р.И. Новые направления развития приборостроения. – Мн.: БНТУ, 2011. – 36 с.

УДК 616-78

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Студент гр. 11307718 Кравцова В.С.

Кандидат техн. наук, доцент Габец В.Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Дети с врожденными или приобретенными в первые дни и месяцы жизни формами нарушений опорно-двигательного аппарата (НОДА) – одна из самых серьезных проблем современного [1].

Традиционный подход к задачам физической реабилитации инвалидов с нарушениями опорно-двигательной системы включает в себя общие положения: устранение порочных рефлексов, повышение жизненного тонуса, профилактику осложнений, формирование двигательных компенсаций [2].

Одной из новых немедикаментозных технологий, ориентированных на естественную пластичность детского организма, является компьютеризированный реабилитационный тренажер «Велогеймик». Тренажер предназначен для детей в возрасте от 5 до 18 лет. «Велогеймик» позволяет проводить диагностику, лечение и реабилитацию детей с детским церебральным парали-

чом, парезами различной этиологии, неврологическими нарушениями вследствие раннего органического поражения центральной нервной системы, после черепно-мозговых травм, перенесенных нейрохирургических вмешательств [3].

Тренажер реабилитационный, представленный на рис. 1, состоит из следующих основных частей: платформы 1 (которая, в свою очередь, включает в себя неподвижное основание 3 и подвижную часть 2), неподвижного руля 4 – опоры пациента (высоту руля можно изменять, подстраиваясь под рост пациента), стойки тренажера 5, монитора пациента 6 и монитора врача, который находится на обратной стороне стойки тренажера. Монитор пациента можно размещать на разной высоте в соответствии с ростом пациента.

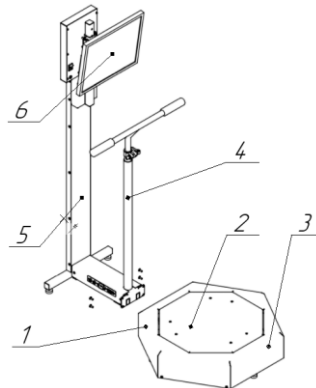


Рис. 1. Компьютеризированный реабилитационный тренажер «Велогеймик»

Ребенок стоит на подвижной платформе тренажера и управляет визуальными образами на экране, меняя центр тяжести своего тела. Платформа является устройством ввода и указания.

Разработка и внедрение тренажерных устройств в физической реабилитации с использованием преимущественно активных физических упражнений, повысит эффективность развития не только двигательных навыков, но и другие качества, необходимые в повседневной жизни.

Литература

1. Гросс, Ю.А. Применение тренажерных устройств в процессе реабилитационных занятий физическими упражнениями детей с нарушениями опорно-двигательного аппарата: автореф. дис., канд. пед. наук / Ю.А. Гросс. – М.; 1998. – 135с.
2. Татаренко, Ю.В. Использование тренажерных устройств в физической реабилитации детей с заболеванием ДЦП: реферат / Ю.В. Татаренко. – Саяногорск, 2017. – 25 с.
3. КлиникБел: информационный портал медицинских услуг [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clinicsbel.by>. – Дата доступа: 15.02.2022.

УДК 658.516.1

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО МЕТОДА РАСЧЕТА РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Студенты гр. 11309120 Кравчук А.Е., Беганская В.Э.

Ассистент Еромин Е.С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Для сборки любых механических приспособлений требуется, чтобы отдельные элементы детали и их поверхности занимали заданное положение друг относительно друга, соответствующее их служебному назначению. Учитывая взаимосвязь множества размеров, которую устанавливают с помощью размерных цепей, происходит подсчет точности взаимного расположения деталей и их поверхностей.

Размерной цепью называют замкнутый контур взаимосвязанных размеров, с помощью которых решаются различные задачи – проектирования, нахождения операционных размеров, контроля [1].

Размерные цепи классифицируются по области применения, по месту в изделии, по расположению звеньев, по характеру звеньев, по характеру взаимных связей.

Входящие в размерные цепи размеры называются звеньями. Звенья в размерных цепях разделяются на замыкающие и составляющие. Замыкающим называется звено, получающееся в результате выполнения составляющих звеньев, т. е. за счет этих звеньев и в этом смысле его иногда определяют как последнее звено. Составляющими звеньями, количество которых не ограничено, являются действительные, т. е. реально выполняемые операционные размеры (линейные или векторные звенья).

При расчете размерных цепей могут решаться две задачи:

1. Прямая задача, относящаяся к размерным цепям, определяется при проектировании новых механизмов деталей, узлов и машин (проектные расчеты).

2. Обратная задача – задача, при которой допуски в чертежах на составляющие размеры определены конструктором на основе конструктивных, экономических и технологических соображений, которые должны соответствовать допуску замыкающего звена (проверочные расчеты).

Для различных промышленных условий многовариантность решения прямой задачи в РЦ разработала ряд подходов к поиску наиболее подходящего. В результате разработаны и применяются на практике пять методов достижения точности:

1. Метод полной взаимозаменяемости (расчет на максимум и минимум).
2. Метод неполной взаимозаменяемости (теоретико-вероятностный метод).
3. Метод групповой взаимозаменяемости (селективной сборки).
4. Метод пригонки (технологический метод).
5. Метод регулирования (конструкторский метод).

Выбор метода решения размерных цепей зависит от следующих особенностей: функциональное назначение изделия, его конструктивные и технологические особенности, себестоимость изделия, эксплуатационные требования, тип производства и т. д.

При иных равных условиях рекомендуется использовать методы решения размерных цепей, при которых сборка осуществляется без подбора, пригонки и регулирования, т. е. методы полной и неполной взаимозаменяемости.

Если применение этих методов экономически невыгодно или технически недоступно, следует перейти к использованию одного из методов неполной взаимозаменяемости.

При выборе метода расчета цепей можно ориентироваться на среднюю величину допуска составляющих звеньев или среднюю степень точности (кавалитет) составляющих звеньев.

Таким образом, определение точности размерных цепей представляет собой главной и обязательной частью конструирования и позволяют: определить количественную связь между размерами деталей машин, уточнить номинальные значения и допуски взаимосвязанных размеров и т. д.

Литература

1. Размерные цепи. Понятия и определения. Методы решения // Студопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studopedia.ru/3_14397_gazmernie-tsepi-ponyatiya-i-opredeleniya-metodi-resheniya.html. – Дата доступа: 15.02.2022.

УДК 617.57-77

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

В настоящее время существует довольно значимая проблема адаптации людей, утративших органы, к повседневной жизнедеятельности.

Решением этой проблемы могут стать бионические протезы. Бионическим является протез, который частично или полностью восполняет утраченный орган и выполняет его функции.

Наиболее простыми бионическими протезами являются механические: они сгибаются и разгибаются за счет оставшихся мышц. В более сложных используются датчики, которые реагируют на электрические импульсы и воспроизводят сложные движения. В настоящее время ведутся разработки протезов, которые соединены с мозгом, и реагируют на его импульсы напрямую, минуя маршрут по нервным окончаниям.

Также бионические протезы можно разделить на односхватовые и многосхватовые.

Односхватовые протезы имеют один вид схвата и оснащены одним мотором. За счет этого мотора обеспечивается простое смыкание и размыкание пальцев кисти руки после поступления соответствующего сигнала от процессора.

Многосхватовый протез – биоэлектрический протез, имеющий несколько видов схвата, а также по двигателю для каждого пальца. За счет этого протез способен выполнять множество схватов или же жестов, а также имеет несколько видов смыкания и размыкания пальцев. Количество жестов программируется в соответствии с желаниями пользователя.

Стоимость современных бионических протезов сильно варьируется и сейчас хоть они и становятся более доступными, однако все равно их цена достигает нескольких тысяч долларов. Это связано с тем, что разработка обходится дорого и требует специалистов из различных отраслей, а также в связи с индивидуальными особенностями клиентов. Клиенты могут получить средства на покупку протеза от государства или страховой компании, однако для этого нужно пройти большое количество медкомиссий и инстанций.

Возможно, их стоимость сможет значительно снизить технология 3D-печати: с ее помощью можно будет учитывать индивидуальные особенности пользователя и украшать протезы на его вкус, это решение может понравиться детям, и они с большим желанием будут их использовать.

В будущем будут появляться все более продвинутые бионические протезы, а люди, которые утратили свои органы, смогут спокойно существовать в обществе без каких-либо ограничений.

Литература

1. Рука помощи: как устроен бионический протез [Электронный ресурс] / Официальный сайт государственной корпорации «Ростех» – Режим доступа <https://rostec.ru/news/ruka-pomoshchi-kak-ustroen-bionicheskij-protez>. – Дата доступа: 15.02.2022.

2. Бионические протезы: кто создает киборгов в России? [Электронный ресурс] / Официальный сайт ООО «Русбейс» – Режим доступа <https://rb.ru/longread/bionic-cyborgs/#rec146998314>. – Дата доступа: 15.02.2022.

3. Бионический протез: современное средство реабилитации [Электронный ресурс] / Официальный сайт ООО «Моторика» – Режим доступа <https://motorica.org/bionicheskij-protez>. – Дата доступа: 15.02.2022.

УДК 671.1.02(075.8)

ОДЕЖДА И УКРАШЕНИЯ АРМЕНИИ

Студент гр. 11309119 Лапиков А.У.

Кандидат техн. наук, доцент Луговой В.П.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Армения – это древнейшая страна с богатой и самобытной культурой. Армения отличается также своей национальной одеждой, которая имеет свой уникальный стиль с характерными вышивками, деталями и изобилием ювелирных украшений, причем у каждой провинции.

Стиль и цвет мужского костюма зависит от провинции. Кафтан имел приталенную форму с узкими рукавами и стоячим воротником. Важнейшей частью национального костюма женщин и у мужчин являлся головной убор. В зависимости от провинции носили различные головные уборы.

Общей для всех армянских женщин является национальная армянская одежда тараз – свободное широкое платье с прорезами посередине и по бокам. Доминирующими цветами тараза принято считать черный, как символ земли, белый – символ воды, красный – воздух, желтый – пламя. Поверх верха женщины носили накидку, затянутую на талии серебряным поясом. Нарядный и красочный комплект женского костюма дополнялся множеством украшений: ожерелий, подвесок, браслетов, колец, а также серебряными или позолоченным поясом с массивной пряжкой изумительно тонкой ювелирной работы.

Важнейшим элементом одежды служит пояс, который в представлениях армян был не только важным компонентом человеческого и божественного убранства, но и космологическим понятием, исходным принципом моделирования мира. Кругообразный пояс встречается и как практическая деталь, и как украшения, оформления в их многообразных прикладных, ритуальных и обрядовых разновидностях.



Рис. 1. Женский национальный костюм и головные уборы

Армянские ювелиры – одни из самых древних ремесленников в мире. Они начали использовать драгоценные металлы еще во II тысячелетии до нашей эры. В своих работах армянские мастера совершенствуя свое мастерство использовали искусство литья, резьбы по золоту и серебру, чеканки, узоров, инкрустаций камнями, их шлифовки и обрамления. Невероятное умение армянских ювелиров отражалось в удивительных предметах украшения, культа и быта.

Среди армянского населения большой популярностью пользовались серебряные и позолоченные пояса, пряжки, пуговицы, головные украшения, ожерелья, кольца. Все это составляло часть армянского национального костюма – таразы. Важнейшей деталью женского национального костюма, являлось уникальное изделие ювелирного искусства – *серебряный пояс*, который надевали поверх платья. Он украшался драгоценными камнями и свидетельствовал о достатке. Кроме украшения, пояс считался защитным амулетом от болезней. Мужские серебряные пояса были символом мужества, а золотые пояса – символом достатка.

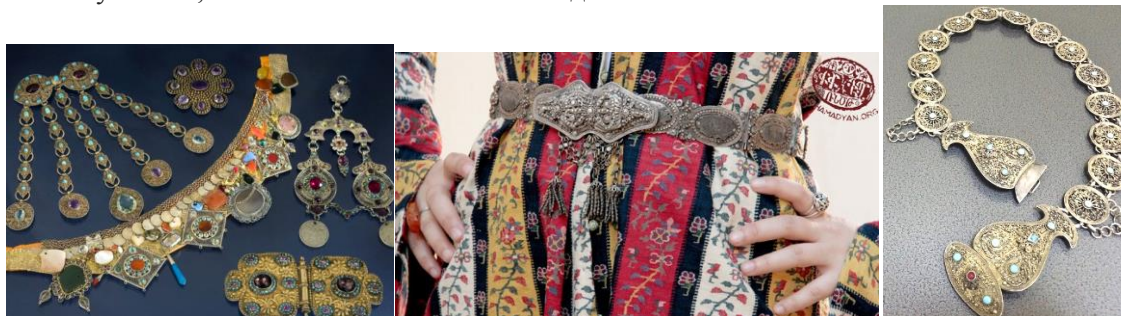


Рис. 2. Армянские женские украшения

Замужние женщины носили головные украшения, браслеты на ногах и руках, кольца в виде змей, ожерелья с серповидными, треугольными или миндалевидными кулонами. Треугольник или полумесяц символизировали женское начало. Незамужняя девушка не имела права носить золотой пояс, серебряное или золотое кольцо на правой руке.

Следует отметить, что одной из определяющих характеристик народной одежды и украшений являлся орнамент и цветовая символика, в которых немаловажную роль играют этнокультурные традиции и социальная среда. Народный орнамент входит в категорию знаково-насыщенных объектов традиционной бытовой культуры этноса, выступая, в частности, в роли носителя этнодифференцирующих признаков и одновременно являясь половозрастным, а также социальным показателем. Орнамент армянского национального костюма делится на три основные группы – растительный, зооморфный и геометрический. Особое значение придают в орнаменте кругу. Круг символизирует пространственно-временные понятия, а также небесные светила. В ритуальном искусстве он символизирует синонимы жизни: изначальное яйцо, плод, зародыш. По народным представлениям круг выполнял, кроме того, магическую функцию защиты от зла и нечисти.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПОДШИПНИКОВ

Студент гр. 11302117 Липская Е.А.

Кандидат техн. наук, доцент Савченко А.Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Точность вращения подшипников является определяющим и лимитирующим параметром при использовании подшипников в прецизионных узлах, являющихся одним из наиболее ответственных узлов станков, обеспечивающих их параметрическую надежность, т. е. способность обеспечивать заданные характеристики точности в течение всего срока службы станка.

Разработанное устройство относится к контрольно-измерительной технике, применяемой в подшипниковой промышленности для измерения осевого и радиального биения подшипников качения, преимущественно радиальных и радиально-упорных, применяемых на различных производствах. Устройство может быть использовано в условиях сборочных цехов машино- и приборостроительных предприятий для подбора подшипников с требуемым значением радиального и осевого биений или для комплектации сдвоенных и строенных опор качения. Дополнительной областью применения является возможность использования индуктивного преобразователя в комплекте с электронным блоком, входящего в состав устройства. Преобразователь может применяться для измерения линейных величин в диапазоне 0–500 мкм.

Устройство выполнено в виде стационарной (настольной) конструкции на основе [1].

Устройство измерения радиального биения и осевого биения предназначено для измерения перемещения наружного кольца подшипника в радиальном направлении и, соответственно, для измерения перемещения наружного кольца подшипника в осевом (вертикальном) направлении в процессе вращения. Измерение осуществляется малогабаритными дифференциальными индуктивными преобразователями, установленными на поворотных траверсах. Размещение преобразователей обеспечивает нечувствительность к силовым деформациям при нагружении подшипника.

Устройство для контроля подшипников работает следующим образом: контролируемый подшипник устанавливается в корпус. К контролируемым поверхностям подшипника подводят измерительный наконечник, для измерения радиального биения до касания подшипника в середине высоты наружного кольца, а для измерения осевого биения – середины торца наружного кольца. Задается требуемая нагрузка в зависимости от типоразмера подшипника. Измерительная схема соответствует [2]. Осевая нагрузка создается электромеханическим актуатором и передается через динамометр и шарик на оправку и вращающееся кольцо подшипника. Динамометр представляет собой упругий элемент, деформация которого измеряется индуктивными датчиками, аналогичными используемым для контроля биений.

Включается привод вращения и производится измерение радиального и осевого биения вращающегося внутреннего кольца или вращающегося наружного кольца. Вращение кольца подшипника осуществляется от электропривода вращения через ведущий обод к ведомому шкиву, оправке и к вращающемуся кольцу подшипника. В зависимости от величины крутящего момента происходит самоустановка ремненной передачи до полного исчезновения радиальных усилий на ведомом шкиву. При отсутствии момента сопротивления на ведомом шкиве оси шкивов располагаются по одной линии силы, действующие на ведомый шкив от разных ветвей ремня силы уравновешивают друг друга и равны по величине. Самоустановка ремня позволяет исключить погрешность, вызванную натяжением ремня и имитировать вращение от руки.

Разработанное устройство позволит повысить точность контроля и качество подбора подшипников прецизионных опор, например шпиндельных узлов по параметрам радиального и осевого биения.

Литература

1. Патент ГДР 208056 кл. G 01 M 13/04. Устройство для контроля подшипников / Н.Т. Минченя [и др.]. – 1984.
2. Подшипники качения: ГОСТ 520-2011. – Введ. 01.07.12. – Минск: Межгосударственный стандарт, 2012. – 20 с.

УДК 629.054

РЕЗЕРВНЫЙ БОРТОВОЙ САМОПИСЕЦ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ САМОЛЕТА НА БАЗЕ МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

Студент гр. 120881 Логуа Т.Т.

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

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

В настоящее время на пилотируемых летательных аппаратах, для регистрации параметров движения используется бортовой самописец. Регистратор применяется при повседневной эксплуатации воздушного судна. Данные полученные с накопителей системы используются для контроля полета: превышение максимального угла крена или тангажа, перегрузка при посадке, время работы на ворсажных или взлетных режимах [1]. Предлагается реализовать резервный бортовой самописец параметров движения на базе микроэлектромеханических датчиков.

На рисунке 1 изображен макетный образец разрабатываемого резервного бортового самописца параметров движения на базе микроэлектромеханических (МЭМ) датчиков.

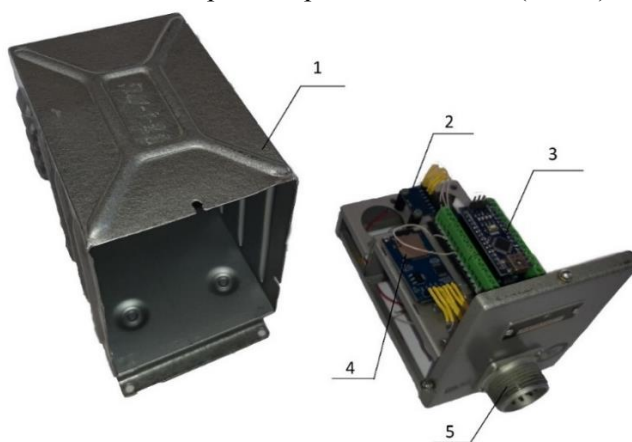


Рис. 1. Внешний вид бортового самописца: 1 – кожух, 2 – инерциальный измерительный модуль, 3 – микроконтроллер, 4 – энергонезависимая память, 5 – разъем

Основную функцию выполняет микроконтроллер 3, принимающий данные о полете с инерциального измерительного модуля 2: три проекции вектора угловой скорости, три проекции ускорения и температуру. Кроме этого, контроллер производит предстартовую оценку смещений нуля гироскопов с последующей их компенсацией. В процессе полета контроллер рассчитывает углы рыскания ψ , тангажа ν , крена γ и записывает полученные данные в виде массива на модуль энергонезависимой памяти 4. Расчет углов рыскания ψ , тангажа ν , крена γ реализуется на основе алгоритма с углами Эйлера–Крылова [2]:

$$\begin{aligned}\dot{\nu} &= \omega_Y^r \sin \gamma + \omega_Z^r \cos \gamma; \\ \psi &= \frac{1}{\cos \nu} (\omega_Y^r \cos \gamma - \omega_Z^r \sin \gamma); \\ \dot{\gamma} &= \omega_X^r - \operatorname{tg} \nu (\omega_Y^r \cos \gamma - \omega_Z^r \sin \gamma).\end{aligned}$$

Уравнения представляют собой кинематические уравнения с углами Эйлера–Крылова, позволяющие при заданных начальных значениях $\psi(t_0)$, $\nu(t_0)$, $\gamma(t_0)$ и измерениях проекций угловой скорости ω_X^r , ω_Y^r , ω_Z^r , при помощи МЭМ-гироскопов определить текущие углы рыскания ψ , тангажа ν , крена γ .

Литература

1. Баев, Н.А. Эксплуатационно-технические характеристики и обеспечение эксплуатации авиационной техники / Н.А. Баев, А.Н. Биндер, О.Я. Деркач. – М.: Широкий взгляд, 2012. – 140 с.
2. Матвеев, В.В. Мобильные устройства в научно-исследовательской и экспериментальной работе, – 2-е изд., испр. и доп. / В.В. Матвеев. – Тула: изд-во ТулГУ, 2021. – 134 с.

УДК 621.3.017.32

СТЕНД КОНТРОЛЯ ДЛИНЫ ЗУБЧАТОГО РЕМНЯ

Студент гр. 11302117 Мазуренко А.В.

Ст. преподаватель Суровой С.Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Зубчатые ремни должны соответствовать требованиям настоящего стандарта и конструкторской документации, утвержденной в установленном порядке. В связи с этим проводят испытания ремней с целью оценки эффективности и целесообразности предлагаемых изменений в конструкции или технологии изготовления, которые могут повлиять на технические характеристики ремней, связанные с безопасностью жизни, здоровья или имущества граждан, или на соблюдение условий охраны окружающей среды, либо на эксплуатацию ремней, в том числе на их важнейшие потребительские свойства. Типовые испытания проводит предприятие-изготовитель или по договору с ним и, при необходимости, представителей разработчика ремней, потребителя, природоохранных органов и других заинтересованных сторон.

Устройство работает следующим образом: стенд налаживается на расчетную длину ремня. Ремень 3 одевается на шкивы 1 и 2. Проверка установки ремня осуществляется маховиком, а вращением винтовой передачи создается требуемое усилие нагружения на ремень, фиксируемое тензометрическим датчиком. Рукояткой штока фиксатора выводится из отверстия делительного диска и поворачивает ведущий шкив 1 на 540 градусов, фиксируя положение в отверстии делительного диска. Показания смещения расчетной длины ремня фиксируют по изменению межосевого расстояния по шкале указателем.

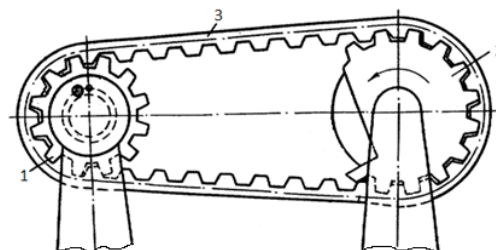


Рис. 1. Стенд контроля длины зубчатого ремня

Таким образом стенд может быть использован для испытаний на циклическую прочность приводных зубчатых ремней. Стенд для испытания зубчатых ремней позволяет расширить количество факторов, учитываемых в эксперименте, что позволяет получать более достоверные данные о физико-механических свойствах элементов зубчатых ремней. По результатам измерения формируют значения фактической длины зубчатого ремня.

Литература

1. ГОСТ 34341-2017: Двигатели автомобильные. Ремни приводные. Технические требования и методы испытаний. Дата введения 2019-04-01.
2. Пат. 2239169 РФ, МКИ³ G01M13/02. Стенд для испытания зубчатых ремней на циклическую прочность / Горбунов Д.А., Зинштейн М.Л. (РФ).— № 563600/25–08; Заявлено 23.11.98; Опубл. 30.06.99, Бюл. № 24
3. Суровой, С.Н. Методическое указание по проведению практических занятий по курсу «Обеспечение надежности электробытовой техники» / С.Н. Суровой. – Минск, БНТУ. – 2002. – 16 с.

УДК 616.711.9

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВЫТЯЖЕНИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

Студент гр. 11307119 Макаренко М.С.

Кандидат техн. наук, доцент Монич С.Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Среди существующего на сегодняшний день большого разнообразия методов, используемых для вытяжения позвоночника традиционно. Следует выделить следующие подгруппы: антигравитационное, суховоздушное дозированное и мануальное вытяжение позвоночника. В качестве

нагрузки для вытяжения могут быть использованы: собственный вес пациента мышечная сила врача, свободные веса, передающие усилие через систему блоков, а также специализированные механические устройства, создающие дополнительную тягу.

Вытяжение позвоночника (тракция) – один из видов механотерапии, который позволяет снять компрессию межпозвоноковых дисков и дает возможность вернуть позвонки в правильное физиологическое положение, а значит предотвратить и вылечить нарушения осанки и искривления позвоночника.

Тракторный стол для вытяжения позвоночника является многофункциональной системой, предназначенной для воздействия на грудной, крестцовый, поясничный и шейный отделы позвоночника, а также на ноги. Использование тракторных устройств позволяет воздействовать на позвоночник тракторно, т.е. не прибегая к операционному вмешательству.

Аппараты применяют для лечения многих заболеваний, например: нарушений в работе суставов, в том числе, артрозов; сколиозов и кифозов разного происхождения; предгрыжевых состояний и межпозвоноковых грыж; мышечных спазмов; остеохондрозов; посттравматических нарушений подвижности позвонков; радикулитов, люмбаго. В целом можно сказать, что основными показаниями для вытяжения позвоночника являются: продолжительное воздействие на позвоночный столб вертикальных, а также нарушения двигательной активности самого позвоночника.

Тракторное устройство, как правило, состоит из: тракторной кушетки; электронного блока управления, жестко сцепленного со столом; комплекта ремней для вытяжения, компьютеризированный прибор позволяет легко установить программу терапии.

Процедура проводится в положении лежа на специальном столе. На пациента надевается два пояса - один выше, а другой - ниже места вытяжения. Эти пояса фиксируются к головному и ножному концам кровати. При вытяжении шеи на голову надевается так называемая петля Глиссона, нижняя часть тела при этом не фиксируется. С помощью компьютерной программы выбирается режим вытяжения и его параметры и начинается вытяжение. Оно полностью автоматизировано и выполняется точно в соответствии с заданными параметрами.

Механизм терапевтического воздействия заключается в том, что между телами соседних позвонков увеличивается промежуток, на фоне снижения суставного давления в зазоре создается вакуумное пространство, «всасывающее» грыжевое выпячивание внутрь диска.

Основными признаками положительной динамики при вытяжении позвоночника являются: снижение болевого синдрома; нормализация мышечного тонуса; уменьшение неврологической симптоматики; увеличение объема движений позвоночника и силы паравертебральных мышц; восстановление равновесия и устранение патологических искривлений позвоночника.

Таким образом, оценка эффективности вытяжения позвоночника должна носить комплексный характер. Основой для нее могут быть результаты клинических, функциональных, и морфологических методов исследования. Однако, окончательное заключение зависит от уровня восстановления двигательного стереотипа человека и возможности его возврата к полноценной жизнедеятельности в течении длительного времени. Использование современных подходов в вытяжении дает возможность более точного и дозированного воздействия на уровне позвоночно-двигательных сегментов.

Литература

1. Дубнов, Б.Л. Аппарат для вертикального вытяжения поясничного отдела позвоночника/ Б.Л. Дубнов, Э.Л. Гофман, С.Е. Софрончик – Казань, 1971. – 283 с.
2. Демиденко, Т.Д. Основы реабилитации неврологических больных / Т.Д. Демиденко. – М: Фолиант. – 284 с.
3. Стариков, С.М. Современные подходы к вытяжению позвоночника / С.М. Стариков. – 2010. – 72 с.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЛИНЗ ИЗ ОРГАНИЧЕСКОГО СТЕКЛА

Студент гр.11311120 Масловский В.А.

Д-р техн. наук, профессор Козерук А.С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Цилиндрическая линза в двух взаимно перпендикулярных сечениях имеет различные оптические силы. В одном сечении ее действие аналогично действию сферической линзы, а в другом – она аналогична плоскопараллельной пластинке, что позволяет проецировать пучок падающего на нее света в линию (рис. 1). Такие линзы используются, например, в нивелирах.

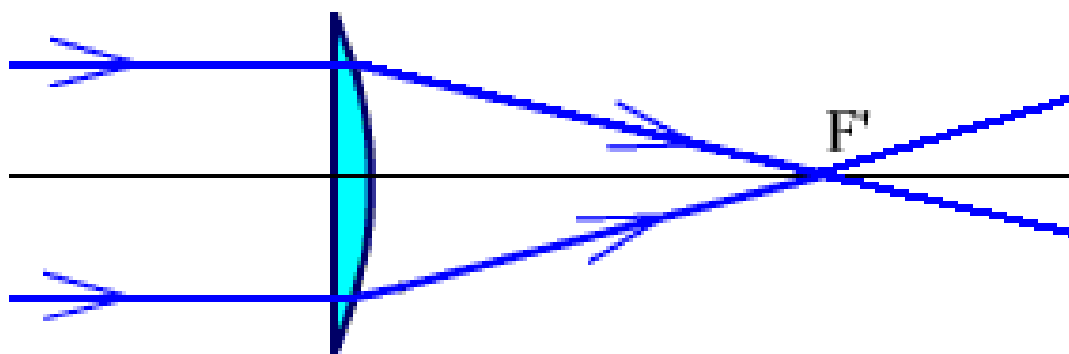


Рис. 1. Ход лучей через цилиндрическую выпуклую линзу

Известен способ изготовления цилиндрических линз сложных поверхностей методом шлифования и полирования свободным абразивом в процессе взаимно перпендикулярных, возвратно-поступательных перемещений инструмента относительно заготовки, закрепленной в приспособлении и держателе с инструментом.

Цель работы – предложить альтернативный метод изготовления цилиндрических линз из органического стекла, который является как менее трудозатратным, так и более дешевым. Предлагаемый вариант может быть использован в случаях, не требующих высокого качества проецируемой линии. Например, при изготовлении детских игрушек, музыкальных шаров, небольших карманных лазерных уровней.

Оргстекло весьма схоже с оптическим стеклом (ОС) по следующим характеристикам: коэффициент преломления ОС варьируется от 1,47 до 2,04, у оргстекла же он примерно 1,5; коэффициенты светопропускания в видимой области спектра – 91% и 93– 5% соответственно. При этом оргстекло легче ОС и также более ударопрочное, и легче подвергается обработке.

Предлагаемый метод сводится к тому, что для разделки стержня из оргстекла используется лазерное излучение. При этом исходный стержень закрепляют в специальном устройстве, предотвращающем его прокручивания и сдвиги. После разделки полученные заготовки направляют на операции шлифования и полирования.

Достоинством метода является то, что, подобрав правильные параметры лазерной резки, такие как фокусное расстояние, мощность лазерного излучения, интенсивность обдува линзы и скорость самой резки, можно получать практически идеальные поверхности, что избавит от необходимости дальнейших операций шлифования и полирования, а также значительно снизит трудозатраты. Также можно использовать высокоточные и более мощные станки лазерной резки, что позволит повысить точность разрезаемой поверхности, а значит и точность проецируемой линии, а также увеличить диаметр разрезаемых стержней.

Недостатком данного метода является то, что с увеличением радиуса кривизны линзы увеличиваются и ее габариты, поскольку в качестве заготовки используется круглый стержень.

УДК-575

РАСТУЩАЯ РОЛЬ БИОСЕНСОРОВ В ОБНАРУЖЕНИИ ПАТОГЕНОВ ПИЩЕВОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Студент гр. 11310118 Михневич Е.В.

Ст. преподаватель Люцко К.С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью этой работы является исследование роли биосенсоров в обнаружении патогенных организмов пищевого происхождения.

Сам биосенсор – это аналитический приемник, в котором чувствительный слой, содержащий биологический материал, который реагирует на присутствие определенного биологического компонента. В биосенсорах биологический компонент является физико-химическим преобразователем, в котором генерация электрического сигнала зависит от концентрации найденного компонента.

Инфекционная доза патогенных бактерий, которые находятся в пище – мала и составляет около 10-ти клеток. Чаще всего встречаются – *Campylobacter*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*

Основной целью, которую необходимо достичь при разработке методов для отслеживания пищевых патогенов, это разделение живых и мертвых клеток. Не менее важным является так же достижение автоматизации, упрощение процесса и точность. Одним из основных способов являются различные техники, которые используют бактериофагов. Встречающиеся в природе фаги дикого типа могут использоваться в составе биосенсоров.

Приспосабливать фаги в биосенсорах к использованию позволяет ряд биоинженерных манипуляций. Например, встраивание чужеродной генетической последовательности в ген оболочки вируса, новый преобразованный продукт окажется на поверхности фагового вириона. Связывание патогенных микроорганизмов приведет к увеличению импеданса. Сам импеданс измеряется два раза, так как он увеличивается при сцеплении бактерий и уменьшается при их лизисе. Биосенсоры импеданса могут выполнять свои функции с помощью фагов, зафиксированных на электроде. Датчики электрического импеданса могут откликаться и на изменение электрохимических параметров среды, как в случае, когда при лизисе клеток патогенных организмов фагами выделяется огромное количество ионов. В этом случае фиксация фага на электроде необязательна, потому что процесс способен проходить и в исследуемой среде.

Для изменения состава среды можно использовать амперометрию. Для усиления сигнала необходимо добавить в среду субстрат, который окислит ферменты, освобождающиеся во время смерти клетки. Дополнительным маркером лизиса клеток может являться АТФ. Чтобы выявить его выделение можно, например, добавляя в среду люциферин и люциферазу, и, отмечать биолюминесценцию. Однако, в пищевых продуктах проблемой может быть высокое содержание АТФ, поэтому в, данном случае, система, где фаг зафиксирован на электроде, будет чувствительнее, потому что при повышенном содержании АТФ будет происходить более выражено и более локально. Другим методом улучшения сигнала станет внедрение в среду избытка АДФ, превращаемого в АТФ, которая выходит из клеток при лизисе аденилат-киназой [1].

Фаговые технологии для выявления патогенов в пище пока не вышли на рынок, но такой возможности в обозримом будущем исключать нельзя.

Литература

1. Биосенсоры на основе фагов - средство для выявления патогенов в пище // lsciiinprogress.blogspot.com // [Электронный ресурс] <http://lsciiinprogress.blogspot.com/2014/10/blog-post.html>. – Дата посещения: 17.12.2021.

УДК 629.3.018.2

ИЗМЕРЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ЛАМП

Студент гр. 11307118 Непогода А.Ю.

Кандидат техн. наук, доцент Савченко А.Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Конструкция источников света и применяемая технология производства должна обеспечивать необходимые световые и механические параметры в течение всего срока службы ламп. Современное производство не может гарантировать на 100 %, что все изготовленные лампы отвечают необходимым требованиям и обладают всеми параметрами и свойствами для обеспечения нормальной работы. На практике мы можем наблюдать что часть ламп в зависимости от уровня производства имеет отклонение от заданных параметров, такие лампы должны быть обнаружены и не выпущены с завода.

Целью данной работы является разработка конструкции приспособления для контроля геометрических параметров внутренних элементов автомобильных ламп в соответствии с [1].

На рис. 1 показаны примеры измеряемых геометрических параметров лампы типа Н4 (из [1]).

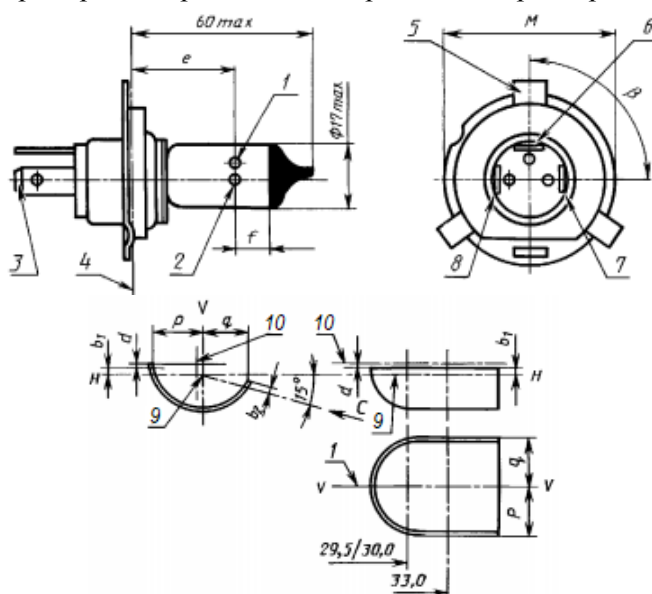


Рис. 1. Размеры лампы Н4: 1, 2 – основное и дополнительное тела накала; 3 – базовая ось; 4 – базовая плоскость; 5 – базовый выступ; 6–8 – контакты; 9 – базовая ось; 10 – ось колбы

Расположение тел накала в лампе Н4 оценивается методом шаблона, то есть на основе попадания проекций тел накала в прямоугольные области, размеры и положение которых указаны в [1].

Было разработано техническое задание на конструирование измерительного стола с использованием блока управления шаговыми электродвигателями, бескорпусной камеры для более удобного проведения измерения при помощи ЭВМ, и выбраны материалы конструкции.

Разработанное устройство заменяет измерительный проектор, имеющий большие габариты и стоимость. Обеспечивает установку измеряемой лампы на столе в приспособлении в соответствии с типом цоколя лампы и требуемых направлений измерения, перемещение приспособления с лампой по двум координатам с помощью шаговых приводов с контролем перемещения индуктивными преобразователями. Оператор наблюдает изображение лампы и ее внутренних элементов на экране ЭВМ с помощью цветной телевизионной камеры высокого разрешения модели VZA/VZI-734. Такая конструкция позволяет осуществлять как непосредственные измерения размеров, так и использование метода шаблона, который также отображается на экране ЭВМ.

В процессе выполнения работы были проанализированы существующие конструкции измерительных столов, выбраны необходимые материалы и необходимые типы элементов привода, произведены необходимые расчеты, приняты конструктивные и технические решения, обеспечивающие удобство использования, сборки и разборки устройства.

Литература

1. Лампы для дорожных транспортных средств. Требования к размерам, электрическим и световым параметрам: ГОСТ 2023.1-88 (МЭК 809-85). – Взамен ГОСТ 2023-75. – Введен 01.01.90. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 1997. – 104 с.

УДК 338:004

О ВОЗМОЖНОСТИ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ «УМНЫЙ ДОМ»

Магистрант Рахмонов Б.

Кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е.Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Одной из тенденций развития концепции «умный дом» является встраивание в ее структуру медицинского модуля. Данная тенденция хорошо согласуется с развитием дистанционной медицины. Все функции указанного профиля можно разделить на 3 группы: диагностики, лечение, в том числе и физиотерапия, профилактика.

Рассмотрим алгоритм действий пациента и врача на современном этапе.

Появление инфекционного заболевания у человека традиционно предполагает следующий алгоритм действий: после возникновения симптомов пациент посещает с визитом медицинское учреждение или вызывает врача на дом. В первом случае возможна проблема «временного окна» у специалиста ведущего прием и риск задержки получения консультации. Специалист или участковый врач проводит первичное обследование (температура, артериальное давление, звуки дыхания, визуальный осмотр, опрос). В случае постановки диагноза врач назначает прием фармацевтических средств и/или направляет к физиотерапевту с целью назначения физиотерапевтических процедур и при необходимости решает вопрос о сдаче необходимых анализов и прохождении дополнительных исследований. В случае неустановленного диагноза требуются дополнительные консультации у специалистов другого профиля и дополнительные исследования.

Во втором случае (хронические заболевания) пациент должен периодически посещать специалиста и подвергаться медицинским исследованиям.

В настоящее время диагностические функции в рамках дистанционной медицины осуществляются на достаточно примитивном уровне. При посещении пациента участковым врачом или при первичном посещении врача в поликлинике в качестве технических средств для первичного обследования используется стетоскоп или фонендоскоп, медицинский термометр и прибор для измерения артериального давления. В условиях пандемии или у профильных специалистов широко используются различные гаджеты для измерения частоты пульса, уровня глюкозы в крови, сатурации. В лучшем случае указанные аппараты обладают опцией встроенной памяти, но не допускают автоматическую передачу данных в специалисту в медицинское учреждение. В некоторых случаях существует возможность передачи информации от них на приложения в смартфонах, иногда осуществляется дистанционная передача данных лечащему врачу.

Для перехода на более высокий уровень диагностики в домашних условиях необходимо создавать административную надсистему, которая обеспечивает возможность контроля состояния пациента в домашних условиях с периодической инициацией соответствующего исследования, автоматической передачей результатов исследования в электронные базы данных (карточка пациента, статистическая база данных, экстремальная база для немедленного медицинского вмешательства). При этом возможно создание системы дистанционного амбулаторного приема пациентов. Хронические заболевания, для которых частично или полностью можно производить дистанционную диагностику, являются: респираторные, сердечно-сосудистые, желудочно-кишечные, онкологические, заболевания нервной системы.

К диагностическим параметрам респираторных заболеваний, которые можно контролировать в домашних условиях, является объем выдыхаемого воздуха, частота дыхания при различных видах нагрузки, характер звуков дыхания коэффициент сатурации. Сердечно-сосудистые заболевания контролируются измерением ритма и частоты пульса при разных нагрузках, артериального давления. Диагностика желудочно-кишечных заболеваний предусматривает заполнение анкеты со специальными вопросами, контроль веса. Такие же меры могут быть предусмотрены и

для онкологических заболеваний. Заболевания нервной системы, кроме анкеты, требуют видеоанализа характера движений.

УДК 338:004

ЛЕЧЕБНЫЕ И РЕАБИЛИТАЦИОННЫЕ ОПЦИИ В СИСТЕМЕ «УМНЫЙ ДОМ»

Магистрант Рахмонов Б.

Кандидат техн. наук доцент Зайцева Е.Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Лечение болезни и реабилитация предусматривает 3 направления: фармацевтическое воздействие (прием лекарств), физиотерапию и реабилитационные тренировки.

В качестве автоматизации функций по приему лекарств, можно создать систему контроля наличия необходимых лекарств при их систематическом приеме, автоматизацию заказа и доставки, проверки истечения срока годности. Эта функции могут распространяться и на лекарства для лечения краткосрочных заболеваний. Важной проблемой является также контроль ритма приема лекарств, возможности их сочетания друг с другом и пищей. Данная опция может подразумевать использование видеонаблюдения, системы напоминания и электронного протокола приема.

Физиотерапевтическое действие требует наличия источника физиотерапевтического воздействия, возможности его базирования для воздействия в труднодоступных пациенту местах, системы инструктажа, слежения за состоянием пациента, связи с врачом и базами данных. Примерная схема такого физиотерапевтического комплекса представлена на рис.1.

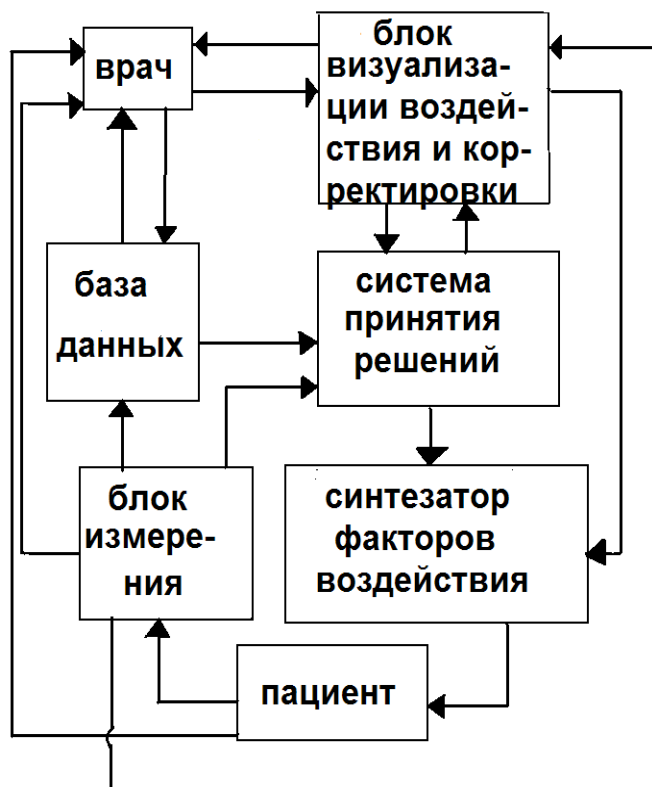


Рис. 1. Примерная схема физиотерапевтического комплекса в системе «Умный дом»

Синтезатор факторов воздействия и блок измерения состояния могут временно или постоянно находиться дома у пациента, остальные – в медицинском учреждении. Аналогичным образом в рамках концепции «умный дом» может быть реализована схема реабилитационного комплекса, где вместо синтезатора факторов воздействия будет использоваться устройство для тренировки.

УДК 338:004

ОПЦИИ ПРОФИЛАКТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ В СИСТЕМЕ «УМНЫЙ ДОМ»

Магистрант Рахмонов Б.

Кандидат техн. наук доцент Зайцева Е.Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Профилактика заболеваний в системе «умный дом» подразумевает воздействие различными факторами для улучшения физического и психологического состояния человека при его нахождении в домашних условиях, что будет способствовать повышению уровня качества и производительности его труда.

На физическое состояние воздействуют микроклиматические параметры (состав, температура, влажность воздуха), световые (яркость и спектральный состав освещения с учетом изменения во времени), качество и ритмичность питания, возможность физической активности. Параметры микроклимата индивидуальны, варьируются в пространстве и во времени. Поэтому требуется контроль данных параметров и их коррекция в зависимости от состояния человека. Световое воздействие должно предусматривать имитацию естественного освещения, его суточное изменение с целью сохранения биоритмов. Установлено [1], что пациенты, которые пережили пребывание, по меньшей мере, 48 часов в отделении интенсивной терапии, имели ухудшение памяти о продолжительности их пребывания и менее хорошо ориентировались во времени, если отделение не имело окон, в том числе частота галлюцинаций и бреда была более, чем в два раза выше в отделениях без окон по сравнению с аналогичным отделением с полупрозрачными окнами. Требования к освещению и источникам излучения изложены в нормативных документах [2–4]. Основными нормируемыми параметрами являются освещенность и ее равномерность в пространстве. Кроме того, в Стандарте ассоциации производителей светодиодов и систем на их основе [4] критерием назначения параметров является комфорт световой среды для разных возрастных групп с учетом необходимости изменения указанных параметров во времени. Отсюда очевидна необходимость разработки адаптивных осветительных систем.

Также необходимо создание программного обеспечения для индивидуальных рекомендаций по рациону питания с учетом здоровья человека и его материальных возможностей и системная организация обеспечения необходимым питанием. Обеспечение физической активности требует наличия необходимых приспособлений для тренировок в домашних условиях, системы контроля состояния человека и программного обеспечения для взаимодействия со специалистами и возможности коррекции параметров тренировки.

Для улучшения психологического состояния человека в настоящее время предлагается использовать так называемые сенсорные комнаты (искусственная окружающая среда с оборудованием, воздействующим на органы чувств). Обеспечивается воздействие на зрение, слух, обоняние, специальные тактильные, вкусовые и вестибулярные ощущения.

Возможна ситуация ограниченности пространства проживания человека, когда невозможно выделить помещение для такой релаксационной комнаты. Выходом из создавшейся ситуации может быть создание адаптивной окружающей среды, параметры которой могут меняться в условиях ограниченного пространства. Современный уровень развития техники позволяет достаточно легко по заданной программе или сигналу управления изменять освещение, микроклимат, инициировать устройства ароматерапии, регулировать содержание и параметры звуковой среды. Система профилактики должна обладать возможностью дополнения опций по мере их необходимости.

Литература

1. Патент RU2584674C2, МПК H05B37/02. Система и способ освещения / А.М. Баррозо (NL), Р.М. Саудант (NL). – Оpubл. 20.05. 2016.
2. ГОСТ ИСО 8995-2002. Принципы зрительной эргономики. Освещение рабочих систем внутри помещений.
3. ГОСТ Р 55710-2013. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений.
4. СТО.69159079-05-2020. Приборы осветительные светодиодные. Требования к комфортной световой среде.

УДК 621.791.725

К ВОПРОСУ О ЛАЗЕРНОЙ СВАРКЕ НИТИНОЛОВОЙ ПРОВОЛОКИ

Магистрант гр. 51315021 Роговцова А.С., аспирант Сатторов С.

Кандидат техн. наук, доцент Савченко А.Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

При изготовлении различных изделий из нитиноловой проволоки, например, элементов эндопротезов сосудов, требуется соединение концов проволоки для получения замкнутых структур. Одним из наиболее производительных методов является сварка. При изготовлении изделий медицинского назначения в условиях Научно-технологического парка БНТУ «Политехник» используется лазерная сварка, выполняемая после термообработки элементов. Сварка выполняется внахлест.

При испытаниях сварных соединений можно выделить две основные проблемы: разрушение проволоки при статическом или циклическом нагружении в непосредственной близости от сварного шва и изменение характера фазовых переходов в нитиноле в сварном шве и непосредственно возле него вследствие нагрева при сварке.

Для оценки влияния режимов сварки на характеристики шва использовалась нитиноловая проволока диаметром 0,43 мм без термообработки, используемая для изготовления каркасов стент-графтов. Были изготовлены образцы сваренные внахлест точечной лазерной сваркой с различным количеством точек сварки и, следовательно, с разной степенью нагрева в процессе соединения. Полученные образцы подвергались статическому нагружению на разрывной машине MTS Systems до разрушения и на специальном приспособлении для циклического нагружения. Кроме того, образцы материала сварного шва и участков проволоки на различных расстояниях от шва подвергались анализу фазовых переходов на дифференциальном сканирующем калориметре (ДСК) Mettler Toledo.

В ходе эксперимента выяснилось следующее. Разрушение образцов как при статическом, так и при циклическом нагружении происходит в непосредственной близости от сварного шва, сам шов не разрушается даже при минимальном количестве точек сварки (рис. 1). При этом прочность сваренного образца на разрыв ниже, чем у сплошного материала примерно на 30 % при использовании сплошного шва и снижается при уменьшении числа точек сварки. Это можно объяснить концентрацией напряжений в зоне, непосредственно примыкающей к шву. Непосредственно шов имеет прочность основного материала.

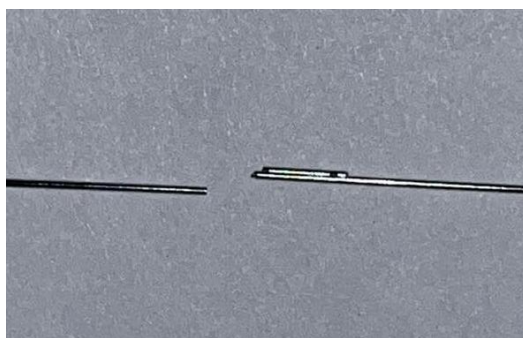


Рис. 1. Образец после испытания статическим нагружением

Из анализа кривых ДСК видно, что нагрев при сварке приводит к изменению характеристик фазовых переходов, тем больше, чем ближе участок проволоки к сварному шву. Это может привести к неравномерной жесткости изделия при рабочей температуре и, следовательно, к неравномерной деформации.

Следует сделать вывод, что при разработке новых технологических процессов требуются методы соединения, минимизирующие температурное воздействие на материал. В настоящий момент ведутся исследования комбинированных методов соединения, использующих одновременно как сварку, так и пластическое деформирование.

УДК 681

ОРТЕЗЫ ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

Студенты гр. 11307119 Старовойтова В.Г., Ткачёва В.С.

Кандидат техн. наук, доцент Мониц С.Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Наше тело – это кости, мышцы, сухожилия, суставы. При отсутствии суставов в теле человек не смог бы двигаться. Их подвижность и здоровье играет важную роль для жизнедеятельности.

Ортез – это лечебное средство, которое фиксирует, помогает разгрузить поврежденные суставы и конечности, так же корректирует их положение.

На данный момент производят определенные виды ортезов верхних конечностей, такие как туторы, бандажи, аппараты.

При производстве ортезов верхних конечностей используют: текстильные материалы, термопластичные материалы (высокотемпературных и низкотемпературных пластиков) и карбоновое волокно с акриловым связующим.

По механизму своего влияния ортезы различают: профилактические (для профилактики травм при занятии спортом), лечебные (при воспалительных и дегенеративных заболеваниях, при парезах и параличах мышц, при нестабильности в суставах), реабилитационные (при реабилитации после травм и операций).

Так же хотелось бы отметить о существовании детских ортезов на верхние конечности.

Детские ортезы отличаются от взрослых моделей не только размером, но и меньшим уровнем жесткости. Причиной является костная система ребенка, потому что она более нежная.

Существуют различные варианты фиксаторов, в зависимости от тяжести травмы ребенка:

1. Эластичный. Данный фиксатор используют для профилактики травм при активных занятиях спортом. Также эластичный фиксатор применяют на поздних стадиях реабилитации, когда ребенку уже не нужно ограничивать возможность двигаться, но еще нужна разгрузка мышц и связок.

2. Полужесткий. Его назначают в тех случаях, когда полученная травма не понесла за собой осложнений, а также на поздних этапах выздоровления ребенка.

3. Жесткий. Он используется в случаях сложных переломов и операций, вывихов, разрывов тканей, нестабильных суставов. Данный фиксатор является аналогом гипса.

При реабилитации верхних конечностей существует множество вариантов помощи пациентам. Одним из них являются ортезы. В наше время существует огромное количество видов ортезов верхних конечностей как для детей, так и для взрослых. При производстве ортезов используют высокотехнологические материалы и с каждым днем их улучшают.

Ортезы широко применяют в различных сферах медицины. Они помогают справиться с параличом и проблемами опорно-двигательного аппарата, исправляют врожденные и приобретенные деформации. Благодаря ортезам пациенты идут на поправку существенно быстрее. Поэтому можно сделать вывод, что ортезы – это уникальное приспособление, которое помогает всем, кто пережил операцию или получил травму конечности, вернуться в прежний ритм жизни легче и за более короткий промежуток времени.

Литература

1. СТБ 1019-2000. Разработка и постановка медицинских изделий на производство. Государственный стандарт Республики Беларусь.
2. Боголюбов, В. М. Общая физиотерапия / В. М. Боголюбов, Г. Н. Пономаренко. – Санкт-Петербург : СПб, 1996. – 480 с.
3. Перрин, Д. Повязки и ортезы в спортивной медицине / Д. Перрин; науч. ред. В. В. Уйба; пер. с англ. [Е. А. Окишевой, А. Г. Азова]. – Москва: Практика, 2011. – 123 с.
4. Корнилов, Н.В. Травматология и ортопедия: учебник / Н.В. Корнилов. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 592 с.
5. Котельников, Г.П. Травматология / под ред. Котельникова Г.П., Миронова С.П. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. – 776 с.

УДК 615.8-7

АППАРАТ ИМПУЛЬСНЫЙ ИНДУКЦИОННОЙ ТЕРАПИИ

Студент гр. 11307118 Степаненко А.И.^{1,2}

Кандидат техн. наук, профессор Минченя В.Т.¹, генеральный директор Матюшко А.В.²

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

²ООО «Технология и медицина 2030», Минск, Беларусь

Сегодня для проведения физиотерапевтических процедур в медицинской практике широко используются импульсные магнитные поля различной интенсивности. Модернизируемый аппарат «СЕТА-ТМ» предназначен для бесконтактного воздействия низко- и среднечастотным импульсным магнитным полем высокой интенсивности (от 0,2 до 1,2 Тесла) при заболеваниях и травматических поражениях опорно-двигательного аппарата, периферической и центральной нервной систем, сердечно-сосудистой, пищеварительной и мочеполовой систем. Аппарат «СЕТА-ТМ» стимулирует возбудимость нервно-мышечного аппарата, регенерацию поврежденных тканей, развитие коллатерального кровообращения, работу желез внутренней и внешней секреции, скорость течения биохимических реакций и обменных процессов.

Особенностью аппарата «СЕТА-ТМ» является генерация импульсов треугольной формы. Такое сочетание формы и длительности сигнала позволяет с большей точностью воздействовать на те части тела, куда необходимо оказывать лечебное воздействие.

В аппарате установлена система управления и формирования сигнала, который подается на катушку, находящуюся в выносном рабочем органе, где образуется импульсное магнитное поле.

Импульсное магнитное поле с индукцией от 0,2 до 1,2 Тесла, в отличие от переменных магнитных полей с низкой индукцией, обладает более высокой проникаемостью.

Во время лечения в тканях индуцируется электрический ток, величина которого зависит от входных параметров магнитного поля. Ткани человека не препятствуют прохождению магнитного поля, вследствие чего лечебное воздействие оказывается равномерно на любой глубине и в любых тканях (костной, мышечной, нервной и внутренних органах), где распространяется магнитное поле [1, 2]. Также в зоне воздействия создаются инфразвуковые механические колебания, под влиянием которых изменяется возбудимость клеток и скорость течения многих биохимических процессов в органах и тканях.

Противовоспалительный и обезболивающий эффект аппарата «СЕТА-ТМ» связан с улучшением микроциркуляции и резорбции продуктов распада в очаге воспаления, а изменение заряда и проницаемости мембран определяет четко выраженный противоотечный эффект. Благодаря нервнорефлекторным и гуморальным механизмам действия импульсной магнитоиндукционной терапии происходит нормализация работы различных органов и систем организма.

Целью модернизации является разработка комплекса мероприятий по совершенствованию аппарата «СЕТА-ТМ» по следующим направлениям: улучшение эргономических свойств для удобства пользования, эстетическая форма аппарата, его конструктивные параметры и масса. Дополнительные удобства пользования достигаются с появлением дополнительной опции – креплений для установки индукторов во вне рабочее время. Перенос одной из плат на рабочий орган позволяет исключить потери мощности из-за возможных перегибов проводов во время работы.

Для удержания рабочего органа на теле пациента в области лечения используется манжета, благодаря которой не требуется следить за положением рабочего органа во время процедуры.

Литература

1. Паспорт. Руководство пользователя. Аппарат импульсный индукционной терапии СЕТА-ТМ.
2. Инструкция по медицинскому применению аппарат импульсный индукционной терапии СЕТА-ТМ.

УДК 331.41/43

УЧЕТ ТРЕБОВАНИЙ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ИМПУЛЬСНОГО АППАРАТА ИНДУКЦИОННОЙ ТЕРАПИИ

Студент гр. 11307118 Степаненко А.И.^{1,2}

Старший преподаватель Автушко Г.Л.¹, генеральный директор Матюшко А.В.²

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

²ООО «Технология и медицина 2030», Минск, Беларусь

Среди особенностей импульсного аппарата индукционной терапии «СЕТА-ТМ» следует отметить возможность использования в стационарных условиях организаций здравоохранения, на дому и в производственных условиях, где обеспечивается получение положительного эффекта от его работы. Это предполагает необходимость учитывать особенности функционирования таких аппаратов при проведении комплекса работ по его модернизации.

При проведении работ по модернизации аппарата необходимо предусматривать обеспечение требований основных положений техники безопасности, которые должны будут выполняться в последующем при выполнении работ на данном аппарате. Целью усовершенствования аппарата являлось: уменьшение габаритов аппарата, использование новых материалов для корпуса, доработка одной из основных плат.

При уменьшении размеров и веса аппарата (примерно в два раза) предполагается более плотная компоновка деталей и элементов в корпусе аппарата. В целях снижения электромагнитного воздействия на врача и пациента предполагается использовать материал корпуса, способный лучше поглощать электромагнитное излучение. Доработка платы управления аппарата предполагает использование новых средств отображения, более информативных по сравнению с ныне существующим аппаратом.

С целью соблюдения техники безопасности, после осуществления данной модернизации, с учетом необходимости сохранения температурного режима аппарата при его работе, дополнительно предусмотрен новый узел – вентилятор, работающий в автоматическом режиме.

При модернизации и проектировании аппарата необходимо также предусматривать ограждающие, изолирующие и предохранительные средства, которые позволят обеспечить безопасность при эксплуатации.

Кроме того, необходимо предусматривать иные организационные и технические мероприятия по безопасной эксплуатации аппарата.

Для достижения желаемого эффекта от модернизации, при условии обязательного соблюдения требований техники безопасности, вносимые изменения в аппарат регламентируются и прописываются в технических условиях, что позволяет при проведении испытаний достичь желаемого результата.

В технических условиях прописываются технические требования, требования безопасности, требования охраны окружающей среды, правила приемки, методы контроля, требования транспортировки, хранения и эксплуатации и др.

В последствии при проведении комплекса мероприятий по испытаниям аппарата оформляется заключение о соответствии аппарата техническим условиям в виде протоколов безопасности и актов гигиенических экспертиз.

Литература

1. Паспорт. Руководство пользователя. Импульсный аппарат индукционной терапии СЕТА-ТМ.
2. Инструкция по медицинскому применению импульсного аппарата индукционной терапии СЕТА-ТМ.
3. Акт гигиенической экспертизы импульсного аппарата индукционной терапии СЕТА-ТМ.
4. Протокол приемочно технических испытаний импульсного аппарата индукционной терапии СЕТА-ТМ.

ВЕСЫ ПОКОЛЕСНОГО ВЗВЕШИВАНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Студент гр. 11302117 Стромская Е.С.

Кандидат техн. наук, доцент Савченко А.Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Весы для поколесного взвешивания являются мобильным устройством, которое легко перемещается и устанавливается на любой позиции. Они представляют собой две грузоприемные платформы с размерами, позволяющими разместить на них одно колесо. Вес автомобиля определяется как сумма отсчетов двух весоизмерительных устройств при прохождении через них всех осей транспортного средства. Скорость движения автомобиля при поколесном взвешивании 5–10 км/ч. Это меньше, чем при поосном взвешивании, так как весы имеют аппарели для заезда и съезда автомобиля. В связи с конструктивными особенностями высота платформ составляет 100–200 мм. Точность измерения самая низкая по сравнению с другими видами взвешивания (например у весов российской фирмы «Метра» М8400-К погрешность 1 % от НПВ), однако во многих случаях такая точность вполне приемлема. Основными достоинствами весов для поколесного взвешивания является их мобильность и универсальность, так как они менее привязаны к конкретным условиям эксплуатации и конкретным типам автомобилей.

Большинство российских производителей автомобильных весов используют готовые весоизмерительные опоры ведущих зарубежных фирм, например НВМ (Германия). Эти опоры на основе тензодатчиков имеют высокие метрологические характеристики (относительная погрешность до 0,017% от наибольшего предела измерения) и надежную конструкцию. С использованием тензодатчиков связано то, что часть вторичной аппаратуры для обработки измерительного сигнала располагается в непосредственной близости от преобразователей, на расстоянии 10–15 м, а на большие расстояния передается уже сформированный цифровой сигнал (например, используется интерфейс RS-485, позволяющий располагать сопрягаемые устройства на расстоянии 1,2 км). Как правило, в комплект поставки весов включаются отсчетные устройства с цифровыми индикаторами, сопрягаемые с компьютером IBM PC, и специальное программное обеспечение с возможностью выбора типа автомобиля по количеству осей при поосном или поколесном взвешивании, сбора статистической информации о количестве автомобилей и массе грузов, формирования товарно-транспортных накладных и т. п.

Разработанная конструкция весов состоит из следующих основных элементов: грузоприемная платформа, четыре грузоприемных опоры, основание и электронный блок с цифровым отсчетным устройством.

Грузоприемная платформа представляет собой два несущих швеллера, между которыми располагается настил арочной формы, которая позволяет использовать весы без въездных аппарелей и обеспечивает высокую жесткость конструкции.

В полостях швеллеров расположены четыре весоизмерительные опоры на основе малогабаритных бесконтактных дифференциальных индуктивных преобразователей. Выбор преобразователей был обусловлен тем, что они обладают высокими метрологическими характеристиками и позволяют располагать электронный блок на значительном расстоянии.

В качестве упругого элемента в опорах использован так называемый «механический мост», широко применяемый с тензодатчиками, однако он разнесен по концам швеллеров, то есть каждая опора использует половину упругого элемента. Такая конструкция позволяет максимально уменьшить габариты опор.

Основание весов выполнено в виде двух отдельных швеллеров, вложенных в швеллеры платформы, что позволяет защитить весоизмерительные опоры от воздействия атмосферных осадков, пыли, песка, мусора. Металлические элементы конструкции покрыты слоем цинка для защиты от коррозии.

Электронный блок имеет цифровое отсчетное устройство со светодиодными индикаторами, которое показывает вес автомобиля отдельно по каждой оси и автоматически выполняет суммирование по заданному количеству осей, которое задается переключателем.

Взвешивание автомобилей будет производиться при скорости движения до 10 км/ч.

УДК 671.1.02(075.8)

ЮВЕЛИРНОЕ ИСКУССТВО ГУННОВ

Студент гр. 11309119 Сучкова П.

Кандидат техн. наук, доцент Луговой В.П.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Ювелирное искусство Гуннов. Гунны – это союз племен расселившихся на огромной территории от Дуная до Волги и до Черного моря на юге Европе. Пришествие гуннов в Европу породило возникновение и расцвет нескольких художественных стилей. Самым характерным и ярким среди них был полихромный. Он выразился в украшениях в сочетании золота и гранат, т. е. красное на золотом фоне. Кроме гранатов иногда использовались сердолик и янтарь. У гуннов сформировался яркий и самобытный комплекс женских украшений. Основу его составляли диадемы, колты и кулоны. К числу ювелирных украшений «гуннского периода» также относятся многочисленные предметы воинской амуниции в виде конской упряжи, седел и мечей. Мужскими украшениями являлись шейные обручи, браслеты, пояса и застежки-фибулы, наконечники поясов, пряжки, накладки от конской упряжи и пр. Украшения имели полихромную окраску, за счет инкрустации цветными камнями, в основном гранатами-альмандинами красного цвета.

Разновидности украшений. Диадемы, или налобные украшения имели традиционно вид длинной прямоугольной пластины шириной несколько сантиметров (рис. 1). Как правило, бронзовая основа была обтянута золотой фольгой и декорирована, часто – в несколько рядов, вставками из драгоценных камней, в основном – гранатов. По краям к ней пришивали тканую или кожаную основу.



Рис. 1. Диадема, колты и подвески гуннов

Гуннский колт имел вид овального золотого диска, украшенного гранатовыми и иными вставками, с расходящимися в разные стороны «лучами» – полыми золотыми же трубочками, увенчанными шариками и пирамидками зерни.

Гуннские кулоны оригинальны, сложны по форме и технике изготовления. Их верхняя часть несколько напоминает ракушку, по внешнему краю она украшена либо символическими лучами, как на колтах, либо пирамидками зерни; кроме того, к этим «ракушкам» снизу крепится прямоугольной формы продолжение, исполненное в гуннском полихромном стиле. Вероятно, эти кулоны – окончания шейных гривн, основа которых не сохранилась.

Кроме гранатовых и иных вставок золотое поле любых украшений часто декорировалось напаянными треугольниками зерни, расположенными в разных комбинациях, что делало золотой фон вещей еще более живописным.

Техника ювелирных работ. Очень часто основа украшения, сделанная из бронзовой пластинки, обтягивалась тонкой золотой фольгой, и получившийся золотой фон декорировался вставками из гранатов в напаянных гнездах.

Одним из ответвлений полихромного искусства гуннской эпохи явился стиль «клуазоне». При этом лицевая поверхность изделия окантовывалась бортиком, а само поле разделялось подобными же золотыми бортиками-перегородками. В образовавшиеся отсеки помещались гранатовые вставки, обычно не кабошоны, а пластинки. Чтобы понизить себестоимость, ювелиры делали гранатовые вставки потоньше, а промежуток между гранатом и дном заполняли пастой на гипсовой или цементной основе. А для усиления блеска камней под них подкладывали тонкий листок золотой фольги, иногда – с орнаментом.

Каждое гнездо обычно состояло из тонкой полоски-ленточки металла, обернутой вокруг камня, а вокруг гнезд зачастую напаявался еще поясик из зерни. Кроме того, промежутки между

гранатовыми вставками-гнездами украшались треугольниками и ромбами из зерни или имитации зерни, образующими своеобразный узор и сообщающими дополнительную фактурность орнаментальному полю. Такие украшения выглядят богато и ярко, хотя реальная их ценность не очень высока.

УДК 616.711.9

ОБЗОР ДАТЧИКА СИЛЫ ХВАТА

Студент гр. 11307119 Хатковский Е.В.

Кандидат техн. наук, доцент Монич С.Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Из большого числа, имеющихся на сегодняшний день, способов измерения силы выделяют струнный, индуктивный и тензорезисторный методы.

В основ принципа работы струнного датчика лежит зависимость частоты колебаний струны от ее силы натяжения, а следовательно выходной характеристикой будет являться частота. Следовательно такие датчики способны обеспечить довольно высокую точность отсчета, но к недостаткам можно отнести довольно высокую стоимость, трудоемкость изготовления, невозможность точной работы в обширных температурных диапазонах.

Индуктивные датчики проще по конструкции относительно струнных датчиков, дешевле, они технологичны, но не обладают высокими точностными свойствами.

Тензорезисторные датчики получили наибольшее распространение за счет их простоты, надежности, а также возможность запитать систему как аккумулятора с постоянным током, так и от сети с переменным током.

Из численных датчиков самым распространенными считаются тензорезисторные преобразователи, базирующиеся на изменении сопротивления проводника при его растяжении или сжатии. Данные преобразователи позволяют измерять приложенную силу в довольно большом диапазоне, поэтому остановимся на данном типе преобразователя.

Тензорезистор состоит из тонкого проводящего материала (провод или чаще фольга) нанесенного на подложку в виде змейки, что дает малый вес и размер. Но к недостаткам относится малая выходная величина и температурная погрешность.

Структурная схема, для измерения силы с использованием тензорезистора приведена рис. 1 и представляет последовательное соединение трех измерительных преобразователей:

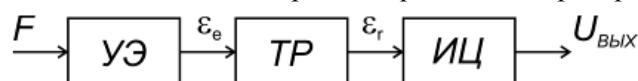


Рис. 1. Структурная схема тензодатчика: УЭ – упругий элемент, ТР – тензорезистор, ИЦ – измерительная цепь

На упругий элемент подается измеряемая сила F , под действием которой он деформируется на величину ε . Деформацию упругого элемента воспринимает приклеенный к нему тензорезистор и изменяет свое сопротивление на ε_r относительных единиц. Относительное изменение сопротивления преобразуется измерительной цепью в выходное напряжение $U_{\text{Вых}}$.

Измерительная цепь может представлять или неравновесный мост, или делитель напряжения.

Упругий элемент обычно изготавливают из алюминиевого сплава, ведь он обладает упругими свойствами в необходимом диапазоне 0–100 кг. Закрепляют упругий элемент тремя способами:

- 1) консольное закрепление;
- 2) заделанными концами;
- 3) тип двух опорной балки.

Тензорезистор приклеивается на упругий элемент при помощи специальных клеящих составов, наиболее распространенным является клей БФ-2. Но так как нагрузка в балке распределяется не равномерно, то для правильного размещения тензорезистора в балке путем механической обработки делаются технологические отверстия и канавки, именно в местах ослабления будет наибольшая чувствительность тензодатчика от приложенной нагрузки.

Литература

1. Проектирование датчиков для измерения механических величин / под ред. Е.П. Осадчего. — М.: Машиностроение, 1979. — 480 с
2. Тихонов, А.И. Упругие элементы датчиков механических величин: Учебное пособие / А.И. Тихонов. — Ульяновск: УлГТУ, 1998. — 120 с.

УДК 666.3+615.47(075.8)

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КЕРАМИКИ И СТЕКЛОКЕРАМИКИ

Студент гр. 11307120 Храмкова А.С.

Кандидат техн. наук, доцент Филонова М.И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Керамика представляет собой соединение металлических и неметаллических элементов, и состоит из таких веществ как оксиды, нитриды и силикаты. Керамические материалы могут быть как кристаллическими, так и аморфными, последняя группа керамики известна под названием стекол. Неорганические керамические материалы в стоматологии используют в качестве наполнителей полимерных композитов, для изготовления стеклоиономерных цементов, формовочных материалов и стоматологических фарфоров.

Стеклокерамика представляет собой многофазное твердое вещество, содержащее остатки стеклофазы, в которой распределена тонкодисперсная кристаллическая фаза [1].

В стеклокерамике в результате тепловой обработки образуются и увеличиваются центры кристаллизации. Данный процесс получил название ситаллизация. В зависимости от температуры термической обработки и ее продолжительности, можно регулировать количество кристаллов и скорость их образования.

Наибольшее возможное число кристаллов и их равномерное распределение внутри стеклофазы способствует получению высокой прочности стеклокерамического материала [2].

Прочность на изгиб фарфора является недостаточной (600–700 кг/см²) для применения в изготовлении зубных протезов. Предлагаются следующие варианты решения этой проблемы: повышение прочности фарфора может быть достигнуто за счет новых технологий обжига, разработка нового оборудования и инструментария, а также изменение химического состава фарфоровой массы [3].

Наибольшее распространение в ортопедической стоматологии получил метод послойного изготовления коронок из керамических масс различного состава, свойств и назначения и их спекания в вакуумной электропечи. Слои керамических масс в искусственной коронке имитируют ткани естественного зуба и подразделяются на базисный (грунтовый), дентинный, эмалевый и стеклянный. В некоторые комплекты также входят глазурь и минеральные красители.

Процесс изготовления протеза коронки из керамических масс многоэтапен и имеет следующую последовательность: выбор керамического материала для изготовления протеза коронковой части, препарирование и получение слепка, изготовление разъемной модели, изготовление колпачка из платиновой фольги, подбор комплекта масс согласно определенному врачом цвета зуба, приготовление масс, создание каркаса коронки из базисной массы и ее обжиг, моделирование анатомической формы коронки с помощью дентинной, эмалевой и стеклянной масс, обжиг коронки, припасовка коронки во рту, корректировка размера и формы, глазуровка, корректировка цвета, фиксация коронки в полости рта [4].

Применение керамических и стеклокерамических материалов в стоматологии обусловлено следующими факторами: благодаря своим физическим и химическим свойствам, протез повторяет цвет и форму настоящего зуба, также высокая точность изготовления позволяет обеспечить плотное прилегание, что защищает поврежденную поверхность от проникновения бактерий.

Литература

1. Тимошенко, М.В. Керамические материалы: учебно-метод пособие / М.В. Тимошенко.— Минск: БГМУ, 2008.— С. 3–4.
2. Нурт ван Роберт Основы стоматологического материаловедения / Нурт ван Роберт. — 2005. — С. 254–260.

3. Трезубов, В.Н. Ортопедическая стоматология: Прикладное материаловедение: Учебник для медицинских вузов / Под ред. В.Н. Трезубова. – 3-е изд., испр. и доп. – СПб.: СпецЛит, 2003. – С. 87–94.

4. Копейкин, В.Н. Зубопротезная техника / В.Н. Копейкин, Л.М. Демнер. – М.: «Издательский дом «Успех», 1998. – С. 186–194.

УДК 621.923.9

ОБРАБОТКА САМОЦВЕТНЫХ КАМНЕЙ НА ГАЛТОВОЧНЫХ СТАНКАХ С ВРАЩАЮЩИМСЯ ДНОМ

Студент гр. 360103 Хукумзода А., соискатели Имомов Н.Б., Амонов С.Т.

Кандидат техн. наук Мирзоалиев А.И.

Таджикский технический университет им. М.С. Осими, Душанбе, Таджикистан

Нами исследованы различные варианты обработки шариков из самоцветных камней на галтовочных станках с вращающимся дном. При данном способе обработки на заготовки и абразивные массы действует центробежная сила. Под действием центробежной силы детали и абразивная масса поднимаются вверх по стенке на некоторую высоту и падают вниз. Одновременно рабочая среда под действием сил трения о дно и обечайку получает вращательное движение и таким образом вовлекается в сложное тороидальное винтовое движение, что обеспечивает объемную обработку заготовок. Имеется множество устройств для центробежной абразивной обработки с различными характеристиками [1, 2]. Во всех этих способах обработки заготовки загружаются вместе с абразивной массой в емкости. Вращающееся дно сообщает заготовкам относительное движение и приводит к их смешиванию вместе с абразивом. Если вращающееся дно изготовить из абразивного материала, например использование шлифовального круга, алмазной планшайбы в качестве вращающегося дна, то это дает положительный результат в плане повышения производительности процесса обработки.

Установлено, что наиболее приемлемым является схема, показанная на рис. 1. Вращающееся дно I изготовлено из абразивного материала. В качестве этого элемента могут служить планшайбы, или шлифовальные круги. Обрабатываемые материалы в виде галтованных кубов из самоцветных камней, при обработке трутся по поверхности абразивного круга. Линейная скорость вращения круга при этом составляет не менее 15 м/сек.

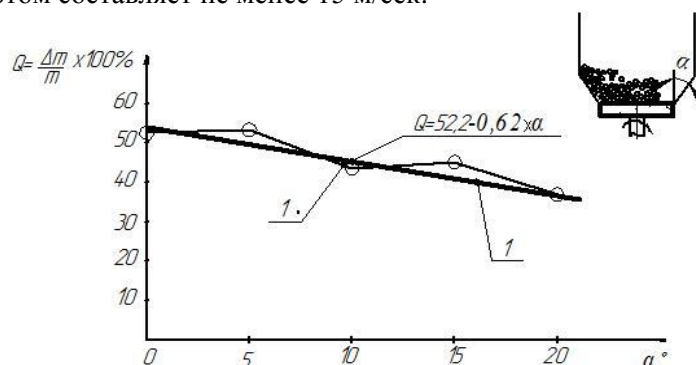


Рис. 1. График зависимости производительности от угла наклона стенки барабана: I – зависимость $Q \rightarrow f(\alpha)$ полученной обработки данных; I – экспериментальные данные

Установлено что производительность обработки и исправление формы заготовок (их приближение к шаровидности) наиболее интенсивно при угле наклона стенки чаши равной 0° . Объем загружаемых заготовок также играет важную роль. Экспериментальное исследование показало, что наиболее эффективной является загрузка не менее $1/3$ объема чаши.

Литература

1. А.с.4796396 СССР, МПКВ24В31/104. Устройство для центробежно- абразивной обработки деталей. / А.А.Серегин, В.В.Рябови, Л.Ф.Борзина. $\text{SU}1093507\text{A}$. заявл. 17.09.82. опубл. 23.05.84. Бюл. № 19.

2. А.с.1068272. СССР, МПКВ24В31/08. Устройство для центробежной обработки деталей. / П.П. Мерзляков и В. П. Овечкин. №62 Г.924.7(088.8) заявл. 9.02.82. опубл. 23.05.84. Бюл. № 3.

УДК 617.7

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ РЕАБИЛИТАЦИИ ДЕТЕЙ С ДЦП

Студент гр.11307117 Шляхтун О.А.

Кандидат техн. наук, доцент Габец В.Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Курс реабилитации для каждого пациента с ДЦП подбирается индивидуально и включает применение технических средств реабилитации [1]. С их помощью ребенок получает двигательный опыт и перенимает его. При этом, технические средства реабилитации ограничивают пациента от совершения движений, способных нанести ему вред ли оказать негативное влияние на физическое развитие в дальнейшем. Ребенок раннего возраста с ДЦП обладает недостаточной собственной двигательной активностью, но благодаря техническим средствам реабилитации она поддерживается и видоизменяется. Создаются условия для компенсации сенсомоторных нарушений и ликвидации ухудшения функционального состояния ребенка.

На начальном этапе при реабилитации ребенка с ДЦП применяется пронационная опора в виде наклонной подушки, полужесткая с абдукционным блоком и крепежными элементами. Она служит для адаптации ребенка к переносу центра тяжести к ногам. Угол наклона опоры увеличивается постепенно.

Далее применяют сидение с наклонной спинкой, абдуктором, крепежными ремнями, подголовником для выведения ребенка из горизонтального положения до наклона спинки в 45 градусов.

Для коррекции несимметричного развития мышц тела пациента применяется опора для положения ребенка на боку.

Для детей с установившимися разгибательными рефлексам и очень высоким мышечным тонусом применяются опоры с абдукционно-флексорной укладкой с полной фиксацией поясничного отдела. Данные опоры обеспечивают устойчивое положение пациента сидя, патологический рефлекс гасится.

Для формирования или коррекции правильного симметричного положения ребенка стоя используются вертикализаторы, опорные рамы.

После того, как ребенок становится способен самостоятельно контролировать положение своего туловища, рекомендуется использование ходунков-тренажеров.

Следующими этапами после приобретения ребенком навыка ходьбы в ходунках – тренажере следуют: применение ходунков металлических на двух колесиках; применение тростей четырехопорных, тростей обыкновенных, одной трости.

При наилучшем исходе ребенок приобретает навык самостоятельного хождения без вспомогательных технических средств реабилитации [2].

Литература

1. Клинические рекомендации. Детский церебральный паралич у детей. МКБ 10: G80 Министерство здравоохранения Российской Федерации 2016 утверждены союзом педиатров России.

2. Малыгина, С.С. Позиционная терапия в комплексной реабилитации детей с ДЦП. Использование опор. Пособие для родителей / С.С. Малыгина. – Новосибирск: Центр социальной помощи семье и детям «Семья» 630119, 2017. – 34 с.

УДК 671.1.02(075.8)

УКРАШЕНИЯ ДРЕВНЕЙ РУСИ

Студент гр. 11309119 Яцкевич К.

Кандидат техн. наук, доцент Луговой В.П.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Отсчет этапов развития ювелирного дела на территории России начинается с зарождения Киевской Руси (IX–XII вв.) и Владимиро-Суздальского княжества (X–XII вв.). На культурную жизнь и ювелирное искусство Древнерусского государства огромное влияние в IX веке оказывала Византия. В X – начале XI веках большинство украшений делали из серебра, а с середины

XI века также и из золота, которые декорировали тонкой сканью, драгоценными камнями, жемчугом и эмалью. Русское ювелирное искусство на ранних этапах развивалось своим путем, не испытывая заметного влияния творчества мастеров-ювелиров других стран. Центрами русского ювелирного творчества в разное время были старинные русские города Великий Устюг, Вологда, Кострома, Нижний Новгород, Новгород, Псков, Ярославль.

Своеобразным видом украшений у славян становятся *гривны*, *колты* и *подвесные кольца*. Одним из самых распространенных украшений на древней Руси были *перстни* (рис. 1). Их носили мужчины и женщины всех сословий. Самые первые кольца были изготовлены из проволоки. *Гривна* это металлический обруч на шее служила первоначально оберегом, а со временем превратилась в наградный знак, которым князья награждали доблестных дружинников. К эпохе удельной Руси в XIV в. гривны вытесняются роскошными *бармами*. Это широкое оплечье, богато украшенное драгоценными камнями. Височные кольца или *усерязи* – характерные детали русского костюма, часто вдевали в уши или же закрепляли над ушами (отсюда еще одно их название – «*заушницы*»). *Ожерелье* получило свое название от слова «жерло», обозначающего шею. В древней Руси насчитывалось несколько видов подвесов, отличающихся между собой формой, длиной, орнаментом и плетением. Большим спросом пользовались гайтаны, грибатки и жгуты (колодочки). Украшением для головных уборов служили *рясны* – подвески длиной до 50 см.



Рис. 1. Женские украшения Древней Руси

На смену ряснам пришли *серьги*, которые стали обязательным украшением русских женщин в XVI–XVII вв. *Серьги* имели различные формы исполнения.

Приняв за основу классическую форму исполнения русских сережек (рис. 2), в настоящей работе был предложен дизайн-проект серьги в виде русского головного убора – кокошника, оформленного в традиционной для русского ювелирного искусства технологии скани.



Рис. 2. Русские традиционные серьги древней Руси и предлагаемый вариант современной серьги в стиле Русского ювелирного искусства

СЕКЦИЯ 3. МИКРО- И НАНОТЕХНИКА

УДК 681.2

К 15-ЛЕТИЮ СОЗДАНИЯ КАФЕДРЫ «МИКРО- И НАНОТЕХНИКА»

Аспирант Люцко К.С.

Кандидат ист. наук, доцент Сервачинский И.Ю.,

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е.Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Кафедра «Микро- и нанотехника» была создана в 2007 году по инициативе ректора БНТУ Хрусталева Б.М., доктора технических наук, профессора Чижика С.А. и член-корреспондента НАН Беларуси, доктора технических наук, профессора Плескачевского Ю.М., который и стал первым руководителем кафедры.

Основу педагогических работников составили преподаватели кафедры «Информационно-измерительная техника и технологии» приборостроительного факультета БНТУ – профессор Сычик В.А., доценты Колонтаева Т.В., Сернов С.П., Ковалевская А.В., а также научные сотрудники институтов НАН Беларуси профессор Хатько В.В., профессор Чижик С.А., доцент Кузнецова Т.В., доцент Таратын И.А.

Уже в течение полутора десятка лет кафедра готовит квалифицированных специалистов в области микро-и нанотехники, способных проводить исследования на микро- и наноуровне, заниматься разработкой сенсоров, исполнительных механизмов и микромашин на основе системной интеграции электроники, материаловедения, механики, оптики, химии и биологии.

За время работы кафедрой было подготовлено более 300 инженеров по специальностям «Микро- и наносистемная техника» и «Технология материалов и компонентов электронной техники», которые сегодня работают на ведущих предприятиях страны: ОАО «ИНТЕГРАЛ», ЗАО «АТЛАНТ», ОАО «Минский НИИ радиоматериалов», ОАО «КБТЭМ-ОМО», ООО «Экран», ОАО «Планар-СО», ОАО «Завод «ЭЛЕКТРОНМАШ», РУП «Белорусский Государственный институт метрологии», ОАО «Пеленг», в институтах НАН Беларуси: ГНУ «Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова, ГНУ «Физико-технический институт», ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по материаловедению», ГНУ «Объединенный институт машиностроения», ГНУ «Институт механики металлополимерных систем имени А.В. Белого» и др.

О высоком уровне подготовки специалистов свидетельствует тот факт, что за 15 лет выпускниками и сотрудниками было защищено 7 кандидатских и 35 магистерских и диссертаций. Обучающиеся кафедры неоднократно становились именными стипендиатами, удостоивались президентской стипендии за особые заслуги в учебе, науке и общественной деятельности.

За время существования кафедры ее сотрудниками, аспирантами, магистрантами и студентами было опубликовано более 700 статей в научных журналах (в том числе рецензируемых и зарубежных), 5 монографий и более 900 тезисов докладов.

Кафедра многократно становилась призером смотра-конкурса БНТУ среди выпускающих и профильных кафедр, занимая почетные места: 1 место – в 2008–2009 учебном году, 2 место – в 2009–2010, 2010–2011, 2011–2012, 2012–2013, 2012–2014 учебных годах, 3 место – в 2014–2015 учебном году.

В настоящее время кафедрой руководит академик НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор Чижик Сергей Антонович.

Кафедра постоянно ищет новые формы подготовки молодых специалистов и проведения научных исследований. Открыты и успешно функционируют филиалы кафедры на ОАО «ИНТЕГРАЛ» – управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ», ГНУ «Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси» и ОАО «Минский НИИ радиоматериалов». В настоящее время идет активная работа по созданию филиала кафедры на ОАО «Планар-СО». В 2019 году при кафедре была создана «Отраслевая научно-исследовательская лаборатория инновационных приборов МЭМС-технологий». Способствует профессиональной подготовке студентов, включая их адаптацию к учебе и научной работе, начиная с первого курса, постоянная индивидуальную работу в лабораториях с одновременным проведением тео-

ретических и экспериментальных исследований студентами, магистрантами и аспирантами с широким подключением преподавателей, инженеров, сотрудников НИПИ в качестве научных руководителей.

УДК 541

ОПИСАНИЕ ДИФфуЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Студенты гр.11310120 Абмётко Н.В.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет

Данная работа выполнялась с целью вывода математической модели диффузии в полупроводниках. Математическое моделирование представляет собой метод, при котором реальный объект замещается модельным и с помощью получившейся модели аналитически исследуют и изучают свойства оригинала. При построении математической модели необходимо рассчитывать на то, что она должна в полной мере замещать рассматриваемый объект и соответственно характеристики этой модели и исходного объекта, при чем эти характеристики определяются однотипными подмножествами параметров, связанных с этими характеристиками одинаковыми зависимостями.

Диффузия же в нашем случае будет рассматриваться как неравновесный процесс перемещения электронов в полупроводниках из области с более высокой концентрации в область с более низкой. Наиболее заметно это проявляется в полупроводниках с $p-n$ переходом (когда соприкасаются два полупроводника с дырочной и электронной проводимостью соответственно). В таких полупроводниках диффузия будет выглядеть соответственно следующему рисунку.

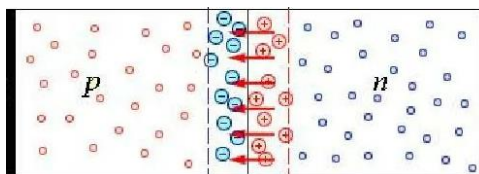


Рис. 1. Диффузия в полупроводнике с $p-n$ переходом

В работе проведен обзор литературы, в котором были изучены виды математического моделирования, например, на основе дробно-дифференциальной аппроксимации Паде, по итогам которого можно сделать вывод о том, что в процесс переноса носителей заряда может вносить вклад скорость изменения градиента плотности потока, если под скоростью понимать дробную производную по времени, соответственно изменение плотности потока может влиять на характер релаксационных процессов при диффузии. Что в итоге позволяет углубиться в сущность явления диффузии и более точно производить последующие расчеты [1].

Так же в работе произведен обзор литературы, относящийся к тематике массопереноса – чистого перемещения массы из одного места в другое, были рассмотрены основные положения законов Фика и степень их влияния на диффузию в полупроводниковых материалах. Так же было проведено теоретическое исследование в возможности и степени влияния основных параметров, таких как температуры и давления на математическую модель диффузии, и вследствие этого на возможность создания такой математической модели вследствие влияния на реальный объект большого числа внешних факторов.

Литература

1. Литвин, Н.В. Математическая модель диффузии в полупроводниках на основе дробно-дифференциальной аппроксимации Паде / Н.В. Литвин, Н.В. Капустина // МНИЖ. – 2017. – №6–3 (60). – С. 141–145.

УДК 621.3.049.774

ПРИМЕНЕНИЕ ФОТОМЕТРИИ В ДИАГНОСТИКЕ ИНФЕКЦИИ COVID-19Студент гр. 1532 Анисько Ю.А.¹Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е.Н.², кандидат мед. наук, доцент Анисько Л.А.³¹Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь³УЗ «Городская клиническая инфекционная больница», Минск, Беларусь

В настоящее время актуальной проблемой является дальнейшее развитие методов диагностики различных инфекционных заболеваний, включая коронавирусную инфекцию, в основе которых лежат различные физико-химические принципы. Находящий широкое применение в диагностике фотометрический анализ базируется на измерении пропускания, поглощения или рассеяния света исследуемым материалом в различных областях спектра -УФ, видимом и ИК. Рассмотрим применение иммунохимических методов на примере твердофазного иммуноферментного анализа при определении антител к коронавирусу SARS-CoV-2.

Материалы и методы. В исследование включены пациенты, находившиеся на лечении в УЗ «Городская инфекционная больница» в 2021 году с диагнозом коронавирусная инфекция, вызванная вирусом SARS-CoV-2. Для определения антител IgM и IgG использовались коммерческие наборы реагентов для иммуноферментного выявления иммуноглобулинов класса М и класса G к SARS-CoV-2, производства АО «Вектор-Бест», РФ.

Метод основан на двухстадийном варианте твердофазного иммуноферментного анализа. На первой стадии анализа происходит связывание содержащихся в анализируемом образце IgM или IgG с иммобилизованными на внутренней поверхности лунок моноклональными антителами к IgM или IgG человека. На второй стадии связавшиеся антитела взаимодействуют с конъюгатом рекомбинантного антигена SARS-CoV-2 с пероксидазой хрена. При инкубации с раствором тетраметилбензидина происходит окрашивание раствора в лунках, содержащих образовавшиеся иммунные комплексы. Интенсивность окрашивания пропорциональна концентрации определяемых антител (IgM или IgG) к вирусу SARS-CoV-2 в анализируемом образце.

После остановки реакции добавлением стоп-реагента (серная кислота 4,9 %) результаты анализа регистрируют измерением оптической плотности в лунках планшета. Для данной цели использовали спектрофотометр Biosan HiPo MPP-96, Латвия со специальным программным обеспечением QuantAssay.

При фотометрическом анализе используется способность химических соединений поглощать лучистую энергию определенных длин волн. В нашем исследовании оптическая плотность измерялась в двухволновом режиме (согласно инструкции к тест-системе): при основной длине волны 450 нм и длине волны сравнения в диапазоне 620–655 нм. Источником света в фотометре служит светодиод, в качестве детектора используются 8 кремниевых фотодиодов, время измерения на одной длине волны составляет 5–8 с (рис. 1).

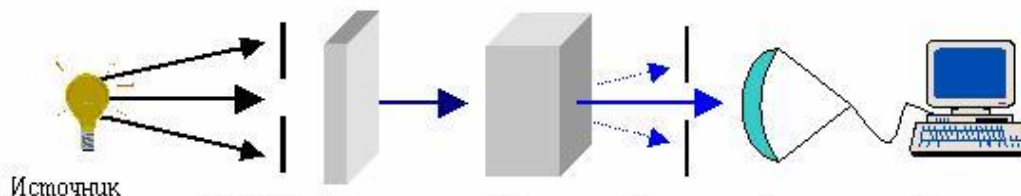


Рис. 1. Принцип работы фотометра

Так, среди пациентов было проведено 5789 исследований по выявлению антител IgM и IgG к вирусу SARS-CoV-2. Среди них IgM были положительными в 2233 случаях (38,6 %), что характерно для острого периода заболевания – первые 2 недели, IgG – в 4021 (69,5 %). Следует отметить, что все случаи положительных IgM сопровождались положительными результатами и IgG. Из полученных результатов видно, что информативность IgG в этиологической диагностике информативнее по сравнению с IgM.

УДК 681.586

ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ГИБКИЙ ЕМКОСТНОЙ ДАТЧИК ДАВЛЕНИЯ

Студент гр. 11310119 Антонов М.С.

Ассистент Козлова Т.А

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

При разработке датчиков давления используют различные механизмы преобразования, такие как: пьезоэлектрические, емкостные, пьезорезистивные, трибоэлектрические и тензорезистивные. Емкостные датчики давления получили широкое распространение благодаря своим преимуществам. Простоте изготовления, дешевизне, высокой чувствительности и замечательной устойчивости к окружающей среде. К недостаткам емкостных сенсоров следует отнести высокую нелинейность выходного сигнала, наличие паразитных емкостей и более высокую по сравнению с тензорезистивными сенсорами чувствительность к электромагнитным наводкам.

Среди различных структур и морфологий наиболее распространенные емкостные датчики давления состоят из диэлектрического чувствительного материала, зажатого между двумя проводящими металлическими слоями. Чувствительность этих устройств очень высока и зависит от материалов диэлектрического слоя [1].

Часто в качестве диэлектрических материалов используют эластомерные или каучуковые материалы, такие как полидиметилсилоксан (PDMS), Ecoflex и полиуретан (PU). Это связано с их хорошей термической и химической стабильностью, эффективными диэлектрическими свойствами, биосовместимостью и превосходными механическими свойствами подвергаться обратной деформации. Для реализации высокопроизводительного емкостного датчика давления, использующие эти диэлектрические материалы, обычно применяются следующие методы:

- 1) введение микроструктуры, такие как пирамиды, столбы или морщины в эластомерный или диэлектрический материал;
- 2) использование нановолокна или диэлектрические материалы с пористой структурой;
- 3) развитие композиционных диэлектрических материалов с включением наполнителей таких как углеродные нанотрубки, серебряные нанопроволоки и т. д., к эластомеру матрицы.

Например, емкостные датчики давления с использованием структуры PDMS продемонстрировал повышение чувствительности ($0,6-2 \text{ кПа}^{-1}$), в 60 раз больше, чем плоские аналоги PDMS ($0,01-0,016 \text{ кПа}^{-1}$) при низком давлении области ($0-2 \text{ кПа}$). Хотя чувствительность повысилась, диапазон рабочего давления этой микроструктуры на основе емкостного датчик давления был ограничен. Альтернативно электронные наполнители, такие как углеродные наноструктуры, графен, нанопластинки, серебряные нанопроволоки, наночастицы с высокой диэлектрической проницаемостью и т. д., встраиваются в эластомерную матрицу для улучшения чувствительности наряду с широким диапазоном рабочего давления. Так же, пьезоэлектрические наноматериалы, такие как наночастицы ZnO, включен в композитный материал для улучшения чувствительности. Однако равномерное распределение наполнителя внутри эластомерной матрицы для воспроизводимых характеристик обнаружения очень сложно достичь [2].

Литература

1. Микроэлектронные сенсоры давления / Н.П. Криворотов [и др.] // Вестник Томского государственного университета. – 2005. – № 285. – С. 139–147.
2. Tripathy, A.R. Polymer matrix composite engineering for PDMS based capacitive sensors to achieve high-performance and broad-range pressure sensing / A.R. Tripathy // Applied Surface Science Advances. – 2021. – Vol. 3. – P 100062.

УДК 681.586

МЭМС-МИКРОФОН С ГОФРИРОВАННОЙ МЕМБРАНОЙ

Студент гр. 11310119 Антонов М.С.

Ст. преподаватель Лапицкая В.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Микрофоны, произведенные по технологии МЭМС, уже в течение многих лет успешно применяются в мобильных устройствах, слуховых аппаратах. Они имеют ряд преимуществ – очень малый размер, низкое энергопотребление, стабильность работы при изменении температуры и др. [1].

Цель данной работы исследовать зависимость чувствительности мэмс-микрофона с гофрированной мембраной от высоты хребта гофры.

Чувствительность микрофона определяется по формуле (1):

$$S = \frac{W}{p} = \frac{R^2}{d_m(a_p Y \left(\frac{d_m}{R^2}\right) + \left(\frac{Ab_p}{2.83}\right) T)} \quad (1)$$

где W – отклонение центра, p – давление, R – радиус мембраны, d_m – толщина мембраны, Y – модуль Юнга, T – постоянное напряжение, a_p и b_p поправочные коэффициенты.

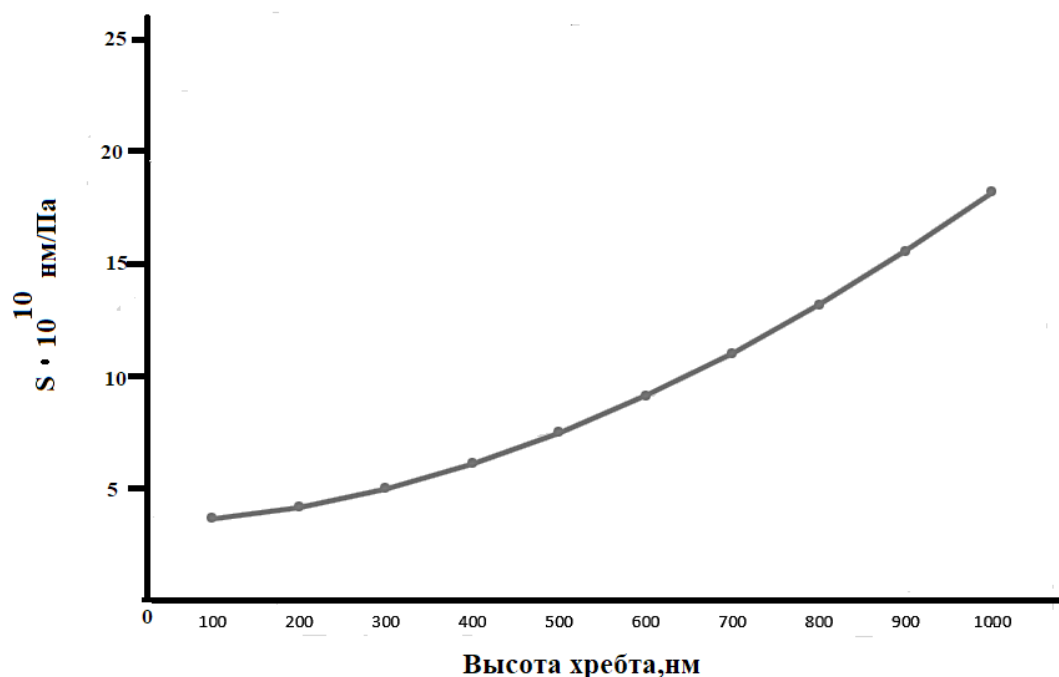


Рис. 1. Зависимость чувствительности микрофона (S) от высоты хребта (H)

По результатам установлено, что чувствительность увеличивается за счет большей высоты хребта гофры

Литература

1. Льюис, Д. Новые МЭМС-Микрофоны Analog Devices – рекордно низкий собственный шум / Д. Льюис, П. Шрэйер // Электроника, 2013. – № 1. – С. 210–221.

УДК 577

МЕМБРАНЫ НА ОСНОВЕ ПОРОПЛАСТА И СИЛИКАГЕЛЯ В БИОСЕНСОРАХ

Студент гр. 11310119 Баган Н.П.

Ст. преподаватель Лапицкая В.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Мембранные белки являются важными компонентами биологических мембран и играют центральную роль в обнаружении различных раздражителей окружающей среды, которые отслеживаются с помощью обоняния и вкуса. В ряде исследований были предприняты попытки разработки биосенсоров с использованием чувствительных свойств этих мембранных белков [1].

Мембранные биосенсоры работают, сообщая об изменениях в переменном токе. ионная проводимость молекулярной мембраны. Эти мембраны содержат один или несколько липидных слоев и обычно химически связаны с электрическим проводником, таким как золото. Изменение концентрации ионов на внутренней стороне мембраны вызывает пропорциональное изменение заряда на поверхности золота [1].

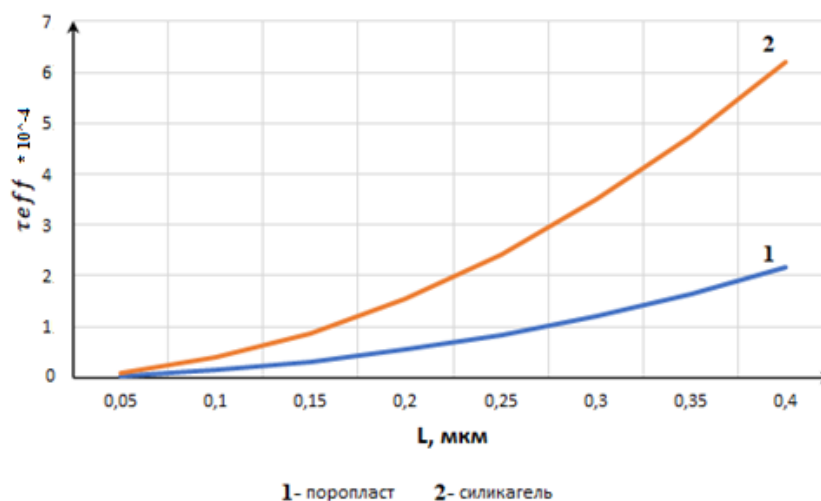
Целью данной работы является изучение мембранных биосенсоров и определение эффективного коэффициента для мембран из поропласта и силикагеля.

Используя исходные данные были произведены расчеты эффективного коэффициента для плоской мембраны из поропласта и силикагеля по формулам:

$$\tau_{eff} = \frac{L^2}{\pi^2 D_{eff}}$$

где L – общая толщина мембраны; D_{eff} – эффективный коэффициент диффузии.

На основании расчетов был получен график зависимости эффективного коэффициента от общей толщины мембраны (рис. 1).

Рис. 1. Зависимость τ_{eff} от толщины L

На данном графике видно, что τ_{eff} поропласта значительно меньше чем у силикагеля. Также на данном графике можно проследить плавное увеличение коэффициента с увеличением толщины мембраны для двух материалов.

Литература

1. Misawa, N. Membrane protein-based biosensors / N. Misawa, T. Osaki, S. Takeuchi // Journal of the Royal Society Interface. – 2018. – Т. 15. – №. 141. – С. 952.

УДК 621.771

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОСТРУКТУР ПОЛУЧЕННЫХ ОСАЖДЕНИЕМ АЛЮМИНИЕВЫХ СЛОЕВ В БИОСЕНСОРЕ

Студент гр. 11310119 Баган Н.П.

Ассистент Козлова Т.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является изучение наноструктур в биосенсоре, полученных осаждением алюминиевых слоев и их практическое применение.

В последнее время все более актуальными становятся новые контакты между двумя такими разными областями, с большим количеством своих особенностей: биохимией и электроникой. Изучение их взаимосвязи позволило создать новое направление научной деятельности – биоэлектронику. С самого начала в этой области появились новые устройства, которые можно использовать для анализа и обработки информации, называемые биосенсорами. Они считаются первым поколением биоэлектронных устройств. Любые биосенсоры конструируются как комбинированное устройство, состоящее из двух функциональных элементов: физического и биохимического. Важным моментом в их конструкции является тесный контакт между этими элементами. Преобразователь физического сигнала преобразует сигнал в электрический. Элемент преобразователя работает на физических и химических принципах. В результате этих преобразований из сигнала, появляющегося в результате взаимодействия, получается другой, который легче измерить [1].

Нанопористый анодный оксид алюминия (АОА) стал одним из распространенных материалов, применяемых в различных научных кругах. Его изготовление базируется на элементарном анодировании алюминия, которое дает высокоупорядоченные наноструктуры. Благодаря сочетанию в себе уникальных оптических и электрохимических свойств АОА широко исследуется как базовый материал для разработки дешевых портативных биосенсорных устройств [1].

Структуру АОА можно рассматривать как составную часть из двух фундаментальных частей. Первый – внутренний слой, расположенный вблизи границы раздела оксида алюминия и алюминия и на границе между соседними оксидными ячейками, состоящий в основном из чистого оксида алюминия. Вторая часть – наружная, расположенная между внутренним слоем и границей раздела оксид алюминия – электролит. Это процесс анодирования этот слой загрязняется частицами анионов. Из-за этих примесей анодный оксид алюминия проявляет определенные оптические свойства (например, фотолюминесценцию), которые зависят от раствора электролита, используемого во время анодирования, в частности от анионных частиц, содержащихся в АОА-структуре во время анодирования [1].

В данной работе были рассмотрены и обобщены последние результаты в области применения АОА в качестве платформы для исследования и реализации биосенсоров. Основными особенностями АОА являются простота и доступная цена для производства, большая удельная площадь поверхности, легкая функционализация внутренней поверхности пор, отличная биосовместимость и стабильные оптические и электрические свойства. Совокупность данных свойств делает АОА высокоэффективным материалом для разработки обширного ряда биосенсорных структур [1].

Биосенсорные чипы на основе наноструктур, полученных путем осаждения алюминиевых слоев, используют для анализа биомолекул и для изучения кинетики биомолекулярных реакций. А также они используются для модифицирования биодетекторов с многослойной структурой [1].

Литература

1. Озимко, И.Д. Биосенсоры на основе анодного оксида алюминия / И.Д. Озимко // Электронные системы и технологии. – 2021. – № 57. – С. 234–236.

УДК 541

ЭПИТАКСИАЛЬНЫЕ НАНОГЕТЕРОСТРУКТУРЫ ДЛЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Студент гр. 11310119 Баган Н.П.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е.Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы считается изучение эпитаксиальных наногетероструктур, применяемых в области солнечной энергетики.

Слово эпитаксия обозначает рост кристаллографически ориентированных монокристаллических слоев на подложки или друг на друга [1].

Важное мероприятие в исследовании тонкослойных наногетероструктур связано с появлением технологического процесса выращивания тонких слоев способами жидкофазной эпитаксии, химического осаждения из паров металлоорганических соединений также молекулярно-лучевой эпитаксии. Появился вариант выращивания наногетероструктур с очень резкими границами раздела, размещенными таким способом, что в промежутке между ними значимую роль играют размерные квантовые эффекты. Промежутки такого вида именуют квантовыми ямами, реже – квантовыми стенками. Средний зонный слой в квантовых ямах шириной в несколько десятков нанометров, что, собственно, и вызывает последствия в виде расщепления электронных уровней. Это происходит в результате эффекта размерного квантования. Наногетероструктуры, тем более парные, дают вероятность регулировать эти базисные характеристики полупроводников (например, ширина запрещенной зоны, подвижность носителей заряда обоих знаков, эффективная масса) [1].

В современном мире возросла потребность в альтернативных источниках энергии, что стимулирует новые разработки в данной сфере с целью уменьшения влияния пагубных факторов на человечество и окружающую среду. Фотоэлектрические преобразователи (ФЭП), или солнечные элементы, считаются наиболее многообещающими, а также экологически чистыми вариантами замены нефтяной индустрии. Эти элементы преобразуют солнечное излучение непосредственно в электричество. Перспективным материалом в области солнечной энергетики считаются полупроводниковые гетероструктуры на базе структур $A_{III}B_{V}$. Ключевая особенность этого типа преобразователя заключается в том, что по сравнению с солнечными элементами на основе кремния, он обладает более значительным показателем коэффициента полезного действия (КПД), высокой радиационной и температурной стабильностью, значительной эффективностью преобразования концентрированного солнечного излучения [1].

Потери связанные с термализацией носителей – один из основных вопросов при преобразовании энергии солнечными элементами. С одной стороны, ширина запрещенной зоны ФЭП должна быть довольно небольшой, с целью поглощения большого количества спектра, испускаемого солнцем. С другой стороны, высокоэнергетичные фотоны порождают электронно-дырочные пары, и, как заключение, значительная часть энергии фотонов пропадает при термализации [1].

Для бинарных гетероструктур, которые базируются на соединениях $A_{III}B_{V}$, свойственны дискретные области спектральной восприимчивости в инфракрасном диапазоне, но кроме того, в подобных гетероструктурах отсутствует разновидности выбора пар отлично согласующихся между собой [1].

В свою очередь, тенденция постепенного перехода к тройным соединениям на базе $A_{III}B_{V}$ предоставляет вероятность увеличить спектральный диапазон, и благодаря способности изменять и тем самым управлять шириной запрещенной зоны, можно делать диапазон постоянной величиной [1].

Литература

1. Арустамян, Д.А. Кристаллизация и свойства гетероструктур / Д.А. Арустамян. – Новочеркасск: Издательский центр ЮУрГУ, 2017. – 121 с.

УДК 541

ВЛИЯНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ФАЗЫ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИКИ Ti_3SiC_2

Студент гр. 11310119 Баган Н.П.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является изучение технологического процесса получения керамики Ti_3SiC_2 с максимальной фазой и ее практическое применение.

В работе проведен обзор литературных источников в области получения технической керамики и области ее применения. Особое внимание уделяется влиянию максимальной фазы на свойства материалов на основе керамики Ti_3SiC_2 . Эта керамика состоит из титана, карбида кремния, активированного угля и водный раствор ПВС [1]. Обычно повышение температуры существенно сказывается на свойствах веществ, они ухудшаются. У керамики, на основе Ti-Si-C наблюдается сохранение всех свойств при повышенных температурах. Данная керамика по структуре характеризуется наличием МАХ-фазы, которая обеспечивает для композиционного материала свойства, объединяющие в себе свойства двух разных материалов: металлических и керамических. Среди этих свойств – низкий коэффициент трения и пониженная плотность. Указанная керамика характеризуется хорошей электропроводностью и отлично проводит тепло.

По результатам критического обзора литературных данных установлено, что при производстве наноламинатной керамики применяют различные технологии: самораспространяющийся высокотемпературный синтез, свободное и реакционное спекание. В данной работе детально изучена классическая технология получения керамических материалов.

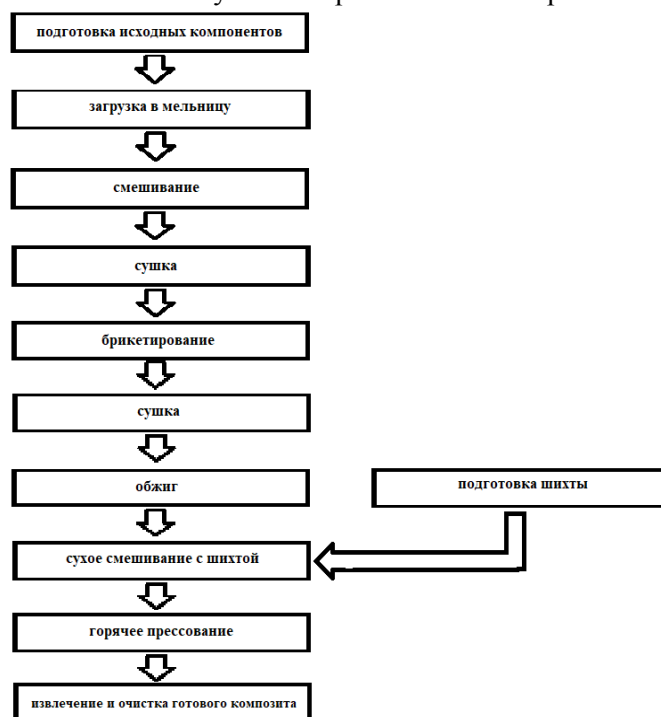


Рис. 1. Технологическая схема процесса получения керамики Ti_3SiC_2

Из приведенной схемы видно, что подготовленные компоненты смешивались и подвергались высокотемпературному обжигу для формирования фазового состава, а затем смешивались с остальными веществами и производилось горячее прессования для окончательного спекания.

На рисунке 1 представлена технологическая схема получения композиционного материала.

Литература

1. Надуткин, А.В. Изучение процессов синтеза Ti_3SiC_2 и формирование конструкционной керамики на его основе: автореферат. – Пермь: 2007. – 20 с.

УДК 666.762

СИНТЕЗ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО МАНГАНИТА ИТТРИЯ

Магистрант Бука А.В.¹Кандидат техн. наук, доцент Дятлова Е.М.¹, кандидат техн. наук, доцент Попов Р.Ю.¹, кандидат техн. наук Гундилович Н.Н.¹, кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т.В.²¹Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью исследования является синтез керамических материалов на основе модифицированного манганита иттрия (модифицирующие ионы – Fe^{2+} , Mg^{2+} , Ba^{2+}). В последние годы наиболее широко изучаются манганиты редкоземельных элементов, из-за их ключевого свойства – колоссального магнетосопротивления. Перспективным для изучения является модифицированный манганит иттрия ввиду того, что данные материалы могут быть рекомендованы для производства в качестве функциональных материалов для обработки и хранения информации, сенсорах, датчиках и др.

Для синтеза керамических материалов применялись оксиды иттрия, марганца (III), оксиды ионов-модификаторов, в количестве 10 мас.% сверх 100 %, квалификации ХЧ. Порошки оксидов смешивались в стехиометричном соотношении и измельчались в микрошаровой мельнице в течение 10 мин. Полученная смесь подвергалась термической обработке в электрической печи при температуре 850 °С с выдержкой 1 ч и при температуре 1200 °С с выдержкой 2 ч. Данные параметры обжига обусловлены тем, что при температуре 850 °С манганит иттрия претерпевает значительные объемные изменения, также происходит перестройка кристаллической решетки, при максимальной температуре происходит более полное взаимодействие оксидов. После обжига полученный спек измельчался в микрошаровой мельнице и повторно обжигался в электрической печи, для достижения более полного стехиометричного манганита иттрия. Дважды обожженный материал подвергался диспергации в мельнице.

Для получения опытных образцов порошок керамики смешивался со связующим компонентом (КМЦ) в количестве 3–5 мас.%. Формование образцов проводилось на лабораторном гидравлическом прессе. Давление прессования составляет от 30 до 50 МПа, прессование осуществлялось двухступенчатое для недопущения запрессовки воздуха внутрь материала. Опытные образцы диаметром 12 мм и толщиной 3 мм подвергались термической обработке при температуре 1200 °С с выдержкой 1 ч. После обжига образцы сохранили четкую форму и ровные грани.

Для исследования физико-химических характеристик определены значения водопоглощения (В), открытой пористости (P_o), кажущейся плотности ($\rho_{\text{каж}}$) опытных образцов. Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-химические свойства модифицированного манганита иттрия

| Ион-модификатор | Наименование показателя и его значение | | |
|------------------|--|-----------|---|
| | В, % | P_o , % | $\rho_{\text{каж}}$, кг/м ³ |
| Mg^{2+} | 10,30 | 40,70 | 2963 |
| Fe^{2+} | 10,75 | 34,40 | 3207 |
| Ba^{2+} | 2,85 | 12,06 | 4225 |

Из таблицы видно, что наименьшее значение водопоглощения имеет образец с добавкой оксида бария, вероятно это обусловлено тем, что оксид бария вступает во взаимодействие с другими оксидами, образуя легкоплавкую эвтектику смешенного состава $\text{Y}_{1-x}\text{Ba}_x\text{MnO}_{3-\delta}$, однако может образовываться манганит бария. Оксиды магния и железа слабо взаимодействуют с компонентами системы, поэтому опытные образцы данных составов имеют сравнительно высокие значения физико-химических показателей.

УДК 681.2

ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИЕ БИМОРФНЫЕ АКТЮАТОРЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИИМИДА-НИТРИДА КРЕМНИЯ

Студент гр. 11310119 Венскевич Н.Н.

Ст. преподаватель Лапицкая В.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Микроактюатор представляет собой трехмерную структуру из двух сплошных слоев с разными тепловыми коэффициентами расширения (ТКР). При нагреве один слой расширяется сильнее другого и возникает распределенная сила, приводящая к изгибу [1].

Цель данного исследования: изучить принцип работы термомеханических биморфных актюаторов и построить зависимость коэффициента полезного действия от температуры для актюатора на основе системы полиимид-нитрид кремния.

При нагреве биморфного актюатора один слой расширяется сильнее другого и возникает распределенная сила, приводящая к изгибу. Наиболее часто используются в биморфных актюаторах полиимид. Полиимид располагается в сквозных V-образных канавках. На основе имеющихся данных для нитрида кремния и полиимида, а также математических преобразований получим выражение для определения коэффициента полезного действия (КПД) [1]:

$$\eta = \frac{9}{128} \frac{E_1 + \sqrt{E_1 E_2}}{c_1 \rho_1 + c_2 \rho_2 \sqrt{\frac{E_1}{E_2}}} (\alpha_1 - \alpha_2)^2 \Delta T \quad (1)$$

где α_1, α_2 – коэффициент линейного расширения; ρ_1, ρ_2 – плотность; E_1, E_2 – модуль Юнга; c_1, c_2 – удельная теплоемкость.

Из выражения 1 видно, что КПД оптимизированного по перемещению микроактюатора не зависит от его геометрических размеров, а определяется исключительно параметрами используемых материалов и перегревом конструкции.

По результатам определения КПД при изменении температуры в диапазоне от 0 до 300 К, получена зависимость, приведенная на рисунке 1.

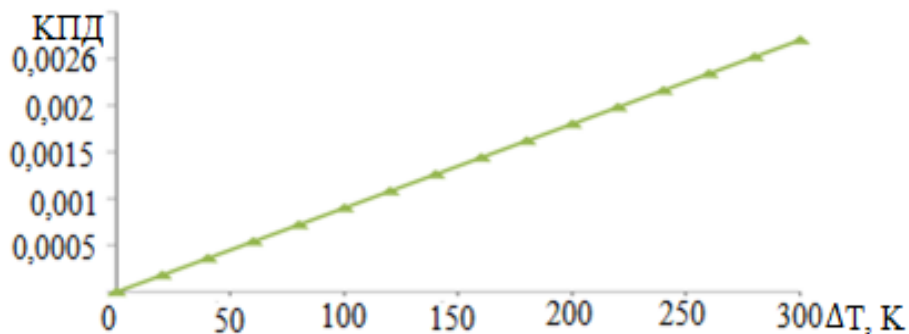


Рис. 1. График зависимости КПД от температур

На данном графике отчетливо видно, что КПД для биморфных актюаторов прямо пропорционально зависит от температуры, т. е. с ростом температуры увеличится и КПД. Для более высокого КПД термомеханических биморфных актюаторов необходимо брать более высокие температуры.

Литература

1. Никифоров, В.И. Биморфные пьезоэлектрические элементы: актюаторы и датчики / В.И. Никифоров, В.А. Климашин, А.И. Сафронов // Компоненты и технологии. – 2002. – №4. – С. 3.

УДК 621.7

ДОСТИЖЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ ДАТЧИКОВ НА ОСНОВЕ НАНОСТРУКТУР ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Студент гр. 11310119 Венскевич Н.Н.
Ассистент Козлова Т. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является исследование достижений, а также проблематики датчиков на базе наноструктур оксидов металлов в существующей проблеме, такой как выявление парниковых газов.

Сегодня газоанализаторы имеют широкий спектр применения: от наблюдения за экологической обстановкой до борьбы с угрозой теракта. Большая потребность в газоанализаторах определяется их широким применением в защитных системах, зданиях и на транспорте, где требуется воздух высокого качества. Существует большая потребность в компактных и недорогих детекторах со значительной чувствительностью и селективностью [1]. Основная часть такого устройства – чувствительный элемент, к которому предъявляется множество требований: стабильность, восприимчивость к различным веществам, возможность работы в автономном режиме. Технологии на основе наноструктурированного оксида металла (NMOS) для обнаружения выбросов парниковых газов были признаны наиболее надежными и точными. Благодаря своим увлекательным структурным и морфологическим свойствам полупроводники из оксида металла становятся важным классом материалов для технологии зондирования выбросов парниковых газов. Принцип работы опирается на изменение проводимости полупроводника, чувствительному к определенному газу, при наличии химической абсорбции на поверхности полупроводника. Среди многих технологий зондирования газа газовые датчики на основе наноструктурированного оксида металла (NMOS) показали отличную производительность по сравнению с другими доступными датчиками из-за их превосходных физических и химических свойств и уникальной структуры. Эти материалы имеют широкую запрещенную зону, что позволяет им иметь полный спектр электронных свойств. На свойства NMOS сильно влияют размер материала, микроструктура и, кроме того, включение некоторых примесей, таких как металлы и ионы и т. д. [2].

Обычно чувствительный слой датчика изготавливается из мелкодисперсных слоев оксидов металлов (In_2O_3 , SnO_2 , ZnO), у которых значение удельной поверхности составляет не менее $50 \text{ м}^2/\text{г}$. Такие материалы, при рабочей температуре сенсора, обладают высоким значением стабильности [1].

Датчики, на базе полупроводниковых материалов, являются перспективными устройствами в области оценки качества воздуха, в том числе и при долгом мониторинге малых химических активных газообразных примесей на станциях контроля (при неимении техногенных выбросов) и воздуха, высококачественный контроль в районах размещения промышленной инфраструктуры и в населенных пунктах. В последние годы все большую популярность приобретают мобильные станции мониторинга качества воздуха, требующие недорогих портативных газоанализаторов [1].

Многие проблемы, такие как снижение рабочей температуры, высокая селективность, стабильность в различных измерительных средах и более длительный срок службы для разработки подходящих датчиков парниковых газов на основе NMOS, все еще открыты для энтузиастов-исследователей в этой области.

Литература

1. Обвинцева, Л.А. Полупроводниковые металлооксидные сенсоры для определения химически активных газовых примесей в воздушной среде / Л.А. Обвинцева // Российский химический журнал. – 2008. – № 2. – С. 9.
2. Васильев, А.А. Физико-химические принципы конструирования газовых сенсоров на основе оксидов металлов и структур металл/твердый электролит/полупроводник: автореф. дис. доктор техн. наук профессор Астахов В. П. Микро- и нанoeлектроника наук: 05.27.01. – Москва, 2004. – 40 с.

УДК 541

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ТИКОНДОВОЙ КЕРАМИКИ

Студент гр. 11310119 Венскевич Н.Н.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является изучение технологического процесса получения тикондовой керамики и использование ее в практической деятельности. Керамика – это сырье из глины с минеральными добавками. По мере развития технического прогресса человечества, с возникновением и становлением промышленности среди керамических материалов формируется класс технической керамики.

В работе проведен обзор литературных источников в области получения технической керамики и области ее применения.

Тикондовая керамика - керамический материал, кристаллическую основу которого осуществляет TiO_2 , готовая же продукция приобрела название тиконды. На основе TiO_2 создан целый ряд тикондов, которые обозначаются буквой Т с различными индексом.

Изготовление керамики двустадийное. На первой стадии реализуют синтез нужной фазы. Для этого первоначальные оксиды в виде тонкодисперсных порошков тщательно перемешивают и обжигают в виде порошка и брикетов. Чаще всего, синтез идет в твердой фазе и полностью завершается при температурах 1100–1300 °С.

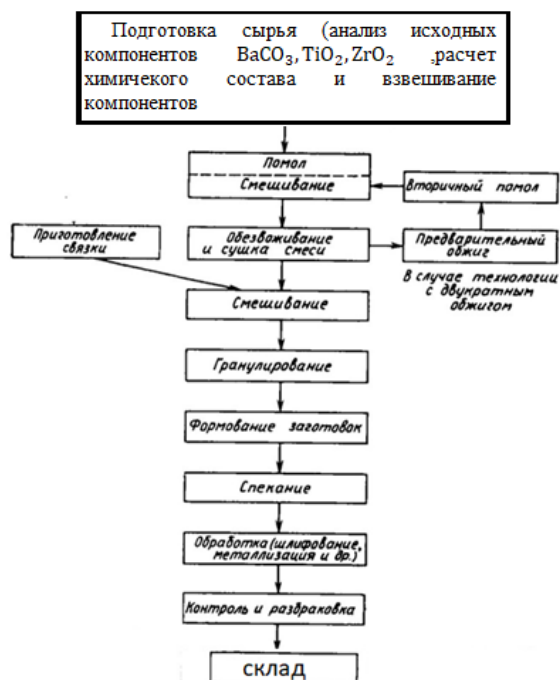


Рис. 1. Технологическая схема процесса получения тикондовой керамики

Компоненты, которые входят в состав конденсаторных масс, включая диоксид титана, относятся к непластичным материалам. Изделия из тиконда формуют прессованием или способом протяжки массы через мундштук. Обычно изделия обжигают в электрических туннельных печах с карбидкремниевыми нагревателями.

На основе $ZrTiO_4$ проектируют устройства флэш-памяти. Флэш-память – это тип стираемой постоянной памяти, которая очищает и перезаписывает данные .

Литература

1. Толкачева, А.П. Технология керамики для материалов электронной промышленности: учебное пособие / А.П. Толкачева, И.А. Павлова. – Екатеринбург: Урал, 2019. – 124 с.

ПОВЕРХНОСТНАЯ РЕКОМБИНАЦИЯ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА

Студент гр. 11310119 Венскевич Н.Н.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Сернов С.П.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является изучить вопрос что такое поверхностная рекомбинация носителей заряда и чем она характеризуется.

Поверхность полупроводника имеет ряд недостатков, которые срабатывают как рекомбинационные центры, которые приводящие к поверхностной рекомбинации, собственно, что понижает концентрацию неравновесных носителей заряда в приповерхностном слое полупроводника. Основная характеристика поверхностной рекомбинации – скорость поверхностной рекомбинации. Она показывает, сколько носителей заряда рекомбинирует за 1 с на плоскости полупроводника площадью 1 см^2 [1].

Скорость поверхностной рекомбинации S находится в зависимости от количества поверхностного потенциала ϕ_s . На рисунке 1 представлен график зависимости $S = f(\phi_s)$, за собственную симметричную форму именуемый рекомбинационным колоколом.

На этой диаграмме видно, что максимальное значение S достигает $\phi_s = 0$. Если поверхность приобрела заряд или положительного, или отрицательного знака, то появляется потенциальный барьер для определенного типа носителей заряда. При значениях $\phi_s \ll 0$ у поверхности наблюдается минимальное количество электронов, что приводит к уменьшению числа актов рекомбинации, а скорость рекомбинации оказывается низкой. Такая же картина наблюдается при значениях $\phi_s \gg 0$, когда из-за уменьшения количества дырок в приповерхностной области полупроводника также снижается скорость рекомбинации.

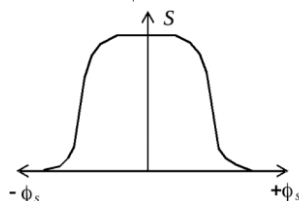


Рис. 1. Зависимость скорости поверхностной рекомбинации от безразмерного поверхностного электростатического потенциала

Смысл данной зависимости числится в том, собственно, что при изменении потенциала меняется положение рекомбинационного уровня на поверхности полупроводника относительно дна зоны проводимости и потолка валентной зоны и значит его эффективность как рекомбинационной ловушки [1].

Скорость поверхностной рекомбинации довольно чувствительна к состоянию верхних слоев полупроводника. Для начала адсорбция посторонних молекул на поверхности, приводящее к увеличению или же уменьшению поверхностного потенциала ϕ_s , имеют все шансы быстро поменять значение S . Не считая этого, механическая обработка поверхности (например, шлифовка, полировка и др.) меняющая приповерхностный слой кристаллической структуры, приводит к образованию огромного числа центров поверхностной рекомбинации, которые меняют скорость поверхностной рекомбинации.

Подведем итоги: при использовании устройств на базе полупроводников нужно учитывать для таких целей данное устройство будет использовано. Так как с одной стороны, необходимо избрать такой метод обработки поверхностей полупроводниковых кристаллов, при котором скорость поверхностной рекомбинации мала, а с иной стороны, отыскать метод поддерживать заданные значения скорости поверхностной рекомбинации в течении длительного использования. Решение данной проблемы достигается за счет нанесения на поверхность кристалла особых покрытий и герметизации прибора в корпусе [1].

Литература

1. Бонч-Бруевич, В.Л. Физика полупроводников / В.Л. Бонч-Бруевич, С.Г. Калашников. – М.: Наука, 1977. – 672 с.

**ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

Студент гр. 11310119 Венскевич Н.Н.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е.Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью предоставленной работы является изучение всевозможных методик получения наноматериалов химическим способом и определение их особенностей.

В минувшие года наметились новейшие тенденции изменения качеств конструкционных материалов из-за результата формирования определенной микроструктуры. С целью изготовления материалов на основе наноструктур специального назначения используются различные способы: порошковая металлургия, интенсивная пластическая деформация, множество технологии по нанесении нанопокровов (химическое, а также электролитическое осаждение).

Преимущество способа, основанного на электро химических процессах, основан на возможности изменять скорость данного процесса таким методом как изменение значений тока или приложенного к материалу усилия. Такой способ позволяет получить вероятность поддержания постоянных значений тока и напряжения. Благодаря этому можно получить наночастицы заданных габаритов и их определенное количество.

Электрохимическое осаждение – способ, получивший наибольшее распространение. Основан на том, что наночастицы металлов осаждаются на подложках из пиролитического графита с высокоориентированным строением. Его достоинство – получение атомарно гладкой поверхности с террасами, разбитыми на ступени высотой около 0,35 нм.

Синтез наночастиц металлов при электровосстановлении вполне вероятно зафиксировать при пропускании непродолжительного импульса тока (10–100 мс) при напряжении 500 мВ при помощи раствора соли металла с низкой концентрацией примерно 0,001 моль/л. Количественная величина металла эквивалентно толщине меньше одноатомного покрытия. Для безусловно всех металлов наблюдаются те же закономерности. Формирование зародышей происходит в 1-е миллисекунды импульса тока.

При последующих операциях по пропусканию тока вблизи частиц, области с обедненными ионами начинают перекрывать друг друга, что приводит к увеличению размеров частиц. Следствие всего процесса: начинает происходить диффузия частиц под прямым углом к плоскости подложки. Величина тока в этом режиме будет значительно уменьшаться во времени по закону диффузии.

В ситуации, когда наночастицы в подложке расположены хаотичным образом, в предоставленном режиме частицы близкорасположенные друг к другу будут расти значительно медленнее. Из-за этого разброс значений габаритов частиц находится в зависимости от расстояний между зародышами. В соответствии с полученными сведениями, малый разброс частиц по объему достигается лишь только в то время, в случае если все без исключения зародыши находятся на близких расстояниях друг с другом, т. е. присутствуют в подложке упорядоченно.

Рассмотренный метод используется при невысоком пересыщении растворов, при котором скорость формирования зародышей незначительна. Невысокое значение скорости осаждения является решением для обедненных слоев при перекрывании возле наночастиц. Исследование этого метода демонстрирует, то что в методе формируются наночастицы с плотностью в два раза ниже, чем востальных методах электровосстановления. Согласно этому фактору заключительная длительность процесса получения наночастиц при невысокой скорости роста не очень сильно отличается от длительности процесса извлечения наночастиц импульсным осаждением.

Литература

1. Михайлов, М.Д. Физико-химические основы получения наночастиц и наноматериалов. Химические методы получения / М.Д. Михайлов. – СПб.: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2012. – 259 с.

УДК-577.352

ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В БИОМЕМБРАНАХ И ИХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ

Студент гр. 11310118 Галацевич В.В., аспирант Люцко К.С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является исследование биологических мембран, анализ их фазовых переходов и обоснование физиологической роли данных переходов.

Биологическая мембрана (клеточная мембрана) – это мембрана, отделяющая клетку от внешней среды. Она состоит из белков и липидов. В отличие от белков, мембраны являются квазидвумерными и макроскопическими. Они могут поддерживать явления в масштабах, превышающих размеры отдельных молекул. Мембранные липиды могут находиться в двух фазовых состояниях: твердое (конденсированное, гелевое) и жидкокристаллическое.

Биологические мембраны выполняют следующие функции:

- барьерная – обеспечивает обмен веществом клетки с окружающей средой.
- матричная – обеспечивает определенное расположение и ориентацию мембранных белков
- механическая – обеспечивает стабильность и автономность клеток и внутриклеточных структур

При фазовом переходе (рис. 1) пассивная проводимость мембраны может возрастать. Это явление объясняется образованием каналов на границе участков мембраны, имеющих разное фазовое состояние.

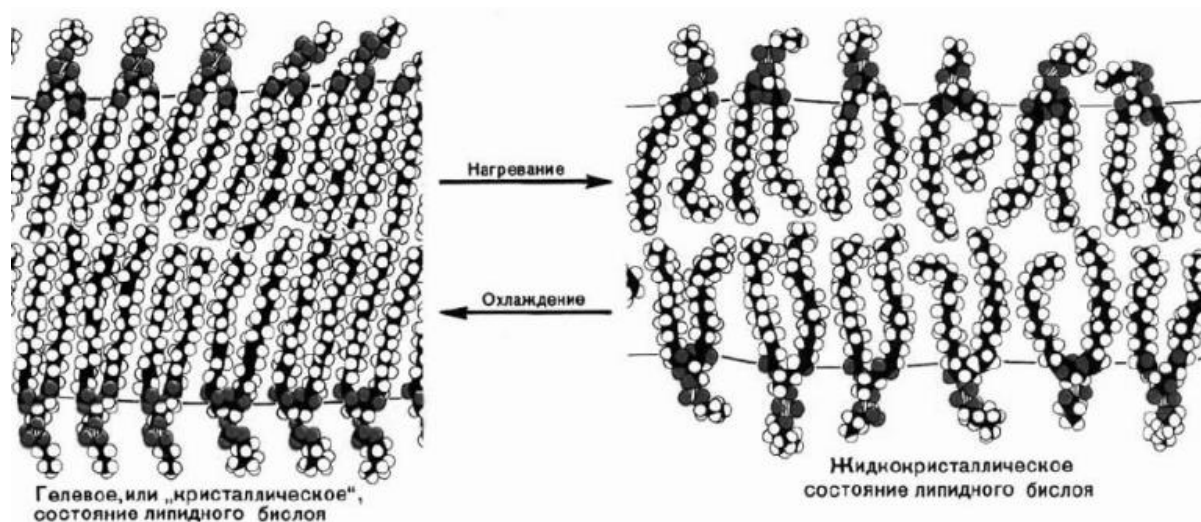


Рис. 1. Фазовый переход мембранных липидов

Одной из причин фазового перехода является повышение температуры. Это приводит к увеличению подвижности ацильных цепей в бислое, возрастанию угла их наклона и уменьшению плотности. В результате данного процесса латеральная подвижность мембранных белков возрастает, увеличивается возможность образования их ассоциатов [1].

Литература

1. Основные принципы организации биомембран // chem21.info [Электронный ресурс]. – Ресурс доступа: <https://chem21.info/info/1386884/> – Дата доступа: 13.12.2021.

КИНЕТИКА И ДИНАМИКА АДСОРБЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Студент гр.11304120 Гамеза А.А.

Кандидат техн. наук., доцент Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Существует различное множество методов глубокой очистки материалов электронной техники и все они различаются по свойствам разделяемых компонентов. При существенном различии свойств компонентов разделение осуществляется легко, если же примесь и очищаемое вещество близки по своим характеристикам, то очистка становится сложной. Целью работы является рассмотрение кинетики и термодинамики сорбционных методов.

В данной работе был проведен литературный обзор источников в области коллоидной химии и выбран метод, основанный на сорбции. Адсорбция – процесс поглощения компонента (нескольких компонентов) из газовой смеси или жидкого раствора твердым материалом. Адсорбция сопровождается понижением поверхностного натяжения.

Адсорбция находит разностороннее применение. Как в газовой среде, так и в растворах процесс адсорбции реагирующих веществ твердым катализатором при гетерогенном катализе обычно играет решающую роль. Также, широко применяются твердые адсорбенты и в различных процессах очистки растворов или газов от нежелательных примесей или загрязнений, процессы осушки и очистки в производственных условиях различных газов и, наконец, процессы обесцвечивания и осветления растворов. Адсорбционные методы очистки основаны на селективности адсорбентов различных веществ. При выполнении работы подробно изучена классификация адсорбентов, их структура и методы получения. Среди изученных адсорбентов особое внимание занимают алюмосиликаты и силикагели.

Характер протекания процесса зависит от его организации, а именно, периодически с использованием неподвижного слоя адсорбента или непрерывно с использованием подвижного слоя адсорбента. В данной работе был рассмотрен процесс с использованием неподвижного слоя адсорбента, через который происходило перемещение фронтов адсорбции. На рис. 1 изображен неподвижный слой адсорбента.

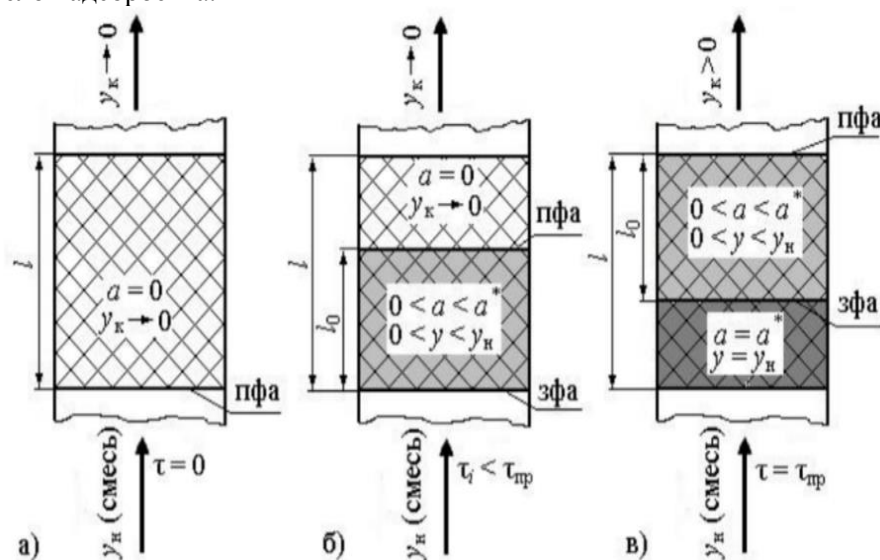


Рис. 1. Перемещение фронтов адсорбции в неподвижном слое адсорбента

В результате выполнения работы произведен анализ методов разделения веществ. Подробно изучен сорбционный метод очистки, который широко применяется в приборостроении.

Литература

1. Киреев, В.А. Краткий курс физической химии / В. А. Киреев. – Москва: Химия, 1969. – 376 с.

ЭБУЛИОСКОПИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ЖИДКИХ РАСТВОРАХ

Студент гр. 11304120 Гапеев Д.О.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является изучение процесса эбулиоскопии. Эбулиоскопия - это один из методов для определения молекулярных масс, растворенных веществ, активностей растворителя и степени диссоциации по повышению точки кипения раствора. Под повышением кипения раствора понимается повышение температуры его кипения. Разность между температурой кипения раствора (T_1) и чистого растворителя (T_1^0) при данном постоянном давлении называется повышением температуры кипения раствора и подчиняется уравнению:

$$\Delta_{p-ра} T_{кип} = T_1 - T_1^0 = \frac{R \cdot T_{кип}^2}{\Delta_{кип} H_1} \cdot \frac{M_1}{1000} \cdot m_2 = K_{эб} \cdot m_2 . \quad (1)$$

В работе проведен обзор литературных источников в области методов определения свойств различных веществ.

Особое внимание в работе уделено разработке алгоритма определения молекулярной массы вещества с помощью эбулиоскопического эффекта. На кафедре «Микро- и нанотехника» используется учебно-лабораторный комплекс «Химия» (УЛК) оснащенный программным обеспечением для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Физическая химия»

В начале работы необходимо подготовить четыреххлористый углерод, который в последствие необходимо поместить в эбулиоскоп (масса данного растворителя зависит от объема жидкости в которую будет погружен). После помещения необходимо включить нагревательный элемент и установить величину напряжения 150 В. Воду необходимо нагреть на 4–5 градусов выше температуры кипения растворителя. Включить циркуляцию воды в обратном холодильнике. Запустить компьютер и контролер, в нем открыть программу управления УЛК «Химия». В появившемся диалоговом окне выбрать модуль «Термостат–термопара». Далее необходимо в окне «Система управления УЛК» включить термодатчик, активизировать контроллер, установить число измерений и интервал их измерений, установить место записи полученных данных. На аналитических весах необходимо взять навески исследуемого вещества по 1,1–1,4 г и занесите данные в таблицу.

Экспериментально определим температуру кипения четырех–хлористого углерода после чего проведем эксперименты по определению температур кипения растворителя и раствора. Как только температура первого датчика установится на значение приближенном к 70 °С необходимо запустить измерения. Необходимо дождаться постоянства колебания температуры в пределах не превышающих 0,1 °С. После начинаем пошагово вносить в колбу эбулиоскопа навески нафталина. Новые навески необходимо добавлять учитывая, что при расчете молекулярной массы его моляльность будет возрастать и адекватно сумме всех вносимых навесок. По окончании эксперимента программа выводит график зависимости температуры от времени.

В результате выполнения работы систематизированы знания в области измерения свойств жидких растворов, разработаны алгоритмы определения молекулярной массы жидкости с использованием программного обеспечения УМК «Химия»

Литература

1. Коллигативные свойства растворов определение молекулярной массы растворенного вещества (методические указания к лабораторному практикуму) / Н.А. Сваровская [и др.]. – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2017. – 42 с.

УДК 681

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДИСТИЛЛЯЦИИ

Студент гр.11304120 Герман С.А.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Для успешного проведения синтеза огромную роль играет соотношение содержания исходных веществ к содержанию примесей. Специальными методами очистки можно уменьшить содержание примесных компонентов до десятитысячной процента, в то время как обычными методами можно достичь содержания основного вещества 99,9–99,95 %

Целью работы является изучение принципов использования метода очистки органических соединений при перегонке через газовую фазу.

В работе проведен обзор литературных источников в области разделения и очистки веществ, в котором был изучен метод дистилляции. Метод основан на различии температур испарения и упругости паров веществ.

Процесс дистилляции заключается в непрерывном нагревании раствора с отводом образующегося пара. В дистилляционном устройстве в равновесии с раствором находится только часть образовавшегося пара. Разделение смесей дистилляцией выполнимо только тогда, когда образующийся при дистилляции пар имеет состав, отличный от состава жидкости.

Разделение перегоняемых жидкостей возможно только тогда, когда разность в их температурах кипения составляет не менее 80 °С.

Конвалов вывел законы, описывающие соотношения в системах «жидкий раствор – пар», при разных значениях внешних параметров и составах компонентов.

В данной работе расчет проведен для двухкомпонентной системы « $\text{SiCl}_4 - \text{PCl}_3$ ». В результате расчета установлено, что равновесный коэффициент распределения примеси равен $K_0^B=0,41$.

По результатам эксперимента построен график зависимости концентрации примеси в отобранных фракциях от номера фракции.

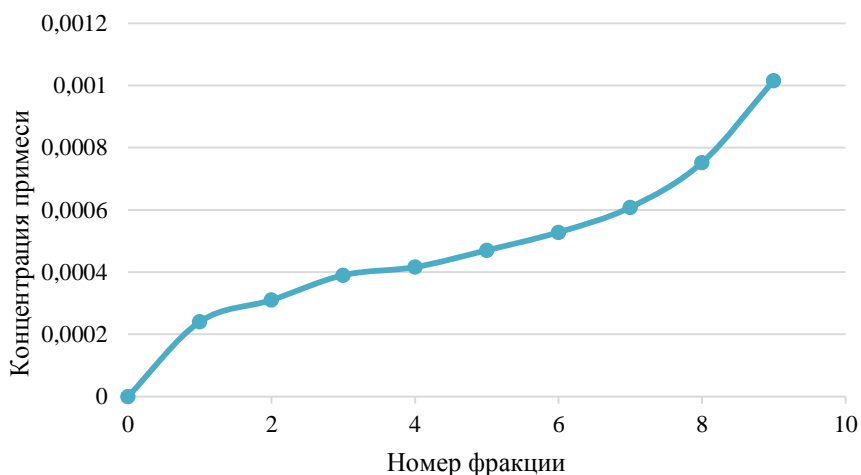


Рис. 1

В результате выполнения работы был проведен расчет концентрации примесного компонента в основном веществе. Процесс очистки зависит от коэффициента распределения примеси в основном веществе. Если коэффициент распределения примеси K_0^B меньше единицы, концентрация примесного компонента во фракциях будет увеличиваться, а если коэффициент распределения больше единицы, то концентрация будет уменьшаться по мере отбора фракций.

Литература

1. Оффан, К.Б. Физическая и коллоидная химия / К.Б. Оффан, А.А. Ефремов. – 2017. – 215 с.
2. Названова, Г.Ф. Очистка и идентификация органических соединений / Г.Ф. Названова // Часть I. Перегонка: Методические указания. – Самара: Изд-во «Универс-групп», 2005. – 31 с.

ГИБКИЙ МАГНИТНЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИДА

Студент гр. 11310119 Гриб А.А.

Кандидат тех. наук, доцент Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является изучение технологического процесса получения гибкого магнитного материала на основе интерметаллида и его использование в практической деятельности.

В работе проведен обзор литературных источников в области исследования и разработка гибких магнитных материалов на основе интерметаллида Nd-Fe-B и области их применения. Разработана технологическая схема производства гибкого магнитного материала (рис. 1).

При помощи эмпирических данных и термодинамического анализа возможности взаимодействия системы «Nd₂O₃ – Fe – Fe₂B(B) – Ca» следует, что для наиболее вероятного образования интерметаллида Nd₂Fe₁₄B необходимо использовать лигатуру железо-бор [1].

Представлен способ формирования ткани с магнитными свойствами, посредством нанесения на хлопчатобумажную ткань латексной композиции содержащей частицы интерметаллида, полученных путем измельчения интерметаллида в следствии HDDR-процесса, с последующим текстурированием и уплотнение сборки при 60 °С. Произведен магнитоласт на основе интерметаллида Nd₂Fe₁₄B и хлопчатобумажной ткани с характеристиками превосходящими по свойствам подобные магнитоласты (остаточная индукция – 0,24–0,31 Тл, энергетическое произведение (BH)_{max} – 14,8–18,9 Дж/м³, коэрцитивная сила 160–230 кА/м) [1].

На основе гибкого магнитного материала была разработана высококоэрцитивная магнитная ткань на основе арамидной волокнистой основы, применяемой для производства костюма, обеспечивающего сопротивление внешним электромагнитным и тепловым излучениям. Защитный костюм, рассчитанный для защиты от влияния вредоносных факторов окружающей среды, участников устранения чрезвычайных ситуаций, возникающих при осуществлении аварийно-спасательных работ и от влияния ядовитых веществ.

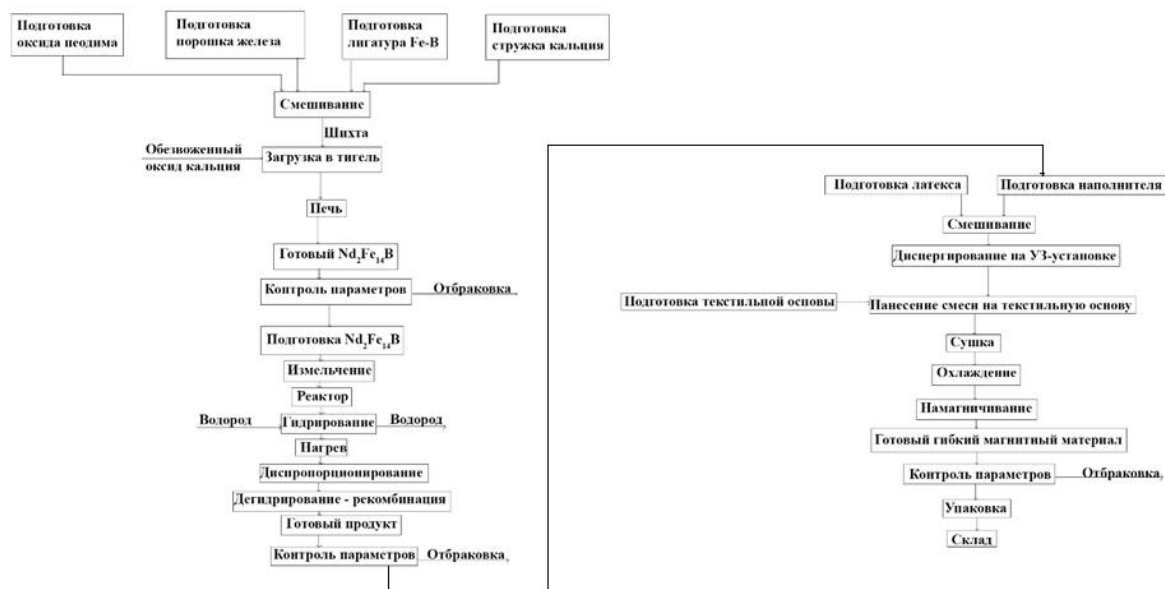


Рис. 1. Технологическая схема производства гибкого магнитного материала на основе интерметаллида Nd-Fe-B

Литература

1. Игнатов, А.С. Исследование и разработка способа получения гибких магнитных материалов на основе системы Nd-Fe-B: Дис. ... канд. техн. наук: А.С. Игнатов. М., 2018. – 127 с.

УДК 621.387

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ МЕТОДОМ PECVD, КАК ПЛАТФОРМА ДЛЯ БИОСЕНСОРОВ

Студент гр. 11310119 Гриб А.А.

Ассистент Козлова Т.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Термический плазменный метод, работающий при высокой температуре, такой как химическое осаждение из паровой фазы, не подходит для изготовления тонких пленок для биомедицинских применений, поскольку он влияет на объемные свойства полимера, а также вызывает гибель клеток. Таким образом, нетермическая или холодная плазма, то есть химическое осаждение из газовой фазы с усилением плазмы (PECVD), предпочтительнее для целей модификации поверхности [1].

Чувствительный и селективный биосенсор на полевых транзисторах (FET) продемонстрирован с использованием вертикально ориентированных листов графена (VG), помеченных конъюгатами наночастиц золота (NP) и антител. Листы графена выращиваются непосредственно на сенсорном электроде с использованием метода химического осаждения из паровой фазы с усилением плазмы (PECVD) и функционируют как сенсорный канал. Обнаружение белка осуществляется путем измерения изменений электрического сигнала от датчика FET при связывании антитело-антиген. PECVD-рост листов графена представляет собой одноэтапный и надежный подход к подготовке электронных биосенсоров на основе графена [1].

Наноструктуры оксида цинка также широко используются в качестве платформ для биосенсоров. Разнообразие наноструктур оксида цинка определяет возможности его использования в качестве чувствительного материала [2].

Для синтеза наноструктур на основе оксида цинка из элементарного высокочистого цинка и кислорода использовали одностадийный метод плазмохимического газофазного осаждения (PECVD), который позволяет избежать создания сложных металлоорганических реакций, обычно используемые в традиционных CVD-процессах для достижения наилучшей чистоты и, в конечном счете, наибольшей подвижности электронов в материале. Данный технологический подход отличается от существующих по ряду параметров [2]:

- универсальность. Позволяет синтезировать любую из существующих наноструктур или, при необходимости, их комбинирования в рамках одного метода или в одном цикле осаждения, возможность послойного осаждения;

- управляемость процесса.

Помимо классических параметров воздействия на процесс синтеза: давление в системе, температура подложки, расход исходных материалов и др., дополнительно имеется

- температура и концентрация электронов, а также возможность диагностики на месте с помощью оптической эмиссионной спектроскопии (OES);

- больше преимущества для легирования и создания дополнительных центров активации без потери вакуума во время синтеза;

- высокая чистота продукта. В процессе синтеза используются только основные вещества;

- экономическая эффективность, так как позволяет создать устройства за один производственный цикл без потери вакуума;

- позволяет наноситься на любой тип подложки, в том числе на термочувствительные и растворимые.

Литература

1. Mochalov, L. Zinc Oxide Nanostructured Materials Prepared by PECVD as a Platform for Biosensors / L. Mochalov, A. Logunov, T. Sazanova // ICTION. – 2020. – P.4.

2. Shun, M. Direct Growth of Vertically-oriented Graphene for Field-Effect Transistor Biosensor / M. Shun, Y. Kehan, J. Chang // SCIENTIFIC REPORTS. – 2013. – P.6.

ПЛЕНОЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Студент гр. 11310119 Гриб А.А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е.Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

PVD представляет собой процесс переноса форм роста из источника или мишени на поверхность определенной подложки и осаждения их с образованием пленки. Процесс происходит на атомистическом уровне и обычно не включает химических реакций. Были разработаны различные методы удаления частиц роста из источника или мишени, а толщина осаждаемой пленки может варьироваться от ангстрем до микрон. Во время процесса PVD происходят следующие последовательные основные этапы: генерация пара из исходного материала, перенос пара от источника к подложке и конденсация пара в твердую пленку на поверхности подложки. Успешные процессы PVD требуют хорошего контроля над физикой вакуума, материаловедением, машиностроением и электротехникой, а также в элементах термодинамики, кинетической теории газов, поверхностной подвижности и явлениях конденсации. Генерация пара основана на большом разнообразии исходных компонентов, включая нити накала с резистивным нагревом, электронные пучки; тигли, нагреваемые за счет проводимости, излучения или радиочастотной (RF) индукции; дуги, взрывающиеся провода и лазеры. Дополнительными проблемами, которые следует учитывать, являются взаимодействие контейнеров источника, требования к высокому вакууму, точному движению подложки (для обеспечения однородности) и необходимость мониторинга и контроля процесса [1].

Молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ) – это сложный метод, позволяющий точно контролировать выращивание монокристаллических эпитаксиальных пленок в сверхвысоком вакууме. Атомы или кластеры атомов, образующиеся при нагревании твердого источника, мигрируют в сверхвысоком вакууме и осаждаются на горячей поверхности подложки, где они могут диффундировать и присоединяться к растущему кристаллу. Температура подложки является ключевым фактором для химической реакции, эпитаксии и повторного испарения избыточных реагентов. Пленки формируются на монокристаллических подложках путем медленного испарения элементарных или молекулярных составляющих пленки из отдельных кнудсеновских ячеек-источников на подложки, такие как кремний или арсенид галлия. При таком низком давлении испаряемые атомы и молекулы не взаимодействуют друг с другом в паровой фазе.

Наиболее широко изучаемыми материалами являются эпитаксиальные слои полупроводниковых соединений III–V. Однако кремний, металлы, силициды и изоляторы также могут быть нанесены в виде монокристаллических пленок. Дополнительным важным преимуществом МЛЭ является требование низкой температуры эпитаксии [1].

CVD – это универсальный метод осаждения, позволяющий выращивать тонкие пленки из простых и составных полупроводников, металлических сплавов и аморфных или кристаллических соединений различной стехиометрии. Как правило, процессы CVD состоят из химической реакции летучего соединения материала, подлежащего осаждению, с другими газами для получения нелетучего твердого вещества, которое осаждается на атомном уровне на подходящей подложке. Универсальная химическая природа процессов CVD демонстрируется широким спектром реагентов и прекурсоров, которые можно использовать для осаждения данной пленки. В CVD, как и в PVD, пересыщение пара влияет на скорость зародышеобразования пленки, тогда как температура подложки влияет на скорость роста пленки. Эти два фактора вместе влияют на степень эпитаксии, размер зерна, форму зерна и текстуру. Низкое пересыщение газа и высокие температуры подложки способствуют росту монокристаллических пленок на подложках. Высокое пересыщение газа и низкие температуры подложки приводят к росту поликристаллических, нанокристаллических и даже аморфных пленок.

Процессы CVD хорошо известны, и реакторы, используемые для процессов, зависят в основном от условий осаждения и форм энергии, вводимой в систему для активации химической реакции [1].

Литература

1. Benelmekki, M. Zinc Nanostructured thin films – background, preparation and relation to the technological revolution of the 21st century/ M. Benelmekki, A. Erbe // Elsevier Ltd. – 2019. – P. 34.

УДК 678.5

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ ПОЛИМЕРЫ ДЛЯ БИМЕДИЦИНСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ

Студент гр. 11310119 Демиденко А.С.

Ассистент Козлова Т.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является изучение наноструктурированных полимеров для биомедицинских применений.

В работе приведен обзор литературных источников в области использования наноструктурированных полимеров.

Полимеры вызывают большой интерес в биомедицинских технологиях из-за их низкой стоимости и уникальных свойств. Высокоэффективные полимеры, такие как полиэфирэфиркетон (ПЕЕК) и полиэфиркетонекетон (ПЕКК) используются в качестве костной ткани и имплантов, а биоразлагаемые полимеры, такие как полимолочная кислота (Poli-L-lactic acid, PLA), поли (молочно – гликолевая кислота) активно используются в качестве каркасов в регенеративной медицине [1].

Применение полимеров в качестве носителей микро- и наночастиц стало возможным благодаря: 1) способности организовывать стабильные микро- и наночастицы, 2) отсутствию токсичности и полной биологической разлагаемости в организме, 3) включения в полимерную матрицу нужного количества лекарственных веществ различной физико-химической природы и фармакологических свойств [2].

Полимерные детали, которые применяются в биоаналитических приборах и медицинских имплантах как правило монолитны. Это означает, что они сделаны из одного материала и их функция определяется не только строением, но и свойствами материала и поверхности. Отказ от сварки, склеивания и механических соединений является преимуществом для обеспечения биосовместимости и стерильности [1].

Сочетание свойств биосовместимости и биоразлагаемости термопластичного полилактида дает возможность для перспективного применения полимерных материалов, полученных на основе термопластичной матрицы 2-гидроксипропионовой (молочной) кислоты в качестве фармацевтического полимера, а также в качестве биоразлагаемой упаковки. В наноструктурированных полимерных материалах частицы органических или неорганических наполнителей нанометрового размера распределены максимально равномерно, что можно отнести к игольчатым или трубчатым структурам (углеродные нанотрубки), сферическим пространственным структурам (кремнезем или оксид цинка).

Композиционный биоразлагаемый полимер представляет собой смешанную многокомпонентную систему, предоставляющий биоразлагаемость всей системы, а также высокие физические и механические свойства. Для проектирования смешанной многокомпонентной системы существуют несколько вариантов.

Создание наноструктурированного композиционного термопласта является многообещающим в области доступных медицинских полимеров, полимерных штифтов и синтезирующих пластин для реконструктивной хирургии. Разработка биоразлагаемых композиционных материалов поможет решить проблемы современной медицины [3].

Литература

1. Urwyler, P. Nanostructured Polymers for Medical Applications / P. Urwyler, S. Helmut // Nanoscience and Nanotechnology for Human Health. – 2016. – P. 293–314.
2. Кузнецова, И.Г. Использование сополимера молочной и гликолевой кислот для получения наноразмерных лекарственных форм / И.Г. Кузнецова, С.Е. Северин // Разработка и регистрация лекарственных средств. – 2013. – №5. – С. 30–38.
3. Исследование структуры и свойств наноструктурированного биоразлагаемого термопластичного композита / Н.А. Щербина [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2018. – Т. 80. – № 2(76). – С. 302–306.

АВТОЭМИССИЯ В НАНОСТРУКТУРАХ ИЗ УГЛЕРОДА

Студент гр. 11310119 Жовнерик Е.И.

Ассистент Козлова Т.А.

Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является исследование автоэмиссии в наноструктурах из углерода.

На сегодняшний момент наноструктуры имеют значительное внимание широкого научного общества, начиная от физиков и инженеров-электриков и заканчивая биологами. Также увеличивается внимание к розыску свежих приборов для грядущих применений, которые дают возможность применить металлические волноводы для передачи и обработки оптического сигнала.

Автоэлектронная эмиссия – выделение электронов проводящими жесткими и водянистыми телами под процессом внешнего электрического поля высокой напряженности.

Основным отличием автоэлектронной эмиссии от других видов эмиссии электронов это отсутствие затрат энергии для образования потока электронов в вакуум. Объяснение этому является то, что электроны при автоэлектронной эмиссии осиливают потенциальный барьер на границе эмиттер за счет квантомеханического туннельного эффекта. Вследствие этого, у автоэлектронного катода есть плюсы: малое использование энергии, высокая плотность эмиссионного тока, узкое распределение эмитируемых электронов по формату скорости и электронов [1].

Вакуумные автоэлектронные микроустройства обладают определенными преимуществами перед полупроводниковыми приборами. Основными из них являются диапазон рабочих температур (от -130 до $+300$ °С) и устойчивость к радиационному воздействию. Эти особенности обусловлены природой автоэлектронной эмиссии. Следующие преимущества связаны с его высокой производительностью, поскольку баллистический перенос электронов с катода на анод происходит в субпикосекундном диапазоне.

Общей тенденцией развития вакуумной электроники в последние годы является исследование способов снижения низкого напряжения с помощью конструктивных и технологических средств. Следуя этой тенденции, дизайн, основанный на нанотехнологиях в целом и самоорганизующемся процессе наноструктуры в частности, считается все более привлекательным. Одним из материалов для эмиссии используют углеродные нанотрубки [2].

Массив электронных нанотрубок является единственным функциональным наноразмерным элементом устройства. Массивы обладают отличными характеристиками. Наряду с захватывающим усилением за счет самоорганизующегося процесса внутри массивов формируются на расстояниях, сравнимых с его диаметром. Кроме того, массивы растут вертикально только в том случае, когда расстояние между настолько мало того, что происходит взаимодействие Ван-дер-Ваальса.

Как мы уже упоминали выше, излучатели в центральной области ИТ решетки экранированы, ток излучения может быть нестабильным, так как интенсивно работающие краевые УНТ могут перегорать. Но каждый единственный УНТ-излучатель, решетка, анодная изоляция с вакуумом, окружающим проблему экранирования, могут быть устранены. Это должно привести к достаточному увеличению плотности тока излучения из-за увеличения эффективного количества излучателя на квадратную единицу.

Другой целью является формирование наноразмерного вакуумного межэлектродного расстояния, что зависит от ограничений производительности устройства и энергопотребления. Такое расстояние должно быть не более диаметра УНТ. Производительность определяется переходом электронов катод-анод вместе с емкостью соответствующих электродов. Поскольку существует определенная неравномерность электрического поля в пространстве катод-сетка с высоким уровнем поля и в пространстве сетка-анод с лучшей однородностью поля, но более низким уровнем поля.

Литература

1. Егоров, Н.В. Автоэлектронная эмиссия / Принципы и приборы // Н.В. Егоров, Е.П. Шешин. – М.: Интеллект, 2011. – 704 с.
2. Фурсей, Г.Н. Автоэлектронная эмиссия / Г.Н. Фурсей. – СПб.: Лань, 2012. – 320 с.

УДК 541

СВОЙСТВА, ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ НАНО- И УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА АЛЮМИНИЯ

Студент гр. 11310119 Жовнерик Е.И.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е.Н.
Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является изучение свойств, получение и применение нано- и ультрадисперсного порошка алюминия.

На сегодняшний день за последние двадцать лет было разработано множество новых технологий для получения субмикронных порошков. Среди продуктов, вызывающих интерес, наноалюминий, который используется в специализированных двигателях и экзотермических конечных применениях.

Новые методы получения нанопорошков с одной стороны являются высокоурожайными, но, как правило, медленными и дорогостоящими, в то время как, с другой стороны, существует очень мелкая фракция из обычных способов распыления, которая дает очень низкий выход субмикронного порошка, но, тем не менее, может привести к значимой скорости в рамках массовое производство.

Годовой объем продаж алюминиевых порошков и гранул ($\sim <1$ мм) по всему миру оценивается в 200 тыс. тонн в год, в основном включающие продажи в металлургическую, химическую и лакокрасочную и пигментную промышленность. Специализированные конечные области применения включают ракетную технику, взрывчатые вещества, термическое распыление, порошковая металлургия и т. д. Подавляющее большинство порошков получают обычным распылением воздуха или инертного газа, хотя значительные количества получают путем гранулирования фольги.

Некоторые из массовых применений, где алюминий используется в качестве мощного восстановителя или в качестве прекурсора в химической промышленности, привлекает его низкая стоимость. Таким образом, существует серьезный экономический стимул максимизировать производство сверхтонких фракций (определяемых как имеющие средние размеры частиц в диапазоне 5–15 мкм), которые являются предшественниками для производства все более сложных пигментов для декоративной отделки автомобилей и бытовой техники.

Производство алюминиевого порошка.

Существует множество методов получения алюминиевых порошков из расплава, но наиболее значительные объемы тонкодисперсных порошков получают путем распыления воздуха и газа. Для распыления газа была определена эмпирическая зависимость, связывающая соотношение металл/газ со средним размером частиц. Для данного потока расплавленного металла, затем увеличивая падающий поток газа уменьшит средний размер частиц, что приведет к увеличению выхода мелких частиц.

Распределение частиц по размерам также зависит от конструкции распылительной головки и подробных технологических параметров, и это также влияет на выход мелкой фракции.

Эффективность процессов распыления газа низкая (обычно указывается ~ 1 %), и, хотя некоторые технологические инновации позволили достичь более высокого выхода сверхтонких фракций (тип и температура распыляющего газа, конструкция сопла и коллектора), существуют трудности в достижении стабильных условий работы, если параметры установлены для достижения очень точных средних размеров.

Литература

1. Wright, J.W. Aluminium powder- hazardous or not? / J.W. Wright // Metal Powder Industries Federation, Proceedings of the Second Powder Metallurgy Aluminum & Light Alloys for Automotive Applications Conference(USA). – 2000. – P. 41–49.
2. Tepper, F. Metallic nanopowders produced by the electro-exploding wire process / F. Tepper // International journal of powder metallurgy. – 1999. – Т. 35. – №. 7. – P. 39–44.

УДК 541

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ КВАРЦЕПОДОБНОГО ДИОКСИДА ГЕРМАНИЯ

Студент гр. 11310119 Жовнерик Е.И.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является изучение технологического процесса получения кварцеподобного диоксида германия и применение его в практической деятельности.

В работе проведен обзор литературных источников в области получения кварцеподобного диоксида германия и области ее применения.

Также была изучена классификация материалов электронной техники, была разобрана эпитаксия, ее систематизация и механизмы. Изучены методы получения эпитаксиальных слоев: газофазный; молекулярно-лучевой; жидкофазный; твердофазный.

Из проведенных исследований, было выяснено, что с учетом непрерывного поступления в исходный раствор новых порций конденсата с растворенным шихтовым α – GeO_2 происходит рост кристаллов, а также это образуется с небольшой постоянной взгонкой раствора. Осуществление травления шихтового α – GeO_2 происходит при температурах 40–100 °С, благодаря этому фактору не допускается переход его в тетрагональную фазу, которая считается труднорастворимой. В это же время, происходит рост кристаллов α – GeO_2 при более высоких температурах (90–150 °С). в результате устойчивого воздействия кварцевой подложки, увеличившийся слой сохраняется в виде кварцевого изменения. Испытания имеют возможность продолжительности до 90 суток, что позволяет получать объемные кристаллы с толщиной наростшего слоя до 10–13 мм.

При выращивании кремнийсодержащих кристаллов α – GeO_2 добавку кремнезема в виде аморфной кремнекислоты или частей кварцевого стекла помещали либо в шихтовую камеру вместе с первичным порошком GeO_2 , либо располагали на дне кристаллизатора под кварцевыми затравками. Рассмотренные факторы, которые в значительной степени влияют на исполнение технологического процесса получения кварцеподобного диоксида германия.

На основе GeO_2 вырабатывают оптический материал для широкоугольных объективов и линзы объективов оптических микроскопов. А также их использование распространено в качестве сырья для производства некоторых люминофоров и полупроводниковых материалов.

Разработка технологической схемы процесса

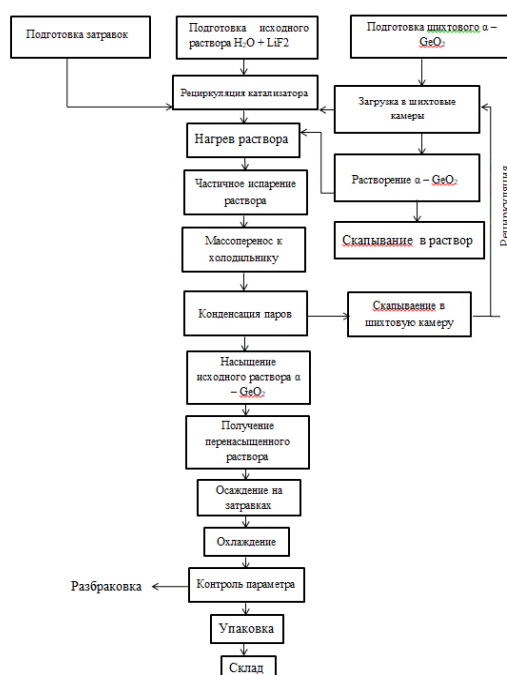


Рис. 1

Литература

1. Балицкий, Д.В. Выращивание, морфология и основные физические свойства монокристаллов диоксида германия со структурой α – кварца: автореферат / Д.В. Балицкий. – Москва, 2000. – 111 с.

УДК 543.5

ВЛИЯНИЕ ВИДА СЕЧЕНИЯ НА КОЛИЧЕСТВО ВВЕДЕННОЙ ПРОБЫ В МИКРОФЛЮИДНОМ УСТРОЙСТВЕ

Студент гр. 11310119 Жовнерик Е.И.

Ст. преподаватель Лапицкая В.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Область микрофлюидики способна создавать полезные биологические инструменты. Разделение клеток является одним из аспектов этого более крупного биологического инструмента, способного выделять интересующие клетки из сложного фона [1].

Микрофлюидные устройства широко используются для анализа клеток, включая приложения для анализа отдельных клеток, здравоохранения, мониторинга окружающей среды и органов на чипе, которые имитируют органы микрофлюидике. Кроме того, для обеспечения высокопроизводительного анализа клеток, мониторинга в реальном времени и неинвазивных анализов клеток электрические и электрохимические системы были включены микрожидкостные устройства [1].

Цель данного исследования: определить влияние вида сечения канала в микрофлюидном устройстве на количество введенной пробы крови.

При вводе пробы и буфера применяются всякого рода гидравлические интерфейсы, соединяющие чип с внешними системами, таковыми могут являться разнородные капилляры, микрорезервуары самого чипа, куда помещается проба и раствор буфера и т. д. Размеры транспортных каналов МФЧ должны определенным образом соотноситься с размером гидравлических интерфейсов, так, чтобы не вызывать резких перепадов давления в каналах. В общем случае для микроканала сечением S количество введенной пробы Q (при вводе электрическим способом) зависит от величины приложенного напряжения U , времени t , в течении которого было приложено напряжение, и подвижности компонентов пробы μ [1]:

$$Q = \frac{\mu \cdot S \cdot U \cdot t}{L} \cdot c. \quad (1)$$

Существенное воздействие на количество вводимой пробы демонстрирует электросмотический поток (ЭОП). При определенных условиях возможна ситуация, когда ЭОП полностью определяет перенос ионов в растворе пробы. Количество введенного вещества определяется суммарным электрофоретической и электроосмотической подвижностями μ [1]. На рисунке 1 изображен график зависимости количества введенной пробы крови от длины канала с сечением круг и квадрат. По результатам установлено, что канал с круглым сечением позволяет ввести в канал больше пробы по сравнению квадратным сечением.

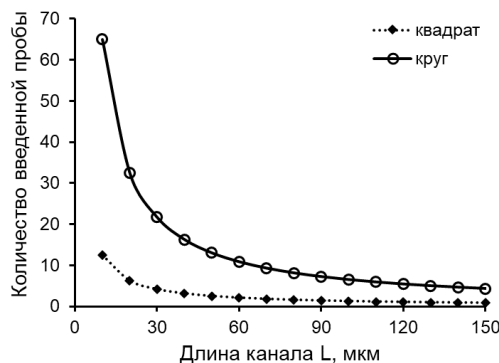


Рис. 1. Зависимость количества введенной пробы от длины канала

Литература

1. Нанотехнологии в биологии и медицине. Микрофлюидика: курс лекций / сост. : А.А. Евстапов, А.Л. Буляница. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2015. – 133 с.

УДК 577.3

БЫСТРОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ АНТИТЕЛ SARS-COV-2 С ПОМОЩЬЮ ДЕТЕКТОРА НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ИМПЕДАНСА

Студент гр. 113104118 Зубелик Д.Т.

Ст. преподаватель Люцко К.С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью работы является изучение быстрого обнаружения SARS-CoV-2 с помощью детектора на основе электрохимического импеданса

Коронавирусная инфекция (COVID-19), вызванная тяжелым острым респираторным синдромом, коронавирус 2 (SARS-CoV-2) был классифицирован Всемирной организацией здравоохранения как пандемия и по состоянию на декабрь 2021 года стал причиной более 5 320 000 смертей во всем мире. Устройства для ухода за пациентами с COVID-19 будут способствовать более тщательному осмотру, диагностике и мониторингу.

В данной работе демонстрируется быстрое электрохимическое обнаружение без использования меток антител против SARS-CoV-2 с использованием коммерчески доступной платформы измерения импеданса. 16-луночный планшет, который имеет сенсорные электроды, на который был предварительно нанесен рецепторно-связывающим домен (RBD) спайкового белка SARS-CoV-2, а затем протестирован с образцами моноклонального антитела CR3022 против SARS-CoV-2. Последующее тестирование было проведено на шести образцах сыворотки, взятых у пациентов с COVID-19 и не-COVID-19. Платформа смогла различить пики в измерениях импеданса от отрицательного контроля для всех образцов CR3022. Кроме того, была достигнута успешная дифференциация и обнаружение всех положительных клинических образцов из отрицательного контроля. Измеренные значения импеданса были согласованы по сравнению со стандартными результатами теста ELISA, показывающими сильную корреляцию между ними ($R^2 = 0,9$). Обнаружение происходит менее чем за пять минут, а хорошо продуманная платформа обеспечивает упрощенный и знакомый интерфейс тестирования, который можно легко приспособить для использования в клинических условиях.

В этом исследовании сообщается о нефарадеевском емкостном иммуносенсорном анализе с использованием имеющейся в продаже системы обнаружения импеданса, в которой используются специализированные луночные планшеты со встроенными чувствительными электродами от ACEA Biosciences (рис.1).

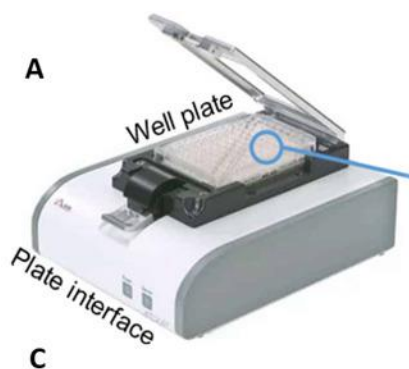


Рис. 1. 96-луночной платформы ACEA Bioscience

Конструкция системы 16-луночных планшетов xCELLigence (RTCA S16) компании ACEA Biosciences была предназначена для неинвазивной EIS-детекции клеточной пролиферации, изменения морфологии и качества прикрепления. Каждая лунка содержит массив специально разработанных встречно-штыревых электродов, сплавленных с полиэтилентерефталатом.

Литература

1. Berggren, C. Capacitive biosensors / C. Berggren, B. Vjarnason, G. Johansson // *Electroanalysis: An International Journal Devoted to Fundamental and Practical Aspects of Electroanalysis*. – 2001. – Т. 13. – №. 3. – P. 173–180.

УДК 544

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА И СТРУКТУРЫ, ПРИМЕНЯЮЩИЕСЯ ДЛЯ БИОХИМИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Студент гр. 11310118 Климович Т.А., аспирант Люцко К.С.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью работы является изучение биологических веществ и структур, применяющихся для биохимических преобразований.

В работе проведен критический обзор литературы в области биохимии.

В процессе биохимических преобразований используются ферменты бактерий и других микроорганизмов для расщепления биомассы. В большинстве случаев для осуществления процесса конверсии используются микроорганизмы: анаэробное сбраживание, ферментация и компостирование. Биохимическая конверсия (см. рис. 1) включает технологии, использующие микробиологические процессы для преобразования только биоразлагаемых отходов.

Анаэробное сбраживание – это микробное разложение органических отходов в отсутствие кислорода с получением биогаза (метана) и дигестата (удобрения). Возобновляемая энергия вырабатывается в герметичных резервуарах в виде биогаза, который может быть преобразован в тепло или электричество. Ферментация – относится к превращению органических отходов в кислоту или спирт (этанол, молочную кислоту и т. п.). При этом следует учесть, что полученный чистый фермент работает не так как в клетке (в ней он образует комплексы с ее структурами). Существует и другое применение полученных ферментов, которое заключается в том, что они создают элементы последовательности получения новых белков, путем выполнения некоторого количества набора операций по их синтезу и разделению.

Так же, как и животные клетки, растительные ткани включают в свой состав своеобразные (индивидуальные) наборы ферментов. Эти ферменты применяются в качестве биокатализаторов в конкретных химических реакциях. Структуры, связанные с накоплением питательных материалов, ростом и репродукцией, содержат в своем составе большое количество каталитических веществ. Фотосинтезирующие пигменты способны поглощать солнечное излучение и трансформировать его в химическую энергию. Одним из развивающихся направлений является применение мембран нервных клеток, в которые встроены антитела, которые позволяют изменять электрический потенциал мембраны (нервной клетки), в связи с формированием комплекса антиген-антитело.

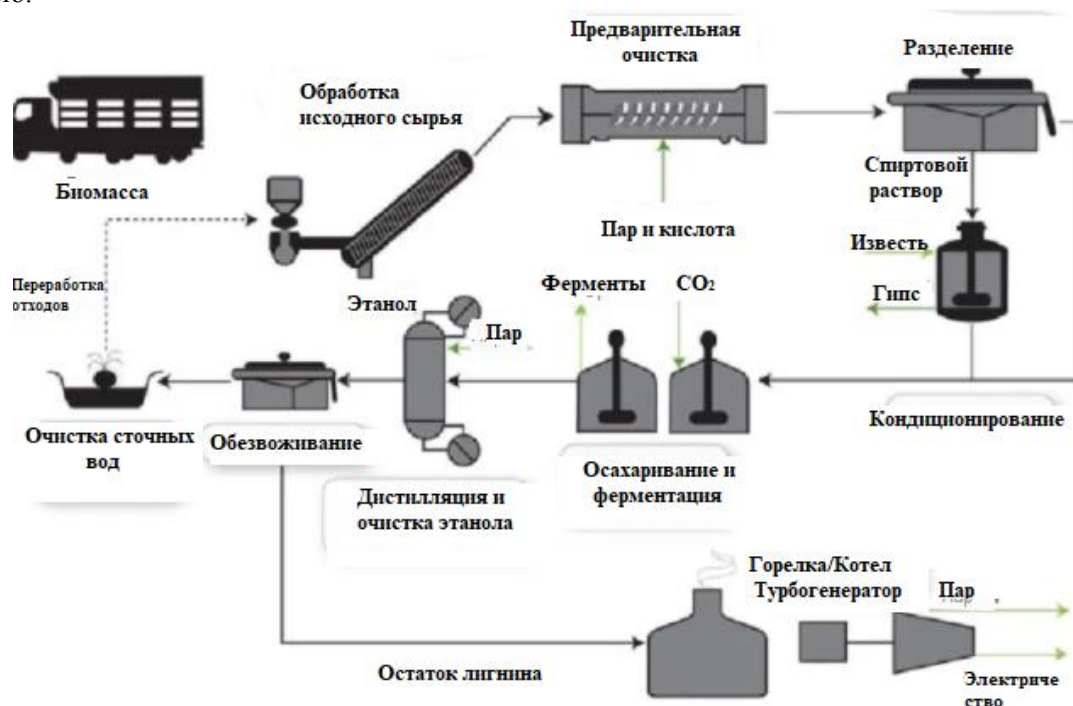


Рис. 1. Процесс биохимической конверсии

УДК 620.3

ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ InP, ПОЛУЧЕННЫХ ЛАЗЕРНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ В ВОДНОЙ СРЕДЕ

Студент гр. 11310119 Козуля А.А.¹

Д-р физ.-мат. наук, профессор Маркевич М.А.²,

кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е.Н.¹, ассистент Асанов Д.Ж.³

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

²ГНУ Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск, Беларусь

³Нукусский государственный педагогический институт имени Ажинияза, Нукус, Узбекистан

В настоящее время вырос интерес к наночастицам полупроводников. Ширина запрещенной зоны для объемных полупроводников определяется составом и структурой данного полупроводника. Ограничение движения носителей заряда приводит к изменению зонной структуры, что может привести к изменению оптоэлектронных свойств в широких пределах и расширяет применение светоизлучающих устройств в биологических маркерах, солнечных батареях. Кроме того, необходима низкая токсичность полученных материалов.

Наиболее исследованными являются частицы CdSe, однако данные частицы токсичны в связи с наличием в них кадмия. Наночастицы InP менее исследованы, хотя обладают высокой стабильностью и наиболее интенсивной люминесценцией в видимом и ближнем ИК-диапазоне.

Актуальность исследования данных проблем связана, прежде всего, с важными практическими применениями, кроме того, изучение этих вопросов носит и фундаментальный характер.

Наночастицы получались в результате лазерного воздействия в водной среде. В качестве мишени использовали монокристаллический InP, а в качестве среды, в которой находилась мишень, применяли воду. Жидкость принудительно не перемешивали.

Для обработки материала использован лазер на алюмоиттриевом гранате (LS-2134D) с длиной волны 1064 нм, генерирующий в двухимпульсном режиме (импульсы разделены временным интервалом 3 мкс, длительность импульсов 10 нс, частота следования импульсов 10 Гц, энергия одиночного импульса ~ 0,05 Дж). Исследование производили с использованием растрового электронного микроскопа MIRA-3 (Чехия) с системой микроанализаторов фирмы Oxford Instruments (Великобритания).

Установлено, что формируется ансамбль частиц разного размера от 20 нм и более, не имеющих огранки, что позволяет говорить об их аморфности (рис.1).

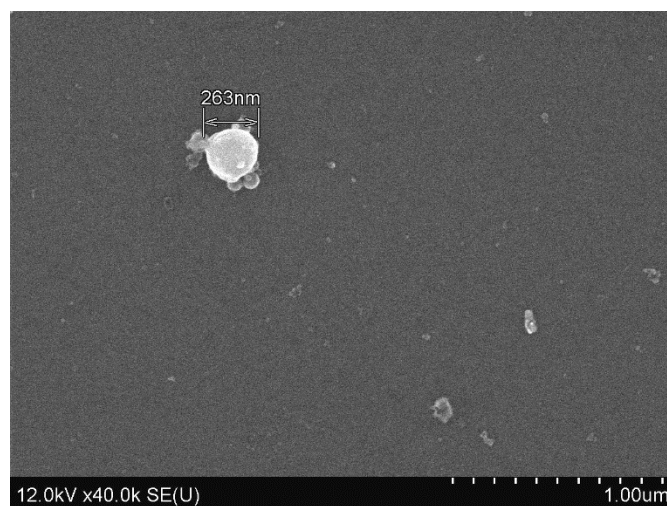


Рис. 1. Результат исследования наночастиц InP

Образование наночастиц происходит по механизму пар-жидкость (п→ж), о чем свидетельствует их сферическая форма.

ЭФФЕКТ ПОЛЯ. КИНЕТИКА ЭФФЕКТА ПОЛЯ

Студент гр. 11310119 Козуля А.А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Сернов С.П.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Исследовательская работа по изучению эффекта поля была проведена с целью анализа электронных процессов в поверхностных слоях полупроводников. В настоящее время насчитывается многообразие методов изменения поверхностного электростатического потенциала, но в данной работе рассматривали метод воздействия на поверхностный электростатический потенциал полупроводника. Он заключается в непосредственном приложении внешнего электрического поля, нормального к его поверхности. Этот метод получил название «эффекта поля», на котором основан принцип работы полевых транзисторов. Основной принцип устройства состоит в том, чтобы иметь возможность управлять напряжением и током, протекающим между клеммами истока и стока, с помощью напряжения, приложенного к клемме затвора. Поверхность полупроводника в нижнем слое, расположенном между выводами истока и стока, может быть инвертирована с p -типа на n -тип путем приложения либо положительного, либо отрицательного напряжения затвора соответственно. Когда мы прикладываем силу отталкивания для положительного напряжения на затворе, дырки, находящиеся под оксидным слоем, выталкиваются вниз вместе с подложкой. обедненная область заселена связанными отрицательными зарядами, связанными с акцепторными атомами. При достижении электронов развивается канал. Положительное напряжение также притягивает в канал электроны из областей истока и стока $n+$. Если между стоком и истоком приложено напряжение, ток свободно течет между истоком и стоком, а напряжение на затворе управляет электронами в канале. Если вместо положительного напряжения, мы подадим отрицательное напряжение, под слоем оксида образуется отверстие.

Эффект поля изучают в различных стационарных состояниях. Мы использовали стационарный метод изучения «эффекта поля». Установка приведена на рисунке 1.

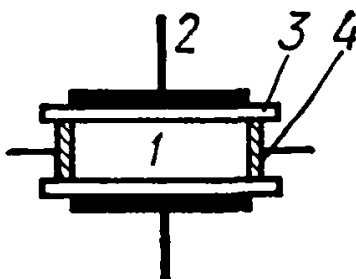


Рис. 1. Схема наблюдения: 1 – исследуемый образец, 2 – металлический электрод, 3 – диэлектрическая прокладка, 4 – омические контакты

Эффект электрического поля активно используется в работе полевого транзистора. Принцип, что заряд на соседнем объекте может притягивать заряды в полупроводниковом канале является основной концепцией полевого транзистора. Полевой транзистор представляет собой активное полупроводниковое устройство с тремя выводами, в котором выходной ток контролируется электрическим полем, генерируемым входным напряжением. Полевые транзисторы также известны как униполярные транзисторы, потому что, в отличие от биполярных транзисторов, полевые транзисторы имеют только электроны или дырки, работающие в качестве носителей заряда. Полевой транзистор использует напряжение, подаваемое на его входную клемму (называемую затвором), для управления током, протекающим от истока к стоку, что делает полевой транзистор устройством, управляемым «напряжением». Это приводит к возникновению двух типов или категорий полевого транзистора, известных как p -канальные и n -канальные полевые транзисторы.

УДК 539

ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ФАЗОВОЙ ПАМЯТЬЮ

Студент гр. 11310119 Козуля А.А.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Данное исследование было проведено с целью изучения классификации тонких пленок, особенностей структуры и основных свойств, а также сформировать навыки разработки технологической схемы получения тонких пленок состава $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$. Пленка – тонкий слой конденсированного состава, равный расстоянию действия поверхностных сил. Пленка является термодинамически стабильной или метастабильной частью гетерогенной системы «пленка – подложка». Их разделяют по следующим основным признакам: агрегатному состоянию, толщине, зонной модели и т. д. Возможно получать различные сплавы и соединения нестандартного состава, которые принимают вид тонких пленок. Проанализированы основные методы получения тонкопленочных материалов. Все методы получения тонкопленочных материалов на основе оксидов можно разделить на две группы: физические и химические. Физические основаны на испарении и распылении металлов и различных соединений, химические методы основаны на использовании химических реакций. Были изучены электрофизические свойства тонких пленок материала фазовой памяти $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$, которые получают методом магнетронного распыления. Необходимость получения исследуемых образцов строго определенного состава является основным фактором выбора этого метода осаждения пленок.

По результатам исследования разработана технологическая схема получения тонких пленок состава $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$, которая показана на рисунке 1, а также проанализировали факторы, которые существенно влияют на проведение технологического процесса и на свойства полученного материала.



Рис. 1. Технологическая схема

В заключении отметим, получение аморфных тонких пленок материалов системы Ge-Sb-Te с высокой воспроизводимостью электрофизических параметров путем магнетронного распыления является наиболее актуальным в настоящее время.

УДК 543

МЭМС-ДАТЧИКИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ СЛЕДОВ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Студент гр. 11310119 Козуля А.А.

Ассистент Козлова Т.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Данная работа выполнена с целью изучения характеристик МЭМС-датчиков, а также их способностью обнаружения на имеющиеся следы взрывчатых веществ. Датчики позволяют незамедлительно определять наличие паров взрывоопасных веществ. В связи с мировыми тенденциями удорожания энергии, сырья и материалов, а также с повышением требований к эффективности и экологичности производства, к созданию максимально безопасных условий жизнедеятельности все более интенсивно разрабатываются и применяются инновационные технологии, в особенности это касается беспроводных сенсорных сетей мониторинга технического состояния объектов. Наиболее доступные методы обнаружения ВВ разделяют на два типа. Это обнаружение следов паров/частиц и обнаружение объема [1]. На рисунке 1 приведен перечень способов обнаружения взрывчатых веществ по основным признакам.

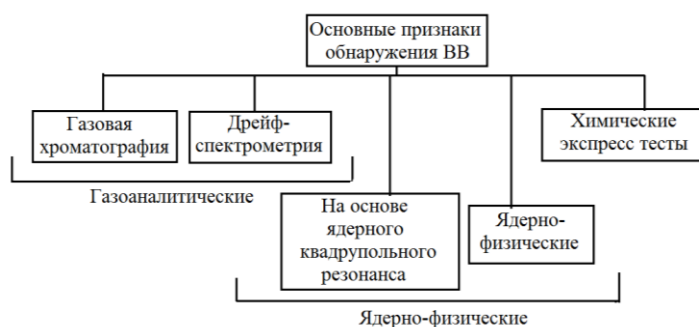


Рис. 1. Способы обнаружения взрывчатых веществ по основным признакам

Данная тема актуальна в настоящее время, так как с каждым годом увеличивается тенденция роста преступлений с участием взрывчатых веществ. Чтобы минимизировать опасность для национальной безопасности, было предложено много вариантов решения данной проблемы [2]. Одним из которых является создание сенсоров с тонкопленочными нагревателями и катализаторами на основе оксидов металлов, с помощью которых обнаруживается триацетон трипероксид и 2,4-динитротолуол. Эти вещества являются распространенными взрывчатыми составами, которые используют в качестве инициатора для взрыва. Исключительной активности системы достигают путем нанесения катализаторов и микронагревателей на керамические подложки из оксида металла. Таким образом был разработан ортогональный датчик обнаружения следов взрывоопасных веществ путем добавления кондуктометрической сенсорной платформы. Он имеет свойство анализировать один катализатор используя две модальности.

Мы провели обзор литературы и сделали следующие выводы. С точки зрения обнаружения взрывчатых устройств, наиболее распространенными являются приборы газового анализа, так как они обладают высокой избирательностью и чувствительностью. Такие приборы имеют способность оперативно определять наличие взрывчатых веществ в ничтожно малых концентрациях. В заключение хочется отметить, что ведется активная разработка проектов систем и конструкций для обнаружения следов взрывчатых веществ с участием многочисленных структур, таких как правительство, научные круги и промышленность. Обнаружение и мониторинг взрывчатых веществ находится на особом контроле.

Литература

1. Survey of Commercially Available Explosives Detection Technologies and Equipment / L. Thiesan [et al.] // Sandia National Laboratories – 2005 – P. 1–97.
2. Tourné, M. Developments in explosives characterization and detection / M. Tourné // Journal of Forensic Research. – 2013. – Т. 12. – № 002.

УДК 612

МЕХАНИЗМЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ РАДИОЧАСТОТНЫХ И УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ

Студент гр. 11310119 Козуля А.А.

Ст. преподаватель Люцко К.С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Аспекты здоровья человека и биологические эффекты радиочастотного (РЧ) и микроволнового излучения находились в центре внимания исследователей в последнее десятилетие. Понимание механизмов взаимодействия между таким излучением и живыми системами необходимо для интерпретации результатов экспериментов и оценки потенциальной опасности для здоровья. В статье проведен анализ основных механизмов биофизического взаимодействия между живыми системами.

Основной составляющей радиочастотных полей (РП) является неионизирующее излучение. В сравнении с ионизирующим излучением (рентгеновских и гамма-лучей), оно имеет меньшую силу, следствием чего является невозможность разрыва связей, удерживающие вместе молекулы в клетках.

Ультразвук – звуковые волны, частота которых не воспринимается человеком. Это понятие подразумевает термин «волны» с частотами выше 20 тыс. герц. Некоторые люди сообщают о таких симптомах, как тошнота, головокружение и головные боли, которые они связывают с ультразвуком, излучаемым устройствами в общественных местах. Целью настоящего исследования является анализ зависимости влияния радиочастотного и ультразвукового излучения на живой организм.

В ходе изучения научной литературы было выделено, что длительное воздействие электромагнитных волн на живой организм провоцирует нарушение биологических процессов в клетках и тканях. В первую очередь страдает центральная нервная и сердечно-сосудистая система. Чаще всего появляются жалобы на хроническую головную боль, повышенную утомляемость, понижение кровяного давления, уменьшение частоты сердечных сокращений. Возможны также похудание, выпадение волос, ломкость ногтей. На рисунке 1 показаны основные типы воздействия ультразвука на живой организм.

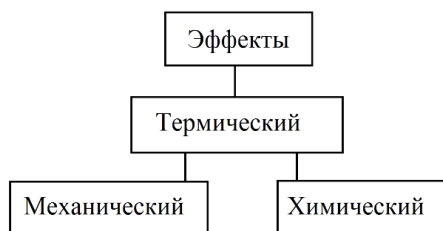


Рис. 1. Основные типы воздействия ультразвука на живой организм

Доказано, что живой организм является нечувствительным к ультразвуку, однако вредным для живой системы. Радиочувствительность может сильно варьироваться и в пределах одного вида и характеризуется понятием «индивидуальная радиочувствительность». В последние десятилетия радиочастотное и ультразвуковое излучение активно применяют в медицине. Наряду с традиционными методами лечения доброкачественных новообразований активной популярностью пользуются методы иммунотерапии, а именно биологическая терапия. К преимуществам такого лечения относят: короткий период госпитализации, отсутствие большого числа побочных эффектов и осложнений и др. Воздействие ультразвука на биологическом уровне для живых систем является непростым процессом, так как структура организма очень сложна и неоднородна. Определяющим фактором в воздействии радиочастотных и ультразвуковых излучений на биологические организмы является проявление интенсивности колебаний [1].

Литература

1. Абдуллина, З.М. Биологическое действие магнитных полей на живой организм / З.М. Абдуллина. – Фрунзе: Кыргызстан, 1975. – 148 с.

УДК 681.2

МЭМС-СЕНСОР ДАВЛЕНИЯ С ДИАФРАГМОЙ ИЗ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ

Студент гр. 11310119 Козуля А.А.

Ст. преподаватель Лапицкая В.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время широко используются системы сбора информации на основе пьезорезистивных преобразователей. Такой датчик предназначен для измерения абсолютного давления жидкостей и газов. Датчик может применяться в информационно-измерительных, контрольно-управляющих и других системах. Главным достоинством таких датчиков является оперативная обработка и передача информации, поступившей на устройство. Чувствительным элементом датчика выступает полупроводниковая мембрана с интегральной измерительной схемой, которая представляет собой мост Уитстона, включающий четыре активных пьезорезистора [1]. Пьезорезисторы находятся на поверхности мембраны попарно, согласно кристаллографическим направлениям максимальной чувствительности. Электронная часть включает в себя блоки стабилизатора напряжения, усиления и температурной компенсации. Межблочными соединениями является мембрана и печатная плата, которые закреплены на металлическом основании. Активными элементами датчика выступают бескорпусные микросхемы. Функционально датчик давления настраивается изменением номиналов резисторов в блоках с помощью лазерной подгонки.

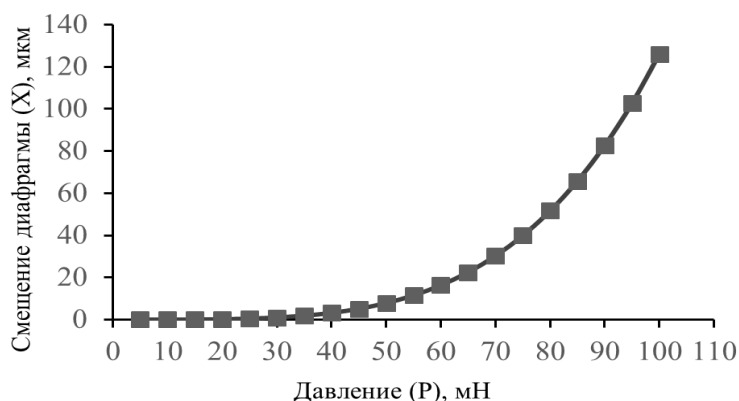
В ходе работы был выполнен расчет смещения диафрагмы из монокристаллического кремния (Si) в зависимости от давления (рисунок 1) по формуле:

$$X = \frac{0.00126PL}{D}, \quad (1)$$

где X – смещение диафрагмы, P – давление, приложенное к диафрагме, L – длина диафрагмы, а D – жесткость на изгиб материала диафрагмы и составляет:

$$D = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)}, \quad (2)$$

где E – модуль Юнга материала диафрагмы, t – толщина диафрагмы, а ν – коэффициент Пуассона материала диафрагмы.

Рис. 1. Зависимость смещения диафрагмы (X) от давления (P)

По результатам получено, что смещение диафрагмы экспоненциально увеличивается с увеличением давления.

Литература

1. Николаенко, А.Ю. Компенсация температурной погрешности интеллектуальных датчиков давления / А.Ю. Николаенко, А.А. Львов, П.А. Львов // Надежность и качество: сб. тр. Международный симпозиум: в 2 т. Пенза, ПГУ. –2014. – Т. 2. – С. 57–59.

ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ СИНТЕЗА НАНОПОРОШКОВ

Студент гр. 11310119 Козуля А.А.

Кандадат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е.Н., д-р физ.-мат. наук, профессор Маркевич М.И.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Инновационные разработки науки и техники очень быстро продвинулись в сторону синтеза наноматериалов для достижения уникальных свойств, не совпадающих со свойствами объемных материалов. Частица проявляет интересные свойства при размере менее 100 нм, в основном из-за двух физических эффектов. Двумя физическими эффектами являются очевидное квантование электронных состояний, приводящее к очень чувствительным эффектам, зависящим от размера, таким как оптические и магнитные свойства, а высокое отношение поверхности к объему изменяет тепловые, механические и химические свойства материалов. Уникальные физические и химические свойства наночастиц делают их наиболее подходящими для ряда специальных применений. Анализ литературы показал, что значительный интерес наноматериалов вызван различными факторами, обусловленными размерами кристаллов. Именно размер определяет наличие необходимых характеристик для создания высококачественных соединений. Чем меньше размер кристалла, тем лучше такие свойства материала, как каталитическая активность, активность в твердофазных реакциях, процессах спекания. А также проявление веществом в нанокристаллическом состоянии особых свойств: магнитных, оптических и др. Которые не характерны для объемных материалов. Исходя из перечисленных факторов следует отметить, получение и исследование нанокристаллических материалов является особо важным этапом в создании техники нового поколения. Согласно классификации «наноразмерных» объектов, к их числу относят объекты, имеющие в своем направлении один «наноразмер» – кристаллы, пленки, трубки. Физические методы, по сравнению с химическими методами синтеза нанопорошков имеют преимущества, поскольку они позволяют избежать загрязнения растворителя нанопорошка, но при этом нельзя пренебрегать потреблением большого количества энергии для конденсации и испарения частиц. Кроме того, сильно повышенные модуляции температуры и давления, которые увеличивают время производства нанопорошков, косвенно увеличивают стоимость синтеза нанопорошков. На рисунке 1 приведен пример классификации физических методов синтеза нанопорошков.

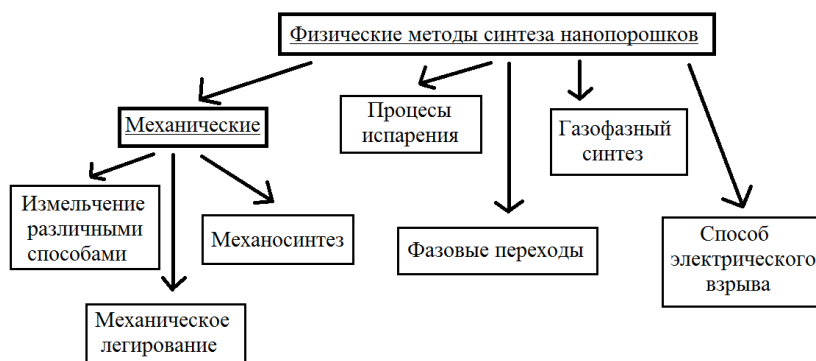


Рис. 1. Физические методы синтеза нанопорошков

Для получения нанопорошков методом электровзрыва учитываются различные экспериментальные условия, такие как толщина проволоки, температура среды, плотность тока и концентрация поверхностно-активного вещества, которая применяется для определения влияния каждого из них на свойства частиц.

В заключении отметим, наноразмерные порошки обладают необычными физическими и химическими свойствами из-за большого процента атомов, находящихся на поверхности, а электровзрыв обеспечивает новые средства производства нанопорошков. Полученные порошки имеют высокую плотность кристаллов и дефекты, дополнительно увеличивая их внутреннюю энергию. Порошки нашли свое применение в микроэлектронике, например, в рецептурах толстопленочных паст, в качестве добавок для топлив и пиротехники, для покрытий, в качестве добавок для спекания и в самонагревающемся синтезе жаропрочных сплавов и соединений.

ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ДНК-МИКРОЧИПА

Студент гр. 11310118 Комар Л.В.

Ст. преподаватель Люцко К.С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

ДНК-чипы – аналитические устройства, определяющие наличие в образце заданных последовательностей ДНК. Измерение генной экспрессии посредством ДНК называется профилем экспрессии, или экспрессионным анализом.

Довольно малые размеры данного чипа позволяют размещать на его малой площади огромное количество разнообразных молекул ДНК. С помощью флуоресцентного микроскопа или специального лазерного устройства для чтения происходит анализ информации с полной площади данного биочипа.

Методом машинной микропечати и химической пришивки в виде большого количества упорядоченных точек, каждая из которых может содержать равное количество синтезированных ДНК-фрагментов, имеющих непохожую друг на друга последовательность, происходит покрытие поверхности ДНК. В других технологиях смешенного анализа генов фрагменты ДНК пришивают к поверхности микроскопических шариков [1].

При различных заболеваниях в клинических диагностических тестах, а так же для выявления возможности использования конкретных лекарственных средств, при определенных заболеваниях, подходящих данному пациенту используют ДНК-микрочипы, определяющих возможность организма справляться с химическими процессами, происходящими в результате введения данных лекарственных средств. В настоящее время активно используется технология секвенирования ДНК – являющаяся более дорогостоящей в сравнении с ДНК-микрочипами, которые можно использовать для более масштабных исследований, в том числе клинических тестов.

Для определения заболевания в первую очередь необходимо получить образец ДНК из крови пациента и контрольный образец – не имеющий мутаций в интересующем гене.

Процесс детектирования мутации на поверхности ДНК-микрочипа происходит следующим образом:

- разделение двух комплементарных нитей ДНК на одноцепочечные молекулы – денатурация дезоксирибонуклеиновой кислоты в образцах;
- разделение длинных нитей дезоксирибонуклеиновой кислоты на более мелкие фрагменты;
- маркировка каждого фрагмента, например, при помощи флуоресцентного красителя – наиболее распространенный метод. При этом контрольный образец дезоксирибонуклеиновой кислоты помечается красным цветом, а исследуемая ДНК – зеленым.
- контрольная и исследуемая ДНК помещаются в чип;
- гибридизация с синтетической дезоксирибонуклеиновой кислотой в чипе;
- анализ полученных результатов.

Таким образом, при отсутствии мутаций контрольная и исследуемая ДНК будут гибридизироваться с так называемой «нормальной» последовательностью на чипе, представляющей последовательность без мутации. В случае наличия мутации ДНК не будут связываться с последовательностями ДНК на чипе в «нормальной» последовательности, вместо этого будет наблюдаться связывание с последовательностью мутировавшей ДНК.

Литература

1. Бородулин, В.Б. Технология и применение ДНК-биочипов / В.Б. Бородулин, О.В. Шевченко, А.А. Свистунов // Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова – Москва; 2012. – 73с.

УДК 621.328

ИОННО-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ПОЛЕВОЙ ТРАНЗИСТОР

Студент гр. 11310118 Левчук Д.С.

Ст. преподаватель Люцко К.С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является изучение ионно-чувствительного полевого транзистора.

Ионно-чувствительный полевой транзистор (ISFET) – один из самых популярных электрических биосенсоров, он называется датчиком pH. ISFET используется для измерения концентрации ионов (H^+ или OH^-) в растворе, вызывая разность потенциалов на изоляторе затвора. ISFET – это устройство потенциометрического типа, которое работает аналогично полевому транзистору MOSFET (металлооксидный полупроводниковый полевой транзистор).

ISFET реализованы путем удаления затвора полевого транзистора из оксида металла (MOSFET). Таким образом, металл становится удаленным затвором. Слой диоксида кремния (SiO_2) ISFET подвергается воздействию ионного раствора (электролита), из-за взаимодействия раствора и оксидного слоя разность межфазных потенциалов изменяется, что модулирует пороговое напряжение транзистора.

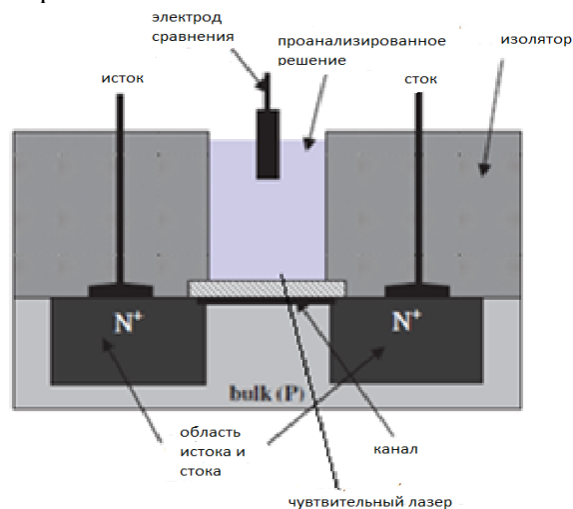


Рис. 1. Структура ионно-чувствительного полевого транзистора (ISFET)

Принцип измерения ISFET основан на адсорбции заряда на границе раздела иона и твердого тела между чувствительным слоем, который содержит гидроксильные группы, и электролитом. Гидроксильные группы могут отдавать или принимать протоны. В этом процессе создается двухслойная емкость с падением потенциала, которое влияет на пороговое напряжение транзистора в зависимости от значения концентрации протонов (pH).

Электролит делает ISEFT очень полезным инструментом для получения измерений в различных областях: сельское хозяйство, охрана окружающей среды, пищевая промышленность и др.

УДК 621.382

МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ДЕФЕКТОВ СУБМИКРОННЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Студент гр. 11304117 Литвинова А.В.

Кандидат техн. наук, доцент Ефименко С.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Методика предназначена для определения качественного и количественного элементного состава субмикронных ИС с проектными нормами до 0,18 мкм с использованием энергодисперсионного рентгеновского микроанализатора с XFlash детектором Quantex 200. Методика устанавливает порядок определения элементного состава методом локального рентгеноспектрального

анализа с помощью специальной программы количественного анализа P/B-ZAF. В качестве образцов для проведения анализа были рассмотрены рабочие пластины, спутники, отдельные кристаллы ИС. Данная методика соответствует существующим стандартам и рекомендуется к использованию при выполнении ОКР и серийном производстве микросхем и полупроводниковых приборов.

С целью повышения достоверности результатов измерений анализируемый образец должен иметь как можно более высокую проводимость [1].

По результатам исследования разработана схема методики контроля элементного состава ИМС на РЭМ высокого разрешения S-4800 фирмы «Hitachi», которая показана на рис. 1, а также проанализированы полученные в ходе исследования данные.

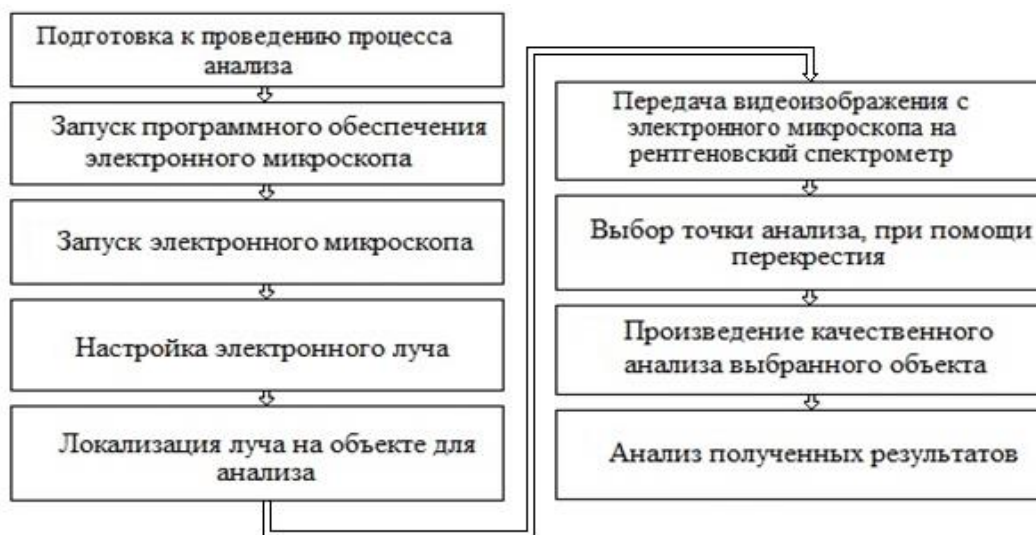


Рис. 1. Схема методики контроля элементного состава ИМС

В заключении отметим, что данная методика подходит для определения элементного состава субмикронных ИС с проектными нормами до 0,18 мкм.

Литература

1. Белоус, А.И. Основы проектирования субмикронных микросхем / А.И. Белоус, Г.Я. Красников, В.А. Солодуха. – Москва: Рекламно-издательский центр «Техносфера», 2020. – 782 с.

УДК 621.382

ЭЛЕКТРОННАЯ ОЦИФРОВКА ИЗОБРАЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ КАК ДАЛЬНЕЙШЕЙ МЕТОД АНАЛИЗА ВЕРТИКАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ОБРАЗЦА

Студент гр. 11304117 Литвинова А.В.

Кандидат техн. наук, доцент Ефименко С.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Исследование вертикальной структуры элементов ИМС производится с помощью методов изготовления косых и вертикальных шлифов через тестовые элементы, транзисторы и другие элементы ИС с целью определения глубин залегания *p-n* переходов полупроводниковой структуры.

Метод изготовления косого шлифа основан на шлифовке образца под некоторым углом к его поверхности. Вертикальные шлифы для визуально-оптического исследования ИМС и их элементной базы изготавливаются на линейке пробоподготовки А Buehler. В состав линейки входят: электрическая отрезная машина, автоматический запрессовочный пресс, устройство для шлифовки и полировки, которое предназначено для изготовления вертикальных шлифов с целью проведения дальнейшего анализа образца – электронной оцифровки изображения поверхности [1].

Основу комплекса для электронной оцифровки топологии ИС составляет оптический микроскоп Leica INM100 – инспекционный микроскоп для электронной промышленности, снабжен-

ный универсальной оптикой третьего поколения HCS-OPTICS, с высоким оптическим разрешением и контрастом, с плавным автоматическим изменением апертурной диафрагмы. Микроскоп оснащен прецизионным сканирующим столиком LSTEP13 с минимальным шагом сканирования по осям X и Y 0,2 мкм и точностью позиционирования не хуже 0,1 мкм. В состав комплекса также входит цифровая камера Nikon Digital Sight DsFi1.

Наличие сканирующего прецизионного столика позволяет оцифровывать топологию при большом увеличении микроскопа, а затем отдельные записанные компьютером кадры «сшивать» в единое изображение. Количество кадров в «сшитом» изображении может достигать нескольких тысяч. Точность позиционирования столика позволяет совмещать кадры изображения без искажений и значительных рассовмещений, что существенно облегчает работу по анализу изображений [2].

Электронная оцифровка может быть использована для так называемого «обратного проектирования». По видеоизображению кристалла ИС восстанавливают электрическую схему. Моделируют имеющимися средствами САПР, используя модели транзисторов в соответствии с существующими на предприятии техпроцессами. Затем корректируют схему по результатам моделирования и разрабатывают уже свою топологию, которая идет в производство.

Таким образом, с учетом эффективности и рентабельности метода электронной оцифровки изображения поверхности, этот метод может быть многообещающим подходом для широкого применения в исследованиях вертикальных структур. Данная работа помогает выявить дефекты ИМС на различных стадиях их производства, что позволяет оптимизировать их производство в дальнейшем и уменьшить брак, а следовательно увеличить выпуск годной продукции и прибыль.

Литература

1. Ефимов, И.Б. Микроэлектроника. Физические и технологические основы, надежность / И.Б Ефимов, И.Я. Козырь, Ю.И. Горбунов. – М.: Высшая школа, 1986. – 464 с.
2. Солодуха, В.А. Современные методы и оборудование для исследования полупроводниковых структур микро- и наноэлектроники в центре коллективного пользования «Белмикроанализ» ОАО «ИНТЕГРАЛ» / В. А. Солодуха [и др.] // Сборник трудов VIII Украинской конференция по физике полупроводников. – Ужгород : Черновицкий национальный университет имени Юрия Федьковича, 2018. – С. 402–403.

УДК 681.2

КОЛЬЦЕВЫЕ МЭМС-ГИРОСКОПЫ

Студент гр. 11310119 Михайлов В. В.

Ст. преподаватель Лапицкая В. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Кольцевые гироскопы (рис. 1) относят к классу вибрационных. Чувствительный элемент (ЧЭ) выполнен в виде кольцевой кремниевой пластины. Магнитоэлектрический датчика приводит резонатор в режим вибрации [1].

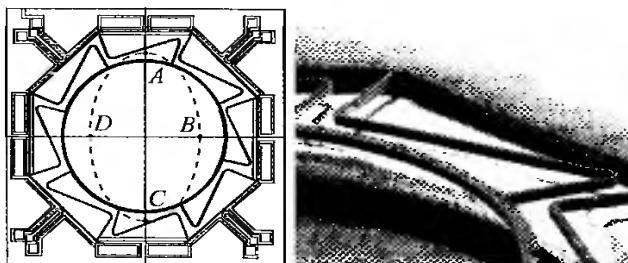


Рис. 1. ЧЭ гироскопа с кольцевым резонатором [1]

При вращении резонатора вокруг оси, нормальной к плоскости корпуса, момент сил инерции Кориолиса вызывает прецессию стоячей волны. В инерциальном пространстве, зная положение стоячей волны, которое зависит от угловой скорости, можно получить данные об угле поворота основания гироскопа [1].

Стоячая волна возникает в кольце при действии сил, приложенных к участкам кольца между точками крепления. По периметру имеется 8 таких участков [1].

Электроника датчика состоит из системы возбуждения и стабилизации амплитуды колебаний ЧЭ, а также из системы измерения выходного сигнала и подавления, сдвинутого по фазе на 90° .

Среди достоинств данных гироскопов выделяют наличие колебаний только в одной плоскости, пониженная чувствительность к внешним вибрациям, резонансные частоты по оси возбуждения и измерения равны [1].

Графики зависимости параметров для двух резонансных контуров с центральными частотами f_1 и f_2 показаны на рисунке 2:

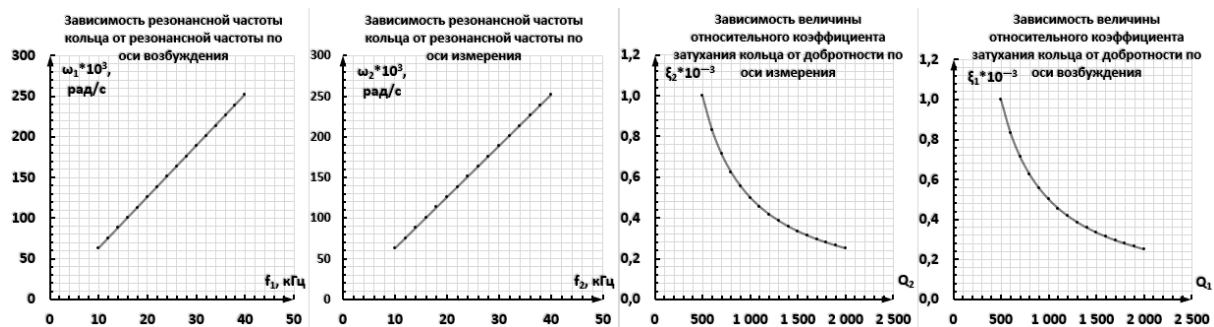


Рис. 2. Графики зависимости параметров кольцевых МЭМС-гироскопов

На графиках видно, что зависимости по оси измерения и возбуждения имеют одинаковый вид, из этого следует, что выполняется условие $Q_1 = Q_2$, а $f_1 < f_2$, а значит отсутствуют явления расщепление резонансной частоты и разнороботности, приводящие к нежелательным эффектам при создании контуров управления.

Литература

1. Распопов, В.Я. Микромеханические приборы : учебное пособие / Распопов В.Я. – М. : Машиностроение, 2007 – 400 с.

УДК 621

ТРАНЗИСТОРНЫЕ НАНОГЕТЕРОСТРУКТУРЫ ДЛЯ СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Студент гр. 11310119 Михайлов В.В.

Кандидат физ. -мат. наук, доцент Щербакова Е.Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Тенденция к увеличению производительности и улучшения параметров микропроцессоров требует размещение большего числа транзисторов на кристалле. Чтобы этого достичь требуется уменьшать геометрические размеры самих транзисторов: уменьшить длину канала (и затвора при этом толщина подзатворного оксида составляет около 3-х атомных слоев. Это позволит увеличить быстродействие и снизить потребляемую мощность [1].

Основная используемая структура – это кремниевые МОП-транзисторы – металл, диэлектрик, полупроводник (рис. 1). Значение длины канала достигает около 100 нм.

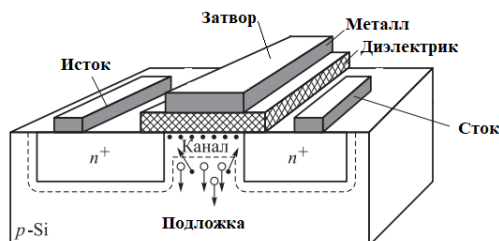


Рис. 1. Схема интегрального МОП-транзистора [1]

При дальнейшем уменьшении канал в транзисторе возникают проблемы: увеличиваются токи утечки (туннельный ток через слой оксида), сближение стока и истока ведет к возрастанию между ними сопротивления, инжекция горячих носителей в оксид, уменьшений подвижности носителей в канале и др [1].

Получается для того, чтобы переключить транзистор потребуется большая мощность, а это, в свою очередь, повышает риск пробоя диэлектрического слоя.

Для решения проблемы масштабирования предложили некоторые изменения в структуре транзистора: КНИ-транзисторы – кремний на изоляторе, транзисторы с управляемой проводимостью, транзисторы с двойным или тройным затвором и др. А также использование новых материалов, таких как нанотрубки, графен, или создание наноэлектромеханических структур [1].

На рисунке 2 показаны некоторые виды транзисторных схем:

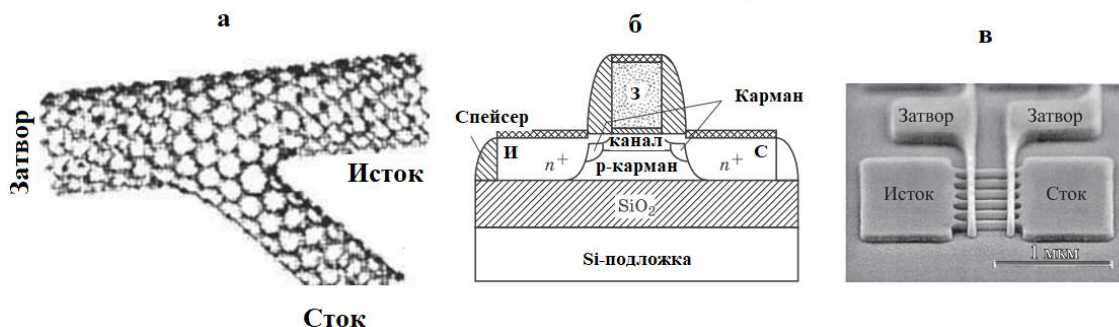


Рис. 2. Структурные схемы нанотранзисторных структур [1]: а – транзистор на Y-нанотрубке; б – КНИ-транзистор; в – многозатворный транзистор

Литература

1. Щука, А.А. Наноэлектроника: учебное пособие / А.А. Щука ; под ред. А.С. Сигова. – 3-е изд. М. : Бинум. Лаборатория знаний, 2015. – 345 с.

УДК 621

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРЕТОВ

Студент гр. 11310119 Михайлов В. В.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет

Целью является рассмотрение технологии получения композиционных электретов методом коронного разряда. При выполнении работы был выполнен критический анализ литературы в области синтеза электретных материалов и их использовании, на основании которого построена технологическая схема процесса (рис. 1).

Электретами называют твердые диэлектрики, которые могут в течении длительного времени сохранять накопившийся заряд (поляризованное состояние), а также способные создавать в окружающем пространстве постоянное электрическое поле при отсутствие внешнего воздействия – это и является основным их свойством [1].

В работе для приготовления электрета используется ПВД – полиэтилен высокого давления. В качестве наполнителя выступает сегнетоэлектрик (титанат бария) – диэлектрик, обладающий в определенном направлении самопроизвольной поляризованностью в отсутствие электрического поля, в связи с чем имеет аномально высокие значения диэлектрической проницаемости (несколько тысяч) [1].

Смешивание ПВД с титанатом бария осуществляется на лабораторных микровальцах. После осуществляется их прессование согласно ГОСТ 12019-66. Электродом, состоящим из 196 заостренных игл, при напряжении 35 кВ проводят поляризацию пластинки коронным разрядом. Перед поляризацией пластинки выдерживают в термошкафу [2].

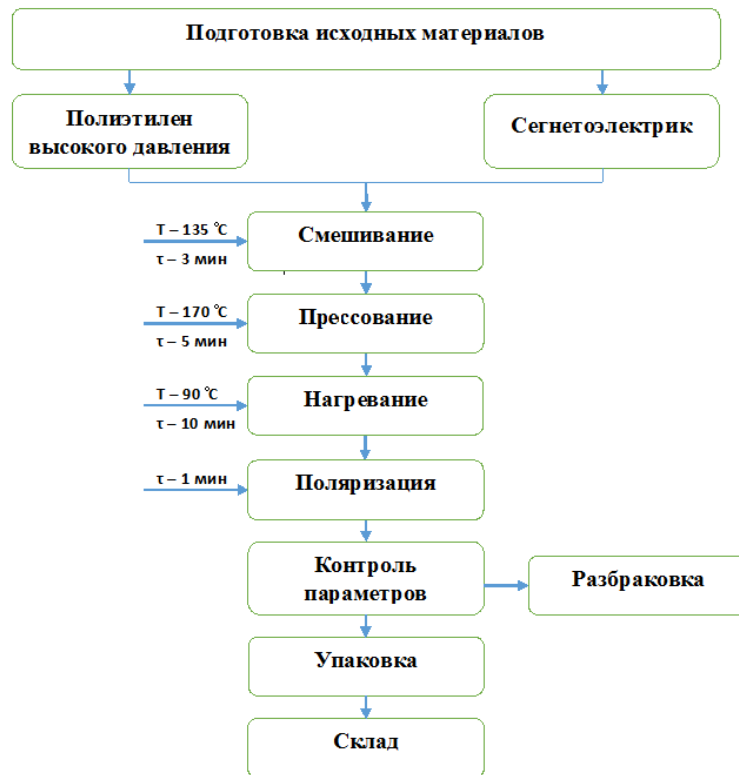


Рис. 1. Технологическая схема получения композиционных короноэлектретов

Анализ основных факторов показал, что характеристики, а также время эксплуатации полученной композиции ПВД с сегнетоэлектриком сильно зависят от условий приготовления (температуры прогрева, концентрации сегнетоэлектрика) и условий последующего хранения [2].

Литература

1. Колесов, С.Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебник для вузов / С.Н. Колесов, И.С. Колесов. – 2-е изд. – М. : Высшая школа, 2007. – 535 с.
2. Галиханов, М.Ф. Изучение короноэлектретов на основе композиций полиэтилена высокого давления с сегнетоэлектриками / М.Ф. Галиханов, А.А. Козлов, Р.Я. Дебердеев // Вестник казанского технологического университета. – 2007. – №1. – С. 61–68.

УДК 52-655.5

ЭФФЕКТ ФАРАДЕЯ. КОЭФФИЦИЕНТ ВЕРДЕ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ МАССЫ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА

Студент гр. 11310119 Михайлов В.В.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Сернов С.П.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Магнитное поле, напряженностью H может влиять на характер распространения света в среде. Данные эффекты называются магнитооптическими. Одним из них является эффект Фарадея – это поворот плоскости поляризации на угол θ при наложении магнитного поля [1].

Пусть волна падает нормально на плоскопараллельный слой вещества. Линейное колебание можно представить в виде суммы двух круговых колебаний с противоположными направлениями вращения (правое и левое). Эти колебания в вакууме имеют одинаковую скорость распространения, а в теле (среде) – различную (рисунок 1) [1].

В направлении распространения волна D_2 отстает от волны D_1 .

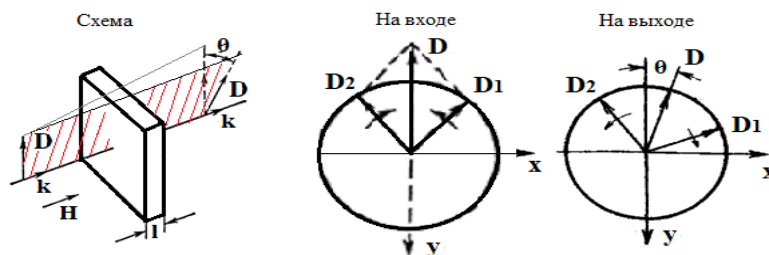


Рис. 1. Схема эффекта Фарадея [1]

Эксперименты Фарадея были расширены Беккерелем, Матиссенем и Верде, который впервые нашел количественное выражение для эффекта в форме:

$$\theta = \sigma \int_0^l H dl, \quad (1)$$

где l – оптическая длина пути, σ – константа Верде, которая определяется свойствами среды и зависит от длины волны света и температуры. Это выражение справедливо при не очень сильном магнитном поле для изотропных пара- и диамагнетиков [1].

В сильнолегированных полупроводниках в области ИК диапазона вращение плоскости поляризации будет на свободных носителях заряда. Обычный анализ этого случая будет иметь вид:

$$\theta = \frac{e^3 H N \lambda^2 l}{8\pi c^3 \epsilon n m^{*2}}, \quad (2)$$

где N – концентрация свободных носителей заряда, ϵ – диэлектрическая проницаемость в вакууме, n – коэффициент преломления света, m^* – эффективная масса [2].

В связи с этим при известной эффективной массе по измеренным значениям θ может быть определена концентрация носителей заряда и наоборот.

В настоящее время значение эффективных масс для большинства полупроводников измерено с помощью эффекта Фарадея при температуре 77 К [2].

Литература

1. Винчаков, В.Н. Применение тензоров и матриц в физике твердого тела: учебное пособие / В.Н. Винчаков, И.П. Ипатов – Ленинград: ЛПИ, 1979. – 75 с.
2. Фистуль, В.И. Сильнолегированные полупроводники / В.И. Фистуль. – М.: Наука, 1967. – 397 с.

УДК 541

ЦЕПНЫЕ РЕАКЦИИ ПРИ ОПИСАНИИ СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Студент гр. 11310120 Подвицкий Н. В.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В работе проведен аналитический обзор литературы в области химической кинетики, сложных химических реакций и возможностей их использования в разных областях жизнедеятельности. Особое внимание уделено изучению цепных химических реакций, особенностям их протекания, механизму и стадиям осуществления и факторам, влияющим на процесс. Цепные химические реакции – это разновидность сложных химических реакций. Цепная реакция состоит из четырех стадий: зарождение цепи, рост цепи, разветвления и обрыва цепи. Важной кинетической особенностью разветвленных цепных реакций являются критические, или предельные явления, т.е. процессы протекают быстро, часто со взрывом.

Обычно цепные реакции являются предметом изучения химической кинетики и область их использования – атомная энергетика и производство пластических масс. Однако в последнее время у цепных реакций появилась новая область для исследования – социальные системы. Социальные процессы не могут быть точно определены. Параметры, которые присваиваются соци-

альной системе, неточны и являются искусственными и субъективными. Для описания социальных систем используется социально-энергетический подход. Такой подход базируется на достижениях естественных наук. При применении данного метода используется понятие «социальная энергия». Социальная энергия определяет потенциальную способность социальной системы выполнять работу. За основу берется возможность перераспределения энергии внутри данной системы. Анализ основан на принципах системного подхода. основными принципами являются структуризация и целостность [1].

При использовании на практике социально-энергетического подхода, отмечается участием индивидов в данном процессе путем взаимодействия посредством так называемого поля коммуникации. В работе изучена модель распространения информационного «вируса-идеи» в социально-физическом пространстве (рис. 1). Модель, по аналогии с цепными разветвленными реакциями, предполагает, что вирус активен, эффективен и способен поражать индивида для последующего инфицирования следующего. Информационный вирус теоретически может передаваться одним центром неограниченному количеству других индивидов.

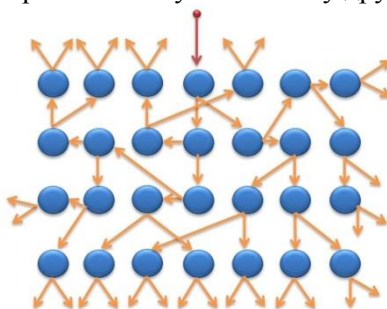


Рис. 1. Модель распространения информации

Внимательно изучив параметры протекания реакции, можно заметить четкую аналогию между цепными разветвленными реакциями и протеканием предельных явлений в социальных и политических процессах. Даже при незначительном изменении любого из параметров возможен переход реакции от взрывного протекания к практически полной остановке. Моделирование через механизм генерации и протекания цепных разветвленных реакций – эффективный способ для прогнозирования данных процессов.

Литература

1. Петухов, А.Ю. Моделирование социальных и политических процессов / А.Ю. Петухов. – Нижний Новгород, 2013. – 142 с.

УДК 681.586

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЛУОРЕСЦЕНТНЫХ НАНОСЕНСОРОВ В КЛЕТочНОЙ ТЕРАПИИ

Студент гр. 11304118 Полтавцев К.А., аспирант Люцко К.С.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Флуоресцентные наносенсоры – это новые технологии, которые позволяют бесшумно измерять ключевые биохимические параметры с высоким пространственным и временным разрешением. Наносенсоры могут быть изготовлены в диапазоне размеров от 10 нм до 1000 нм в диаметре. Они изготовлены из инертных биосовместимых материалов, которые связываются с флуорофорами или инкапсулируют их (рисунок 1).

Флуоресцентные наносенсоры обычно состоят из двух или более различных флуорофоров, которые являются эталонными и чувствительными к анализируемому веществу. Эталонный флуорофор производит стабильное излучение флуоресценции при возбуждении, которое нечувствительно к интересующему анализируемому веществу. Чувствительный к анализируемому веществу флуорофор демонстрирует динамическое излучение флуоресценции, зависящее от количества объектов. Множество объектов может быть обнаружено путем включения более одного

чувствительного к анализируемому веществу флуорофора. Комбинация эталонных и анализируемых флуорофоров обеспечивает точные ратиометрические измерения.

Инертная пористая химически универсальная матрица

Эталонный флуорофор

Флуорофор, реагирующий на неактивный анализируемый материал.

Флуорофор, реагирующий на активный анализируемый материал

Анализируемый материал

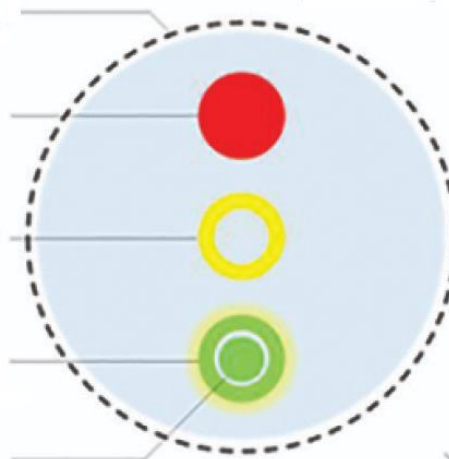


Рис. 1. Ратиометрические флуоресцентные наносенсоры

Методы флуоресценции обладают большей чувствительностью, чем другие спектроскопические методы. Поэтому наносенсоры могут поставляться в субгармонических концентрациях и точно сообщать о субклеточных биохимических процессах только за счет контроля входного возбуждения. Флуоресцентных наносенсоров могут использоваться для анализа от аденозинтрифосфата (АТФ) до цинка, и исследования в этой захватывающей области продолжают развиваться.

В настоящий момент исследования сосредоточены на наносенсорах, имеющих отношение к клеточной и генной терапии. Они предназначены для pH (H⁺) и молекулярного кислорода (O₂) и изготовлены из инертных полиакриламидных матриц [1].

Литература

1. BioProcessInt [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bioprocessintl.com/analytical/pat/fluorescent-nanosensors-real-time-biochemical-measurement-for-cell-and-gene-therapies/>. – Дата доступа: 26.11.2021.

УДК 620.3

НАНОБИОНИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ

Студент гр. 11304118 Полюх Д.М., аспирант Люцко К.С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является изучение нанобионических поверхностей.

Супергидрофобные поверхности (SHS) получили репутацию самоочищающихся («эффект Лотоса»), поскольку капли, скатывающиеся с поверхности, уносят с собой неплотно приставшие твердые частицы. Однако этот процесс самоочистки достигает своих пределов, когда такие поверхности контактируют с липкими загрязнениями, такими как масла и более мелкие частицы. Как только будет установлен тесный контакт между поверхностью и маленькой частицей, удалить ее будет практически невозможно из-за сильных ван-дер-ваальсовых взаимодействий.

Однако такие загрязнения приводят к заземлению линии контакта и разрушают супергидрофобный эффект. Поскольку хрупкость микро- и наноструктур запрещает любое механическое воздействие, образец обычно обречен. Универсальный метод восстановления супергидрофобности: с помощью простого покрытия окунанием осаждается конформный ультратонкий слой (≈ 10 нм) высокогидрофобного и фотореактивного фторполимера. За счет короткого УФ-облучения (5 мин) этот тонкий слой сшивается и химически прикрепляется к подстилающей поверхности за счет сшивания с С, Н-вставками (СНс), таким образом покрывая загрязнение тонкой вуалью. Используя эту стратегию «прикрытия» для маскировки загрязняющих веществ для восстановле-

ния супергидрофобности. Демонстрируя этот принцип, намеренно загрязняя поверхность различными модельными загрязнениями, такими как маслянистые вещества и частицы, и изучаем процесс ремонта.

Команда из трех международных ученых недавно разработала нейропротез на основе наночастиц. Интересной особенностью их нейропротеза наноботов является то, что он был вдохновлен природой посредством эндомикоризы – типа симбиоза растений и грибов, которому более четырехсот миллионов лет. Во время эндомикоризы грибы используют многочисленные нитевидные выступы, называемые мицелием, которые проникают в корни растений, образуя колоссальные подземные сети с близлежащими корневыми системами. Во время этого процесса грибы поглощают жизненно важные питательные вещества, защищая корни растений от инфекций – беспроигрышные отношения. Следовательно, нанонейропротез был назван «интерфейс лиганда эндомикоризы», или сокращенно «ЕLI».

Конструкция ЕLI состоит из камеры, содержащей положительно заряженные ионы, называемые катионами, и множества нитей, которые выходят из камеры катионов. Нити наноботов образуют сетку и тянутся к нейронам.

Предполагается, что каждый кончик нити сможет проникать в определенные участки нейрона, такие как его клеточное тело, аксон и дендриты, тем самым обеспечивая связь. Это может стать возможным благодаря использованию биохимических свойств мембран нейронов.

Теоретически, как только соединение будет установлено, ЕLI сможет передавать потенциалы действия между соединяющимися нейронами и передавать их обратно нейронам. Кроме того, ЕLI также сможет улучшить скорость потенциалов действия.

Но вот в чем ключ. Точно так же, как в экологических системах, которые могут восстанавливать и самокорректировать себя, ЕLI сможет обходить поврежденные пресинаптические нейроны и передавать потенциалы действия на близлежащие подключенные нейроны.

Таким образом, ЕLI будет функционировать для восстановления нарушенных нервных путей, наблюдаемых при нейродегенеративных расстройствах, таких как болезнь Альцгеймера, болезнь Паркинсона и другие заболевания головного мозга.

ЕLI будет спроектирован таким образом, чтобы использовать окружающую электрохимическую среду мозга в качестве источника энергии [1].

Литература

1. Nanotechnology and emerging news from nanowork [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nanowork.com/>. – Дата доступа: 26.11.2021.

УДК 541

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ НАНОГЕТЕРОГЕННОГО КАТАЛИЗА

Студент гр. 11310120 Реут И.А.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью нашей работы является выяснение особенностей реализации наногетерогенного катализа.

Наногетерогенный катализ представляет собой катализ в гетерогенно-дисперсных системах с наноразмерными частицами дисперсной фазы.

Рассматривая наногетерогенный катализ, мы сконцентрировались на влиянии размеров наночастиц каталитически активной дисперсной фазы на протекание процессов. Наночастицами являются частицы размером 1–100 нм. Также отметим, что при данном масштабе происходят значительные изменения как физических, так и технических свойств.

Явным преимуществом наночастиц катализатора, распределенных в дисперсионной среде, является их всесторонняя доступность, но и является их проблемой, так как создает предпосылки для агломерации. А для синтеза наноразмерных катализаторов применяются методы термического или химического превращения масло- или водорастворимых прекурсоров, монослоевого диспергирования порошков и др.

К факторам, характерным для данного катализа, относят в первую очередь факторы гетерогенного катализа, а также отсутствие пористости, доступность каталитически активных частиц, высокую теплопередачу.

Наноразмерные частицы проявляют высокую избирательность в гидрировании углерод-углеродных связей. На рисунке показана селективность гидрирования углерод-углеродных связей в различных соединениях.

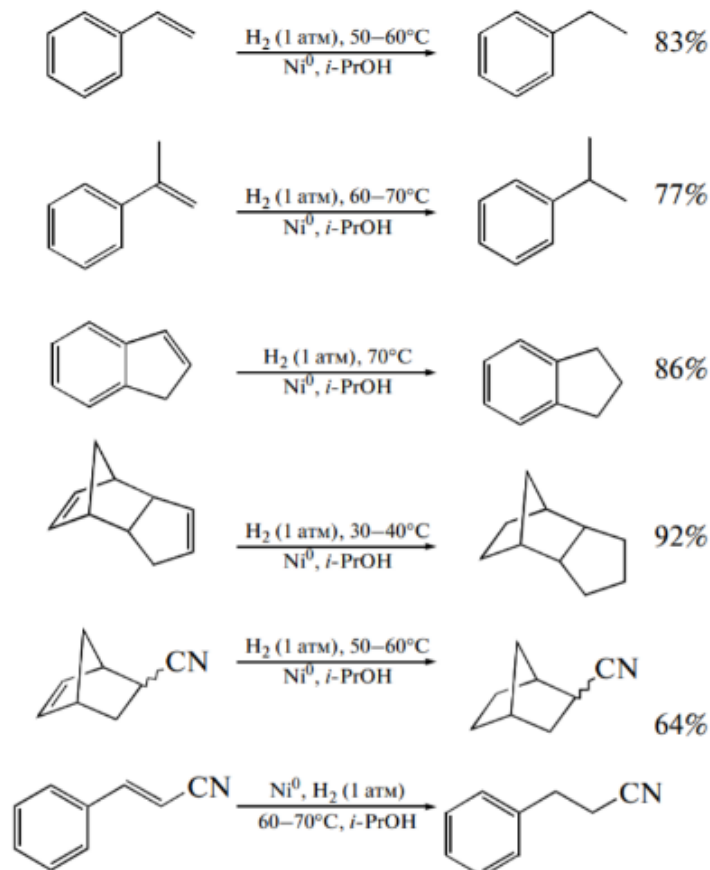


Рис. 1. Избирательность гидрирования углерод-углеродных связей в соединениях

Также в работе приведен обзор литературы, в котором подробно описывается как сам наногетерогенный катализ со всеми его особенностями, так и синтез Фишера-Тропша, где описывается метод получения наночастиц на основе железа, кобальта и рутения.

В конце работы был сделан вывод о возможностях реализации наногетерогенного катализа в гетерогенно-дисперсных системах с наночастицами дисперсной фазы.

Литература

1. Хаджиев, С.Н. Наногетерогенный катализ: определение, состояние и перспективы исследований (обзор) / С.Н. Хаджиев // Наногетерогенный катализ. – 2016. – Т. 1. – №. 1. – С. 3.

УДК 541

КРИСТАЛЛОХИМИЯ ИЗОМОРФИЗМА

Студент гр. 11310120 Роман А.Н.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является изучение эмпирических правил изоморфизма в твердых растворах путем анализа технической литературы.

Изоморфизм – это замещение атомов друг друга внутри кристаллической решетки, в следствии чего образуется твердый раствор замещения, изображенный на рисунке 1.

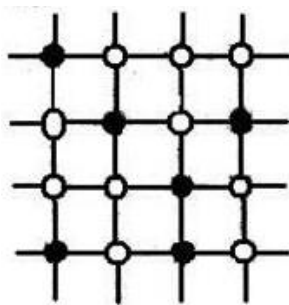


Рис. 1. Кристаллическая решетка твердого раствора замещения

Пределы долей компонентов изоморфизма при определенной температуре определяются энтальпией смешивания. Причем, чем больше значение этой энергии смесимости, тем меньше пределы изоморфизма. Математически было показано, что энтальпия смесимости прямо пропорциональна разности радиусов ионов взаимозаменяемых элементов и разности их электроотрицательности. Математические расчеты зависимости энтальпии от этих параметров были доказаны опытным путем для различных твердых растворов [1].

Отсюда вытекает, что чем больше межатомное расстояние и степень ионности связи, тем меньше пределы изоморфных замещений для данных компонентов из которых образуются твердые растворы. Поэтому атомы, которые эффективнее всего будут заменять друг друга, находятся рядом в таблице Менделеева. Причем атом с большим радиусом легче замещает атом с меньшим радиусом, нежели атом, радиус которого еще больше. В таблице Менделеева радиус атома увеличивается по мере увеличения номера периода, однако уменьшается по мере увеличения номера группы. Значит, «соседними атомами» в таблице, которые эффективнее всего замещают друг друга, являются атомы, которые находятся рядом друг другом по диагонали слева направо и сверху вниз [1, 2].

Особое внимание было уделено закономерности, в которой выражалась взаимосвязь отношения разницы межатомных расстояний двух элементов к меньшему межатомному расстоянию одного из элементов $\Delta d/d_2$ с температурой, при которой твердый раствор существует и не распадается. Таким образом, когда $\Delta d/d_2$ составляет 0–5 % раствор существует при всех температурах, когда $\Delta d/d_2 = 5–10$ % раствор существует лишь при средних и высоких температурах, при $\Delta d/d_2 = 10–15$ % раствор разлагается при более низких температурах. Связь разрывается и при высоких температурах, когда $\Delta d/d_2 = 15–25$ %. При $\Delta d_2 > 25$ % раствор не существует, как правило, при любых температурах [2].

В результате анализа литературы было выяснено, что важнейшим фактором протекания и совершенства изоморфизма является физическое строение участвующих во взаимозаменяемости атомов, то есть параметры, определяющиеся строением ядра, а значит и строением электронной оболочки.

Литература

1. Петьков, В.И. Изоморфизм. Твердые растворы / В.И. Петьков, Е.Ю. Грудзинская. – Н. Новгород: ННГУ, 2010. – 144 с.
2. Доливо-Добровольский, В.В. Кристаллохимия / В.В. Доливо-Добровольский, И.В. Неверова, Р.И. Кравцова. – СПб: СПГУ, 1999. – 119 с.

УДК 541

ПОНЯТИЕ «ЭНТРОПИЯ» В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ НАУКИ И ТЕХНИКИ

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 основных понятий и законов термодинамики, а также роль энтропии в различных областях науки и техники. В работе проведен критический анализ обзора литературных источников в области изучения термодинамических функций.

Объект изучения термодинамики – это термодинамическая система (система). Термин обозначает индивидуальную группу тел или отдельное тело. Сама термодинамика исследует макроскопические свойства тел, однако она не учитывает их внутренней структуры и использует такие понятия, как температура или давление. Объектами в термодинамике считаются только макроскопические системы (те системы, которые состоят из большого числа частиц, атомов или молекул), ведь свойства микросистем могут изменяться самопроизвольно. Так же термодинамическая система должна иметь окружающую среду, быть конечной [1].

В работе используется систематизация знаний о трех законах термодинамики. Первый закон термодинамики помогает рассчитать количество теплоты, которое доставляется термодинамической системе. Оно будет равно сумме работы, против внешних сил и изменения ее внутренней энергии. Второй закон термодинамики – это Постулат Клаузиуса. Процесс не может быть возможен, если его единственным результатом является передача тепла от более холодного тела к более горячему. Третий закон термодинамики можно сформулировать как принцип недостижимости абсолютного нуля температуры.

Особое внимание в работе уделено понятию энтропии в различных областях науки. Сейчас термин энтропия очень успешно применяется в различных разделах физики (в статистической физике, термодинамике), а также в различных математических исследованиях, а именно в теории информации, теории вероятностей. Все эти понятия различны по своему смыслу и их не стоит сводить к одному. Необходимо понимать отличие понятия энтропии в статистической физике и в теории вероятностей, в математике и в физике, термодинамике и в теории информации. В физике понятие энтропия ввел Клаузиус в 1865 году. По его мнению и выводам, энтропия – это величина, которая характеризует количество теплоты, поглощенной или выделенной при определенной температуре. В статистической механике энтропия играет большую роль, ведь она входит в уравнение Больцмана. Несмотря на то что термин имеет в обоих случаях одно и то же название, при тщательном рассмотрении видно, что энтропия по Клаузиусу и энтропия по Больцману – это далеко не одинаковые понятия. В отличие от энтропии Клаузиуса энтропия Больцмана описывает поведение кинетической энергии, а также энтропия Больцмана тесно связана с теорией вероятностей. В теории информации вводится энтропия Шеннона. Если в термодинамике энтропия – величина, которая относится к энергетическому состоянию системы, то в теории информации, энтропия определяет степень вероятности (неопределенности) изучаемых событий [2].

Понятие энтропия не имеет одного смысла в различных областях науки и техники, однако ее роль в каждой из них очень велика, что показывает ее значимость во всех сферах применения этого термина.

Литература

1. Физическая химия: учебное пособие / Г.В. Булидорова [и др.]. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2012. – 396 с.
2. Кочетков, А.В. О различных смыслах понятия «энтропия» / А.В. Кочетков, П.В. Федотов // Вестник евразийской науки. – 2015. – Т. 7. – №. 6 (31). – С. 115.

УДК 666 3/7

ПОЛУЧЕНИЕ ВОЛЛАСТОНИТОВОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ РАЗЛИЧНОГО КАРБОНАТСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Аспирант Самсонова А.С.¹

Кандидат техн. наук, доцент Попов Р.Ю.¹, кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т.В.²

¹Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Инертность к химическому взаимодействию с расплавом алюминия и низкий коэффициент теплопроводности позволяют рассматривать волластонитовую керамику, как наиболее перспективный материал для получения огнеприпаса, который используется в качестве прибыльной части металлических кокилей в металлургической отрасли. Для удержания тепла и более длитель-

ного сохранения расплава в жидком состоянии в прибыльной части отливки используют экзотермические и теплоизоляционные материалы. Однако, в отличие от экзотермических, использование керамических многоразовых утеплительных элементов, отличающихся высокой термостойкостью, позволяет получать не менее 1000 отливок [1].

Наиболее применимыми сырьевыми материалами для синтеза волластонита являются карбонатные породы, такие как мел, известняк, а также кремнеземистые – трепел, диатомит, маршалит [2]. В настоящей работе исследовалось влияние различных карбонатсодержащих сырьевых компонентов на процессы, протекающие при синтезе волластонитовой керамики, в качестве которых выступали мел, известь, доломит. В качестве остальных компонентов массы применялись огнеупорная глина («Веселовского» месторождения), а также трепел (месторождение «Стальное»). Для получения образцов была выбрана технология однократного обжига на основе системы CaO-SiO_2 . Изделия изготавливали методом полусухого прессования. Согласно литературным данным, температура обжига изделий, в основном, находится в области 1050–1250 °С и зависит от типа применяемого сырья. Компоненты подвергались совместному мокрому помолу в шаровой мельнице, далее масса увлажнялась водой до влажности 7–8 мас.% и вылеживалась в течение 1–2 сут. Опытные образцы в виде цилиндров прессовались на гидравлическом прессе при давлении 10–25 МПа, после подвергались сушке в сушильном шкафу. Полученные образцы обжигались в лабораторной печи в интервале температур 1050–1250 °С с выдержкой при максимальной температуре в течение 1 ч.

Разработанный керамический материал характеризуется следующим комплексом физико-технических показателей: открытая пористость – 35,3 %, водопоглощение – 18,4 %, кажущаяся плотность – 1950 кг/м³, ТКЛР – $6,31 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ в интервале температур (20–300) °С, механическая прочность при сжатии – 34,7 МПа. Установлена возможность корректирования свойств разработанных материалов путем использования в качестве микродобавки природного волластонита, введение которого в количестве 6 % способствует интенсификации процесса спекания на начальных стадиях за счет образования легкоплавких эвтектик, а также способствует формированию требуемой фазы при более низких температурах обжига, что достигается вследствие активности исходных сырьевых материалов (наличия гидратных оболочек и аморфных компонентов), а также создания границы раздела фаз при введении указанной добавки, снижающей энергетические затраты при фазообразовании. Рентгенофазовый анализ показал, что качественный фазовый состав образца оптимального состава представлен волластонитом и незначительным количеством кварца. Электронная микроскопия свидетельствует о том, что структура однородная, кристаллы характеризуются неизометрической формой. Полученный материал может быть использован для изготовления отечественного огнеприпаса, применяемого при литье в кокиль алюминиевых сплавов.

Литература

1. Волочко, А.Т. Теплоизолирующие керамические элементы при литье изделий из алюминиевых сплавов / А.Т. Волочко // *Литье и металлургия*. – 2015. – № 4 (81). – С. 49–55.
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 617.57-77

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ БИОНИЧЕСКИМ ПРОТЕЗОМ

Студент гр. 11304118 Санцевич Д.А., аспирант Люцко К.С.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

До недавнего времени имплантаты механически крепились к телу человека и не приобретали взаимосвязи с нервной системой. Они могли сгибаться в своих металлических суставах, но для каждого телодвижения хозяину приходилось как-нибудь подправлять поведение своего имплантата, аккуратно гарантируя обратную связь. Таким образом, человек оповещал своей ступне, что

впереди канавка и нужно ее обходить, а руке, что нужно аккуратно взять яйцо и приготовить яичницу, или, наоборот, крепко удерживать молоток в ладони. Обучить человека манипулировать новой конечностью таким образом требуется большое количество времени, и комплект органов управления достаточно лимитирован, поэтому мелкая моторика оставляет желать лучшего.

Когда человек без руки хочет пошевелить мизинцем, мозг формирует подобающий импульс, который пролетает по нервам, ведущим к мышцам конечности. Но, так как ладонь отсутствует, импульс уходит «в пустоту». А что, если где-нибудь на маршруте они «перехватывают» нервные импульсы и на этой концепции после анализа и переработки информации сформируют команды для управления манипулятором? Именно по этому пути идут бесчисленные научные группы, специализирующиеся модернизацией имплантатов, отслеживающих нервные импульсы и преобразовывающие их в телодвижения.

В Американском университете Хьюстона и Университете Райса проводились эксперименты по снятию импульсов двигательных нервов принципом электроэнцефалографии (ЭЭГ) с применением электродов на ткани черепно-мозговой коробки. Трудность в том, что ЭЭГ предполагает собой взаимозависимость огромного множества всевозможных импульсов, и проблема обнаружения среди них тех, которые управляют телодвижением конечности.

Исследователи из Технологического университета Чалмерса в Гетеборге совместно с сотрудниками из консорциума NEBIAS избрали иной путь. Вместо того, чтобы помещать электроды на поверхности ткани, там, где полезный импульс ощутимо зашумлен, исследователи попытались сократить эффект интерференции, вшив электроды под ткань.

Но анатомия каждого человека индивидуальна, и нельзя заблаговременно сказать, где поместить электроды для наибольшего соотношения сигнал/шум.

В настоящее время весьма успешным принципом управления биомеханическими имплантатами является снятие электрических потенциалов с мышц культи – электромиография (ЭМГ). Такие наукоемкие имплантаты уже выбрались за пределы биологических лабораторий и выпускаются серийно.

Команда GalvaniBionix применяет несколько, а не одну пару электродов для распознавания электрических потенциалов мышц. Такой метод разрешает добиться существенного повышения показателя полезного импульса и осуществить алгоритмы «самообучения». Каждая последовательность импульсов от различных электродов совпадает определенному действию руки, и цель заключается в том, чтобы разработать библиотеку соответствий, на которую система будет ссылаться при предоставлении нового ассортимента импульсов.

Протезирование началось с чисто косметологических (пассивных) имплантатов, отведенных исключительно для восстановления природного облика утраченных конечностей. В прочем научно-технический прогресс позволил усовершенствовать имплантаты, которыми можно управлять разнообразными алгоритмами. Контроль тяги применяет механическую тягу для передачи движения имплантату. Электромиографический контроль основан на сканировании биоэлектрических потенциалов, образующихся при сокращении мышц уцелевшей руки. Электроэнцефалографический контроль применяет сканирование электрических потенциалов в головном мозге с поддержкой электроэнцефалографии (ЭЭГ). Импульсы от датчиков, помещенных на поверхности кожи головы, расшифровываются компьютером и преобразуются в команды, управляющие имплантатом. Мониторинг с подмогой электронных имплантатов – имплантируемых в кору головного мозга электродов, с помощью которых фиксируется деятельность корковых нейронов.

Литература

1. LIVEJOURNAL [Электронный ресурс] / Как работает бионическая рука. – Режим доступа: <https://masterok.livejournal.com/3569996.html>. – Дата доступа: 27.11.2021.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТАСТАБИЛЬНЫХ СИСТЕМ

Студент гр.11304120 Скуратович А.А.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является изучение метастабильных фаз с помощью методов молекулярно-динамического моделирования.

В данной работе проведен критический обзор литературных источников в области изучения метастабильных систем и областей их применения в приборостроении.

В результате обзора установлено, что существуют следующие виды метастабильных систем: перегретая жидкость, переохлажденная жидкость, перегретый кристалл, переохлажденный пар.

Метастабильное состояние представляет собой минимум термодинамического потенциала системы при известных внешних параметрах. Переход из одной фазы в другую заставляет преодолевать барьер энергетически невыгодных промежуточных состояний. Системы с большой вязкостью, могут длительное время находиться в метастабильном состоянии. При медленном падении температуры в метастабильной области возможен полный или частичный распад расплава.

Метастабильное состояние есть ни что иное как нахождение системы в состоянии неполного равновесия, при заданных внешних параметрах, а также соответствующее хотя бы одному из минимумов ее термодинамического потенциала.

Существование и появление метастабильного состояния основано на медленном процессе фазового перехода первого рода. Как известно, началом фазового перехода является образование в исходной гомогенной фазе отдельных незначительных объемов, имеющих другой состав и структуру. Во всем объеме системы рост микрообъемов невозможен, так как фазовый переход имеет прерывистый характер.

Переходом из метастабильного состояния в стабильное называют образование микрообъемов новой фазы в старой фазе.

После флуктуации в кристалле одинаковые кластеры соединяются и из них формируются зародыши новой фазы: происходит обратный переход системы из метастабильного состояния в стабильное. Распад метастабильного состояния происходит из-за несовместимости новой образованной структуры кристаллической фазы со структурой минерала-хозяина.

Так же в результате работы были подробно изучены вопросы, такие как критический размер зародыша и его влияния на метастабильные системы, процессы возникновения новых фаз, расплавы и их распады, кристаллизация.

Особое внимание при выполнении данной работы уделено изучению метастабильного состояния стеклообразных материалов. Метастабильность достигается за счет резкого охлаждения расплава стекла с последующим формованием изделий.

Современным направлением изучения метастабильных систем является метод молекулярно-динамического моделирования, позволяющий находить свойства метастабильных фаз, и исследовать фазовую метастабильность. Используя данный метод, можно описать свойства границ раздела фаз, находящихся в равновесии в плоском пределе. Так же данный метод используется для работы с моделями, в которых содержатся большое количество частиц, взаимодействующих друг с другом.

Литература

1. Соболев Р.Н. Метастабильное состояние магматических систем / Р.Н. Соболев // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический. – 2017. – Т. 92. – №. 2. – С. 83–89.
2. Проценко, С. П. Молекулярно-динамическое моделирование метастабильных фазовых состояний. Термодинамические свойства леннард-джонсовской системы / С.П. Проценко, В.Г. Байдаков, З.Р. Козлова // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2014. – Т. 18. – №. 1 (62). – С. 214–223.

ВЛИЯНИЕ ОТЖИГА НА СВОЙСТВА КОНТАКТНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ДВУХСЛОЙНОЙ СИСТЕМЫ Pt/Ni-V

Магистрант гр. 015501 Таласпаев М.А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Шахлевич Г.М.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь

Целью работы является установление закономерностей между изменением условий формирования контактных структур на основе двухслойной системы платина/никель-ванадий и их электрофизическими и структурно-морфологическими свойствами [1].

Структуры формировались на подложки монокристаллического кремния марки КДБ0,005 с ориентацией $\langle 111 \rangle$ диаметром 100 мм нанесенным на планарную поверхность эпитаксиальным слоем. В зависимости от номинального обратного напряжения выбирались параметры эпитаксиального слоя. Охранное кольцо, определяющее работоспособность диодов Шоттки в условиях экстремальных воздействий повышенной температуры, формировалось с использованием различных технологий легирования кремния бором. Снижения содержания платины в барьере для формирования диодов Шоттки с расширенным температурным диапазоном эксплуатации приводит к закономерности между изменением условий формирования барьеров на основе двухслойных структур Pt/Ni-V (7 %) на кремнии и их электрофизическими и структурно-морфологическими свойствами [2].

На образцах, полученных послойным нанесением пленок платины толщиной 15–20 нм и сплава никель-ванадий толщиной 80 нм на подложки монокристаллического кремния КЭФ 0,5 с ориентацией $\langle 111 \rangle$ исследовался структурно-морфологический свойств и элементный состав. После образцы подвергали стационарному термическому отжигу в среде азота в течение 240 мин. при температурах 200, 240, 350, 550 °C и с последующим отжигом при температуре 550 °C в течение 30 минут в среде азота.

Результаты исследований элементного состава структур Ni-V/Pt/Si, после нанесения и термообработок с последующим травлением поверхности представлены на рисунке 1.

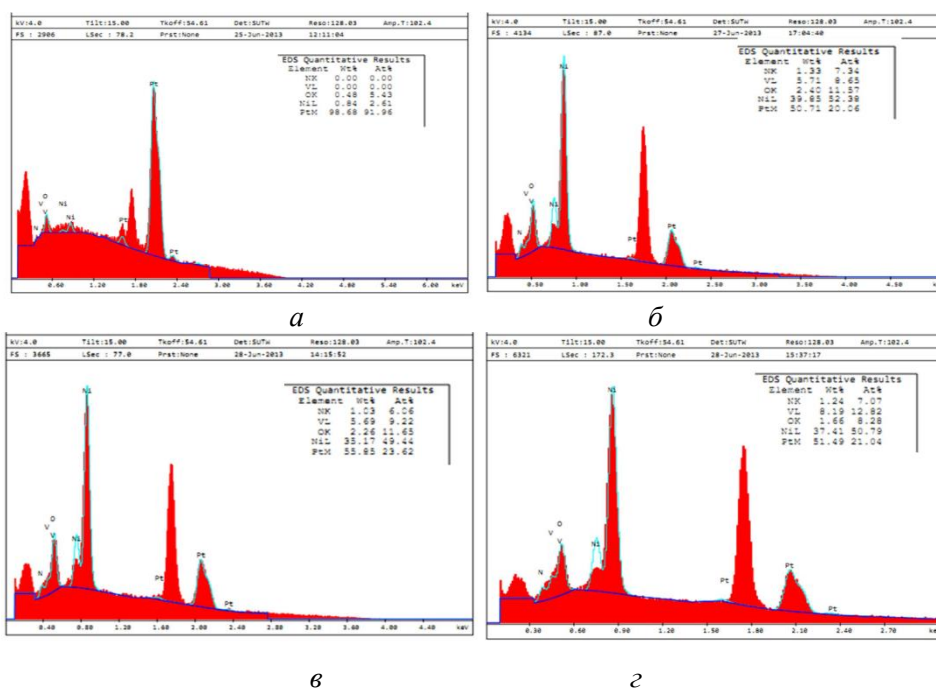


Рис. 1. Рентгеновские спектры и результаты микроанализа структуры Ni-V/Pt/Si после нанесения, термических отжигов и травления: а – без отжига; б – после двухстадийного отжига 200 °C, 240 мин и 550 °C, 30 мин; в – после двухстадийного отжига 350 °C, 240 мин и 550 °C, 30 мин; г – после отжига 550 °C, 30 мин

Как видно из рисунка 1, преобладающими элементами являются никель и платина. Кроме того, в спектрах образцов, подвергавшихся отжигам, также присутствуют незначительные количества ванадия, азота и кислорода. Очевидно, что присутствие ванадия объясняется его наличием в исходной пленке сплава никель-ванадий и его неполным удалением с поверхности образцов. Присутствие в спектрах азота и кислорода объясняется поверхностными загрязнениями данными элементами образцов при проведении термических отжигов, а также при подготовке образцов к исследованиям.

Режимы термических отжигов слабо влияют на соотношение содержания никеля и платины в структуре, которое находится в диапазоне от 2,09 до 2,61. Это явно меньше, чем соотношение Ni и Pt в исходной структуре. Оно определяется соотношением толщин пленок сплава Ni-V и платины и лежит в диапазоне от 3,8 до 5,0. Это указывает на преимущественную локализацию платины вблизи границы раздела с кремнием и удаление излишков никеля, не вступивших в реакцию с кремнием.

Следует также отметить, что наименьшее значение данного соотношения – 2,09, достигается при температуре первой стадии отжига 350 °С. Это свидетельствует о вовлечении в контактный слой максимального количества платины и минимального количества никеля из исходной структуры Ni-V/Pt/Si.

Зависимости высоты барьера Шоттки и обратного тока диодов Шоттки при напряжении обратного смещения 45 В с контактами на основе структур Ni-Pt-V/Si, сформированных отжигом пленок Ni-Pt-V толщиной 35 нм и 70 нм на кремниевой подложке, от температуры первой стадии отжига представлены на рисунке 2.

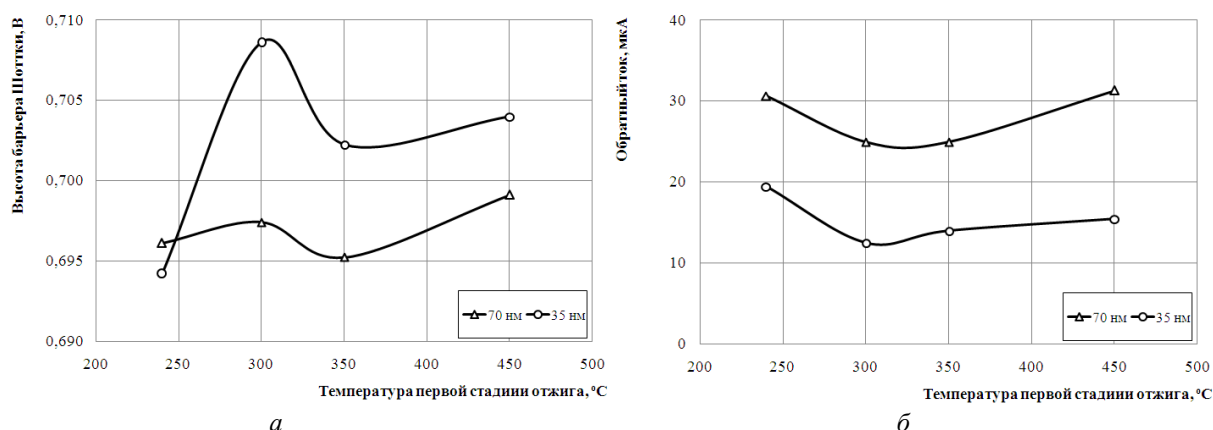


Рис. 2. Зависимости высоты барьера Шоттки (а) и обратного тока диодов Шоттки (б) с контактами на основе структуры Ni-Pt-V/Si, полученной двухстадийным отжигом пленок Ni-Pt-V толщиной 35 нм и 70 нм на кремнии, от температуры первой стадии отжига

Уменьшение толщины пленки с 70 до 35 нм приводит к увеличению высоты барьера Шоттки. При этом максимальная разница 11 мВ наблюдается при температуре первой стадии отжига 300 °С. При повышении температуры первой стадии отжига до 450 °С указанная разница плавно уменьшается до 5 мВ, а при снижении до 250 °С – практически исчезает. Также следует отметить, что обе зависимости имеют локальные максимумы в области 300 °С и локальные минимумы в области 350 °С.

Литература

1. Thermal stability study of NiSi and NiSi₂ thin films / Zhao F. F. [et al.] // *Microelectronic Engineering*. – Vol. 71. – 2004. – P. 104–111.
2. Prediction of Schottky Barrier in Electronic devices [Electronic resource] // *Application Note of Materials Design, Inc.* – Mode of access: <http://www.materialsdesign.com/appnote/prediction-schottky-barrier-electronic-devices>. – Date of access: 01.10.2014.

СИНТЕЗ КРИСТАЛЛОВ ПАРАТЕЛЛУРИТА

Студент гр. 11310119 Фоменко Л.С.

Кандидат тех. наук, доцент Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является изучение технологического процесса синтеза кристаллов парателлурита и их использование в практической деятельности.

В работе проведен обзор литературных источников в области выращивания кристаллов парателлурита по методу Чохральского и области их применения.

Характерной особенностью кристаллов TeO_2 , выращенных методом Чохральского с использованием высоких вертикальных градиентов температуры (порядка 10 град/см), является полное отсутствие огранки и почти круглая форма в сечении, перпендикулярном оси роста [1].

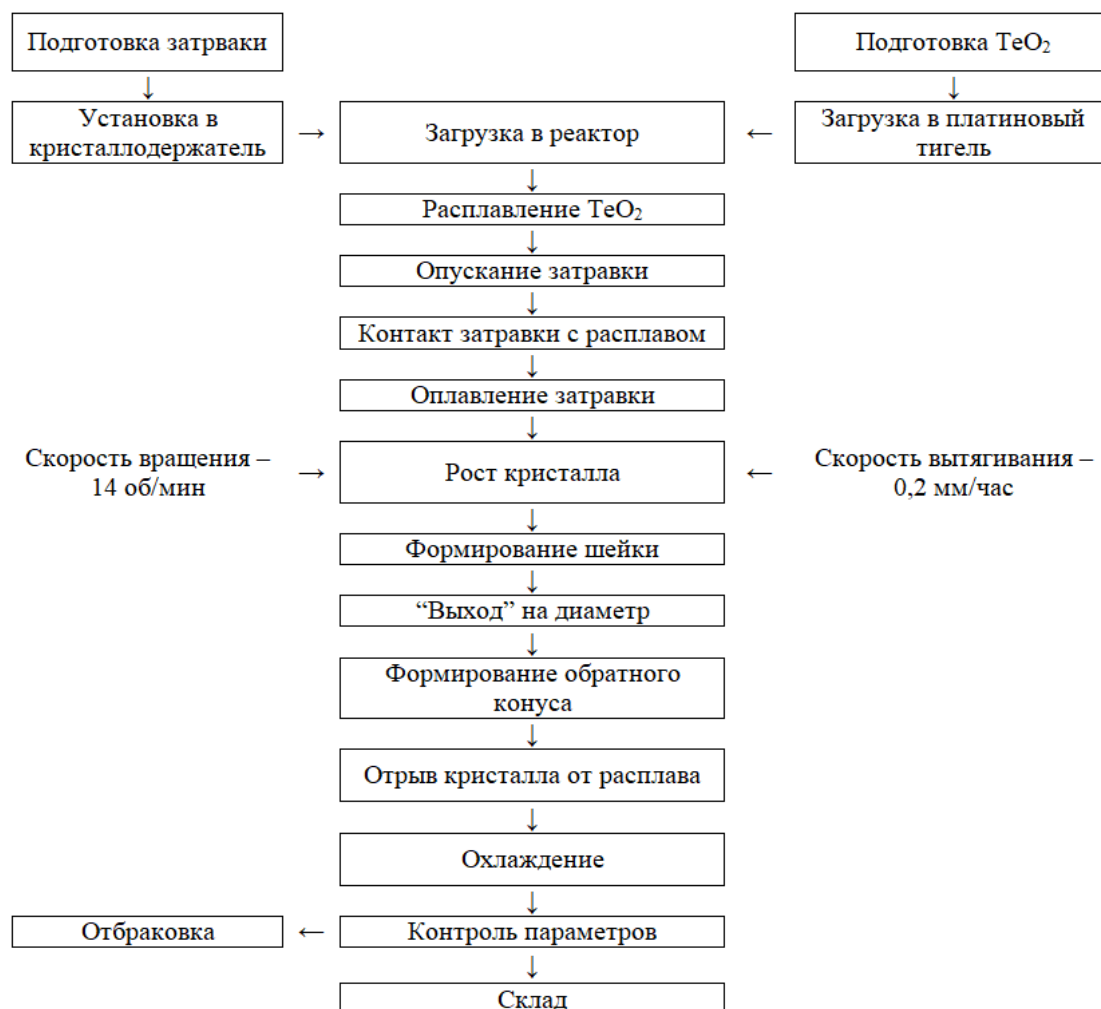


Рис. 1. Технологическая схема получения парателлурита

На основе парателлурита разрабатываются акустооптические приборы. Акустооптика – раздел физики, изучающий взаимодействие оптических и звуковых волн.

Литература

1. Способ выращивания кристаллов парателлурита гранной формы и устройство для его осуществления: пат. 2507319 Российская Федерация, МПК С30В 15/00, С30В 15/14, С30В 15/22, С30В 29/16 / А.Е. Кох, В.С. Шевченко, В.А. Влезко, К.А. Кох; заявитель Федеральная служба по интеллектуальной собственности – № 2012150280/05, заявл. 22.11.2012; опубл. 20.02.2014 – 2014.

БИОМИМЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Студент гр. 11304118 Шермукс В.А.

Ст. преподаватель Люцко К.С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является изучение биомиметических материалов. В работе проведен литературный обзор в области биомиметических материалов.

Биомиметические материалы (биомиметики) – создаются на основе принципов, уже основанных в живой природе. Биологически активные продукты метаболизма, органы, фрагменты тканей, повторяющие свойства живых систем – все это воспроизводится в нано-, микро- и макро-размерных синтетических структурах основанных на принципах биомимикрии. Изучение свойств и структуры природных материалов для последующего их воспроизведения в различных областях – основная цель биомиметики. Тримя основными природными свойствами, рассматриваемыми в контексте данной науки, являются:

- Анизотропия, показывающая различность свойств в обоих направлениях.
- Иерархичность, - подчиненность низших звеньев высшим, таким образом, формирующим структуры (строении кости: сеть крупных пор образуют поры меньшего размера).
- Динамичность – возможность восстанавливаться и изменяться с возрастом (к примеру, адаптация человеческой кости к нагрузкам).

Одним из первых объектов для исследования и создания биомиметических материалов стало крыло бабочки. Иерархичные микро- и наноструктуры крыльев бабочек, состоящие из пор, волокон и отверстий создают разнообразие их окраса. В последствие на синтетическом материале была воспроизведена структура крыла бабочки с возможностью достижения таких же оптических характеристик. За основу для солнечных элементов взята структура крыла бабочки, вследствие чего, можно достичь оптимальных характеристик для светопоглощения. В итоге батареи будут давать больше энергии. Материал для создания солнечных элементов называется – перовскит. Крыло бабочки с наноструктурами представлено на рисунке 1.

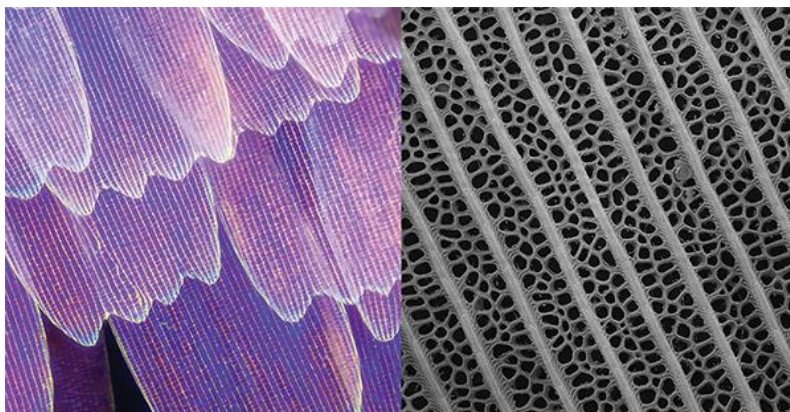


Рис. 1. Крыло бабочки с наноструктурами

Разработка фрагментов сосудов, тканей глаза, лакокрасочных изделий и других материалов – это малая часть биомиметических материалов, над которыми ведутся разработки в современном мире. Перспективы в создании принципиально новых образцов имитирующих процессы самоорганизации в биосистемах дают постоянно совершенствующиеся методы и разработки тестирования структуры и свойств биомиметических материалов. Основной проблемой, с которой сталкиваются разработчики, является воспроизведение генома, природной плазмалеммы, систем синтеза и переноса энергии в живых клетках.

ИЗМЕРЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ В КОРПУСАХ ИС 401.14-5М РАЗРУШАЮЩИМ МЕТОДОМ

Магистрант Ширяева В.Д.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е.Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Целью данной работы является измерение содержания влаги в подкорпусном объеме интегральных микросхем с типонаминалом 401.14-5М и выработка рекомендаций по улучшению их качества. В целом для повышения надежности ИС и правильного выбора мероприятий по снижению количества влаги в корпусе ИС возникает необходимость изучения механизмов отказов ИС, анализа их причин и определение источников попадания влаги. Для достижения данных целей оценивают содержание паров H_2O внутри корпуса ИС.

Известно, что источники влаги бывают внешними (поры, трещины) и внутренними (выделение из материалов). Для измерения влажности в корпусах ИС используются 2 вида методов:

1. Разрушающие – масс-спектрометрия и лазерная ИК-спектрометрия;
2. Неразрушающие – с помощью датчиков влажности, герметизируемых в корпусе (датчики точки росы, сорбционные датчики), с помощью металла или корпуса в качестве средства контроля.

В настоящей работе для измерения объемной доли влаги газовой среды в подкорпусном пространстве устройств физической электроники использовался анализатор влажности МКМ-1. Данные измерения помогают выявить негодные микросхемы, проанализировать причины появления влаги и оценить мероприятия по снижению влаги в подкорпусном объеме для повышения надежности.

Допустимый уровень H_2O , установленный в отраслевом стандарте [2], при температуре $100^{\circ}C$ должен быть не более 0,5 объемного процента (5000 ppm). Если результат измерения превышает это значение, микросхему отправляют в лабораторию отказов, где выясняют причину, по которой оно превышено.

С целью снижения уровня содержания паров воды в подкорпусном объеме ИС, в технологический процесс был введен предварительный отжиг оснований корпусов в среде азота при температуре $T=(180\pm 10)^{\circ}C$ в течении трех часов. Для отслеживания результативности, были проведены измерения по содержанию паров воды в подкорпусном объеме микросхем с типонаминалом 401.14-5М, половина из которых прошла дополнительный отжиг (табл.1).

Таблица 1

Результаты измерения содержания H_2O в корпусах микросхем 401.14-5М

| № | Содержание H_2O в микросхемах, прошедших отжиг, об. % | Содержание H_2O в микросхемах без отжига, об. % |
|---|---|---|
| 1 | 0,07 | 0,17 |
| 2 | 0,07 | 0,18 |
| 3 | 0,03 | 0,2 |
| 4 | 0,04 | 0,39 |
| 5 | 0,02 | 1,98 |

Из результата проведенных измерений следует, что у всех микросхем, прошедших дополнительный отжиг, существенно (минимум в 2 раза, максимум на 2 порядка) уменьшилось содержание влаги в подкорпусном объеме. Из результатов проведенного исследования следует, что дополнительный отжиг микросхем 401.14-5М перед герметизацией во всех изученных образцах существенно повышает качество микросхем данного типонаминала.

Литература

1. Чернышов, А.А. Контроль влажности в корпусах интегральных микросхем / А.А. Чернышов, С.А. Крутоверцев, А.И.Бутурлин // Зарубежная электронная техника. – 1987. – № 2. – С. 3–63.
2. ОСТ 11 20. 9903-86. Микросхемы интегральные. Система и методы операционного контроля в процессе производства. Технические требования к технологическому процессу при аттестации производства.

СЕКЦИЯ 4. ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 535.8

ДЕЦЕНТРИРОВКА ЛИНЗОВЫХ СИСТЕМ

Студенты гр. 11311119 Белохвостик Е.В., Бурдо М.В., Чалевич А.Ю.

Кандидат техн. наук, доцент Кузнечик В.О.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В оптико-электронных приборах (ОЭП) наблюдения самым распространенным типом оптических систем является линзовый объектив, от качества изготовления и сборки которого зависит работа прибора в целом. Одним из видов технологических погрешностей изготовления, сборки и юстировки линзовых компонентов оптических систем является децентрировка, которая приводит к ухудшению качества изображения из-за появления, например, аберрации «кома» для изображения осевой точки предмета, а также астигматизма и дисторсии по полю объектива для вне осевых пучков [1]. Для повышения качества изготовления многолинзовых широкоугольных объективов необходимо различными конструкторско-технологическими методами свести к минимуму величину децентрировки. Для решения поставленной задачи следует рассмотреть оптическую систему объектива, конструкции объективов, причины возникновения децентрировки оптических систем, методы устранения погрешности центрирования, методы контроля децентрировки, а также провести анализ допусков на ошибку центрирования объективов.

На этапе расчета оптической системы объектива можно математическими методами оценить качество изображения и выявить влияние на него каждого элемента оптической системы (смещение, наклон линз).

При выборе конструкции объективов следует учитывать особенности их сборки [1]. Так, при «автоколлимационном» методе линзы крепятся в оправе с последующей их центрировкой по точкам автоколлимации и установкой в корпус объектива (единичное производство), а при использовании «насыпной» конструкция, линзы устанавливаются в корпус без оправ (крупносерийное производство).

Конструкция объектива и метод его сборки влияют на назначение допусков и посадок на основные элементы линзового объектива.

Причины возникновения децентрировки линз связаны с технологией их изготовления в процессе механической обработки исполнительных поверхностей оптической детали вследствие погрешности установки заготовки; с погрешностью центрировки линз при обработке ее боковой поверхности из-за биения шпинделей центрировочных станков, несоосностью зажимных патронов и других причин; с погрешностью центрирования линзы склеенной, обусловленной смещением, разворотом и наклоном приклеиваемой линзы относительно базовой из-за погрешности установки и наличия «бальзаминного» клина; с их креплением в оправе (смещение, заклон) и установкой в корпусе; с погрешностью сборки и юстировки. Таким образом, точный контроль погрешностей центрирования важен как на этапе изготовления линз, так и на этапах их сборки и юстировки.

Для контроля погрешностей центрирования в объективах линз и линзовых системах применяются коллимационные, автоколлимационные, интерференционные и дифракционные методы [2], а также методы, основанные на анализе топологии волнового фронта. Наибольшее распространение получил автоколлимационный метод благодаря высокой точности и относительной простоте схемной реализации.

После выбора метода контроля децентрировки разрабатывается методика контроля объектива на измерительной установке или приборе, выполняется измерение ошибок центрирования оптических систем, проводится анализ полученных данных и предлагаются способы уменьшения децентричности критических компонентов оптической системы, например, за счет ужесточения допусков на элементы в сборе.

Литература

1. Проектирование конструкций объективов. / Л.И. Крынин. – СПб: Университет ИТМО, 2018. – 219 с.
2. Креопалова, Г.В. Оптические измерения / Г.В. Креопалова, Н.Л. Лазарева, Д.Т. Пурыев. – М.: Машиностроение, 1987. – 264 с.

УДК 623.4.023.43

КОНТРОЛЬ РАСХОДИМОСТИ ЛАЗЕРНОГО ПУЧКА В ИМПУЛЬСНОМ ЛАЗЕРНОМ ДАЛЬНОМЕРЕ

Магистрант Бобко А.Н.^{1,2}Кандидат техн. наук, доцент Фёдорцев Р.В.², кандидат техн. наук, доцент Кузнечик В.О.²¹Научно-производственное унитарное предприятие «Научно-технический центр

«ЛЭМТ» БелОМО», Минск, Беларусь

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Методы контроля параметров импульсного лазерного дальномера (ИЛД) сводятся, в первую очередь, к измерению параметров и характеристик лазерного излучения. К одним из параметров характеризующих лазерное излучение относятся пространственно-энергетические (диаметр пучка в перетяжке, расходимость). Необходимость в измерении данных параметров возникает при встраивании лазера в приборы или системы, оптические элементы которых, как правило, изменяют распределение плотности мощности в поперечном сечении пучка, а также при оценке класса опасности лазера или лазерной установки.

На выходные характеристики ИЛД влияет не только энергия и расходимость лазерного излучения, но и качество сборки и юстировки его отдельных узлов и всего прибора в целом.



Рис. 1. Схема юстировка расходимости каналов излучателя и приемника

Для обеспечения требуемой расходимости лазерного излучения и диаметра пучка на выходе из передающего канала ИЛД используют излучатель и коллимирующую систему, представляющую собой обратную телескопическую систему Кеплера или Галилея.

Измерение расходимости лазерного излучения ИЛД осуществляется в лабораторных условиях на специализированном стенде (рис.1). В состав стенда входят блок фильтров, модернизированный коллиматор, ПЗС-камера, ноутбук.

В отличие от обычного коллиматора, состоящего из осветителя и собственно коллиматора, на стенде установлен «обратный» коллиматор. Данный коллиматор, в отличие от обычного, работает в обратном ходе лучей, а также, в нем произведена замена осветителя на ПЗС-камеру.

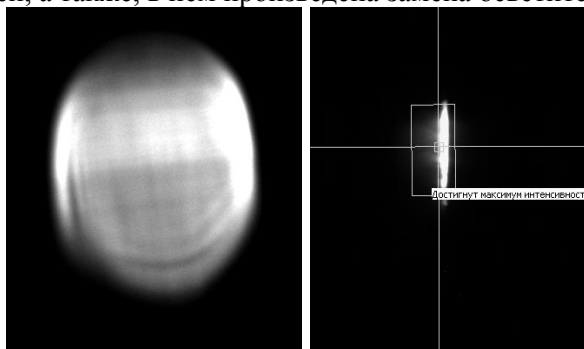


Рис. 2. Результаты измерения расходимости приемного канала до (слева) и после (справа) юстировки

Для защиты фотоприемника камеры и ослабления интенсивности лазерного излучения на стенде устанавливается блок светофильтров. Выбор параметров светофильтров осуществляется на основе данных специализированного программного обеспечения, определяющего изменение времени экспозиции и угловой расходимости излучения. При слишком большой экспозиции видеоряд будет реагировать на юстировку с сильной задержкой, а при маленькой с точностью

наоборот, поэтому стараются подобрать оптимальные значения. Оптимальное значение расходимости обеспечивается за счет подвижки одной из линз телескопической системы контролируемого прибора вдоль оптической оси. На рис.2 представлены результаты стеновой юстировки исходного не сфокусированного (слева) и сфокусированного (справа) лазерного пучка в приемном канале дальномера. Продолговатый вытянутый профиль сфокусированного пучка образовался в результате децентричности оптической системы и неточности сферических поверхностей (N и ΔN) оптических компонентов объективов в процессе изготовления.

УДК 535.8 : 621 (031)

ЛАЗЕРНЫЙ ИЗЛУЧАТЕЛЬ ДАЛЬНОМЕРНОГО КАНАЛА

Студент гр. 11311117 Богданович Д.

Д-р техн. наук, профессор Козерук А.С., кандидат техн. наук, доцент Кузнецик В.О.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Изделие предназначено для интеграции в систему наблюдения с возможностью прицеливания и служит для выполнения следующих задач:

- измерения дальности до цели лазерным дальномером;
- формирования управляющих и информационных сигналов для обеспечения совместной работы с аппаратурой комплекса приборов специального назначения.

Изделие обеспечивает также информационное взаимодействие с аппаратурой сопряжения.

Перечисленные функции изделия выполняются как при нахождении объекта в неподвижном состоянии, так и при движении по среднепересеченной местности со скоростью до 30 км/ч.

Изделие предназначено для работы в следующих условиях:

- при температуре окружающей среды от минус 40 °С до плюс 55 °С и после кратковременного воздействия пониженной минус 60 °С и повышенной плюс 70 °С температур;
- при повышенной влажности окружающей среды (98–3) % при температуре 35 °С;
- при воздействии ударных нагрузок многократного действия с ускорением 490 м/с² (50 g) длительностью (1–3) мс;
- при воздействии вибраций в диапазоне от 10 до 120 Гц с ускорением 19,6 м/с² (2 g);
- после транспортирования в составе объекта;
- при воздействии песка, пыли, воздушного потока и дождя;
- в условиях воздействия конденсированных осадков (роса, иней), солнечного излучения, морского тумана, паров масла, бензина, керосина, дизельного топлива, низкотемпературных и дегазирующих растворов и жидкостей.

Лазерный излучатель состоит из следующих узлов: выходного зеркала, глухого зеркала, пассивного затвора, активного элемента, отражателя и лампы.

Схема излучателя представлена на рисунке.

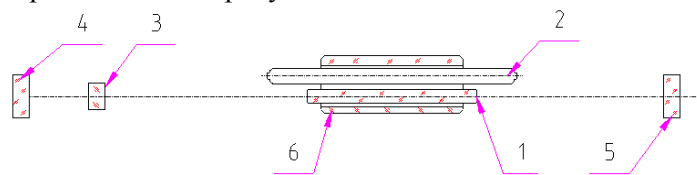


Рис. 1. Схема излучателя

Излучение от лампы 2 отражаясь от отражателя 6 создает инверсию населенности в активной среде 1 до тех пор, пока в затворе 3 не произойдет насыщение поглощения и он не пропустит излучение, излучение, отразившись от глухого зеркала 4 многократно пройдя через активную среду 1 и усилившись выходит через выходное зеркало 5.

ФОТОБИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Студент гр. 10603220 Боголюбский Д.Д., аспирант Чжан Ю.

Кандидат техн. наук, доцент Савкова Е.Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Лазер – источник когерентного электромагнитного излучения высокой направленности, способный осуществлять предельно возможную концентрацию энергии излучения в пространстве, времени и спектральном диапазоне [1]. С момента своего изобретения лазеры зарекомендовали себя как «готовые решения еще неизвестных проблем» [2]. В силу уникальных свойств излучения лазеров, они широко применяются во многих отраслях науки и техники, а также в быту. Области применения лазеров - военное дело (лазерная локация, лазерные системы слежения, наведения и т. д.), медицина (хирургия, офтальмология, терапия), связь, информационные технологии и искусство (инсталляции, зрелищные шоу), голография лазерная сварка, пайка и резка металлов; лазерный термоядерный синтез. Лазер часто применяется в быту, на концертах, музыкальных мероприятиях. Однако любой, даже маломощный лазер, представляет опасность для зрения человека. Зафиксировано множество случаев получения ожогов сетчатки глаза (по материалам <https://www.msk.kp.ru/daily/24128.5/349669/>), что приводило к временной или полной слепоте. Так же известны случаи ослепления летчиков лазерами. Биологические эффекты воздействия лазерного излучения (ЛИ) на организм определяются механизмами взаимодействия излучения с тканями (тепловой, фотохимический, ударно-акустический и др.) и зависят от длины волны излучения, длительности импульса (воздействия), частоты следования импульсов, площади облучаемого участка, а также от биологических и физикохимических особенностей облучаемых тканей и органов. ЛИ с длиной волны от 380 до 1400 нм представляет наибольшую опасность для сетчатой оболочки глаза, а излучение с длиной волны от 180 до 380 нм и свыше 1400 нм – для передних сред глаза [4]. Для определения предельно допустимых уровней $H_{\text{пду}}$ и $E_{\text{пду}}$ при воздействии ЛИ на кожу усреднение производится по ограничивающей апертуре диаметром $1,1 \cdot 10^{-3}$ м (площадь апертуры $S_a = 10^{-6}$ м²). Наряду с энергетической экспозицией и облученностью нормируемыми параметрами являются также энергия W и мощность P излучения, прошедшего через указанные ограничивающие апертуры [4]. Указанные выше энергетические параметры связаны соотношениями [4]:

$$H_{\text{пду}} = \frac{W_{\text{пду}}}{S_a}; E_{\text{пду}} = \frac{P_{\text{пду}}}{S_a}. \quad (1)$$

Предельно допустимая суммарная энергия или мощность излучения от нескольких источников, действие которых является аддитивным, определяется следующими формулами [4]:

$$W_{\text{пду}}^{\Sigma} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n (C_i/W_{\text{пду}}^i)}, \quad (2)$$

где n – число источников излучения, действие которых аддитивно; i – условный порядковый номер источника; $W_{\text{пду}}^i$, $P_{\text{пду}}^i$ – предельно допустимые значения энергии (мощности) каждого источника; C_i – относительный энерговклад каждого источника, определяемый как i отношение энергии (мощности) всех источников:

Литература

1. Лазер. Большая российская энциклопедия / И.А. Щербаков [Электронная версия]. – Режим доступа: <https://bigenc.ru/physics/text/v/2131556>. – Дата доступа: 15.03.2022.
2. Townes, С.Н. The first laser // A Century of Nature: Twenty-One Discoveries that Changed Science and the World. – University of Chicago Press, 2003. – С. 107-112.
3. Санитарные правила и нормы 2.2.4 -13-2-2006 «Лазерное излучение и гигиенические требования при эксплуатации лазерных изделий».

УДК 621.375

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ НИЗКОКОГЕРЕНТНОГО ЛАЗЕРНОГО ОБЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙАспирант Вершинин М.Н.¹Д-р техн. наук, профессор Юран С.И.¹, научный сотрудник Зарипов М.Р.²¹ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», Ижевск, Россия²Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН, Ижевск, Россия

Низкокогерентное лазерное облучение биологических объектов растительного происхождения может существенно влиять на их функциональную активность. Эффект повышения функциональной активности растительных клеток под действием лазерного излучения получил название лазерной стимуляции. Эффект лазерной стимуляции хорошо показал себя с экономической стороны, т. к. позволяет получать статистически значимые результаты и при использовании низкоинтенсивного излучения. Однако существует множество работ, где в противовес использованию низкоинтенсивного излучения используется излучение высокой интенсивности. Многие исследователи используют в своих экспериментах лазерное излучение мощностью 100 Вт/м² и более. При этом, стимулирующий эффект лазерного излучения при таких плотностях мощности сравним с низкоинтенсивным излучением с плотностью мощности до 10 Вт/м².

Одним из исследователей, кто затронул тему энергетических параметров лазерного излучения, является Будаговский А.В. В своих исследованиях он непосредственно произвел сравнение использования высоко- и низкоинтенсивного излучения гелий-неонового лазера. Им было установлено, что при использовании высокоинтенсивного излучения, с плотностью мощности свыше 400 Вт/м², растительные клетки подвергались тепловому повреждению. В тоже время, использование лазерного излучения с плотностью мощности до 10 Вт/м² давало достоверное проявление лазерной стимуляции, выразившейся в увеличении функциональной активности растительных клеток. При анализе результатов исследований Будаговский А.В. выделил экономический диапазон интенсивностей облучения. С экономической точки зрения, при использовании излучения с плотностью мощности 0,1–10 Вт/м², достоверно проявляется эффект лазерной стимуляции. Однако, использование плотности мощности менее 0,1 Вт/м² затрудняет контроль светового пятна в рабочей зоне и нуждается в экранировании от внешней засветки. Кроме того, в области низких плотностей мощности из-за экстинкции света в растительных тканях уменьшается количество облученных клеток и снижается надежность проявления эффекта лазерной стимуляции.

При проведении своего исследования по изучению влияния энергетических параметров низкокогерентного лазерного излучения на растительные клетки нами было использовано излучение полупроводникового лазера разной мощности – от 5 до 700 мВт. Условия облучения были одинаковыми. В качестве биологического объекта исследования использовались семена озимой пшеницы сорта «Омская-5», а контролируемым показателем эффекта лазерной стимуляции была длина стебля. По результатам исследования была получена зависимость проявления эффекта лазерной стимуляции от интенсивности излучения. Так, было установлено, что облучение растительных организмов излучением мощностью 700, 100 и 50 мВт с разным временем облучения дают практически идентичные результаты с небольшой разницей. Например, излучение мощностью в 700 мВт в течение 5 минут показало немного больший эффект лазерной стимуляции, чем при использовании 100 мВт в течение 5 секунд. Однако, с экономической точки зрения, эффективность облучения будет складываться исходя из затрат энергии на проведение облучения. Поэтому, в производственных условиях, использование излучения меньшей интенсивности будет целесообразнее.

Данный результат согласуется с результатом выше рассмотренного исследования, где утверждается, что для обеспечения надежного биологического эффекта лазерной стимуляции при высокой производительности облучения может быть использован экономический диапазон плотностей мощности 0,1–10 Вт/м². При этом стоит отметить, что время облучения растений также играет немаловажную роль при проведении лазерного облучения растений.

УДК 004.932.2:629.78

СОПОСТАВЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ИНТЕРПРЕТИРУЕМОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЯ В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ СПЕКТРА

Студент гр. 11311218 Защепко П.А., аспирант Романов Д.В.

Кандидат техн. наук, доцент Фёдорцев Р.В., Котов М.Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время существует большое количество методик, описывающих процесс восприятия и интерпретации изображения зрительным анализатором. Поскольку процесс наблюдения и принятия решения зависит от ряда случайных факторов и является вероятностным, необходимы критерии, позволяющие с определенной степенью достоверности качественно определить эффективность той или иной системы видения. Одними из таких критериев являются критерии Джонсона и Национальная шкала оценок интерпретации изображений NIIRS (The National Imagery Interpretability Rating Scale). В настоящее время эти критерии применяются для объективной/субъективной визуальной оценки фотографических снимков, полученных с камеры космического аппарата (КА). Критерии Джонсона позволяют выделить несколько уровней восприятия на основе достаточных психофизиологических экспериментальных исследований, не прибегая к сложным математическим выражениям, описывающим процесс восприятия и интерпретации изображения зрительным анализатором. Выделено несколько уровней восприятия: обнаружение (I); определение ориентации (II); различие (III); идентификация (IV).

В качестве параметра, характеризующего уровень восприятия при работе с системой видения, используют разрешение штриховых мир, эквивалентных объекту. При этом сам объект характеризуется неким минимальным размером существенным для его восприятия. Также в пиксельном выражении, по теории тепловидения, с учетом наименьшего размера объекта, обнаружение возможно если объект занимает более 2 пикселей, ориентация – если 3 пикселей, различие – если 6 пикселей, идентификация – 12 пикселей. NIIRS используется аналитиками для визуальной оценки качества изображения по определенному набору типовых задач интерпретации изображения и деления их на определенные уровни соответственно. Она насчитывает 10 уровней – от 0 до 9. Шкала NIIRS позволяет на прямую связать качества изображения с задачей интерпретации, так как NIIRS рассчитывается через физические показатели системы, таких как геометрическое разрешение, соотношение сигнал/шум и других характеристик системы. Проведено сравнительное сопоставление критериев Джонсона и уровней NIRS для различных типов объектов средних размеров: здание (12×24 м), машина (2,5×5 м) и человек (0,4×0,8 м) (таблица 1).

Таблица 1

Результат сопоставления критериев

| Критерии Джонсона | Уровни NIIRS (здание) | Уровни NIIRS (машина) | Уровни NIIRS (человек) |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| (не учитываются) | – | 1, 2, 3 | 1, 2, 3, 4 |
| Обнаружение (I) | 1, 2 | 4 | 5 |
| Ориентация (II) | 3 | 5 | 6 |
| Различие (III) | 4, 5 | 6 | 7 |
| Идентификация (IV) | 6, 7, 8, 9 | 7, 8, 9 | 8, 9 |

По результатам сопоставления можно заметить, что для различения построек и зданий среднего размера используют III критерий Джонсона, но по шкале интерпретируемости NIIRS, в соответствии с поставленной задачей, могут использовать 4 и 5 уровни, а для различения человека используют 7 уровень по шкале интерпретируемости.

Таким образом для перехода, в качественном плане, от одной системы интерпретируемости к другой возникают трудности из-за их различия по количеству критериев и уровней. Но для оценки интерпретируемости изображения определенного объекта есть возможность сопоставить

критерии по задачам интерпретируемости, тем самым вывести соответствия между параметрами соответствующих критериям Джонсона и Общим уравнением качества изображения для расчета NIRS.

Литература

1. Джон Джонсон, «Анализ систем формирования изображения», в Симпозиуме по усилению изображения, 220160 нашей эры (Департамент военной электротехники, Лаборатории исследований и разработок армии США, Форт Белвуар, Вирджиния, 1958). – С. 244–273.
2. Карасик, В.Е. Лазерные системы видения / В.Е. Карасик, В.М. Орлов. – М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 352 с.
3. General image-quality equation: GIQE / Leachtenauer J.C. [et al.] //Applied optics. – 1997. – Т. 36. – №. 32. – С. 8322-8328.

УДК 621.375.826

СПЕКТРАЛЬНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛА $\text{Yb}^{3+}:\text{YMgB}_5\text{O}_{10}$ ДЛЯ ЛАЗЕРОВ СПЕКТРАЛЬНОГО ДИАПАЗОНА ОКОЛО 1 МКМ

Магистрант гр. 51315021 Лазарчук А.И.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Горбаченя К.Н.,

кандидат физ.-мат. наук, доцент Кисель В.Э., д-р физ.-мат. наук, профессор Кулешов Н.В.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Наличие мощных лазерных диодов накачки на основе соединений InGaAs в спектральной области поглощения ионов Yb^{3+} (940–980 нм) в совокупности с уникальными спектроскопическими и лазерными свойствами иттербий содержащих материалов стимулировали повышенный интерес к исследованию новых кристаллических материалов с данным активатором для различных типов лазеров, излучающих в спектральном диапазоне около 1 мкм. В данной работе представлены результаты исследований спектроскопических и люминесцентных свойств кристаллов иттриевого-магниевого пентабората, легированных ионами иттербия – $\text{Yb}^{3+}:\text{YMgB}_5\text{O}_{10}$ (YMBO).

Для исследований спектров поглощения в поляризованном свете из кристаллов $\text{Yb}:\text{YMBO}$ были изготовлены пластинки, ориентированные вдоль главных осей оптической индикатрисы кристалла N_m , N_p , N_g . Измерение спектров поглощения кристалла производилось на двулучевом спектрофотометре Cary 5000 Varian при комнатной температуре. Спектральная ширина щели спектрофотометра составляла 0,4 нм. Полосы поглощения, соответствующие переходам между нижним $^2F_{7/2}$ и верхним $^2F_{5/2}$ мультиплетами ионов Yb^{3+} наблюдаются в спектральной области около 1 мкм. На рис. 1 приведены спектры поперечных сечений поглощения кристалла $\text{Yb}:\text{YMBO}$ в спектральной области 850–1050 нм. В спектре несколько интенсивных полос поглощения с пиками на различных длинах волн. Максимальное значение поперечного сечения поглощения составляет $1,4 \times 10^{-20}$ см² на длине волны 975 нм для поляризации E//Ng.

Измерение кинетики люминесценции проводилось для определения времени жизни возбужденного состояния ионов иттербия Yb^{3+} . Порошки указанного кристалла помещались в иммерсионную жидкость (глицерин) для снижения влияния эффекта перепоглощения, обусловленного перекрытием полос поглощения и излучения. Возбуждение проводилось на длине волны около 976 нм. Кинетика затухания люминесценции описывается одноэкспоненциальным законом (вставка на рис. 2). Начиная с определенного значения весовой концентрации время затухания люминесценции не изменялось при дальнейшем разбавлении (рис. 2), что свидетельствует об исключении влияния эффектов перепоглощения на результаты измерения. Измеренное время жизни возбужденного состояния ионов иттербия Yb^{3+} в кристаллах составляло 580 ± 10 мкс.

Спектры люминесценции кристалла $\text{Yb}:\text{YMBO}$ в области 950–1100 нм приведены на рис 3. В спектрах наблюдаются несколько ярко выраженных полос излучения. Максимальная интенсивность наблюдается на длине волны около 1012 нм для поляризации E//Np. Пик в области 966 нм относится к излучению лазерного диода используемого для возбуждения люминесценции.

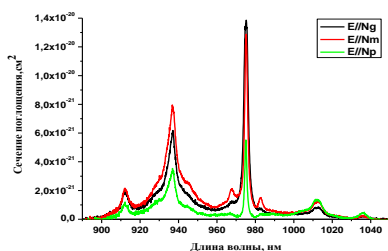


Рис. 1. Спектр сечений поглощения в области 850–1050 нм

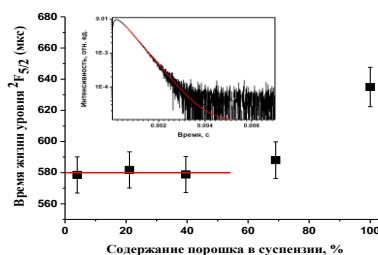


Рис. 2. Кинетика затухания люминесценции

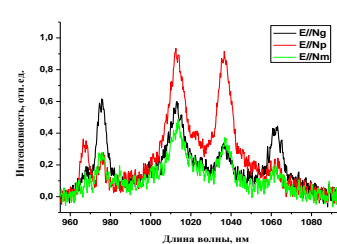


Рис. 3. Спектр люминесценции в области 950–1100 нм

Проведенные исследования спектрально-люминесцентных свойств кристаллов $\text{Yb}:\text{YbVO}$ свидетельствуют о перспективности их использования в качестве активной среды лазеров спектрального диапазона около 1 мкм.

УДК 621.375.826

ЛАЗЕРНАЯ СИСТЕМА ГЕНЕРАЦИИ УЛЬТРАКОРТКИХ ИМПУЛЬСОВ НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛА $\text{Yb}^{3+}:\text{LuAlO}_3$

Магистрант гр. 51315021 Лазарчук А.И.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Кисель В.Э.,

кандидат физ.-мат. наук, доцент Горбаченя К.Н., д-р физ.-мат. наук, профессор Кулешов Н.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Наличие мощных InGaAs-лазерных диодов в совокупности с уникальными спектроскопическими и лазерными свойствами иттербий содержащих материалов стимулировало повышенный интерес к исследованию твердотельных материалов, легированных ионами Yb^{3+} , для различных типов лазеров, излучающих в спектральном диапазоне около 1 мкм. Широкий спектр излучения (усиления), позволяет перестраивать длину волны лазерного излучения в диапазоне 20–100 нм и генерировать фемтосекундные импульсы.

В работе проведено исследование спектроскопических и генерационных характеристик кристаллов $\text{Yb}^{3+}(2 \text{ ат.}\%):\text{LuAlO}_3$. Измерены поляризационные спектры поглощения кристалла $\text{Yb}:\text{LuAlO}_3$. Оценено время жизни верхнего лазерного состояния ${}^2\text{F}_{5/2}$ ионов Yb^{3+} в кристалле. Рассчитаны спектры сечения поглощения и вынужденного излучения. Исследованы режимы непрерывной генерации и пассивной синхронизации мод.

Спектры сечения поглощения характеризуются широкими структурированными полосами. Максимальное сечение поглощения наблюдается для поляризации $E//c$ на длине волны 978,5 нм и составляет около $6,6 \times 10^{-20} \text{ см}^2$ с спектральной шириной полосы на полувысоте 4 нм. Максимальное значение поперечного сечения стимулированного испускания составило $3,74 \times 10^{-20} \text{ см}^2$ на длине волны 999,6 нм для $E//c$ поляризации. Измеренные времена жизни возбужденного состояния ионов иттербия Yb^{3+} в кристаллах LuAlO_3 составляло 475 ± 5 мкс.

Для непрерывной генерации и пассивной синхронизации мод был собран четырехзеркальный резонатор. Для лазерных экспериментов использовались кристаллы, вырезанные вдоль кристаллографической оси a для возможности генерации излучения с поляризацией, параллельной кристаллографическим осям b и c для которых наблюдаются наибольшие значения сечений СИ.

На рисунке 1 показаны зависимости выходной мощности от мощности накачки для $E//c$ -поляризаций излучения в активной среде при пропускании выходных зеркал 1,5; 3,5; 5,7; 10 и 20 %. Наибольшее значение выходной мощности 10,95 Вт на длине волны 1039,9 нм получено для поляризации выходного излучения $E//c$ и пропускании выходного зеркала 5,7 % при мощности накачки 27,07 Вт. Дифференциальная эффективность достигала 79 %.

Для получения режима пассивной синхронизации мод использовались полупроводниковые зеркала с насыщением поглощения (SESAM). Для компенсации материальной дисперсии групповой скорости и фазовой самомодуляции использовались компенсационные зеркала (Gires-Tournois Interferometer Mirrors (GTI)). В результате наиболее короткая длительность импульса 90 фс при средней выходной мощности лазера 2,9 Вт получена для поляризации излучения $E//b$

при пропускании выходного зеркала 5 % на длине волны 1019,3 нм. Автокорреляционная функция и спектр импульсов представлены на рисунках 2 и 3. Произведение длительности импульса $\Delta\tau_p$ на полуширину спектра $\Delta\nu$ равнялось 0,319.

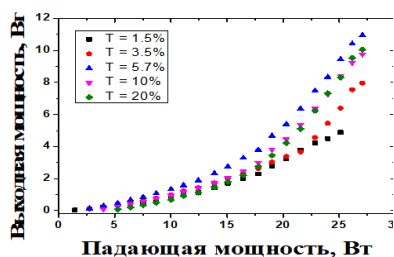


Рис. 1. Выходная характеристика лазера в непрерывном режиме

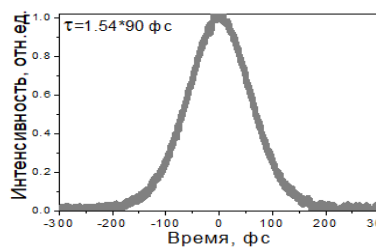


Рис. 2. Автокорреляционная функция

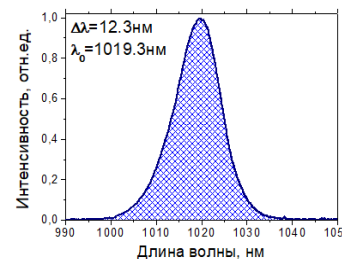


Рис. 3. Спектр импульсов

УДК 623.4.051

СОГЛАСОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ОСЕЙ ПРИЕМНЫХ КАНАЛОВ ТАНКОВОГО ПРИЦЕЛА ПОСРЕДСТВОМ КЛИНОВОГО КОМПЕНСАТОРА

Студент гр. 11311117 Мандик Н.С.

Ведущий инженер-конструктор Кубарко Ф.В., кандидат техн. наук, доцент Фёдорцев Р.В.,
д-р физ.-мат. наук, профессор Тихомиров С.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Прицел наводчика ПН-72М входит в состав системы управления огнем (СУО) танка Т-72Б1 и предназначен для наблюдения местности, поиска и обнаружения цели, измерения дальности, формирования поля управления (ПУ) для наведения управляемой ракеты на цель. Основным функциональным блоком ПН-72М, позволяющим реализовать поставленные задачи, является блок оптико-электронный (БОЭ). БОЭ включает в себя телевизионный канал (ТВ), канал лазерного дальномера (ЛД), лазерный канал управления (ЛКУ), тепловизионный канал (ТПВ). Все каналы БОЭ расположены в едином корпусе, являющемся несущей конструкцией для узлов соответствующих каналов, что позволяет значительно уменьшить рассогласования осей каналов при воздействии механических и климатических факторов внешних воздействий. Верхняя часть корпуса оформлена в виде стыковочного фланца, устанавливаемого на башню танка. Для согласованного взаимодействия рабочих каналов БОЭ снабжен внутренней системой выверки, предназначенной для контроля положения осей ЛД и оси нулевых команд ЛКУ относительно линии прицеливания ТВ-канала. ТВ-канал позволяет рассматривать на экране ИТВ-45 телевизионное изображение местности с двумя увеличениями (ветви ШПЗ и УПЗ). Ветвь УПЗ имеет также функцию 2-х кратного электронного увеличения. Каждая из ветвей ТВ-канала включает объектив, в плоскости изображения которого расположен матричный фотоприемник ТВ-камеры. Объектив ТВ-канала УПЗ содержит подвижный компонент, обеспечивающий подфокусировку его в процессе прицеливания. Перемещение подвижного компонента обеспечивается шаговым двигателем. Перед ТВ-камерой УПЗ введен блок переключающихся фильтров, обеспечивающий оптимальное качество изображения при различных уровнях освещенности на местности и разной фоновой обстановке. Переключение ТВ-каналов УПЗ и ШПЗ, подфокусировка объектива УПЗ и переключение фильтров обеспечивается от команд с пульта управления ПН-72М.

ЛД состоит из блока излучателя со встроенным коллиматором выверки, телескопической системы и клинового компенсатора для устранения рассогласования непараллельности передающей ветви ЛД относительно ТВ-канала УПЗ, а также фотоприемного устройства ЛД, блока питания ЛД, встроенной системы визуализации направления оси приемной ветви ЛД. В ЛД-канале используется твердотельный лазер с электрооптическим затвором, работающий в импульсном режиме ($\lambda = 1,067$ мкм). Работа ЛД-канала основана на измерении времени прохождения им-

пульса лазерного излучения до цели и обратно. Принцип построения системы выверки ЛД основан на введении в канал излучения и приемный канал ЛД коллиматоров, сопряженных с соответствующими каналами ЛД и обеспечивающими построение изображения выверочных знаков коллиматоров в плоскости КМОП-матрицы ТВ-камеры канала УПЗ. Выверка производится совмещением во время контроля изображения выверочных знаков коллиматоров с выверочными штрихами марки ТВ-канала УПЗ. Для совмещения используются коммутационные связи, позволяющие производить выверку от пульта управления. Выверка ЛКУ основана на построении изображения кадрового окна раstra модулятора в плоскости КМОП-матрицы ТВ-камеры канала УПЗ. Выверка производится совмещением во время контроля изображения кадрового окна раstra с выверочным квадратом марки ТВ-канала УПЗ. Для совмещения используется механический привод от винтов выверки на панели БОЭ. Сопряжение выверяемых каналов с ТВ-каналом УПЗ обеспечивается введением в рабочий ход лучей призмы БкР-180°. При выверке приемного канала ЛД, встроенного в ТВ-канал УПЗ и имеющего с ним общий объектив, призма БкР-180° работает совместно со световозвращателем типа «кошачий глаз».

Проведен ряд механических расчетов на точность в ходе которых определены: предельный угол при вершине клина, основные параметры зубчатого и червячного зацепления. Узел спроектирован и подключен с возможностью перемещения оправ с клиньями вокруг своей оси в противоположных направлениях с помощью шагового двигателя.

УДК 528.8.044.6

ТЕХНОЛОГИЯ LIDAR

Студент гр. 11311120 Михалкович Р.Р.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Фотоника все глубже проникает в сферу науки, техники и производства. Технология LIDAR не стала исключением. Эта технология позволяет получать и обрабатывать информацию об объектах с помощью лазерного излучения. Зачастую вместо «LIDAR» используется термин «Технология трехмерного лазерного сканирования». В основу механизма действия легли такие фундаментальные явления, как поглощение, отражение и рассеяние света.

Принцип работы условно прост и понятен даже для людей далеких от науки: излучение лазера направляется на объект и, отражаясь, возвращается обратно в приемник. После этого специальное программное обеспечение преобразуя полученную информацию (расстояние от излучателя до точек объекта) воспроизводит трехмерное изображение среды, которая окружает сканирующий лазерный дальномер.

Однако современная технология имеет существенные недостатки. В первую очередь это конечно же цена. Стоимость одной системы может достигать нескольких десятков тысяч долларов. Вторым недостатком является категоричность по отношению к погодным условиям. Система не может корректно работать в условиях сильного дождя, снега или тумана. Так же к недостаткам следует отнести требования к высокой вычислительной мощности устройств, так как при работе лидары получают огромные объемы информации, которую необходимо анализировать и обрабатывать. Впрочем с развитием вычислительных устройств и такого направления как data science этот недостаток в конечном итоге перестанет существовать. К преимуществам технологии следует отнести высокую скорость и точность сбора информации, независимость от освещения окружающей среды, отсутствие геометрических искажений. Но одним из самых существенных плюсов является минимальное участие человека в работе устройства, что важно в сферах, где любой просчет может понести за собой непоправимые последствия.

Одним из основных направлений является развитие лазерных систем машинного видения, которые являются очень важным элементом робототехнических устройств, где они используются для ориентации последних в пространстве. Так, на крыше робомобилей установлен лидар с вращающимся зеркалом, что позволяет сканировать пространство в радиусе около шестидесяти метров, создавая тем самым динамические трехмерные модели среды, окружающей беспилотный автомобиль. По схожему принципу работают роботы-пылесосы. Лазерная навигация помогает последнему ориентироваться в помещениях и эффективно обрабатывать участки пола. Однако

лидары применяются не только в робототехнике. При 3D-сканировании есть возможность собрать точные данные о координатах расположения объектов в трехмерном пространстве. Так, с помощью интеграции летательных аппаратов и лазерного дальномера можно дать оценку объему породы, извлеченной из шахты или добытой открытым способом. Технология LIDAR, помимо всего прочего используется при дистанционном зондировании земли. Атмосферные лидары позволяют произвести оценку загрязнений атмосферы, а также полезны при исследовании параметров метеорологических элементов, таких как облака, ветер и различные газы.

Таким образом, технология LIDAR имеет множество перспектив для развития. Лазерное сканирование находит свое применение в совершенно разных и непохожих друг на друга сферах. В связи с роботизацией и цифровизацией спрос на лазерные дальномеры будет только расти, а их сфера применения увеличиваться. Поэтому совершенно точно можно сказать, что данное направление в области приборостроения заслуживает особого внимания.

Литература

1. Федоров, Б.Ф. Лазеры. Основы устройства и применение / Б.Ф. Федоров – М; ДОСААФ, 1988. – 190 с.
2. Кожина Е.П. Лидарные технологии: современное состояние и перспективы / Е.П. Кожина // Фотоника. – 2019. – Т. 13. – №. 6. – С. 570–573.
3. Публичный аналитический доклад «Сканирующие лазерные дальномеры (LIDAR)» // Официальный сайт ЗАО «СОЛАР ЛС» [Электронный ресурс]. – Минск. 2022. – Режим доступа: <https://solarlaser.com/> – Дата доступа: 15.03.2022.
4. Ландсберг, Г.С. Оптика / Г.С. Ландсберг. – М., 1976. – 928 с.

УДК 621.384.4

ПРИЦЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА НОЧНОГО ВИДЕНИЯ

Студенты гр. 11311119 Москаленко И.А., Казакевич Н.А., Али-заде Э.Т.

Кандидат техн. наук, доцент Кузнечик В.О.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Резкое ограничение видимости при наблюдении невооруженным глазом в сумерках и ночью обусловлено низким уровнем естественной ночной освещенности (ЕНО), а также несоответствием спектральной чувствительности глаза спектральному диапазону ЕНО [1]. Желание человека видеть в темноте привело к созданию приборов ночного видения (бинокли, прицелы, зрительные трубы), которые преобразуют невидимое для человеческого глаза изображение объектов наблюдения в видимое.

Прицелы ночного видения (ПНВ) предназначены для обнаружения и распознавания целей, ведения прицельной стрельбы в сумерках, ночных условиях, в том числе в полной темноте, и сложной фоноцелевой обстановке из стрелкового оружия (автомат, винтовка).

Прицельные устройства данного класса работают в ближнем и/или среднем и дальнем ИК-диапазонах, они могут быть аналоговыми и цифровыми, строиться на базе электронно-оптических преобразователей (ЭОП), ПЗС (CCD) или КМОП (CMOS) матриц, а также микроболометрических матриц. Обнаружение и распознавания целей в прицелах осуществляется по визуальному, телевизионному, тепловизионному или полученному цифровым сложением тепло-телевизионному изображению объекта. Для расширения функциональных возможностей прицельной техники в них может использоваться встроенный ИК-осветитель и/или лазерный дальномер.

В аналоговых прицелах ночного видения, состоящих в общем случае из объектива, ЭОП-а, прицельной сетки и окуляра, основным элементом является ЭОП (например, ЭОП 3 поколения или ЭОП на основе микроканальных пластин), характеристики которого определяют эффективность ПНВ. ЭОП представляет собой сложный электровакуумный прибор, с его помощью осуществляется перенос электронов с фотокатода на катодолуминесцентный экран, преобразующий спектр ИК излучения в видимый и усиливающий яркость, в несколько десятков тысяч раз, полученного изображения.

Цифровые прицелы конструктивно представляют собой объектив, фотоприемник (ПЗС или КМОП-матрица, отличающиеся способом считывания сигнала; близки по своим параметрам), блок электронной обработки изображения и управления, прицельную цифровую сетку (в памяти

может храниться большое количество прицельных сеток), микродисплей (жидкокристаллический или OLED-дисплей) и окуляр.

В отличие от ПНВ на базе ЭОП цифровые прицелы позволяют использовать дополнительные настройки, например, регулировка яркости, повышение контрастности, цифровое увеличение всего изображения или его части и другие в зависимости от применяемого программного обеспечения, а также в них отсутствует параллакс. Кроме этого, прямые и боковые световые помехи в этих прицелах не выводят приемник из строя и не приводят к временному ослеплению человека. К основному недостатку данных прицелов можно отнести их большее энергопотребление.

В отличие от двух первых типов прицелов, работающих по отраженному от целей и фона излучению, тепловизионные прицелы, работают по собственному излучению объектов и способны обнаружить цель, в том числе и замаскированную, в полной темноте и в условиях плохой видимости (дым, туман, дымка). Они состоят из объектива, микроболометрической матрицы, электронного модуля цифровой обработки изображения, цифровой шкалы и микродисплея. К основным недостаткам данных прицелов относятся специфический характер и слабая детализация изображения объектов, высокая стоимость.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что будущее за цифровыми прицелами.

Литература

1. Грузевич, Ю.К. Оптико-электронные приборы ночного видения / Ю.К. Грузевич. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. – 276 с.

УДК 551.576.4

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОТЫ НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ ОБЛАКОВ

Студент гр. 11311117 Павлюковец Е.Ю.

Д-р техн. наук, профессор Артюхина Н.К., кандидат техн. наук, доцент Кузнечик В.О.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Облака определяют погоду и климат нашей планеты, поэтому, необходимо осуществлять мониторинг параметров облаков, таких как их количество, форма, направление движения, горизонтальная и вертикальная протяженность и др [1]. Данные о низкой облачности и ее характеристиках используются в синоптико-климатических моделях облачности, а также службами аэродромов для предоставления метеорологической информации авиации.

Нижняя граница облаков (НГО) в соответствии с публикациями всемирной метеорологической организации [1] определяется как самая нижняя зона, в которой прозрачность переходит от значений, соответствующих ясному небу или дымке, к значениям, соответствующим совокупности водяных капель и кристаллов льда.

Методы измерения высоты НГО представлены на рис.1.

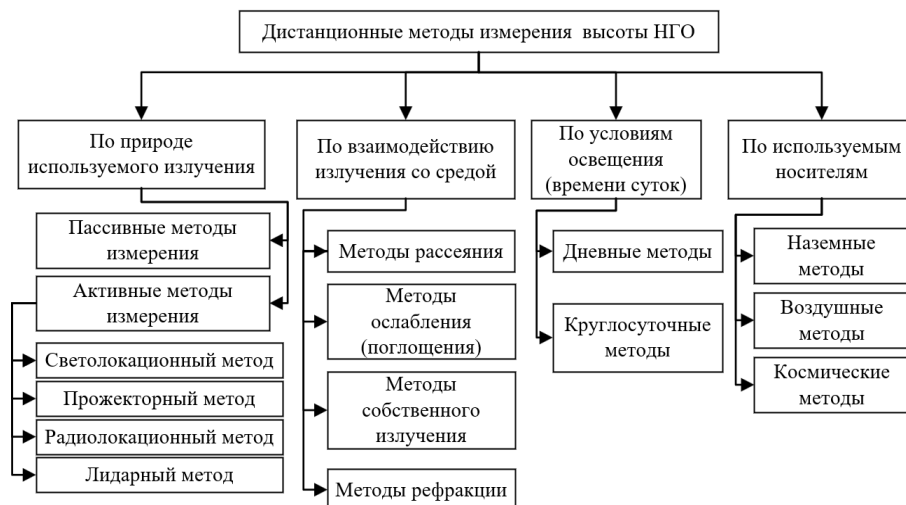


Рис. 1. Классификация методов измерения высоты НГО

Идеального метода измерения высоты НГО не существует [2], однако, среди наземных методов мониторинга облачности в настоящее время наибольшее распространение получил лидарный метод. Принцип измерения высоты НГО данным методом основан на том, что в вертикальном или почти вертикальном направлении (в сторону облаков) посылаются короткие мощные импульсы лазерного излучения, которые при взаимодействии с атмосферой (дымка, туман, осадки, облака) претерпевают отражение, рассеяние и поглощение. Характеристики обратного рассеяния зондирующего импульса при прохождении им исследуемого участка трассы позволяют определить профиль облаков, а зная скорость света и время задержки между старт-импульсом лазерного излучения и его приемом, можно определить высоту НГО.

Литература

1. Руководство по метеорологическим приборам и методам наблюдений. Издание шестое. Док. ВМО № 8. – Женева, изд. ВМО, 2000. – 305 с.
2. Зуев С.В. Моностатический оптико-электронный измеритель высоты нижней границы облачности. – Томск: НИ ТГУ, 2014. – 120 с.

УДК 623.4.055

ФОТОПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА

Студент гр. 11311218 Пупкевич А.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время задача измерения расстояния между объектами остается по-прежнему актуальной. Однако требования к высокой точности в таких отраслях, как строительство, геодезия, навигация и военное дело, устанавливают вектор развития измерительной техники. Одними из наиболее перспективных направлений являются лазерные дальномерные устройства (ЛДУ). Точность, предельная измеряемая дальность, темп измерений, масса и габариты прибора – все это основные выходные параметры лазерных дальномерных устройств, требования к которым постоянно ужесточаются.

Принцип действия импульсных ЛДУ основывается на измерении интервала времени между получением «Старт» и «Стоп» сигналов. Под «Старт» сигналом подразумевается момент излучения зондирующего лазерного импульса. «Стоп» сигнал – прием этого излучения, отраженного от объекта. Основной характеристикой, исследуемой в процессе светоэнергетического расчета дальномера, является предельная измеряемая дальность, которая зависит от уже заданных конструктивных параметров: мощности лазера, характеристики ФПУ, условий применения.

Новые методы обработки сигнала и совершенствование элементной базы – это те задачи, которые решаются для улучшения выходных характеристик ЛДУ.

Основу элементной базы составляют лазерные излучатели, электронный блок обработки и индикации, а также ФПУ.

Для определения дальности, помимо мощного импульсного излучения лазера требуется быстродействующее высокочувствительное ФПУ.

К приемникам относятся:

- 1) фотоэлектронные умножители (ФЭУ);
- 2) ФПУ на основе гетероструктурных *p-i-n*-фотодиодов;
- 3) ФПУ на основе кремниевых или германиевых лавинных фотодиодов.

Задачу улучшения порогового потока широкополосных ФПУ импульсных дальномеров можно решить благодаря применению фотодиодов с внутренним усилением, к которым относятся лавинные фотодиоды (ЛФД).

Одними из лучших ФПУ такого типа можно назвать ФПУ производства НИИ «Полнос», которые чаще всего используются в отечественных лазерных дальномерных.

Для большего понимания того, как ФПУ влияет на предельную дальность измерений, были произведены расчеты дальности лазерного дальномера с типовыми характеристиками при использовании различных ФПУ (ФПУ-21В и ФПУ-35).

- Выходная энергия импульса – 3 мДж,
- Длительность импульса – 13 нс,

- Длина волны – 1,540 мкм,
- Диаметр входного зрачка – 40мм,
- Пропускание приемной и передающей оптики – 0,88; 0,65,
- Увеличение телескопа – 0,125 крат,
- Размеры цели 2×2 м,
- Коэффициент отражения цели – 0,3,
- Метеорологическая дальность видимости – 12 км.

Таблица 1

Зависимость максимальной дальности измерения в зависимости от ФПУ

| ФПУ | Предельная дальность измерения, м |
|---------|-----------------------------------|
| ФПУ-21В | 6408 |
| ФПУ-35 | 8690 |

Из вышеприведенной таблицы видно, что одно только изменение ФПУ на более чувствительное может увеличить предельную дальность измерения на несколько километров.

УДК 623.4.054

ПЛАВНОСТЬ РАБОТЫ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ В УЗЛЕ СИСТЕМЫ ДИСКРЕТНОГО ИЗМЕНЕНИЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРИЦЕЛА БОЕВОЙ МАШИНЫ

Студент гр. 11311118 Семченок А.В.,
инженер-конструктор 1 кат. Голубева И.С., кандидат техн. наук, доцент Фёдорцев Р.В.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Прицел модели Б07К2 устанавливается на Объекте 199 модернизированной БМП-2 или на БМПТ-72, включает измерительный дальномерный, оптический (дневной) и тепловизионный (ночной) каналы наблюдения. Функциональное назначение прицела:

- обзор местности, обнаружение, опознавание и выбор цели, обеспечение прицельной стрельбы из автоматической пушки 2А42 и танкового модернизированного пулемета Калашникова;
- измерение дальности до цели лазерным дальномером;
- обеспечение стабилизированного в двух плоскостях наведения и удержания прицельной марки на цели по сигналам с пульта управления.

Дальность обнаружения и опознавания цели типа танк в видимой области спектра ($\lambda = 480\text{--}660\text{ нм}$) для дневного канала возможно на дистанции от 100 до 5000 м.

Механизм дискретного изменения кратности увеличения в оптическом канале представляет собой сборочный узел с двумя линзовыми оборачивающимися системами 1 и 2 (рис.1) для широкого (12°) и узкого (4°) поля зрения (ШПЗ и УПЗ).

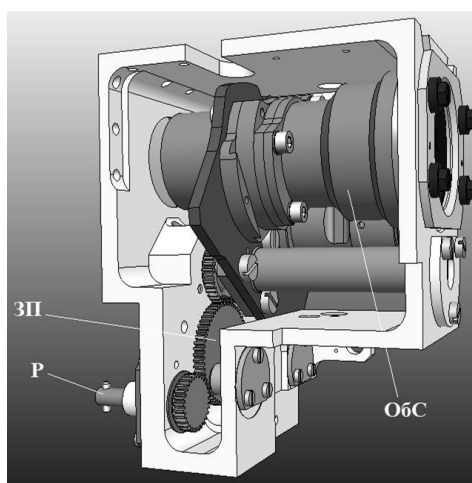


Рис. 1. Внешний вид узла изменения увеличения в дневном канале: ЗП – зубчатая передача; Р – рукоятка переключения узкого-широкого полей зрения дневного канала; ОбС – оборачивающая система

Увеличение, даваемое на выходе из окуляра, проходящее оборачивающую систему 1 составляет $12\times$, а через оборачивающую систему 2 равно $4\times$. Изменение увеличения происходит следующим образом: оператор поворачивает рукоятку (Р), которая жестко связана с зубчатой шестерней двухступенчатой зубчатой передачей (ЗП), на выходном валу закреплен диск револьверного механизма, удерживающего оба оптических канала с оборачивающими системами (ОбС). Узел изменения увеличения выполнен в литом алюминиевом корпусе с базовыми опорными и несущими поверхностями.

Технические характеристики оборачивающих систем представлены в таблице 1.

Таблица 1

| Характеристики оборачивающих систем | | |
|---|-------------------------|-------------------------|
| Наименование параметра | Оборачивающая система 1 | Оборачивающая система 2 |
| Фокусное расстояние f' , мм | 13,88 | 32,65 |
| Линейное поле зрения в пространстве предметов, мм | 10,5 | 31,8 |
| Увеличение Γ, \times | 2,4 | 0,8 |

Для обеспечения качественной фокусировки на объекты наблюдения и наведения прицельной марки необходимо достичь максимальной плавности работы зубчатого механизма. Исходя из обеспечения компактности конструкции сборочного узла проведены габаритные расчеты его основных элементов. Выполнены расчеты на точность зубчатого зацепления, определены оптимальные значения межосевых расстояний ($a_1 = 22$ мм, $a_2 = 24,5$ мм), модуля ($m = 0,5$) и передаточного отношения ($n = 0,74$), а также параметры эвольвентного профиля зубьев (20°). Определены контактная прочность зубьев и изгибающие моменты, подобраны материалы шестерен и зубчатых колес (сталь 45Х).

УДК 665.61+552.578.2+553.982

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАЗЛИЧНЫХ МАРОК НЕФТИ

Силие Куэнка Алехандро Рафаэль^{1,2}

Кандидат техн. наук, доцент Фёдорцев Р.В.²

¹Национальный центр оптических технологий, Мерида, Венесуэла,

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

С химической точки зрения нефть представляет собой сложный раствор природных углеводородов (79...88%), которые могут существенно отличаться по составу в зависимости от месторождения. Объединяющим свойством нефтяных углеводородов являются три основные группы: метановая C_nH_{2n+2} (алканы); нафтеновая C_nH_{2n} (цикланы) с жидкими составляющими: пентан C_5H_{12} , гексан C_6H_{14} и т. д.; и ароматическая C_nH_{2n-6} (арены) с бензольным ядром C_6H_6 . Дополнительными компонентами нефти являются: водород (1–14 %); кислород (8–15 %); сера (0,1–5 %); азот, а также еще порядка 100 различных соединений [1].

Сорт нефти зависит от количества присутствующих газов в объемной массе вещества. Легкие сорта нефти имеют меньшую плотность от 0,78–0,87 г/см³ (50–31,1 API), к средним сортам – плотностью от 0,87–0,92 г/см³ (22,3–31,1 API) и тяжелым сортам относится нефть плотностью от 0,92–1,0 и более г/см³ (22,3–10 API) (табл. 1). Для нефти низкой плотности характерно преобладание метановых углеводородов, а для нефти высокой плотности характерна повышенная концентрация смолисто-асфальтеновых компонентов [2].

Основным оптическим свойством нефти является ее способность вращать вправо (изредка – влево) плоскость поляризованного светового излучения. Этот эффект образуется в результате присутствия в составе нефти остаточных молекул – хемофоссилий, животного и растительного происхождения. При облучении нефти ультрафиолетовым излучением они начинают светиться, т. е. проявляется способность люминесценции. Легкие сорта нефти люминесцируют в голубом и синем спектре, а тяжелые – в желтом и желтовато-буром.

| Сорта нефти и места происхождения [3] | | | |
|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| Марка нефти (страна происхождения) | Плотность в градусах API | Марка нефти (страна происхождения) | Плотность в градусах API |
| Легкие сорта | | Средние сорта | |
| Saharan Blend (Алжир) | 45-46 | Arab Light (Саудовская Аравия) | 32,8-33 |
| Murban (ОАЭ) | 40,4 | Basrah Light (Ирак) | 31,4-34 |
| WTI (США) | 39,6-40 | Urals (Россия) | 31-33 |
| Statfjord (Норвегия) | 39,4 | Girassol (Ангола) | 31 |
| Brent (Великобритания) | 38 | Kuwait Export (Кувейт) | 31 |
| Es Sider (Ливия) | 36,2-37 | Тяжелые сорта | |
| Qatar Marine (Катар) | 36,2 | Iran Heavy (Иран) | 30,2 |
| Santa Barbara (Венесуэла) | 36 | Mesa (Венесуэла) | 30 |
| Siberian Light (Россия) | 35-36 | Basrah Heavy (Ирак) | 26 |
| ESPO (Россия) | 34,8 | Oriente (Эквадор) | 24 |
| Light Sweet (США) | 34-42 | THUMS (США) | 17 |
| Bonny Light (Нигерия) | 34,5 | Merey (Венесуэла) | 16 |
| Kirkuk (Ирак) | 34,2-36 | Midway Sunset (США) | 13 |
| Iran Light (Иран) | 33,6 | Kern River (Канада) | 13 |

Литература

1. Хомутко, В. Основные физические свойства нефти / В. Хомутко // Портал о нефти NEFTOK [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://neftok.ru/raznoe/fizicheskie-svoystva-nefti.html>. – Дата работы: 15.03.2022.

2. Плотность пластовой нефти [Электронный ресурс] // Neftegaz.ru. – Режим доступа: <https://neftegaz.ru/tech-library/ngk/148228-plotnost-plastovoy-nefti/>. – Дата работы: 21.11.2007.

3. Energy Insights. McKinsey&Company. Resources. Refinery Reference Desk. Crude grades [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mckinseyenergyinsights.com/resources/refinery-reference-desk/crude-grades/>. – Дата работы: 21.11.2007.

УДК 621.3.038.825.2

СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ Er:YAP

Студент гр. 11311219 Тараченко А.А.

Кандидат физ.-мат. наука, доцент Горбаченя К.Н., кандидат физ.-мат. наук, доцент Кисель В.Э., д-р. физ.-мат. наук, профессор Кулешов Н.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В последние годы для Er-содержащих лазерных кристаллов, излучающих в области 1,5–1,6 мкм, все активнее используется накачка в области 1,5 мкм, т.е. прямое возбуждение ионов Er^{3+} непосредственно на верхний лазерный уровень $^4I_{13/2}$. В этом случае тепловыделение из-за малой разности энергий квантов накачки и генерации сводится к минимуму, исключаются потери на перенос энергии и ап-конверсию с промежуточного уровня $^4I_{11/2}$, вследствие чего эффективность генерации значительно возрастает (до 60 % и более) [1]. В данной работе исследованы спектроскопические свойства монокристаллов алюмината иттрия, активированного ионами Er^{3+} , Er:YAlO₃ (YAP), как активной среды лазеров с резонансной накачкой.

Исследованные образцы Er:YAP изготавливались в Институте физических исследований национальной академии наук Армении. Монокристаллы выращивались методом кристаллизации из раствора в расплаве Y₂O₃, Er₂O₃, Al₂O₃ модифицированным методом Бриджмена [2]. В результате были получены монокристаллы Er:YAP высокого оптического качества размером до 15 мм в диаметре и длиной до 30 мм с содержанием ионов Er^{3+} 0,5 ат. %.

Измерение абсорбционных свойств производилось при комнатной температуре на двухлучевом спектрофотометре Varian CARY 5000 в спектральной области 1350–1700 нм в поляризованном свете. На рисунке 1 представлен спектры поглощения кристалла Er:YAP. В спектре наблюдаются интенсивные узкие полосы поглощения с максимумом поглощения на длине волны 1514 нм для поляризации E//a. Целью проведения измерений кинетик люминесценции было определе-

ние времени жизни уровня ${}^4I_{13/2}$ ионов эрбия. Затухание люминесценции носило моноэкспоненциальный характер. Результаты представлены на рисунке 2. Обработка данных, полученных в ходе измерений, показала, что время жизни уровня ${}^4I_{13/2}$ ионов эрбия в кристалле Er:YAP составляет 6,5 мс.

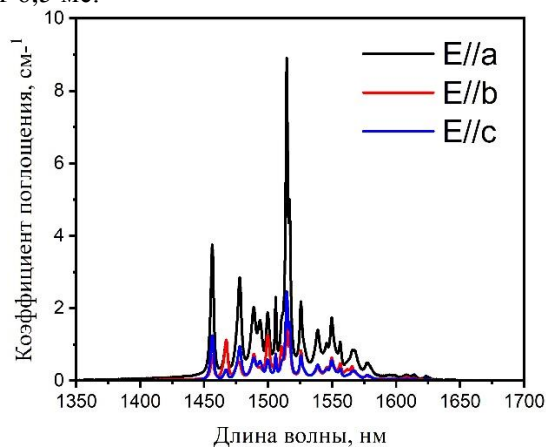


Рис. 1. Спектр поглощения кристалла Er:YAP

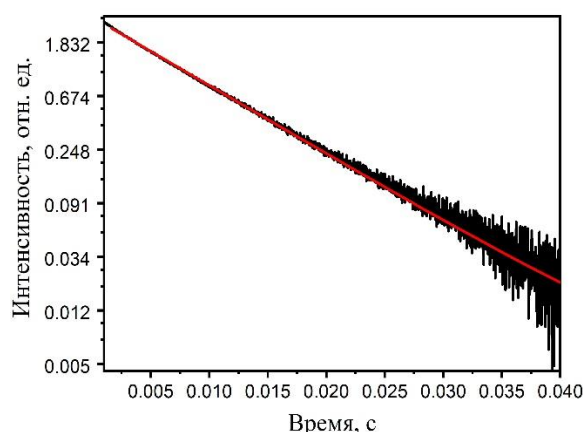


Рис. 2. Кинетика затухания люминесценции с уровня ${}^4I_{13/2}$ ионов эрбия

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект №Ф21АРМ-004).

Литература

1. Непрерывный YVO₄:Er – лазер с резонансной накачкой / К.Н. Горбаченя [и др.] // Журнал прикладной спектроскопии. – 2015. – Т. 82, № 2. – С. 214–218.
2. Petrosyan, A.G. Crystal growth of laser oxides in the vertical Bridgman configuration / A.G. Petrosyan // Journal of Crystal Growth. – 1994. – Vol. 139. – P. 372–392

УДК 621.3.038.825.2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРОГА ЛАЗЕРНОГО РАЗРУШЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ ИМПУЛЬСАМИ ФЕМТОСЕКУНДНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ

Студент гр. 11311219 Тараченко А.А., магистрант Лазарчук А.И.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Горбаченя К.Н., кандидат физ.-мат. наук, доцент Кисель В.Э., д-р физ.-мат. наук, профессор Кулешов Н.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Для проведения исследований по определению порога лазерного разрушения кристаллов импульсами фемтосекундной длительности проведена разработка экспериментальной установки, схема которой представлена на рисунке 1. В качестве источника фемтосекундных лазерных импульсов 1 используется макет регенеративного усилителя chirпированных фемтосекундных импульсов на основе кристалла Yb:KYW. В качестве источника затравочных световых импульсов использовался Yb:KYW лазер. Режим работы лазера – пассивная синхронизация мод. Выходные характеристики лазера приведены на рисунке 2.

Импульсы излучения Yb:KYW лазера, следующие с частотой около 70 МГц, поступали в селектор лазерных импульсов на основе кристалла ВВО. Селектор понижал частоту следования цуга импульсов до килогерцового диапазона с целью последующего эффективного усиления в резонаторе усилителя. Отселектированные импульсы поступали в блок стретчера, собранный по схеме Мартинеса на базе одной отражательной дифракционной решетки. Стретчер вносил положительную дисперсию групповой скорости и импульсы длительностью 100–200 фс растягивались до значений около 100–150 пс. Резонатор усилителя построен по Z-образной четырехзеркальной схеме, параметры резонатора рассчитывались для работы с динамически стабильной конфигурацией для снижения влияния термооптических искажений, вносимых активным эле-

ментом. Параметры резонатора выбирались таким образом, чтобы обеспечить эффективное усиление импульса без повреждения элементов усилителя. Максимальная энергия усиленных импульсов достигала 1 мДж без разрушения оптических элементов. Завершающим блоком усилителя является компрессор лазерных импульсов. Фокусировка излучения на исследуемый образец 5 производится с помощью объектива 3. Делительная пластинка 4 используется для отвода части лазерного излучения ($< 5\%$) на блок диагностического оборудования 6, в состав которого входят: измеритель мощности лазерного излучения, осциллограф, измеритель профиля лазерного пучка и спектрометр.

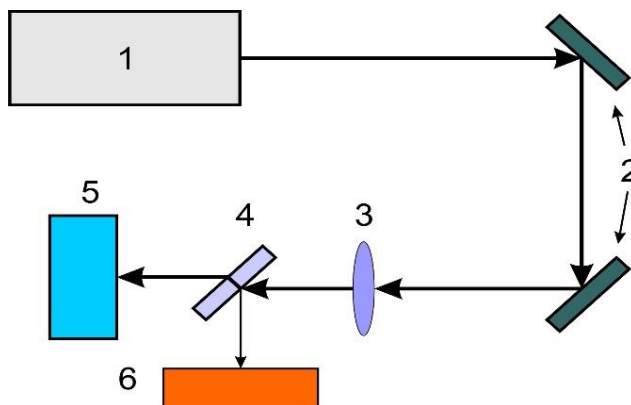


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – лазер, 2 – поворотные зеркала, 3 – объектив, 4 – делительная пластинка, 5 – исследуемый образец, 6 – блок диагностического оборудования

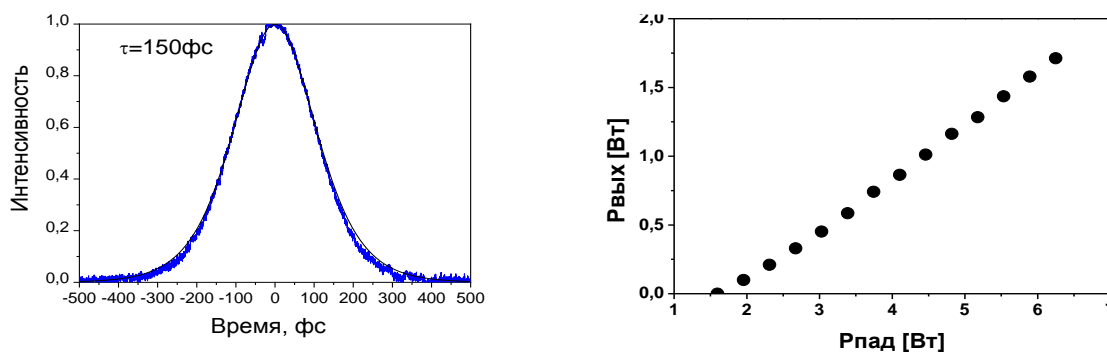


Рис. 2. Выходные характеристики лазера

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № Ф21РМ-129).

УДК 535.8

ИСПЫТАНИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

Студенты гр. 11311119 Церкович С.В., Андреев И.С., Макаров Л.С.

Д-р техн. наук, профессор Козерук А.С., кандидат техн. наук, доцент Кузнецик В.О.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Основная цель испытаний оптических и оптико-электронных приборов (ОЭП) – это выявление их способности сохранять заданные свойства в условиях эксплуатации. Все виды испытаний включают контроль параметров и характеристик прибора при нормальных условиях и при воздействии внешних факторов (рис.1).

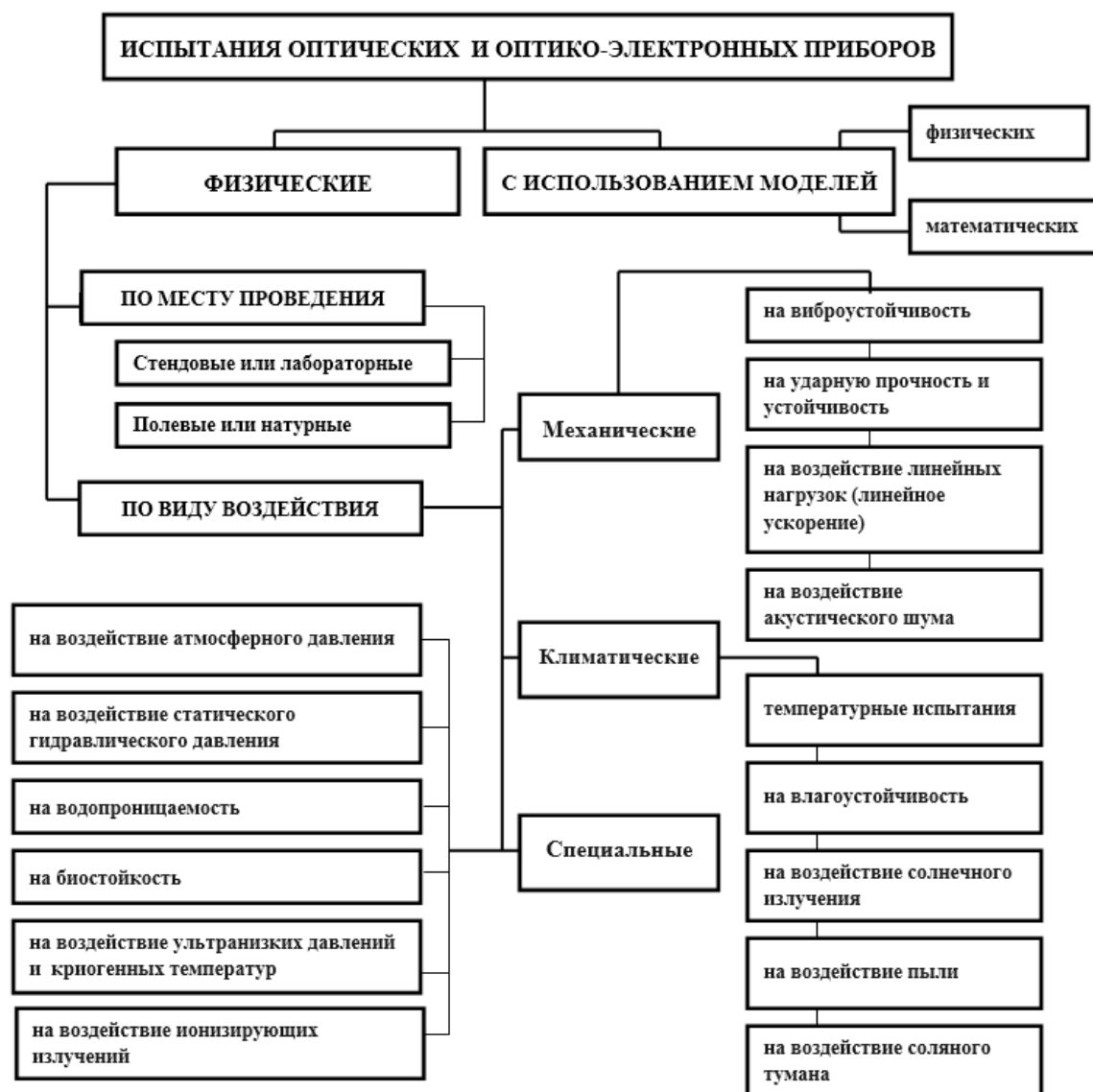


Рис. 1. Виды испытаний ОЭП

Испытания являются завершающей стадией процессов проектирования и изготовления прибора. Порядок и содержание испытаний приборов зависят от того, является ли он опытным образцом или серийно выпускаемым изделием [1].

Литература

1. Козерук, А.С. Технология оптического приборостроения: учебное пособие / А.С. Козерук. – Минск: БНТУ, 2016. – 504 с.

УДК 535.8: 621 (031)

ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ БЛОК ПРИБОРА НАБЛЮДЕНИЯ

Студентка гр. 11311117 Черепок Е.А.

Д-р техн. наук, профессор Козерук А.С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Блок предназначено для интеграции в систему наблюдения с возможностью прицеливания и служит для выполнения следующих задач:

– кругового обзора местности, обнаружения, опознавания и выбора цели, обеспечения прицельной стрельбы в любое время суток;

- обеспечения стабилизированного в двух плоскостях изображения целевой обстановки, наведения и удержания прицельной марки на цели;
- измерения дальности до цели лазерным дальномером;
- формирования управляющих и информационных сигналов для обеспечения совместной работы с аппаратурой комплекса вооружения.

Блок обеспечивает также информационное взаимодействие с аппаратурой сопряжения и ввода поправок и трансляцию телевизионного/тепловизионного изображения в блок коммутации видеосигналов.

Конструктивно блок состоит из следующих блоков и устройств: блока оптико-электронного, блока управления и системы стабилизации.

Работа изделия заключается в комплексном взаимодействии следующих функциональных систем:

- телевизионной системы, при помощи которой осуществляется обзор местности, обнаружение, распознавание целей и прицеливание в дневных условиях;
- тепловизионной системы, при помощи которой осуществляется обзор местности, обнаружение, распознавание целей и прицеливание в любое время суток;
- канала импульсного лазерного дальномера;
- системы двухплоскостной стабилизации линии визирования, необходимой для точного прицеливания, сопровождения цели и обзора местности.

Блок оптико-электронный относится к приборам с комбинированным взаимодействием оптических каналов, т. е. работающих в различных спектральных диапазонах и объединенных как конструктивно, так и на основе совмещения оптических осей (полного или частичного). Система смонтирована в едином корпусе. Отдельные каналы могут работать как совместно, так и автономно.

Блок оптико-электронный прибора наблюдения состоит из:

- а) телевизионного канала, который формирует следующие поля зрения;
- б) передающего и приемного каналов дальномера.
- в) тепловизионного канала.

Конструктивно блок оптико-электронный состоит из тепловизионного модуля (модуль на базе неохлаждаемой матрицы) и блока телевизионно-дальномерного. В свою очередь блок телевизионно-дальномерный состоит из канала лазерного дальномера и телевизионного канала.

Работа канала лазерного дальномера основана на измерении времени прохождения импульса лазерного излучения до цели и обратно. Излучения импульсного дальномера направляется на цель формирующей оптикой, а отраженный от цели сигнал принимается через оптику приемного канала дальномера фотоприемным устройством.

Конструктивно канал лазерного дальномера блока оптико-электронного состоит из двух каналов: приемного (частично совмещенный с телевизионным каналом) и передающего.

УДК 681.7.023.72

ИЗГОТОВЛЕНИЕ СТЕКЛЯННЫХ ШАРИКОВ ДЛЯ МИКРОЛИНЗ

Студенты гр. 11311120 Шевченко В.П., Якубович Т.С.

Д-р техн. наук, профессор Козерук А.С., кандидат техн. наук, доцент Филонова М.И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время линзы радиусом меньше 27 мм изготавливают поштучно по методу свободного притирания заготовки и инструмента в виде чашки или гриба, которые самоустанавливаются на обрабатываемой поверхности. Метод требует шарнирного соединения инструмента с выходным звеном исполнительного механизма технологического оборудования, в качестве которого на предприятиях оптической промышленности как ближнего, так и дальнего зарубежья используют рычажные шлифовально-полировальные станки серии ШП. При обработке на этих станках, кроме отмеченного, требуется реализовать условия аперидичности, согласно которым каждая точка на обрабатываемой поверхности заготовки может «встретиться» с одной и той же точкой инструмента только один раз в процессе всей обработки. При невыполнении этого условия на обработанной поверхности линзы образуются так называемые локальные погрешности,

которые проявляются в виде деформации интерференционных колец Ньютона, возникающих в воздушном промежутке между контролируемой и эталонной поверхностью. В качестве последней используется так называемое пробное стекло или интерферометр. По своей природе локальные погрешности относятся к классу несимметричных, и поэтому они не могут быть скомпенсированы на стадии сборки и юстировки оптико-электронных приборов. В результате оптические приборы с такими погрешностями не обеспечивают требуемого качества изображения и являются неконкурентоспособными.

При реализации классической технологии обработки оптических деталей по методу свободного притирания требуется закрепление заготовок на наклеечное приспособление в виде гриба или чашки. Это закрепление происходит наклеечной смолой специального состава той, или иной твердости, и сводится к нагреву заготовки вместе с наклеечным приспособлением и смолой. В процессе остывания полученного блока (наклеечное приспособление – смола – заготовка оптической детали) из-за различных значений температурного коэффициента линейного расширения металла, смолы и стекла происходит упругое деформирование оптической детали, которое после разблокировки релаксирует и тем самым вызывает несимметричное искажение полученной в блоке интерференционной картины, т. е. появляются дополнительные локальные погрешности, которые усугубляют качество изделия. Кроме того, при нагреве смолы происходит загрязнение окружающей среды канцерогенными веществами фенольной группы, что, наряду с повышенными энергозатратами в процессе блокировки, требует дополнительных затрат на очистительные сооружения выбрасываемого в атмосферу воздуха.

Отмеченных недостатков существующей технологии можно избежать, если для получения линз меньше 27 мм использовать пневмоцентробежный метод формообразования шаровидных деталей. При реализации этого метода используется устройство в виде двух планшайб, на поверхности которых закреплены конические алмазоносные кольца. Эти планшайбы располагают соосно таким образом, что рабочие участки алмазоносных колец образуют рабочую зону, в которую помещают исходные заготовки в виде кубиков и сообщают им переносное и относительное движения вдоль рабочих алмазоносных конических участков устройства с помощью тангенциально направленной среды под давлением. Заготовки совершают гарантированное трехосное движение (скольжение) относительно алмазоносных колец, в результате чего происходит формообразование шаровидной детали правильной геометрической формы. Эта деталь в последующем распиливается на две половины, на плоскую часть которых наносят поверхность требуемой формы.

УДК 621.373.826

МАЛОГАБАРИТНЫЙ ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ ЛАЗЕР С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ОФТАЛЬМОЛОГИИ

Студент гр. 11311121 Щелкун А.С.

Д-р физ-мат. наук, доцент Свирина Л.П.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В последние годы интенсивно ведутся исследования по созданию малогабаритных лазерных приборов, работающих в безопасной для глаз полуторамикронной ($\lambda \sim 1,5-1,6$ мкм) области спектра. Допустимая в этой области плотность энергии, облучающей роговицу глаза, на 5 порядков превышает соответствующие значения для видимой и для $\lambda \sim 1$ мкм областей, что объясняется большим коэффициентом поглощения воды, содержащейся в биологических тканях, и связанной с этим невозможностью достижения излучением чувствительной сетчатой оболочки. Эта особенность делает полуторамикронные лазеры привлекательными для целемикрохирургии, где требуется деликатная коагуляция малых объемов биологических тканей.

В настоящей работе рассмотрен принцип работы лазерной установки, предназначенной для использования в офтальмологии для удаления катаракты глаза [1]. Схема и внешний вид установки приведена на рисунке 1: 1 – цилиндрическое зеркало, 2 – диодный модуль накачки, 3 – активный элемент (АЭ), 4 – оптико-механический затвор на эффекте полного внутреннего отражения (НПВО), 5 – плоское зеркало, 6 – драйнер НПВО-затвора, 7 – призматический телескоп.

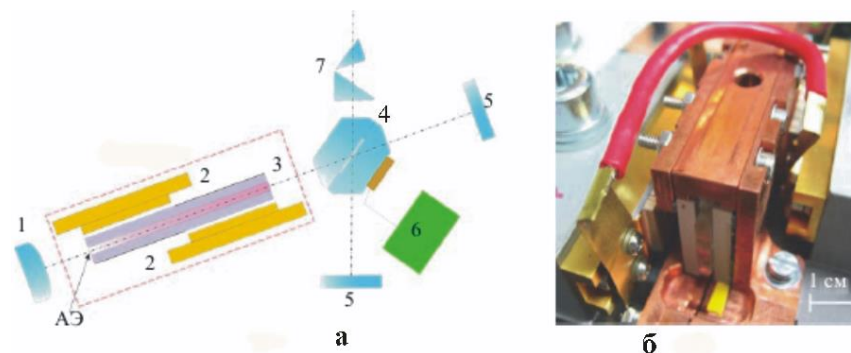


Рис. 1. Схема (а) и внешний вид (б) лазерной установки

В качестве источника света использовался лазер на иттербий-эрбиевом (Yb-Er) фосфатном стекле ($N_{Er}=1,5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$, $N_{Yb}=1,6 \cdot 10^{21} \text{ см}^{-3}$), генерирующий на длине волны 1,54 мкм ионов Er^{3+} . Yb-Er стекло является трехуровневой лазерной средой. Время жизни верхнего лазерного уровня Er большое (8,5 мс), что позволяет осуществлять накопление энергии инверсной населенности в лазерной среде для ее последующего излучения в виде коротких мощных импульсов в режиме модуляции полезных потерь резонатора.

Проведено изучение акустического сигнала, возникающего при воздействии импульсов длительностью 1÷3 мкс с энергией излучения около 100 мдж и длиной волны 1,54 мкм на близкую к реальной модельную среду (физраствор). Интервал между импульсами накачки составлял 0.1÷1 мс. Результатом такого воздействия является появление ударной волны (за счет резкого термоупругого расширения), совпадающей по времени с моментом воздействия лазерного импульса, а также вторичного акустического сигнала, соответствующего схлопыванию кавитационной полости. Установлено, что для безопасного проведения операции задержка между импульсами, облучающими среду, должна быть не менее 300 мкс.

Литература

1. Субджоульный лазер на иттербий-эрбиевом стекле с диодной накачкой и модуляцией полезных потерь резонатора для экстракции катаракты /А.В. Беликов [и др.] // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2015. – Т 15, № 6. – С. 3–12.

СЕКЦИЯ 5. ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

УДК 620.3

КВАНТОВО-РАЗМЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ НАНОЧАСТИЦАХ СФЕРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

Студент гр.11310120 Абметко Н.В.

Канд. физ.-мат. наук, доцент Гацкевич Е.И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Известно [1], физические свойства нанокристаллов отличаются от свойств массивных материалов. Если размеры наночастиц соизмеримы с длиной волны де Бройля, то имеют место квантово-размерные эффекты, в частности, энергия электрона в наночастице квантуется, то есть она может принимать только дискретные значения. В настоящей работе вычислены волны де Бройля и значения энергии первых трех энергетических уровней электронов в металлических (Al) и полупроводниковых (Si) наночастицах – квантовых точках. Исследованы наночастицы сферической формы с радиусами, сравнимыми с волной де Бройля.

Волна де Бройля определялась по формуле $\lambda \sim h/(mv)$ [1], где h – постоянная Планка, m – эффективная масса электрона, v – скорость электрона. Поскольку в металлах эффективная масса электрона приблизительно равна массе свободного электрона m_e в вычислениях для Al использовалось значение $m = m_e$. Для Si $m = 0,19m_e$ [1]. Скорость электрона предполагалась равной скорости Ферми. Используемые в расчета данные и результаты вычислений приведены в таблице 1. Расчет показал, что длина волны де Бройля в Al почти на два порядка меньше, чем в Si.

Таблица 1

Данные и результаты расчета

| | $m, 10^{-31}$ кг | $v, 10^6$ м/с | $\lambda, \text{нм}$ |
|----|------------------|---------------|----------------------|
| Al | 9,109 | 2,03 | 0,358 |
| Si | 1,731 | 0,097 | 39,5 |

Для расчета дискретных энергетических уровней в квантовой точке использовалось выражение $E_n = (3\hbar^2 n^2) / (8ma^2)$ [1], где E_n – энергия n -го энергетического уровня электрона, a – радиус сферической наночастицы. Рассчитаны значения энергии электрона первых трех энергетических уровней для наночастиц с размерами $a \sim \lambda, 10\lambda$ и 100λ . На рисунке 1 приведены схемы энергетических уровней электронов для наночастиц Si и Al с размерами 10 волн де Бройля и 10 нм. Из-за того, что λ в полупроводниках на 2 порядка больше, чем в металлах, то энергии уровней в них существенно ниже (рисунок 1, а). Обратная картина наблюдается, когда рассматриваются наночастицы равных радиусов (рисунок 1, б).

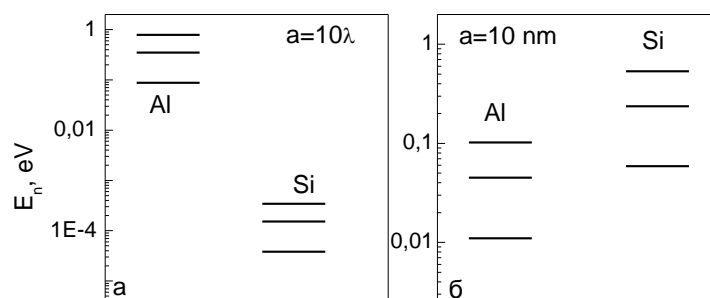


Рис. 1. Схема энергетических уровней в сферических наночастицах указанных радиусов

Литература

1. Нанoeлектроника: теория и практика: учебник / В.Е. Борисенко [и др.]. – Москва: Бином, 2013. – 366 с.

УДК 519.1

КОМБИНАТОРИКА И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ПРАКТИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ

Студентки гр. 11309120 Беганская В.Э., Кравчук А.Е.

Д-р физ.-мат. наук, профессор Князев М.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Раздел математики, называемый комбинаторикой, изучает задачи выбора и расположения элементов из некоторого основного множества в соответствии с заданными правилами. Принципы комбинаторики используются в теории вероятностей для подсчета вероятностей случайных событий и на их основании – изучения законов распределения случайных величин. Слово «комбинаторика» происходит от латинского *combinare* (соединять, сочетать).

Термин «комбинаторика» был введен в обиход Г. В. Лейбницем, который издал «Рассуждения о комбинаторном искусстве» в 1666 г. В дальнейшем значительный вклад в комбинаторику внесли Л. Эйлер и Я. Бернулли. В XX веке комбинаторика получила развитие благодаря работам Дж.-К. Рота и Р. Стенли.

В задачах комбинаторики рассматривают составление различных комбинаций из элементов множеств. Выделяют три типа комбинаций: перестановки, размещения, сочетания.

1. Перестановки. Комбинации из n элементов, которые отличаются друг от друга только порядком элементов, называют перестановками. Перестановки обозначают как P_n , где n – число элементов, входящих в перестановку. Число перестановок вычисляют по формуле: $P_n = n!$

2. Размещения. Размещениями из m элементов в n называют такие соединения, которые отличаются друг от друга либо самими элементами (хотя бы одним), либо порядком их расположения. Размещения обозначают как A_{nm} , где m – число всех имеющихся элементов, n – число элементов в каждой комбинации. При этом полагают, что $n \leq m$. Число размещений можно вычислить по формуле: $A_{nm} = m!/(m-n)!$

3. Сочетания. Сочетаниями называют все возможные комбинации из m элементов по n , которые отличаются друг от друга, по крайней мере, хотя бы одним элементом (здесь m и n – натуральные числа, $n \leq m$). Число сочетаний из m элементов по n обозначают как C_{nm} . В общем случае оно равно числу размещений из m элементов по n , деленному на число перестановок из n элементов: $C_{nm} = A_{nm}/P_n = m!/(m-n)! \cdot n!$

На практике часто используются следующие формулы, выражающие основные свойства сочетаний: $C_m^n = C_m^{m-n}$ ($0 \leq n \leq m$) (по определению $C_n^n = 1$ и $C_n^0 = 1$), $C_m^n + C_m^{n+1} = C_{m+1}^{n+1}$.

Правило суммы. Если действия А и В взаимно исключают друг друга, причем А можно выполнить m способами, а В – n способами, то выполнить любое из них (А или В) можно $n + m$ способами.

Правило произведения. Если надо выполнить последовательно k действий, и первое действие можно выполнить n_1 способами, второе – n_2 способами, третье – n_3 способами и так до k -го, которое можно выполнить n_k способами, то все действия можно выполнить $N = n_1 n_2 \dots n_k$ способами.

Комбинаторика широко применяется в разных областях. Приведем различные примеры этого: производство (распределение разных работ между рабочими), агротехника (размещение посевов на нескольких полях), учебные заведения (составление расписаний), химия (анализ возможных связей между химическими элементами), лингвистика (рассмотрение вариантов комбинаций букв), азартные игры (подсчет частоты выигрышей), экономика (анализ вариантов купли-продажи акций), криптография (разработка методов шифрования), сфера общественного питания (составление меню), доставка почты (рас-смотрение путей пересылки), спортивные соревнования (расчет количества игр между участниками), биология (расшифровка кода ДНК), военное дело (расположение подразделений), география (раскраска карт) и т.д.

Литература

1. Виленкин, Н.Я. Комбинаторика. / Н.Я. Виленкин, А.Н. Виленкин, П.А. Виленкин. – М.: ФИМА. МЦНМО, 2006. – 400 с.
2. Андерсон, Дж. Дискретная математика и комбинаторика. / Дж. Андерсон. –М.: «Вильямс», 2006. – 960 с.

УДК 531.383

РАБОТА ГИРОСТАБИЛИЗАТОРА В РЕЖИМЕ ПРИВЕДЕНИЯ В ПЛОСКОСТЬ ГОРИЗОНТА

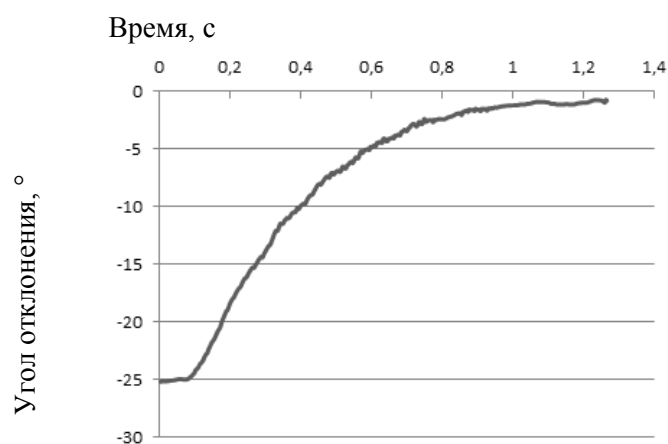
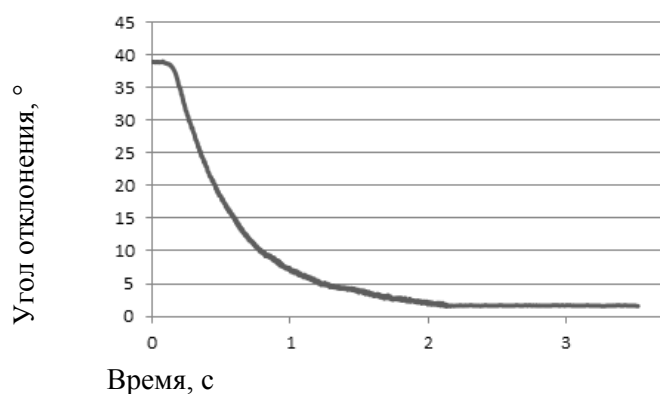
Магистрант гр.141111/02 Баранкова Е.О.

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

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

В настоящее время актуальна разработка и модернизация существующих гироскопических стабилизаторов с целью снижения массогабаритных характеристик, уменьшения стоимости и энергопотребления [1]. В работе приводятся результаты экспериментальных исследований гиростабилизатора, управляемого сигналами микромеханического модуля (ММ) MPU6050, установленного на платформу. ММ содержит микромеханические гироскопы и акселерометры с цифровым выходом. Алгоритмы управления гиростабилизатором по сигналам ММ реализовывались в отладочной плате *Arduino Nano* [2].

Одним из режимов работы гиростабилизатора является приведение его платформы в плоскость горизонта по сигналам акселерометра. Экспериментальные кривые для углов по каналам x и y представлены на рисунках 1 и 2.

Рис. 1. Работа гиростабилизатора в режиме приведения в плоскость горизонта по каналу x Рис. 2. Работа гиростабилизатора в режиме приведения в плоскость горизонта по каналу y

В результате исследований можно сделать вывод, что время приведения в плоскость горизонта составляет не более 2 с, что является допустимым для большинства практических применений. Погрешность приведения составила $0,5^\circ$ (СКО).

Литература

1. Распопов В.Я. Теория гироскопических систем. Гиростабилизаторы: учебное пособие / В.Я. Распопов. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2016. – 386 с.
2. Петин В.А. Проекты с использованием контроллера *Arduino* / В.А. Петин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 400 с.

СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ МНОГОЦЕЛЕВОГО БЫТОВОГО РОБОТА-ПЫЛЕСОСА

Студент гр. 11301121 Бельченко Д.О.¹Ст. преподаватель Кондратьева Н.А.¹, Масалыка В.Н.²¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь²ЧУП «Учебный центр «Школа интенсивного обучения», Минск, Беларусь

Разработан проект создания модели многоцелевого бытового робота-пылесоса, аналога промышленно-изготовленного. Представлен на Международном конкурсе научно-технического творчества учащейся молодежи «Техноинтеллект».

Для реализации механической части робота определена форма модели пылесоса в виде цилиндра. Используя публикации на сайте <http://robocraft.ru> с описанием изготовления пылесоса в домашних условиях, в качестве материала выбран ПВХ толщиной 4 мм, обладающий хорошей жесткостью, а при нагревании принимающий округлую форму. Размеры робота-пылесоса выбраны исходя из размеров промышленных моделей: корпус диаметром 35 см и высотой в 10 см.

Основной механической частью робота является бампер, он должен быть очень подвижным и при нажатии на него, роботу требуется вернуться в свое первоначальное положение. Для этого на бампере жестко закреплено две алюминиевые проволоки диаметром 10 мм, а на корпусе два кольца в которые легко входит проволока. Между ними установлена пружина, которая возвращает бампер в исходное место.

Разработка электронной составляющей проекта построена на базе популярной платформы Arduino. Используются компоненты: Arduino nano; ультразвуковой датчик расстояния HC-06; два концевых выключателя; две платы управления двигателями L298N; повышающий DC-DC преобразователь; электромагнитное реле; два мотора с колесами; турбина с двигателем; кнопка включения; аккумулятор (Li-ion) – является питанием всей электроники (рис.1). Arduino nano – это небольшая полнофункциональная отладочная плата, адаптированная для работы с макетными платами, построенная на базе микроконтроллера, является «мозговым центром» устройства. В нее поступает информация с датчиков аппарата, далее ее обрабатывает микропроцессор и, в зависимости от заложенных в управляющую программу алгоритмов, формируются управляющие сигналы на включение исполнительных механизмов. Ультразвуковой датчик расстояния HC-06 – это датчик с помощью которого определяется расстояние до объекта, за счет ультразвуковых волн. Два концевых выключателя – они подают сигнал на Arduino когда происходит столкновение с предметом. Они размещены на бампере робота-пылесоса. Две платы управления двигателями L298N – платы служившие для регулирования скорости вращения двигателей. Повышающий DC-DC преобразователь – преобразователь питания для турбины робота-пылесоса с 12V до 30V. Электромагнитное реле – служит для включения турбины. Турбина с двигателем – служит в качестве сбора пыли. Аккумулятор (Li-ion) – является питанием всей электроники.

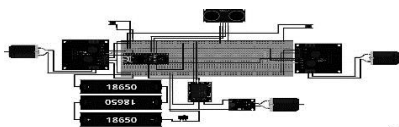


Рис. 1. Модель робота-пылесоса

При включении робота через пару секунд включается турбина и он начинает свое движение по прямой до момента, пока перед датчиком не появится препятствие на расстоянии до 10 см. Когда препятствие определено робот останавливается и меняет свое направление движения. Угол поворота задается случайным образом, и если препятствия больше нет, он продолжает свое движение по прямой. Датчик может не всегда сработать, поэтому на корпусе присутствует бампер, который при столкновении с препятствием сдвигается и нажимает на кнопки, которые расположены по левую и правую сторону от бампера. Если робот сталкивается с препятствием с левой стороны, то срабатывает левая кнопка и робот поворачивает направо на случайный угол, и наоборот – при срабатывании правой кнопки. Далее робот-пылесос продолжает свое движение по прямой до следующего препятствия.

УДК 517.31

МЕТОД ЧЕБЫШЕВА ИНТЕГРИРОВАНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО БИНОМА

Студент гр. 11307121 Билейчик А.А.

Кандидат техн. наук, доцент Бокуть Л.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Биномиальный дифференциал, или дифференциальный бином, – это дифференциал вида $x^m(a+bx^n)^p dx$, где a, b – действительные числа, а m, n, p – рациональные. В свою очередь интегралы типа $\int x^m(a+bx^n)^p dx$ называются интегралами от дифференциального бинома.

Такой интеграл выражается в элементарных функциях только в тех случаях, когда какое-либо из чисел $p, \frac{m+1}{n}$ или $\frac{m+1}{n} + p$ является целым, тогда для вычисления используются соответствующие подстановки, описанные Чебышевым П.А.:

1) если p – целое число, то подстановка $x = t^k$, где k – наименьшее общее кратное знаменателей дробей m и n ;

2) если $\frac{m+1}{n}$ – целое число, то подстановка $a+bx^n = t^s$, где s – знаменатель дроби p ;

3) если $\frac{m+1}{n} + p$ – целое число, то подстановка $a+bx^n = x^n t$, где s – знаменатель дроби p .

Во всех остальных случаях интегралы типа $\int x^m(a+bx^n)^p dx$ не выражаются через известные элементарные функции. Однако интеграл от дифференциального бинома также можно выразить через неполную бета-функцию (1) либо через гипергеометрическую функцию (2), как показано ниже:

$$I = \frac{1}{n} a^p \left(-\frac{a}{b}\right)^{\frac{(m+1)}{n}} B_y\left(\frac{m+1}{n}, p+1\right), \quad (1)$$

где $y = -\frac{b}{a} x^n$,

$$I = \frac{1}{m+1} a^p \left(-\frac{a}{b}\right)^{\frac{(m+1)}{n}} y^{\frac{(m+1)}{n}} F_1\left(\frac{m+1}{n}, p, \frac{(m+1)}{n} + 1, y\right). \quad (2)$$

Бета-функция – это специальная функция от двух переменных вида:

$$B(x, y) = \int_0^1 t^{x-1} (1-t)^{y-1} dt. \quad (3)$$

В свою очередь неполная бета-функция является обобщением бета-функции, которое заменяет неопределенный интеграл определенным:

$$B_x(a, b) = \int_0^x t^{a-1} (1-t)^{b-1} dt. \quad (4)$$

При помощи бета-функции описывают многие свойства элементарных частиц, которые участвуют в сильном взаимодействии, а выявление физического смысла данной функции положило начало развитию теории струн.

Гипергеометрическая функция является решением линейного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка, называемого гипергеометрическим уравнением. Она отличается особой практической значимостью, т. к. через нее выражаются многие другие специальные функции. Кроме того, сейчас известно большое количество формул преобразования для гипергеометрических функций, благодаря чему они являются незаменимым инструментом в математическом анализе.

В ходе работы были решены задачи на вычисление интеграла методом Чебышева для каждой подстановки.

Литература

1. Интегрирование дифференциального бинома / Lfimal [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lfimal.com/integrirovanie-differentsialnogo-binoma/>. – Ресурс доступа: 15.03.2022.
2. Приближенное вычисление определенного интеграла при помощи квадратурной формулы Чебышева [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.km.ru/referats/DF2B60BD1C614E5581B2D7F7E6D68031>. – Ресурс доступа: 15.03.2022.
3. Бета-функция Эйлера. Академик [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/809693#.D0.9D.D0.B5.D0.BF.D0.BE.D0.BB.D0.BD.D0.B0.D1.8F_.D0.B1.D0.B5.D1.82.D0.B0-D1.84.D1.83.D0.BD.D0.BA.D1.86.D0.B8.D1.8F. – Ресурс доступа: 15.03.2022.

УДК 537

ПЬЕЗОЭЛЕКТРИКИ КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ НА ДОРОГАХ

Студент гр. 10114120 Бондарь Е.В.

Кандидат техн. наук, доцент Смурага Л.Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В дорожном движении в населенных пунктах и вне их имеются препятствия, создающие определенные неудобства для водителей, особенно в темное время суток.

Для обозначения подобных препятствий и таких как “лежачие” предлагается автономный метод подсветки с использованием альтернативных источников энергии. К таким источникам относятся и пьезоэлементы.

Так при движении машин по дорожному покрытию подвижные пластинки нажимают на пьезоэлементы, и они вырабатывают электричество. Известно, что 1 кг нагрузки на пьезоэлемент вызывает разность потенциала $\approx 0,01$ В, причем отдельные пьезоэлементы генерируют высокое напряжение, которое пробивает разрядный промежуток, и ток поступает на выпрямитель, а затем в накопительное устройство, например, ионистор. Если использовать наиболее эффективные пьезоэлементы, генерирующие 10 милливатт на элемент и собрать в кластеры (группы) по 100–200 элементов и поместить под полотно дороги, тогда для получения заявленной величины мощности порядка 1 МВт на километр дороги потребуется всего 100 миллионов отдельных элементов с индивидуальными схемами съема энергии.

Подобные технологии апробируются в разных странах. Первая «пьезоэлектрическая» дорога будет построена в Сан-Франциско, ее оснастят множеством крошечных пьезогенераторов размером 2,5 см. И для Республики Беларусь, которая является транспортным коридором в Европе, нуждается в использовании механической энергии движущегося транспорта и ее преобразовании в электрическую. На рис.1 приведен элемент «зеленой» энергии.

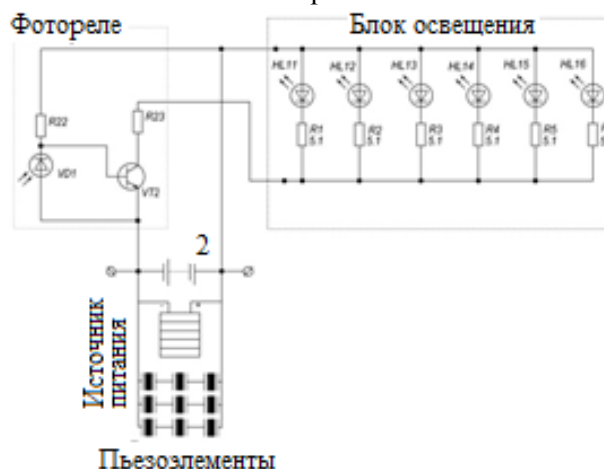


Рис. 1. Электронная схема

Источником питания элемента служит аккумуляторная батарея 2. Она, в свою очередь, подзаряжается от пьезоэлектрических генераторов и солнечных панелей, преобразующих соответственно механическую и солнечную энергии в электрическую. В качестве источника света, подсвечивающего препятствие в светлое и темное время суток, служат светодиоды (HL11, HL16), устроенные в само препятствие. Генераторы закладываются на глубине 3–5 см от поверхности дороги; в месте, где существует максимальное напряжение сжатия, исходящее от вертикальной нагрузки транспортного средства. Пьезоэлектрический материал сохраняется в течение 30 лет, что больше, чем продолжительность жизни дорог. Элемент снабжен фотореле (VD1, R22, VT2), отключающее подсветку. Элемент может работать как в импульсном режиме, так и непрерывном. Водитель, подъезжая к препятствию, сначала получает информацию о нем, а потом его видит. Таким образом, подсвечивается препятствие, что удобно для водителя движущегося транспорта. Эти системы освещения могут располагаться в местах, удаленных от источника энергии и просты в обслуживании.

УДК 531

ИЗУЧЕНИЕ МОМЕНТА ИНЕРЦИИ ЖИДКОСТИ С ПОМОЩЬЮ КРУТИЛЬНОГО МАЯТНИКА

Студент гр. 10301321 Браим Д.О.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Бобученко Д.С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В данной работе измерялись моменты инерции емкости с жидкостью при различных массах жидкости в нем. Момент инерции – мера инертности тела при вращательном движении, зависит от распределения масс тела при вращении, и для твердого тела не зависит от скорости. Но при движении жидкость тоже может двигаться относительно стенок сосуда, и представляло интерес рассмотреть, как это влияет на момент инерции. Измерения проводились с помощью крутильного маятника, который представляет собой тело, закрепленное на упругом элементе в виде стальной проволоки и жестко закрепленной в кронштейнах. Из формулы для периода T крутильных колебаний: $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{f}}$, где I – момент инерции закрепленного тела и маятника, f – модуль кручения струны, можно вывести формулу для тела с неизвестным моментом инерции I_x : $I_x = I \frac{T_x^2 - T^2}{T^2}$. В последней формуле T_x , I_x – период колебаний маятника с емкостью с водой, момент инерции, соответственно. Сосуд представлял собой цилиндр с внешним радиусом 3,65 см, и внутренним $R=3,58$ см. Также оценивалась погрешность измерений: $\Delta I_x = I_x \left\{ \frac{\Delta I}{I} + \frac{2\Delta T}{T} + 2 \frac{T_x \Delta T_x + T \Delta T}{T_x^2 - T^2} \right\}$. Для различного количества воды, по измеренным периодам колебаний, по этой формуле рассчитывались моменты инерции I_x . Как показали измерения, период колебаний такого маятника заметно зависит от амплитуды колебаний. Поэтому, измерения периода колебаний проводились при амплитуде колебаний 10-20°. Результаты измерений I_x от массы всей воды с учетом погрешности представлены на рисунке 1.

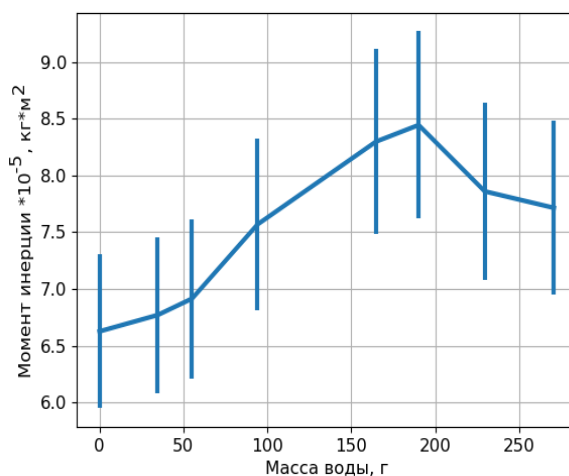


Рис. 1

Как видно из графика, момент инерции с возрастанием массы всей воды сначала возрастает, достигает максимума, затем уменьшается. Это можно объяснить особенностями движения воды в сосуде и силами внутреннего трения между слоями жидкости. Слой жидкости, примыкающий к внутренней поверхности цилиндра и его дну, прилипает к ней и движется вместе с цилиндром, а скорости внутренних последующих слоев жидкости уменьшаются по мере приближения к центру сосуда.

Часть жидкости близкая к стенкам увлекается сосудом в колебательное движение, другая часть, находящаяся ближе к центру, остается неподвижной и 'не отражается' на моменте инерции. Воду в цилиндре можно представить как толстостенный цилиндр и диск вблизи дна. $I_x = \frac{m_1}{2} (R^2 + d^2) + \frac{m_2}{2} R^2$, m_1 – масса воды в толстостенном цилиндре, m_2 – масса воды вблизи дна, d –

эффективная толщина слоя вовлеченного в движение. По измеренной массе всей воды рассчитывалась высота h воды в цилиндре, затем по известным I_x , плотности воды ρ , решая алгебраическое уравнение: $\frac{\pi\rho}{2}(h-d)(2Rd-d^2)(R^2-(R-d)^2+R^4d) = I_x$, определялась эффективная толщина слоя d , вовлекаемая в движение.

Литература

1. Сивухин Д.В. Механика: учеб. пособие для вузов: в 5 т. / Д.В. Сивухин. – М.: Наука, 1989. – 576 с.

УДК 531

ИЗМЕРЕНИЕ ВЯЗКОСТИ ВОЗДУХА С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА

Студент гр. 10301221 Давыдкин Н.П.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Бобученко Д.С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Вязкость (коэффициент вязкости) – одна из важных характеристик воздуха, определяющая протекание в нем процессов переноса. Существуют несколько методов измерения вязкости воздуха: капиллярный, вибрационный, метод падающего шарика, ротационный метод вискозиметрии, ультразвуковой метод вискозиметрии [1]. Чаще всего используется капиллярный метод, опирающийся на закон Пуазейля о вязкой жидкости, описывающий закономерности движения жидкости в капилляре. Прибор этого метода – газовый капиллярный вискозиметр. Он состоит из емкости для измерения количества протекающей через капилляр жидкости, U -образной трубки, калиброванного капилляра диаметром $0,3$ – $0,7$ мм, устройства для определения скорости течения жидкости. Вязкость определяется по времени протекания исследуемого газа через капилляр. Метод падающего шарика основан на законе Стокса, по которому вязкость измеряется по скорости, с которой шарик двигается в вязкой среде. Методы падающего шарика и ультразвуковой метод применимы для жидкостей. Ротационный метод (соосных цилиндров) заключается в том, что исследуемая вязкая среда помещается зазор между цилиндрами, внутренний цилиндр вращается с постоянной скоростью, внешний цилиндр неподвижный. По измерению момента вращения, передаваемого через исследуемую среду неподвижному цилиндру, рассчитывается вязкость. В данной работе предлагается метод измерения вязкости воздуха на основе измерения периода затухающие колебаний математического маятника.

Математический маятник – это небольшое тело на невесомой нерастяжимой нити (рис. 1).

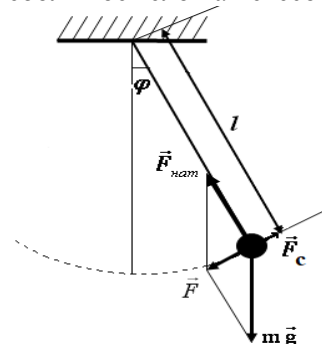


Рис. 1. Математический маятник

Уравнение движения математического маятника с учетом моментов силы тяжести, силы сопротивления:

$$J \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = -mgl \sin \varphi - F_c l$$

где J – момент инерции маятника. Тело в данном случае представляет собой шарик радиусом r , и для силы сопротивления применима формула Стокса: $F_c = 6\pi\eta r v$, v – линейная скорость шарика. Далее, стандартным способом, для малых колебаний $\sin \varphi \approx \varphi$, $J = ml^2$, $v = l \frac{d\varphi}{dt}$ получим уравнение

затухающих колебаний:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\beta \frac{d\varphi}{dt} + w_0^2 \varphi = 0,$$

в котором $w_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}$, $\beta = \frac{3\pi\eta r}{2ml}$. Период затухающих колебаний: $T = \frac{2\pi}{\sqrt{w_0^2 - \beta^2}}$. Выразив отсюда вязкость,

получим: $\eta = \frac{2m}{3\pi} \sqrt{\frac{g}{l} - \frac{4\pi^2}{T^2}}$. Погрешность рассчитывалась по формуле: $\varepsilon_\eta = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta r}{r} + \frac{1}{2} \frac{\frac{\Delta l}{l} + 8\pi \frac{\Delta T}{T^3}}{(\frac{g}{l} - \frac{4\pi^2}{T^2})}$, $\Delta\eta = \eta\varepsilon_\eta$.

Проведенные измерения и полученные результаты показали, что данный метод может быть использован для измерения вязкости. Но он имеет низкую точность. Вязкость воздуха при нормальных условиях, измеренная различными методами равна $(1,7-1,8) \cdot 10^{-5}$ кг/(м·с). Предложенным методом вязкость получается в несколько раз больше. И для получения приемлемых результатов сравнимых с результатами, полученными с помощью газового капиллярного вискозиметра, необходимо измерять период колебаний с точностью до десятитысячных долей секунда, а длину маятника до сотых долей миллиметров.

Литература

1. Новый справочник химика и технолога. Электродные процессы. Химическая кинетика и диффузия. Коллоидная химия – СПб.: НПО «Профессионал», 2007. – 838 с.

УДК 681.2.083; 681.2.088

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЯ СКОРОСТИ ПОЛЕТА ПЕЙТНБОЛЬНОГО ШАРА

Студенты гр. 120401 Дулуб Я.В., Хряпин Д.В.

Кандидат техн. наук, доцент Лихошерст В.В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Пейнтбол как командная игра имеет в мире большое количество поклонников как профессионалов так и любителей. Различают две основных разновидности: тактический и спортивный [1]. В независимости от разновидности обязательным требованием является обеспечение скорости полета шара из маркера (пневматической пушки) не более 91 м/с. Большая скорость может привести к травмам игроков. Измерение скорости производится регулярно и вопрос точности ее определения является актуальным. Наибольший интерес вызывают устройства позволяющие измерять (вычислять) скорость в полевых условиях (перед входом на игровое поле) и не требующие стационарного размещения – компактные, переносные. Этим требованиям максимально соответствуют устройства, состоящие из оптических датчиков и вычислителя с экраном отображения рассчитанной скорости. Датчики в количестве двух штук располагаются на некотором точно известном расстоянии друг от друга, а срез ствола маркера размещается в непосредственной близости от первого датчика. Вычислитель осуществляет подсчет дискретных интервалов между двумя сигналами, формируемыми датчиками при пролете шара. Скорость шара вычисляется как частное известного расстояния S и времени полета. Последнее есть произведение числа дискретных интервалов n (всегда целое число) на длительность в секундах одного интервала Δt . При этом, расстояние между датчиками должно быть достаточно малым для исключения существенного падения скорости движения шара и существенной погрешности измерения при неперпендикулярности траектории шара и плоскостей срабатывания датчиков. Принимая допущения о постоянстве скорости и перпендикулярности траектории получаем, что точность измерения будет зависеть от временного интервала ($n \Delta t$) и времени собственной работы контроллера. Расчет погрешности проводился по выражению:

$$\Delta V = S \left(\frac{n \cdot \Delta t + t_{mcu} - t_{ucm}}{t_{ucm} (n \cdot \Delta t + t_{mcu})} \right), \quad (1)$$

где ΔV – погрешность измерения, м/с; t_{ucm} – истинное время полета, с; t_{mcu} – время собственной работы контроллера (вход в прерывание, запуск таймера и т.д.), с.

Исходя из данных приведенных в [2] для рассматриваемого случая $t_{mci} = 14/(16 \cdot 10^6)$ с (вход в прерывание, переход к функции прерывания, пуск и основ таймера). Минимальная длительность интервала в рассматриваемом контроллере $\Delta t = 4$ мкс, все остальные кратны 4 (8, 16, 32 мкс). При расстояниях между датчиками 0,2 и 0,5 м и диапазоне скоростей шара от 70 до 150 м/с рассчитанные величины погрешностей (максимальные по модулю) сведены в таблицу 1.

Таблица 1

| S, м | Величины погрешностей | | | |
|------|---|--------------------|---------------------|---------------------|
| | ΔV , м/с при $V_{уст} = 70 - 150$ м/с | | | |
| | $\Delta t = 4$ мкс | $\Delta t = 8$ мкс | $\Delta t = 16$ мкс | $\Delta t = 32$ мкс |
| 0,2 | 0,2036 | 0,4205 | 0,5032 | 1,2873 |
| 0,5 | 0,0919 | 0,1592 | 0,2009 | 0,5251 |

Вводя допустимую величину погрешности, например, для рассматриваемого случая не более 0,5 м/с, по выражению (1) легко определить допустимый диапазон длительностей интервалов применительно к выбранному расстоянию между датчиками.

Литература

1. Пейнтбол [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Пейнтбол#:~:text=Пейнтбол%20\(англ.разновидности%20пейнтбола%3A%20спортивный%20и%20тактический.](https://ru.wikipedia.org/wiki/Пейнтбол#:~:text=Пейнтбол%20(англ.разновидности%20пейнтбола%3A%20спортивный%20и%20тактический.) – Дата доступа: 09.03.2022.

2. Сброс и обработка прерываний AVR [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://av-assembler.ru/mc/reset-and-interrupt-handling.php>. – Дата обращения: 03.03.2022.

УДК 621.382

ТРЕБОВАНИЯ К ОСВЕЩЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И ОФИСНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Студент гр.11309121 Елак Е.В., Гайдалёнок Д.К.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Манего С.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В последние годы появилось большое количество публикаций по определению и нормированию критериев качества освещения. Многие исследования проводились с целью определения требований к освещению при обычных условиях. Результаты этих исследований предназначены в первую очередь для повышения качества освещения рабочих помещений общественных зданий. Несмотря на увеличение количества выявленных светотехнических параметров, характеризующих качество их освещения, в настоящее время не существует единой точки зрения на регламентацию освещения производственных и жилых помещений. Отсутствуют единые критерии оценки качества освещения. Особенно трудно обеспечить определение этих параметров и результатов их измерений с помощью прямых визуальных наблюдений. Основная оценка качества освещения производственных и жилых помещений сводилась к количественной оценке (уровень освещенности помещения) и качественной (ощущение насыщенности помещения светом). Как количественные, так и качественные оценки существенно зависят от измерителя, постоянства расположения предметов и светильников в данном помещении. Кроме того, в данном подходе оценки освещения помещений совершенно не учитывается психоэмоциональное воздействие света на человека т.е. фактор субъективизма. Таким образом, требования к освещению производственных и офисных помещений сводится к порой противоречивым требования освещенности таких помещений. Следует также учитывать наличие различных инженерных элементов в помещении: светотехнические, электрические, вентиляционные. Данные инженерные элементы существенно улучшают комфортность пребывания в данных помещениях, но могут создавать тени в данном помещении. Следует отметить, еще один аспект влияния на качество освещения производственных и офисных помещений, это, психологический. Так как, белый свет, это набор отдельных световых волн в диапазоне (440–680) нм. Оценка восприятия различных составляющих этих волн может быть индивидуальна, что вызывает психологический дискомфорт. Следует отметить, что цветовая и яркостная характеристика белого света может существенно отличаться.

Таким образом, основные методы и способы освещения производственных и офисных помещений, показывают, что при разработке и совершенствования принципов освещения необходим комплексный подход, состоящий из трех аспектов: а) свет выполняет многообразные и различные функции; б) свет является одним из элементов среды, эффективность его действия зависит от других элементов: цвета покраски стен и потолка, температуры, влажности и состава воздуха, и т. д.; в) осветительное оборудование экономически целесообразно объединять с другими видами инженерного оборудования интерьеров помещений.

УДК 004

ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ. РАССТОЯНИЕ МАХАЛАНОВИСА

Жданович М.Н.¹Кандидат физ.-мат. наук, доцент Гундина М.А.²¹ОАО «ИНТЕГРАЛ» – управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ», Минск, Беларусь²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Для цифрового распознавания образов на снимках, полученных промышленным оборудованием, используются методы теории решения и структурный анализ. В первом случае используется оценка количественных дескрипторов изображения. Известно, что дескриптор производит описание найденных ключевых точек, оценивая их позиции через описание окружающих образов [1]. К таким дескрипторам относятся длина, площадь, текстура изображения. Часто текстурный анализ основан на статистических свойствах гистограммы яркости. Для этого определяется n -й момент относительно статистического среднего:

$$\mu_n = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^n p(z_i), \quad (1)$$

где z_i – это случайная величина, обозначающая яркость, $p(z)$ – гистограмма распределения уровней яркости в данной области, L – число различных значений яркости, средняя яркость m определяется по следующей формуле:

$$m = \sum_{i=0}^{L-1} z_i p(z_i). \quad (2)$$

Во втором случае при использовании методов системного анализа устанавливается состав и структура частей изображения, определяется внутреннее содержание по свойствам проекции на изображении [2]. Для векторизации вычисления расстояний между точкой и классом на изображении вводится в рассмотрение расстояние Махалановиса.

Расстояние Махалановиса между двумя точками – это мера расстояния между двумя случайными точками U и V , одна из которых может принадлежать некоторому классу с матрицей ковариации COV (рис. 1):

$$d_m(U, V, COV) = \sqrt{(U - V)COV^{-1}(U - V)^T}, \quad (3)$$

где символ T обозначает операцию транспонирования, а под COV^{-1} подразумевается матрица, обратная ковариационной матрице.

Элементы ковариационной матрицы вычисляются следующим образом:

$$\text{cov}_{a,b} = \frac{1}{|C|-1} \sum_{x \in C} (X_1 - \mu_1)(X_2 - \mu_2), \quad (4)$$

где μ_1, μ_2 – математические ожидания по признакам, $|C|$ – количество точек в классе.

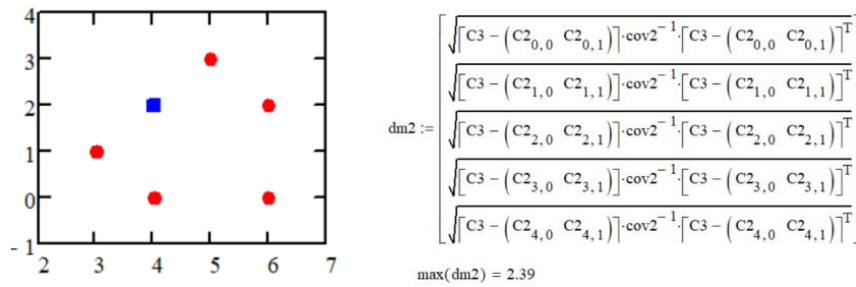


Рис. 1. Значение расстояния от фиксированной точки до некоторого множества точек

Расстояние Махаланобиса широко применяется в задачах кластеризации и классификации в задачах определения соответствию точки известному классу. Оно отличается от расстояния Евклида тем, что учитывает корреляции между переменными и инвариантно масштабу.

Литература

1. Демяненко, Я.М. Компьютерное зрение и обработка изображений. Лекция 12. Детекторы и дескрипторы / Я.М. Демяненко // Южнофедеральный университет [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: edu.mnscs.sfedu.ru. – Дата доступа: 1.02.2022.
2. Гороховатский, В.А. Структурный анализ и интеллектуальная обработка данных в компьютерном зрении / В.А. Гороховатский. – Харьков: Компания СМИТ, 2014. – 316 с.

УДК 61

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ И МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ НЕОБХОДИМЫЕ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Студент гр. 11312120 Жикин К.Д.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Прусова И.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В задаче, где T и P случайные величины, влияющие на годность объекта. Эффективным методом оказался метод, основанный на методе Байеса. В задаче принимаем, что из 10000 обследуемых приборов выработали ресурс в исправном состоянии 8600. Априорная вероятность появления исправного состояния, если в результате обследования 10001-го прибора установлено, что у него исправное состояние и наблюдались: температура от 28 °C до 32 °C и давление от 95 до 105 Па.

$$P(C_i|K_j) = P(C_i) \cdot \frac{P(K_j|D_i)}{P(K_j)}$$

где $P(C_i|K_j)$ – вероятность состояния при наличии признака K_j , $P(C_i)$ – вероятность состояния C_i , $P(K_j|D_i)$ – вероятность появления признака K_j , у объектов с состоянием C_i , $P(K_j)$ – вероятность появления признака K_j .

Таблица 1

Диагностическая матрица для задачи

| C_i | Давление, Па | | | Температура, °C | | | $P(C_i)$ |
|-------|--------------|----------|----------|-----------------|----------|----------|----------|
| | K_{11} | K_{12} | K_{13} | K_{21} | K_{22} | K_{23} | |
| | <95 | 95...105 | 105> | <28 | 28...32 | 32> | |
| C | 0,05 | 0,8 | 0,15 | 0,1 | 0,7 | 0,2 | 0,86 |

Таблица 2

Уточненная диагностическая матрица для задачи

| C_i | Давление, Па | | | Температура, °C | | | $P'(C_i)$ |
|-------|--------------|----------|----------|-----------------|----------|----------|-----------|
| | K_{11} | K_{12} | K_{13} | K_{21} | K_{22} | K_{23} | |
| | <95 | 95...105 | 105> | <28 | 28...32 | 32> | |
| C | 0,04999 | 0,80002 | 0,14999 | 0,0999 | 0,70003 | 0,1998 | 0,86001 |

где K_{11} – диапазон до 28 °С, K_{12} – диапазон от 28 °С до 32 °С, K_{13} – диапазон от 32 °С, K_{21} – диапазон до 95, K_{22} – диапазон от 95 до 105 Па, K_{23} – диапазон от 105 Па, $P'(C_i)$ – уточненная вероятность.

Вывод: Метод Байеса доказал свою простоту и эффективность, но не сильно изменил уточненную априорную вероятность.

Литература

1. Конспект лекций по высшей математике: полный курс / Д.Т. Письменный. – 9-е изд. – М.: Айрис-пресс, 2009 – 608 с.
2. Вероятностно-статистические методы принятия решений : теория, примеры, задачи : учеб. пособие / А.П. Науменко, И.С. Кудрявцева, А.И. Одинец. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2018. – 108 с.
3. Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases / D. Kahneman [et al.] – 21st. – Cambridge University Press, 2005. – 555 p.

УДК 530.1

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЗАРЯДЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ПРОВОДНИКА, ПО КОТОРОМУ ТЕЧЕТ ТОК

Студент гр.11312121 Зеленовская Д.Д.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Черный В.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Авторы многих учебников по физике для технических специальностей не указывают, каким образом в проводнике, по которому течет ток, создается электрическое поле. В одной из задач многократно издававшегося сборника Иродова [1] ошибочно предполагается, что одним из факторов, создающих поле в проводнике, является статический заряд на границе двух различных проводников.

На самом деле, на границе двух разнородных проводников образуется двойной электрический слой, поле которого проявляется на небольших расстояниях [2]. Причиной, приводящей к возникновению электрического поля внутри проводника, является неравномерное распределение зарядов по поверхности проводника [3, 4]. В данной работе предпринята попытка оценить плотности данных зарядов.

Для этого использовался проводник в виде стержня из алюминия диаметром 1 см² и длиной 1 м. К концам стержня крепились контакты, между которыми помещался подвижной контакт в виде хомута из тонкой жести длиной 2 см, который был изолирован от стержня диэлектрической пленкой. К подвижному контакту присоединялся один из выводов измерительного конденсатора известной емкости.

Второй вывод конденсатора присоединялся к одному из концов стержня, на который подавался плюс напряжения источника. Это была общая точка цепи. На другой коней стержня подавался минус напряжения источника. Подвижной контакт образовывал со стержнем конденсатор, последовательно с которым был включен контрольный конденсатор известной емкости. К их общей точке подключался вольтметр. В таком случае модули зарядов на пластинах конденсаторов будут равны.

При подключении напряжения источника на конденсаторе появлялся отрицательный заряд, что свидетельствовало о появлении на поверхности проводника заряда такого же знака. Это подтверждает, что заряд создается появившимися на поверхности проводника электронами [2]. Величина напряжения на контрольном конденсаторе более чем в 50 раз превышала напряжение, подаваемое на концы стержня.

По измеренному напряжению и известной площади подвижного контакта можно оценить плотность поверхностного заряда. Она оказалась порядка 10⁻⁵ Кулона на квадратный метр и несколько уменьшалась по мере удаления от отрицательного полюса проводника. В данной точке проводника величина линейно изменялась при изменении плотности тока.

На основании полученных данных было установлено, что градиент поверхностной плотности электронов σ линейно связан с напряженностью электрического поля E :

$$E = k g \operatorname{rad} \sigma,$$

где k – коэффициент пропорциональности, равный в нашем случае $4,7 \cdot 10^{-1}$ (В·м²)/Кл; величина градиента определялась вдоль направления, параллельного продольной оси стержня.

Полученные экспериментальные данные подтверждают идеи, выдвинутые в работах [3, 4] о природе электрического поля в проводнике, по которому течет ток.

Литература

1. Иродов, И.Е. Задачи по общей физике / И.Е. Иродов. – СПб., Лань, 2004 – 416 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. Аксенович, Л.А. Физика / Л.А. Аксенович, Н.Н. Ракина. – Мн.: Дизайн ПРО, 2000 – 632 с.

УДК 530.1

О ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ

Студент гр.11312121 Коваленко А.А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Черный В.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Явление сверхпроводимости было открыто в 1911 г. Камерлинг-Оннесом на ртути. В дальнейшем это явление было обнаружено у многих металлов и у более тысячи сплавов и соединений металлов. Из чистых металлов наибольшей температурой перехода в сверхпроводящее состояние (критической температурой T_k) обладает ниобий ($T_k = 9,3$ К).

Представляется очень перспективным использовать сверхпроводники в энергетике и электротехнике, так как при прохождении тока через них не происходит выделение тепла. В то же время из-за сопротивления подводящих проводов в настоящее время теряется более 30 % вырабатываемой электроэнергии. Поэтому задача повышения T_k для сверхпроводников является очень актуальной.

До 1986 года наибольшей величиной $T_k = 23,32$ К обладало соединение ниобия с германием Nb_3Ge [1, 2]. В 1986 г. Беднорц и Мюллер обнаружили сверхпроводимость в системе La-Ba-Cu-O, которая является керамикой, при $T_k = 35$ К. С этого времени начались многочисленные попытки создать высокотемпературные сверхпроводники (ВСТП). Уже в 1987 г. в иттриевой керамике Yа-Ba-Cu-O была достигнута $T_k = 92$ К.

Подобные исследования продолжаются и в настоящее время.

Новый тип сверхпроводников был открыт в 2014–2016 годах. Это были гидриды многих элементов, которые сохраняли состояние сверхпроводимости вплоть до комнатных температур. Так, для гидрида лантана LaH_{10} была получена $T_k = 23$ °С. Однако такие состояния реализуются при очень высоких давлениях более 1 миллион атмосфер. Еще выше величина T_k ожидается для тройного гидрида Li_2MgH_{16}

Индийские ученые опубликовали статью, в которой утверждалось, что материал, состоящий из золота и серебра, обладал $T_k = -37$ ° С при нормальном атмосферном давлении. Однако этот факт пока не был подтвержден другими независимыми исследователями.

Исследования ученых из США, Германии, Японии и Южной Кореи установили, что при определенных условиях лазерные импульсы способны создавать сверхпроводимость при комнатной температуре. В их опытах использовался оксид соединения иттрия, бария и меди. Правда, состояние сверхпроводимости длится при этом в течение ограниченного интервала времени.

Учеными из Массачусетского технологического института была обнаружена сверхпроводимость в трехслойном графене, причем она сохранялась в магнитном поле до 10 Тл. Применение подобного материала в аппаратах МРТ позволило бы получать более четкие и глубокие изображения человеческого тела.

Одна из проблем при применении ВСТП заключается в том, что из них невозможно создать провода, которые способны изгибаться. Здесь пришлось использовать нанотехнологии. Тонкие слои разных веществ наносятся один на другой. Тонкие слои нанокерамики уже способны изгибаться. Они занимают всего порядка 1 % от общего сечения провода. Аналогичная ситуация имеет место в оптоэлектронике. Стекло само по себе является хрупким материалом, который совершенно невозможно согнуть. Однако тонкие нити стекловолокна уже свободно изгибаются.

Хотя задача создания ВСТП при комнатных температурах не решена окончательно, данные материалы уже широко используются при использовании охлаждающих веществ.

Литература

1. Павлов, П.В. Физика твердого тела / П.В. Павлов, А.Ф. Хохлов. – М.: Высш. шк., 2000 – 494 с.
2. Сивухин, Д.В. Общий курс физики. Электричество / Д.В. Сивухин. – М.: ФИЗМАТЛИТ 2002. – 656 с.

УДК 531.383

ФИЛЬТР ДЛЯ ОСЛАБЛЕНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ МИКРОМЕХАНИЧЕСКИХ ГИРОСКОПОВ

Студент гр. 120891 Колесникова А.Г.

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

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Микромеханические гироскопы (ММГ) используются для реализации бесплатформенных систем ориентации низкого класса точности, так как выходные сигналы ММГ имеют значительные случайные и систематические погрешности [1]. Для ослабления случайных погрешностей сигналов ММГ предлагается использовать $\alpha\beta$ -фильтр, имеющий следующую структуру [2]

$$\omega_{k+1}^f = \beta\omega_k^f + \alpha\omega_{k+1}^{raw}, \quad (1)$$

где ω_k^{raw} – выходные (сырые) данные с ММГ; ω_k^f – фильтрованные данные; α , β – коэффициенты фильтра, которые должны быть связаны соотношением

$$\alpha + \beta = 1. \quad (2)$$

Для анализа процесса фильтрации использовались данные, полученные с ММГ, находящегося в составе модуля GY-521. Модуль устанавливался на колебательный стенд, а данные с ММГ записывались в текстовый файл (рис. 1). На рис. 2 приведены результаты обработки данных.

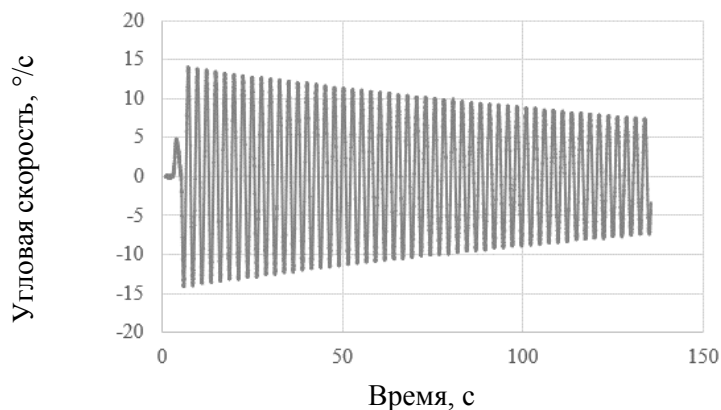


Рис. 1. Исходные данные с гироскопа

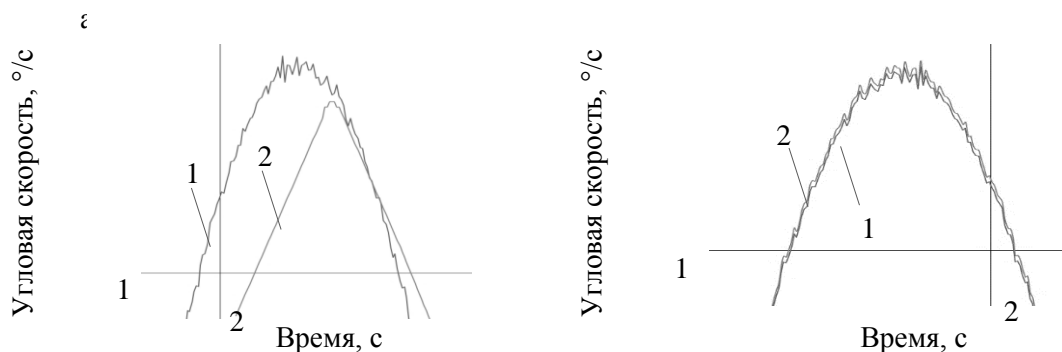


Рис. 2. Результат обработки данных: «сырые» (1), фильтрованные данные (2): а) $\alpha = 0,1$ б) $\alpha = 0,9$

На основе проведенных экспериментов можно заключить, что при $\alpha=0,1$ случайные погрешности ослабляются в лучшей степени, однако наблюдается фазовое запаздывание (рис. 2, а). При $\alpha=0,9$ ослабление шума становится менее заметной (рис. 2, б), но при этом фазовое запаздывание практически отсутствует. В связи с этим коэффициент $\alpha\beta$ -фильтра необходимо выбирать исходя из технических требований к выходному сигналу гироскопа.

Литература

1. Евстифеев М.И. Методы проектирования конструкций микромеханических гироскопов / М.И. Евстифеев. – СПб: Университет ИТМО, 2018. – 182.
2. Бар-Шалом Я. Траекторная обработка. Принципы, способы и алгоритмы. Ч.2 / Я. Бар-Шалом. – Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. – 239.

УДК 004.94

СОЗДАНИЕ РЕКЛАМНОГО ЩИТА И БУКЛЕТА ЮВЕЛИРНОГО МАГАЗИНА В ПРОГРАММЕ CLIP STUDIO PAINT

Студент гр. 11309121 Лесовик Е.М.

Кандидат техн. наук, доцент Бокуть Л.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

На сегодняшний день существует множество графических редакторов. Самый популярный редактор растровой графики – Adobe Photoshop. За все время существования этого редактора он несомненно доказал свое место на рынке как самый лучший растровый редактор. Но частой заменой Photoshop в последнее время стал графический редактор Clip Studio Paint.

Если сравнивать функции программного обеспечения, оба редактора оснащены отличными кистями и возможностью импорта и создания кистей, однако Clip Studio обладает удивительными функциями стабилизации кистей в отличие от Photoshop. Хотя такая возможность считается обычной функцией в других программах уже довольно длительное время.

Photoshop выигрывает в битве по редактированию изображений, эффектах и фильтров, поскольку он является стандартом программы для обработки фотографии.

Что касается инструментов для рисования – стандартный набор Clip Studio Paint имеет гораздо лучший специализированный набор кистей и инструментов для рисования, также такие инструменты, как масляные краски, различные типы карандашей, ручек и многое другое. В этом отношении Photoshop сильно проигрывает, поэтому нужно будет найти и скачать кисти самостоятельно в Интернете или купить специальные наборы. В частности, карандашные инструменты Clip Studio Paint довольно реалистичны и удобны в использовании.

Подводя итог, можно сказать, что Clip Studio Paint является достойной заменой Photoshop по своему функционалу, и он был использован при создании рекламного щита и буклета.

Поскольку рекламный щит должен с помощью минимума элементов показать суть рекламируемого продукта, то для создания рекламного щита не выбирались сложные композиции, а наоборот, простая композиция, но с броскостью.

Логотип магазина был размещен в самом центре, чтобы его можно было проще всего найти. В самом логотипе фигурирует характеристика магазина, что он ювелирный. За главный элемент рекламного щита выбрано ювелирное изделие, а именно ювелирное кольцо с алмазом, так как оно является наиболее частой первой ассоциацией с ювелирным делом. Кольцо – самый большой элемент на щите, оно выделено золотым цветом на фоне остальных элементов пастельной палитры. Кольцо также самый детализированный элемент, что тоже сразу притягивает взгляд зрителя. Итак, благодаря этим приемам кольцо получилось главным зрительным центром. Остальные декоративные элементы являются более простыми по детализации. За основу элементов для рекламного щита брались стоковые изображения из Интернета.

Благодаря рекламному щиту была задана основная стилистика и палитра, поэтому создать брошюру оказалось значительно проще. Брошюра создана благодаря использованию объектов, созданных для рекламного щита. Основная задача брошюры – прорекламировать сам продукт

магазина, познакомить заинтересованное лицо в содержимом магазина. Поэтому при компоновке элементов на буклете учитывалось, что, прежде всего читателя должен привлекать товар, и текст должен читаться хорошо.

На внешней стороне брошюры оформление направлено на представление магазина, также имеются сведения про наполнение внутренней стороны брошюры и краткие сведения про сам магазин, такие как суть самого магазина и контактные данные. Внутренняя сторона брошюры рекламирует продукт. В ней больше текста с информацией о том, что продает сам магазин.

Литература

1. Васильев, В.Е. Компьютерная графика: Учеб. пособие / В.Е. Васильев, А.В. Морозов – СПб.: СЗТУ, 2005. – 101 с.
2. Гришаев, А.Н. Компьютерная графика: курс лекций / А.Н. Гришаев. – Витебск: УО «ВГТУ», 2008. – 137 с.

УДК 517.983

ПРИМЕНЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ВЕКТОРОВ И СОБСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЛИНЕЙНОГО ОПЕРАТОРА. ЛИНЕЙНАЯ МОДЕЛЬ ОБМЕНА

Студент гр. 11307121 Малащенко В.С.

Кандидат техн. наук, доцент Бокуть Л.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Одно из главных применений линейных операторов – это квантовая механика, которая стала базовой дисциплиной исследования микромира. Все наблюдаемые величины, как полагается в квантовой механике, являются собственными значениями эрмитовых операторов.

Функция называется линейным оператором, если в пространстве L задан закон, а именно каждому вектору $\bar{x} \in L$ сопоставляется вполне определенный (единственный) вектор $\bar{y} = A\bar{x} : \bar{y} \in L$, при этом выполняются свойства линейности [1]:

$$\begin{aligned} A(x_1+x_2) &= Ax_1 + Ax_2, \\ A(\lambda x) &= \lambda Ax. \end{aligned} \quad (1)$$

Задача нахождения собственных значений и собственных векторов матриц является одной из основных задач для многих разделов физики. С такой вычислительной проблемой приходится сталкиваться, например, при исследовании собственных колебаний различных механических систем, колебательных и электронных спектров молекул и кристаллов, а также в квантовой механике. С нахождением собственных значений связано также широко используемое в физике понятие «диагонализация гамильтониана».

Простыми словами, собственный вектор – это такой вектор, который под действием линейного оператора переходит в коллинеарный вектор, т.е. просто умножается на некоторое число. В отличие от него, несобственные векторы преобразуются более сложно [2].

Запишем определение собственного вектора в виде системы уравнений:

$$\begin{cases} (a_{11}-\lambda)x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = 0 \\ a_{21}x_1 + (a_{22}-\lambda)x_2 + \dots + a_{2n}x_n = 0, \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + (a_{nn}-\lambda)x_n = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Собственные векторы находят применение и в линейной модели обмена. Линейной моделью обмена является матричное уравнение

$$\begin{aligned} A\bar{x} &= \bar{x}, \text{ или} \\ (A-E)\bar{x} &= 0, \end{aligned} \quad (3)$$

где $A_{n \times m} = (a_{ij})$ – структурная матрица торговли, a_{ij} – доля национального дохода, которую страна S_j тратит на покупку товаров у страны S_i , причем $\sum_{j=1}^n a_{ij} = 1$; $\bar{x} = (x_1; x_2; \dots; x_n)$ – вектор национальных доходов стран S_1, S_2, \dots, S_n ; E – единичная матрица, $\bar{0} = (0; 0; \dots; 0)$ – нулевой вектор.

Решить уравнение $A\bar{x} = \bar{x}$ означает найти собственный вектор \bar{x} , соответствующий собственному значению $\lambda = 1$ [3].

В работе исследована задача нахождения национальных доходов стран для сбалансированной торговли, используя понятия собственного вектора и собственного значения линейного оператора. Решена задача определения собственных векторов и характеристических чисел линейного преобразования.

Литература

1. Линейный оператор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/9963255/page:5/> – Дата доступа: 15.03.2022.
2. Собственные значения и собственные векторы матриц [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studopedia.ru/18_61669_sobstvennie-vektori-i-sobstvennie-znacheniya-lineynogo-operatora.html. – Дата доступа: 15.03.2022.
3. Линейная модель обмена [Электронный ресурс]. – Режим допуска: https://studref.com/574278/matematika_himiya_fizik/lineynaya_model_obmena. – Дата доступа: 15.03.2022.

УДК 004.94

РАЗРАБОТКА САЙТОВ И ИХ ДИЗАЙН

Студент гр. 11309121 Мелешко М.А.

Кандидат техн. наук, доцент Бокуть Л.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Без сайтов нельзя представить современный мир. В настоящее время количество новых сайтов увеличивается с невероятной скоростью. Поэтому основная задача при разработке сайта – сделать его максимально привлекательным и индивидуальным. В этом и заключается роль веб-дизайна. Дизайн веб-сайта является одним из ключевых моментов, влияющих на впечатления посетителя, который впервые заходит на ресурс с поиска.

Существуют различные способы создания сайта, однако, наиболее распространенные: написание кода с нуля, разработка на конструкторе или создание на готовой CMS-системе. Разработка на чистом коде с помощью языков программирования считается наиболее правильным вариантом, позволяющим реализовать любую задачу. Из преимуществ сразу можно выделить чистый валидный код, безопасность и конфиденциальность, отсутствие ограничений. Недостатки данного способа возникают ввиду сложности разработки и вероятности привлечения большого штата специалистов с последующими финансовыми затратами. Создание с помощью конструктора сайтов считается наименее затратным, так как позволяет создать сайт в визуальном редакторе без специальных знаний программирования. Главные плюсы заключаются в удобстве интерфейса и простоте настройки, а также масса готовых шаблонов и бесплатный хостинг позволяют быстро создать сайт даже новичкам. Из минусов стоит отметить ограниченный функционал бесплатных тарифов и отсутствие доступа к коду. Это требует привлечения программистов после переноса ресурса с конструктора на свой домен и хостинг. Создание сайта на CMS-системе. CMS (англ. Content Management System) – это система управления контентом сайта. С CMS не обязательно нужно знать программирование и дизайн. Она позволяет создавать сайты с помощью простых инструментов, не притрагиваясь к коду, без больших денежных и временных затрат. Недостатком можно считать дорогостоящую лицензию.

Для создания сайта была выбрана CMS-система WordPress. Во-первых, это бесплатная система с простой установкой. Имеет удобную и интуитивно понятную панель управления. Большое количество тем и шаблонов, как бесплатных, так и платных. Разнообразие плагинов. Открытый исходный код, т. е. возможность исправить и внести любые поправки. Еще одним плюсом является интернациональность CMS-системы WordPress (около 52 языков), а также не привязанность к какому-то одному типу сайта. Система часто обновляется. Для освоения системы потребуются считанные недели, а само создание сайта в зависимости от объема займет от нескольких часов, до нескольких дней. На сегодняшний день WordPress является самой популярной CMS, на ней работает 23 % Интернета.

При создании сайта были использованы следующие этапы. Подготовка. Сайт задумывался как своеобразный информационно-тематический сайт с конкретной тематикой – книги. Главной целью являлось предоставление пользователю информации о книгах, т. е. различных списков, рей-

тингов, подборок и др. ТЗ не составлялось. Разработка прототипа. Благодаря тому, что сайт создавался в WordPress, использовались тема и плагины, которые очень упростили и ускорили этот этап. Разработка дизайна. Этап верстки сильно сократился, т. к. CMS не требует перевода в HTML, а адаптивность в WordPress делается довольно просто. Этап программирования совсем не был использован.

При создании дизайна были задействованы два этапа: разработка дизайн концепции и разработка дизайна сайта. Для оформления сайта использовался самый популярный стиль – минимализм, который характеризуется пространством и отсутствием лишних деталей. Фото только по теме, текст в минимальном объеме и тезисами, функциональность и удобство. В сайте использовались черно-белая гамма, яркие акценты и много изображений.

Литература

1. Первый Бит [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studiobit.ru/blog/sozдание-web-saytov/sposoby-sozdaniya-sayta/>. – Дата доступа: 08.12.2021.
2. DESIGNONSTOP [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.designonstop.com/webdesign/article/chto-takoe-veb-dizajn-ego-osnovnye-elementy-etapy-i-principy.htm>. – Дата доступа: 08.12.2021
3. Вэбпрост [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vebrost.ru/blog/kakie-byvayut-sayty/>. – Дата доступа: 08.12.2021.
4. Impulse DESIGN [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://impulse-design.com.ua/etapy-gazrabotki-sajta.html>. – Дата доступа: 08.12.2021.
5. REG.RU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://help.reg.ru/hc/ru/articles/4408054741777/>. – Дата доступа: 08.12.2021.
6. АВАНЗЕТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://alz.ru/sistemy-upravleniya-sajtom/385-metody-sozdaniya-sayta-cms-i-dinamicheskij-kontent.html>. – Дата доступа: 08.12.2021
7. WEB «CASE» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://webcase.com.ua/blog/iz-chego-sostoit-razrabotka-sajta/>. – Дата доступа: 08.12.2021.

УДК 531

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ВОЛНА И ЕЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Студент гр. 10303121 Мудрый Д.Ю.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Бобученко Д.С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В данной работе рассматривается простейшая температурная (тепловая) волна. Тепловая волна – это периодическое изменение в пространстве и во времени распределения температуры в среде, вызванное периодическим изменением тепловых потоков или температуры на границе среды. В отличие от акустических и электромагнитных волн, распространение которых описывается волновым уравнением (гиперболический тип), распределение температуры описывается уравнением другого вида, уравнением теплопроводности (параболический тип). Поэтому, тепловая волна обладает некоторыми особенностями. Также как акустические и электромагнитные волны, температурные волны могут быть использованы для измерения свойств вещества. Для однородной, одномерной среды распределение температуры определяется уравнением:

$$\rho c_v \frac{\partial T}{\partial t} = \mu \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad \text{или} \quad \frac{\partial T}{\partial t} = \chi \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}, \quad (1)$$

с начальными и граничными условиями: $T(t=0, x) = T_0$, $T(t, x=0) = T_A \cos \omega t$, $-\mu \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=l} = \alpha (T - T_0)$, где ρ – плотность, c_v – удельная теплоемкость, μ – коэффициент теплопроводности, $\chi = \frac{\mu}{\rho c_v}$ – коэффициент температуропроводности, α – коэффициент теплообмена, T_0 – температура окружающей среды. Данное уравнение линейно и однородно. Решение этого уравнения искали в виде волны [1]: $T(t, x) = T_A \exp(i(\omega t - kx))$ (2). Подставив это условие в уравнение (1), после сокращений получили: $i\omega = -\chi k^2$. Циклическая частота ω является вещественной и положительной, тогда $k = \pm \sqrt{-i \frac{\omega}{\chi}} = \pm \sqrt{\frac{\omega}{2\chi}} (1 - i)$. Подставив это в уравнение (2), оставив только решение имеющее физический смысл, перейдя к вещественной форме, получили уравнение температурной

волны: $T(t, x) = T_0 + T_A \exp\left(-\sqrt{\frac{w}{2\chi}} x\right) \cos\left(\omega t - \sqrt{\frac{w}{2\chi}} x\right)$. Амплитуда волны, как и некоторые другие характеристики, зависит от частоты. На длине $l = \sqrt{\frac{2\chi}{w}}$ убывает в e раз. Фазовая скорость волны v , определяемая из условия: $\omega t - \sqrt{\frac{w}{2\chi}} x = \text{const}$, равна: $v = \sqrt{2\chi w}$. Период колебаний: $\tau = \frac{2\pi}{\omega}$. Длина волны λ равна: $\lambda = v \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{2\chi}{w}}$. Температура на конце рассматриваемой среды, из граничных условий, равна: $T(t, x = l) = T_0 + \frac{k}{\alpha} \sqrt{\frac{w}{2\chi}} T_A \exp\left(-\sqrt{\frac{w}{2\chi}} l\right) \left\{ \cos\left(\omega t - \sqrt{\frac{w}{2\chi}} l\right) - \sin\left(\omega t - \sqrt{\frac{w}{2\chi}} l\right) \right\}$. На рисунке 1 представлены зависимости температуры T от круговой частоты ω в различных сечениях медного стержня ($x = 2(1), 3(2), 4(3)$ мм) для момента времени $t = 0,1$ с.

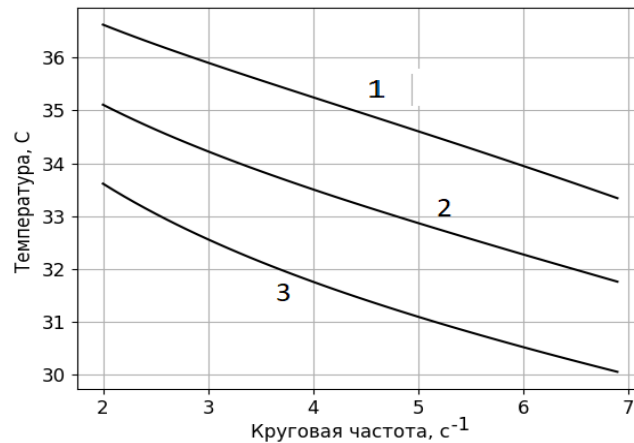


Рис. 1

Данная зависимость может быть использована для определения теплофизических параметров материалов, таких как теплоемкость, плотность, коэффициент теплопроводности.

Литература

1. Кравчун, С.Н. Метод периодического нагрева в экспериментальной теплофизике / С.Н. Кравчун, А.А. Липаев. – Казань: Изд.-во Казанск.ун-та, 2006. – 206 с.

УДК 004

ПРОРЕЖИВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ В MATHCAD

Студент гр. 11902121 Одрова А.М.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Гундина М.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Прореживание изображения используется для удаления выбранных пикселей из бинарного изображения. Оно используется для очистки выходных данных путем уменьшения толщины всех линий до одного пикселя.

Операция прореживания использует в своей основе структурирующий элемент.

Пусть S – структурирующий элемент, тогда прореживание изображения I структурирующим элементом S может быть представлено следующей формулой:

$$t(I, S) = I - f(I, S).$$

Функции f строится на основе структурного элемента. Например, в качестве него может быть рассмотрена матрица $M1$:

$$M1 = \begin{pmatrix} 1 & & \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & \end{pmatrix}.$$

Ее использование позволяет найти угловые точки на изображении. На основе $M1$ строятся матрицы $M2, M3, M4$.

$$M2 = \begin{pmatrix} 1 & & \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \end{pmatrix}, M3 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & & \end{pmatrix}, M4 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \\ 0 & 1 & 1 \\ & & 1 \end{pmatrix}.$$

Каждая из этих матриц может быть получена из исходной путем поворота.

Операция прореживания вычисляется путем перевода начальных координат структурирующего элемента в каждую возможную позицию пикселя в изображении и сравнения ее в каждой позиции с исходными значениями пикселей изображения.

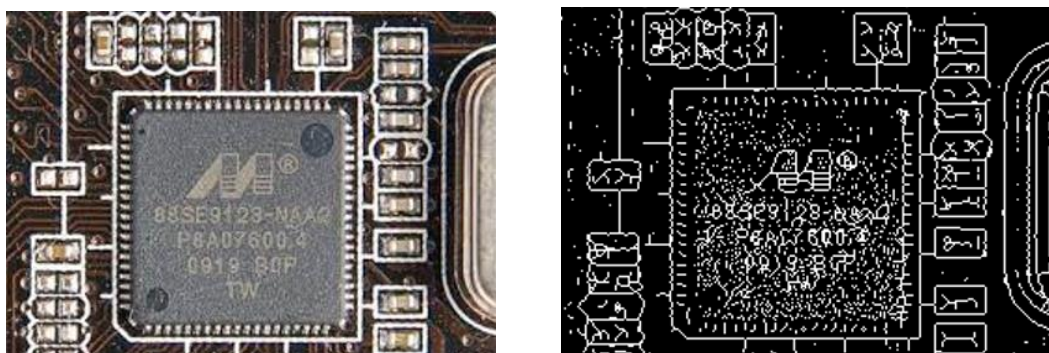


Рис. 1. Исходное изображение. Обработанное изображение

Если значения в структурирующем элементе точно совпадают с пикселями в изображении, то пикселю изображения ставится в соответствие значение яркости, равное нулю. В противном случае оно остается без изменений.

Для реализации операции прореживания в пакете инженерных расчетов *MathCad* может быть записана следующая последовательность действий: 1. Осуществляется чтение файла: $r:=\text{READ_IMAGE}(\text{“Адрес файла”})$. 2. Устанавливается порог бинаризации: $t:=128$. 3. Осуществляется пороговая бинаризация: $b:=\text{binarize}(r,t)$. 4. Записывается файл с помощью функции WRITEBMP . 5. Осуществляется операция прореживания: $d:=\text{thin}(r,t)$. Автоматически оператор прореживания применяется многократно, пока не перестает изменяться изображение.

УДК 514.752.2

ТРАНСЦЕНДЕНТНЫЕ КРИВЫЕ И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Студент гр. 11307121 Охремчик В.А.

Кандидат техн. наук, доцент Бокуть Л.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Трансцендентное уравнение – это уравнение вида $f(x)=g(x)$, где функции f и g являются аналитическими функциями, и, по крайней мере, одна из них не является алгебраической. Обычно такие уравнения содержат показательные, логарифмические, тригонометрические или обратные тригонометрические функции [1].

Трансцендентные кривые могут пересекаться с плоскостью (или с компланарной с ней прямой линией) в конечном или в бесконечном количестве точек. Простейшим примером трансцендентных кривых может служить график функции

$$y = a + b\sin(cx+d) \quad (1)$$

где a, b, c, d – постоянные.

Синусоидой описываются процессы, относящиеся к гармоническим колебаниям, например движения маятника в часах или звуковые волны. Синусоидой также является проекция на плоскость трехмерной спирали, например, скрученного провода

Следующая трансцендентная кривая – циклоида (рис.1). Циклоида является траекторией точки, принадлежащей окружности, которая перемещается по прямой линии. В декартовой системе координат уравнение имеет вид:

$$x = r \arccos \frac{r-y}{r} - \sqrt{2ry - y^2} \quad (2)$$

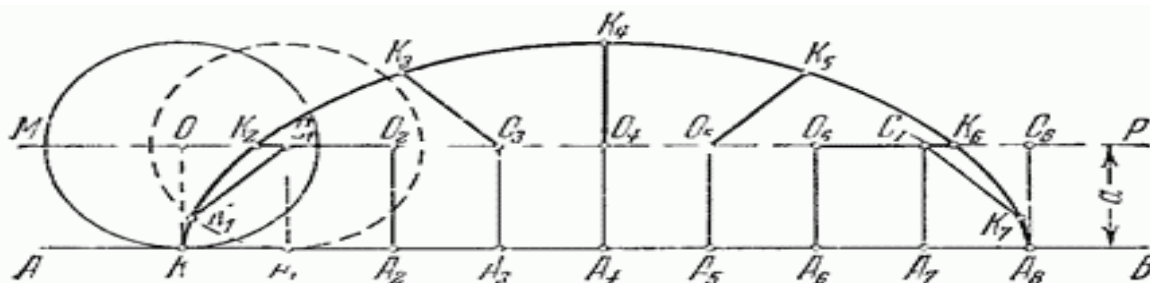


Рис. 1. График циклоиды

Механизмы, которые при работе совершают равномерное, вращательное и поступательное движения, описываются циклоидальными кривыми. Период колебаний циклоидного маятника не зависит от амплитуды. Этим фактом воспользовался Гюйгенс при создании точных механических часов. Также перевернутая циклоида является кривой скорейшего спуска

Цепная линия является плоской трансцендентной кривой. Это линия, которую принимает однородная гибкая нерастяжимая тяжелая нить или цепь с закрепленными концами в однородном гравитационном поле.

В декартовой системе координат цепная линия задается уравнением

$$y = \frac{a}{e} \left(e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}} \right) \quad (3)$$

Перевернутая цепная линия испытывает только деформацию сжатия, и не испытывает деформацию излома, поэтому ее форма является наилучшей для построения арок.

Мыльная пленка, натянутая на два кольца, принимает форму катеноида – поверхности, которая возникает в результате вращения цепной линии. Такая поверхность, проходящая через две окружности, имеет минимальную площадь.

Литература

1. Академик [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/tuwiki/95015>. – Дата доступа: 15.03.2022.
2. Исследовательский проект «Трансцендентные кривые» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pandia.ru/text/78/051/7589.php>. – Дата доступа: 15.03.2022.

УДК 517.37

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ОСТРОГРАДСКОГО-ГАУССА

Студент гр. 11307121 Прокопенко Н.А.

Кандидат техн. наук, доцент Бокуть Л.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Теорема о дивергенции, известная как теорема Остроградского-Гаусса, широко применяется в математике, физике и технике, особенно в области электростатики и гидродинамики.

В математическом анализе с помощью теоремы Остроградского-Гаусса можно вычислить поток векторного поля через поверхность окрестности по внешним направлениям или дивергенцию. Теорема Остроградского-Гаусса говорит о том, что при рассмотрении общего потока, генерируемого внутри объема V , выполняется равенство:

$$\iiint \operatorname{div} F dV = \iint (F, n) dS. \quad (1)$$

Тройной интеграл от дивергенции векторного поля, распространенный по объему V , равен потоку вектора через поверхность. Эту формулу можно записать в таком виде:

$$\int \left(\frac{dP}{dx} + \frac{dQ}{dy} + \frac{dR}{dz} \right) d\omega = \int (P \cos \alpha + Q \cos \beta + R \cos \gamma) ds, \quad (2)$$

где $d\omega$ и ds – соответственно дифференциалы объема V и поверхности S ; $P = P(x; y; z)$, $Q = Q(x; y; z)$, $S = S(x; y; z)$ – функции, на которые наложено условие непрерывности в замкнутой области пространства, ограниченной замкнутой гладкой поверхностью. В этой области частные производные первого порядка данных функций также должны быть непрерывны.

В физике теорему Остроградского-Гаусса используют при расчете электростатического поля в случае, когда поле имеет симметрию цилиндрическую, сферическую или плоскую. Поэтому можно сказать, что симметрия и конфигурация поля влияют на результативность применения теоремы. Необходимо, чтобы характеристики поля удовлетворяли требованиям:

- заряженное тело должно быть окружено простой замкнутой поверхностью;
- вычисление потока вектора напряженности E сводится к умножению E на площадь поверхности S или ее части.

Поток вектора напряженности электрического поля через замкнутую поверхность в вакууме равен алгебраической сумме заключенных внутри этой поверхности зарядов, деленной на ϵ_0 :

$$\Phi = \oint (E dS) = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_i q_i. \quad (3)$$

Иными словами, теорема устанавливает точное соотношение между потоком напряженности электрического поля через замкнутую поверхность и суммарным зарядом внутри этой поверхности.

Если заряд распределен внутри замкнутой поверхности непрерывно с объемной плотностью ρ , то теорема Остроградского-Гаусса имеет вид:

$$\oint E_n dS = \frac{1}{\epsilon_0} \int \rho dV. \quad (4)$$

Теорема Остроградского-Гаусса применяется в случаях, если поле обладает следующими характеристиками, иначе она не дает эффективного решения задачи:

1. Поле, созданное бесконечно длинным заряженным цилиндром.
2. Поле объемного заряженного шара.
3. Поле равномерно заряженной бесконечной плоскости.
4. Поле, созданное заряженной сферической поверхностью.
5. Поле, созданное двумя цилиндрическими поверхностями, заряженными одинаковыми разноименными зарядами.
6. Поле, созданное двумя разноименными заряженными плоскостями (бесконечно большими).

Литература

1. The Univerlib [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://univerlib.com/mathematical_analysis/field_theory/ostrogradsky_gauss_formula/ – Время доступа: 15.03.2022.
2. Студопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studopedia.ru/6_158467_teorema-ostrogradskogo-gaussa.html. – Время доступа: 15.03.2022.

УДК 621.3.078.4

ОПТИМАЛЬНОЕ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ УПРАВЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПРИ НАЛИЧИИ СУХОГО И ВЯЗКОГО ТРЕНИЙ

Магистрант гр. 140811/15 Прокопец С.А.

Кандидат техн. наук Телухин С.В.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Минимальная длительность переходных процессов при отсутствии перерегулирования обеспечивается в оптимальных по быстродействию системах управления. Одним из видов электроприводов постоянного тока являются безредукторные электроприводы.

Уравнения движения электродвигателя постоянного тока малой мощности при наличии на его валу момента сухого и вязкого трений, при пренебрежении электромагнитной постоянной времени, записываются в следующем виде [1]:

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

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 системы второго порядка оптимальное управление задается в виде [2]:

$$u = -U \cdot \text{sign}(\varphi - \varphi_{зад} - f(\varphi, \omega)), \quad (2)$$

где $\varphi_{зад}$ – заданный угол поворота вала, U – максимально допустимое напряжение, подаваемое на электродвигатель, $f(\omega)$ – линия переключения управления.

Для объекта, описываемого системой уравнений (1), линия переключения согласно принципу максимума Понтрягина [2], получает следующий вид:

$$f(\varphi, \omega) = \frac{-JR}{C_e C_M + Rb} \omega + JR \cdot \text{sign}(\omega) \frac{M_{тр} R + C_M U}{(C_e C_M + Rb)^2} \ln\left(\frac{C_e C_M + Rb}{M_{тр} R + C_M U} \omega \cdot \text{sign}(\omega) + 1\right). \quad (3)$$

На рис. 1 приведен пример переходного процесса, полученный путем моделирования системы уравнений (1) с учетом выражения (2).

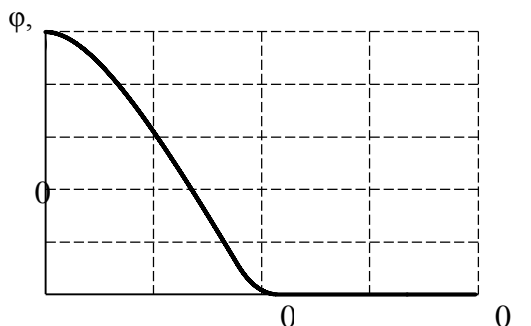


Рис. 1. График переходного процесса

Литература

1. Копылов, И.П. Электрические машины: Учеб. пособие для вузов / И.П. Копылов. – 3-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2002. – 607 с.
2. Иванов, В.А., Фалдин, Н.В. Теория оптимальных систем автоматического управления / В.А. Иванов, Н.В. Фалдин; под ред. Е.П. Попова. – М.: Наука, 1981. – 336 с.

УДК 004.94

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ AUTOCAD В ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Студент гр. 31302221 Рабецкий А.Г.

Ст. преподаватель Кондратьева Н.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Автоматизированное проектирование – это организационно-техническая система, предназначенная для автоматизации процесса проектирования, состоящая из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности. Цель автоматизации проектирования: снижение материальных затрат; увеличение производительности труда для

проектировщиков; повышение качества работы; сокращение средств проектирования. AutoCAD широко используется в производственной и инженерной деятельности человека.

Спектр возможностей AutoCAD довольно велик. Выполняется построение объектов в двух и трехмерной графике. AutoCAD предлагает функции трехмерного моделирования и визуализации. С ее помощью можно создавать объекты в трехмерном пространстве для их более точной визуализации. Для улучшения визуализации в AutoCAD есть возможность добавления реалистичного освещения, так же вид материала, используемый для создания объекта. Это так же повышает качество восприятия и качество внешнего вида объектов построенных в трехмерном измерении. В целях улучшения производительности и удобств работы в AutoCAD, есть возможность настройки и изменения собственного интерфейса пользователем [1]. Возможно импортирование данных PDF-файлов. САПР – это комплекс на основе автоматизированного проектирования, связанный с подразделениями проектной организации. Комплекс САП включает методическое, техническое, информационное, математическое и организационное обеспечения.

Опишем алгоритм, по которому выполнялось создание чертежа червячного редуктора. Создаем новый файл на основе шаблона (например пустой шаблон **dwt**). Создаем и настраиваем (или переносим из другого файла) все необходимые: слои; листы (настроенные для печати и содержащие рамки со штампами); текстовые стили; размерные стили; стили таблиц; блоки; стили мультивыносок. Обрисовываем всю графику необходимую на чертеже (планы, виды, разрезы и т. п.). Переходим в пространство листа, далее располагаем на листе все необходимые виды в нужных масштабах **с помощью видовых экранов**. Применение 3D моделирования позволяет максимально упростить производство различных узлов и деталей изделий с высокой точностью, а также улучшает качество создание чертежей (рис.1).

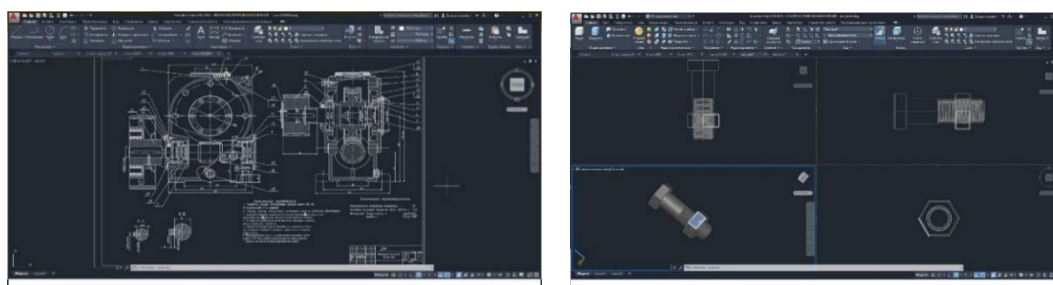


Рис. 1. Изображение чертежа червячного редуктора и 3D модели детали

Выделим практические достоинства, при использовании AutoCAD в инженерной деятельности: использование одного чертежа в качестве основы для разработки подобных проектов; за счет увеличения точности черчения, происходит улучшение качества производимого продукта; появляется возможность внедрять модели с другими типами трудовой деятельности; имеется доступность специального набора чертежных инструментов, которые объединяют в себе функционал более простых; наблюдается значительное уменьшение временных затрат на разработку проектов и чертежей; повышается производительности трудовой деятельности.

Литература

1. Соколова, Т.Ю. Autocad 2009. Учебный курс / Т.Ю. Соколова. – СПб.: Питер. 2008. – 576 с.

УДК 517.972.9

АНАЛИЗ ЗАДАЧИ О БРАХИСТОХРОНЕ

Студент гр. 11310120 Роман А.Н.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Гацкевич Е.И.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящей работе исследована задача о наискорейшем спуске тела из точки $A(0, 0)$ в точку $B(y_0, x_0)$ (ордината направлена вниз). Как известно [1, 2], задача об определении траектории спуска, при движении по которой время спуска будет наименьшим, называется задачей о брахистохроне. Решение этой задачи было найдено еще в 17 веке [1]. Траектория наискорейшего спуска описывается уравнением циклоиды, которое в параметрическом виде записывается в виде:

$$\begin{aligned} x &= r(k - \sin k) \\ y &= r(1 - \cos k) \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь r и k параметры циклоиды. При произвольных значениях координат возможны 3 ситуации. 1) Если y_0 и x_0 связаны соотношением $y_0 = 2x_0/\pi$, то $r = y_0/2$ и k будет изменяться от 0 до π . В этом случае траектория будет представлять полную полуарку циклоиды. Будем считать, что в этом случае $x_0 = x_f$. 2) Если точка B_1 имеет координаты (x_1, y_0) , причем $x_1 < x_f$, то полуарка циклоиды будет неполная, а значения параметра $k = k_1$, при котором $x = x_1$, можно найти из численного решения уравнения $x_1(\cos k_1 - 1) + y_0(k_1 - \sin k_1) = 0$, причем $r_1 = x_1/(k_1 - \sin k_1)$. Численное решение было получено в Mathcad с использованием функции root. 3) Точка B_2 имеет координаты (x_2, y_0) , причем $x_2 > x_f$ тело будет двигаться сначала по циклоиде, а потом по прямой – отрезок B_0B_2

Время спуска можно определить, используя выражение [2]:

$$t = \int_0^x \frac{\sqrt{1+(y'_x)^2}}{\sqrt{2gy}} dx, \quad (2)$$

где g – ускорение свободного падения, $x = x_0$ в ситуации 1, $x = x_1$ в ситуации 2. В случае 3 полное время $t_p = t + t_r$, здесь t – время движения по циклоиде до точки B_0 и t_r – время движения по отрезку B_0B_2 , $t_r = (x_2 - x_0)/v$, где v скорость в точке B_0 . С учетом того, что вся потенциальная энергия перешла в кинетическую, $v = \sqrt{2gy_0}$. Согласно нашим вычислениям:

$$y'_x = \frac{\sin k}{1 - \cos k}, \quad dx = r(1 - \cos k)dk. \quad (3)$$

После замены переменной интеграл (2) можно взять в явном виде: $t = k_i \sqrt{r_i/g}$, где $k_i = \pi$ и $r = y_0$ для случаев 1 и 3 и $k_i = k_1$ и $r = r_1$ для ситуации 2. Аналогичные вычисления были сделаны для движения по прямой из точки А в точку В, в этом случае $t_s = \sqrt{2(x_i^2 + y_0^2)/(gy_0)}$. Результаты вычислений приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры и результаты вычислений для времени спуска из точки А(0, 0) до точки В_i(y_0, x_i), $y_0=8$.

| | $x, \text{ м}$ | k_i | y_0/x_i | $r_i, \text{ м}$ | $t, \text{ с}$ | $t_s, \text{ с}$ | t_s/t |
|-------|----------------|-------|-----------|------------------|-----------------------|------------------|-------------------|
| B_0 | 12,56 | π | $2/\pi$ | $y_0/2=4$ | 2,007 | 2,378 | 1,185 |
| B_1 | 10 | 2,775 | 1,25 | 4,137 | 1,803 | 2,045 | 1,134 |
| B_2 | 15 | π | 0,533 | $y_0/2=4$ | $t_p = t + t_r=2,201$ | 2,715 | $t_s/t_p = 1,233$ |

Из результатов вычислений видно, что независимо от соотношения между координатами x и y точки В, время спуска по циклоиде всегда меньше, чем по прямой. Отношение времени спуска по прямой к времени спуска по циклоиде возрастает с ростом x .

Литература

1. Сумбатов, А.С. Задача о брахистохроне (классификация обобщений и некоторые последние результаты/ А.С.Сумбатов // ТРУДЫ МФТИ. – 2017. – Том 9, № 3. – С.73–75.
2. Мэтьюз, Дж. Математические методы физики / Дж. Мэтьюз, Р.Уокер. – М.: Атомиздат, 1973. – 397 с.

УДК 621.382

УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЕ СВЕТОДИОДЫ ДЛЯ БОРЬБЫ С ВИРУСАМИ

Студенты гр.10903121 Самцов Н.Д., Сурага Ю.С.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Манего С.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Основное направление развития светодиодной промышленности, в настоящее время, направлено на создание новых мощных светодиодов, работающих в УФ-области излучения. Такие светодиоды хорошо себя зарекомендовали в качестве бактерицидных ламп для обеззараживания воздуха, поверхностей и жидкостей (воды). Исследования в УФ-диапазоне излучения различных

источников света показало, что наиболее эффективно уничтожает вирусы и бактерии излучение в диапазоне длин волн (205 нм ÷ 315 нм) Это обусловлено, величиной энергии разрушения молекул ДНК вируса. Следует отметить, что кроме светодиодных излучателей, существуют и другие УФ-излучатели. Например, ртутные лампы высокого давления у которых длина излучения ($\lambda = 245$ нм и $\lambda = 185$ нм). Однако, излучение с длиной волны $\lambda = 185$ нм, преобразует кислород в озон, который негативно воздействует на кожу человека. Всемирная организация здравоохранения не рекомендует использовать кварцевые лампы для борьбы с коронавирусом. Применение светодиодных ламп в установках обеззараживания дает ряд преимуществ, а именно: более точную фокусировку излучения на требуемом объекте, более плавную регулировку мощности излучения и возможность получения наиболее эффективной длины волны $\lambda = 245$ нм а также, существенное уменьшение массы установки и отсутствие ртути.

Фирмы, обладающие технологией создания полупроводниковых чипов на основе AlGaIn и AlN, ускоренным темпом создают УФ-излучатели в диапазоне длин волн (265–280) нм. Это компания Everlight (мощность излучения УФ-светодиода $\lambda = 280$ нм, $P = 30$ мВт) и компания Seoul Viosys, дочерняя структура Seoul Semiconductor ($\lambda = 275$ нм, $P = 50$ мВт). В пресс-релизе компании, который опубликован 3 марта 2020 г., было заявлено, что эффективность уничтожения вируса COVID-19, с помощью данного светодиода, была 90 %. Следует также отметить, что КПД УФ-светодиодов пока, небольшое (1–2 %). Для сравнения, у кварцевой лампы КПД составляет 10–15 %. Дальнейшие исследования причин низкой эффективности УФ-светодиодов показали, что очень низкий КПД обусловлен большой величиной запрещенные зоны Eg и низкой эффективностью легирования AlGaIn, что затрудняет получение прямого туннелирования между слоями р-типа и n-типа. Чтобы преодолеть эту проблему, группа профессора Zetian Mi [1] из Мичиганского университета изучила конструкцию УФ-светодиода, включая тонкий слой туннельного соединения GaN различной толщины, а также различную толщину верхнего слоя n-типа AlGaIn, что позволило оптимизировать конструкцию УФ-светодиода и существенно увеличить внешнюю квантовую эффективность ~11 %.

Литература

1. GaN-Based Deep-Nano Structures: Break the Efficiency Bottleneck of Conventional Nanoscale Optoelectronics / Navid I. A. [et al.] // Advanced Optical Materials. – 2022. – С. 2102263.

УДК 620.1.08

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ГРАНУЛИРОВАННОЙ САХАРОЗЫ ОТ ЕЕ РАЗМЕРНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Студенты гр.11305121 Сенюта В.В.¹, Корякин М.С.¹, Почкаева А.А.²

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Бумай Ю.А.¹, Почкаев А.В.²

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

²ООО «Когнитивные Биотехнологии», Минск, Беларусь

Сахароза используется как сырье для создания ряда лекарственных форм и одним из компонентов для генерации некоторых лекарственных средств, поэтому контроль ее качества актуален. По своему составу химически чистая сахароза ($C_{12}H_{22}O_{11}$) состоит из: α -глюкопиранозила и β -фруктофуранозиды, которая растворяется в дистиллированной воде, массовая концентрация остатка (микроэлементов) после выпаривания составляет не более 5 мг/дм³; рН фактор находится в пределах 5,4–6,6. Сухая сахароза является ярко выраженным диэлектриком с электретными свойствами. Исследовались образцы гранулированной сахарозы шарообразной формы (рис. 1), диаметром приблизительно 4 мм, изготовленных методом дражирования. Объем статистической выборки $n = 10$. Электрические параметры образцов (эффективные сопротивления R^*) определялись методом релаксационной дифференциальной диэлектрической спектроскопии, основанной на дифференциальном анализе переходного заряда во временной области при поляризации образца напряжением в виде ступеньки [1]. Анализировались размерные параметры каждого образца: S^* – площадь фотоизображения, P – периметр и кругообразность $\Theta = 4\pi S^*/P^2$ в программе обработки изображений Image J. Дополнительно взвешиванием определялась масса m каждого

образца. Параметры образцов и рассчитанные статистические данные приведены в табл. 1. Оценка корреляции приведенных параметров производилась на основе линейного коэффициента корреляции Пирсона r , вычисляемого по формуле $r = \frac{\text{cov}(X,Y)}{\sigma(x)\sigma(y)}$, где коэффициент ковариации

$\text{cov}(X, Y) = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n}$, среднее квадратичное отклонение для геометрических параметров образца

$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}$, для сопротивления R^* $\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n}}$, средние значения $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$, $\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$.



Рис. 1. Фотоизображения исследуемых образцов

Таблица 1

| № образца | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | r |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| S^* , мм ² | 10,7 | 11,1 | 11,7 | 11,3 | 10,3 | 12,3 | 12,1 | 11,6 | 11,2 | 10,7 | 0,64 |
| P , мм | 12,9 | 12,7 | 13,1 | 12,8 | 12,7 | 14,0 | 14,1 | 13,2 | 13,1 | 12,8 | 0,44 |
| Θ | 0,81 | 0,86 | 0,86 | 0,86 | 0,81 | 0,79 | 0,76 | 0,84 | 0,82 | 0,82 | 0,06 |
| m , мг | 31 | 33 | 36 | 37 | 32 | 40 | 38 | 41 | 36 | 33 | 0,67 |
| $R^* \times 10^9$, Ом | 2,7 | 1,9 | 3,7 | 3,5 | 3,2 | 3,3 | 0,26 | 0,29 | 0,19 | 3 | |

Анализ корреляции оцениваемых параметров на основе шкалы Чеддока приводит к следующему выводу: зависимость для R^* от S^* и m – заметная, от P умеренная и от Θ – слабая.

Литература

1. Бумай, Ю.А. Исследование проводимости сахарозы методом емкостной релаксационной спектроскопии / Ю.А. Бумай, О.С. Васильков, А.В. Почкаев, Т.В. Почкаева // Приборостроение – 2019: материалы 12 Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 13–15 ноября 2019 г. / Белорус. нац. техн. ун-т; редкол.: О.К. Гусев (предс.) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2019. – С. 137–138.

УДК 656

СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

Студент гр. 11301121 Стурлис М.В.

Ст. преподаватель Кондратьева Н.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В данной работе был произведен поиск равновесия в приближенной к реальности транспортной сети для устранения пробок при перемещении. Рассмотрен конкретный модельный пример (рис. 1):

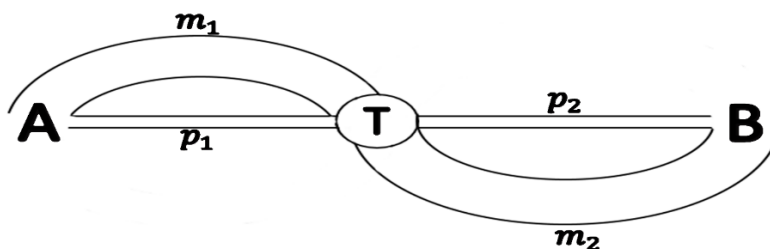


Рис. 1. Схема транспортной сети

Предположим, что из пункта А в пункт В ведут две дороги – p и m . Обе дороги делятся промежуточным пунктом Т на равные части p_1, p_2, m_1 и m_2 , где $p_1 = p_2, m_1 = m_2$. Участки дороги p_1 и p_2 (короткие, узкие) способны пропускать транспортный поток, равный 5000 автомобилей/час

без образования пробок, преодоление каждого из этих участков без пробок займет 20 минут. Участки дороги m_1 и m_2 (длинные, широкие) способны пропускать транспортный поток, равный 10 000 автомобилей/час без образования пробок, преодоление каждого из этих участков займет 40 минут. Общий постоянный транспортный поток из пункта А в пункт В равен 8000 автомобилей/час.

По принципу равновесия Уордроба (если есть длинная широкая дорога, преодоление участка которой занимает 40 минут и короткая узкая (не вмещающая весь поток) дорога, преодоление участка которой занимает 20 минут, то на узкой дороге будет вырастать пробка) пробка на короткой узкой дороге будет увеличиваться до тех пор, пока время преодоления обоих участков не сравняется. Значит, на участках дороги p_1 и p_2 будут образовываться пробки по 20 минут. Это равновесие достигается, в случае, если ни один водитель больше не может сокращать свое время в пути [1]. Из рассуждений следует, что все участники движения из А в В делятся на 4 категории:

1. Те, кто едут сначала без пробки, а потом с пробкой.
2. Те, кто едут сначала с пробкой, а потом без нее.
3. Те, кто оба участка пути едут в пробках.
4. Те, кто оба участка пути едут без пробок.

Но все без исключения участники движения в среднем затрачивают на перемещение из пункта А в пункт В один час и двадцать минут. Чтобы избежать образования пробок в данной транспортной сети, достаточно установить дорожный знак в пункте Т, запрещающий продолжение движения прямо. Участники движения, приехавшие в пункт Т по участку короткой дороги p_1 , продолжают движение по участку длинной дороги m_2 , и наоборот.

В результате наблюдается, что общий постоянный транспортный поток объемом 8000 автомобилей/час естественным образом, в силу закона больших чисел, разбивается на 2 потока: автомобили, проезжающие сначала по короткой, а потом по длинной дороге (около 4000 автомобилей/час), и автомобили, проезжающие сначала по длинной, а потом по короткой дороге (около 4000 автомобилей/час). Поток 4000 автомобилей/час – в пределах пропускной способности узкой дороги, за этим следует отсутствие пробок. Таким образом, все участники движения, независимо от выбора маршрута, на путь из А в В будут тратить на 20 минут меньше, что позволяет оптимизировать конкретную транспортную сеть.

Литература

1. Швецов В.И. Алгоритмы распределения транспортных потоков / В.И. Швецов // Автоматика и телемеханика. – 2009. – № 10. – С. 148–157.

УДК 621.382

ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ПЛЕНКИ НА ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЙ $A^{IV}B^{VI}$

Студент гр.11303121 Тиханович П.С.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Манего С.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

К фоточувствительным пленкам в зависимости от конструкции и назначения разрабатываемых устройств предъявляются ряд требований: обеспечение заданных величин стационарной и пороговой фоточувствительности, для требуемой области длин волн спектральной чувствительности, широкий диапазон величин удельных темновых сопротивлений и инерционности, высокой однородности распределения фотопроводимости и других фотоэлектрических параметров по площади на поверхности больших размеров, пригодность для фотолитографических методов формирования топологии, возможность изготовления на их основе многоэлементных структур и технологическая совместимость с другими пленочными элементами структуры. Следует отметить, что наиболее подходящие к этим требованиям являются твердые растворы соединений CdS_xSe_{1-x} ($0 \leq x \leq 1$), так как обладают высокой фоточувствительностью в видимой и ближней инфракрасной областях спектра. Одним из актуальных применений пленок CdS_xSe_{1-x} является использование таких фоточувствительных пленок в оптомодуляторах, которые обладают высокой помехоустойчивостью, чувствительностью, малыми размерами, хорошей гальванической развяз-

кой управляющей и сигнальной цепей. Использование таких пленок при создании оптомодуляторов позволяют эффективно использовать их в контрольно-измерительной технике обладающей, повышенной чувствительностью и надежностью входных цепей измерительной техники. Исследование фоточувствительности таких пленок показал, что они обладают фотоутомляемостью, т. е. состоящее в медленном уменьшении со временем фототока фоторезистора. Механизм процесса старения заключается в уменьшении концентрации мелких доноров в объеме материала вследствие распада пересыщенного твердого раствора собственных донорных дефектов или примесей в решетке CdS. Уменьшение концентрации доноров в объеме материала происходит путем выделения их у некоторых стоков, роль которых в поликристаллических пленках сульфида кадмия могут играть зародыши, представляющие собой атомы примесей или их ассоциаты, а также границы зерен. Для повышения стабильности параметров фоторезисторов применяют термический отжиг-искусственное старение, или метод стабилизации пересыщенного твердого раствора. Анализ различных способов формирования поликристаллических слоев CdS_xSe_{1-x} ($0 \leq x \leq 1$), показал, что наиболее качественные слои были получены методом катодного трехэлектродного распыления с последующим отжигом в атмосфере паров меди и серебра.

УДК 004.94

СОЗДАНИЕ МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ В СИСТЕМЕ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КОМПАС-3D

Студент гр. 31302221 Чуб А.Ю.

Ст. преподаватель Кондратьева Н.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Современные трехмерные САД-системы решают подавляющее число инженерных задач, предоставляют возможность инженеру повысить точность проектирования моделей деталей, быстро определяют спорные моменты в конструкциях. Наряду с созданием 3D-моделей, сборочных единиц, чертежей и документооборота, в них можно проводить различные инженерные расчеты: прочностные, температурные, расчеты связанные с жидкостными и газовыми потоками и другие. Кроме того, они обладают множеством встроенных модулей для решения специализированных задач для автоматизации проектирования электрических, гидравлических и прочих вспомогательных систем, автоматизации проектирования пресс-форм, работы с листовыми материалами и т. д. На практике в подобные системы интегрируется модуль подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ. Проектировщик может значительно ускорить процесс выпуска проектно-сметной документации. Наиболее широко применяемым средством при проектировании моделей деталей, составных элементов аппаратуры является пакет КОМПАС-3D.

КОМПАС-3D широко используется для проектирования изделий основного и вспомогательного производств в таких **отраслях промышленности**, как машиностроение (транспортное, сельскохозяйственное, энергетическое, нефтегазовое, химическое и др.), приборостроение, авиастроение, судостроение, станкостроение, вагоностроение, металлургия, промышленное и гражданское строительство.

Данный пакет включает в себя средства, позволяющие пользователю создавать разного рода чертежи, описания к ним многое другое необходимое как студенту, так и опытному конструктору или архитектору. Одна из последних версий КОМПАС-3D V20 имеет следующие функции: современный настраиваемый интерфейс; поддержка различных видов моделирования (твердотельное, поверхностное, листовое, объектное); поддержка ГОСТ 2.052-2015 «Электронная модель изделия»; обмен данными с другими САПР; выполняются расчеты и анализ; ведется качественное оформление конструкторской и проектной документации; поиск и исправление ошибок в чертежах и 3D-моделях; внедрены специальные приемы работы с большими сборками [1].

Выполнены этапы создания 3D-модели детали, которая является составной частью большой сборки и может быть использована в производстве. При помощи инструментов был разработан необходимый эскиз детали, применено выдавливание. Сделаны эскизы отверстий, произведены необходимые вырезы с необходимой глубиной отверстий. Добавлено скругление граней отверстий по определенному радиусу и способу скругления, снята фаска с граней детали с заданным

углом и длиной. Деталь дополнена выдавливанием внешнего элемента. Выполнено сохранение объемного изображения детали в необходимом формате файла (рис. 1). Результаты работы в среде КОМПАС-3D могут быть выданы на принтер, плоттер, фотошаблон, а также на 3D-принтер.

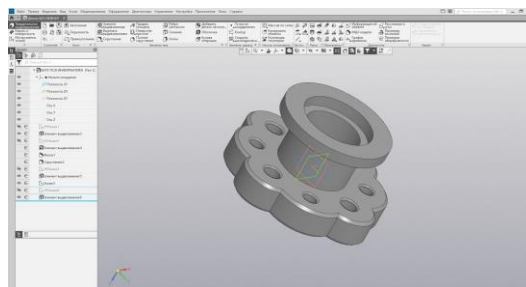


Рис. 1. Модель детали

Литература

1. Большаков В.П. Твердотельное моделирование деталей в CAD-системах: AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor, Creo. / В.П. Большаков, А.Л. Бочков, Ю.Т. Лячек. – Изд.: Питер, 2014. – 304 с.

УДК 517.52

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЯДОВ В ПРИБЛИЖЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЯХ

Студент гр. 11307121 Якубович А.Д.

Кандидат техн. наук, доцент Бокуть Л.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Благодаря использованию рядов можно вычислить приближенные значения чисел, корней, функций, определенных интегралов, логарифмов. Числовые ряды используются повсеместно в математическом анализе для анализа поведения различных функций, для решения дифференциальных уравнений [1].

Широкий спектр применения имеют степенные ряды. Например, для вычисления с данной степенью точности значения функции, определенных интегралов, называемых «неберущимися» или являющимися слишком сложными для вычисления, для интегрирования дифференциальных уравнений.

Степенным рядом в комплексной области называется ряд вида:

$$\sum_{n=0}^{\infty} c_n z^n = c_0 + c_1 * z + c_2 * z^2 + \dots + c_n * z^n + \dots, \quad (1)$$

где c_n – комплексные числа (коэффициенты ряда), а $z = x + i * y$ – комплексная переменная.

Всякая аналитическая в кольце $r < |z - z_0| < R$ ($0 \leq r < R \leq \infty$) функция $f(z)$ может быть разложена в ряд

$$f(z) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} c_n (z - z_0)^n, \quad (2)$$

коэффициенты которого определяются формулой

$$c_n = \frac{1}{2\pi i} \oint_L \frac{f(E)}{(E - z_0)^{n+1}} dE \quad (n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots), \quad (3)$$

где L – произвольная окружность с центром в точке z_0 , лежащая внутри данного кольца. Такой степенной ряд называется рядом Лорана.

Используя разложение функций в степенные ряды Тейлора и Лорана, можно вычислять приближенные значения функций и определенных интегралов [2].

Для приближенного вычисления значения функции в некоторой точке x , которая попадает в диапазон сходимости полученного ряда, необходимо оставить первые n членов (n – конечное число) в его расширении и отбросить остальные слагаемые.

Чтобы оценить погрешность полученного таким образом значения функции, нужно оценить отброшенный остаток r_n . Для этого используются следующие методы:

- если полученный ряд является знакочередующимся, то используется следующее свойство: для знакочередующегося ряда, удовлетворяющего условиям Лейбница, остаток ряда по абсолютной величине не превосходит первого отброшенного члена.
- если данный ряд знакопостоянный, то ряд, составленный из отброшенных членов, сравнивают с бесконечно убывающей геометрической прогрессией.
- в общем случае для оценки остатка ряда Тейлора можно воспользоваться формулой Лагранжа.

Приближенные вычисления определенных интегралов применяются, когда они не выражаются через элементарные функции в конечном виде, или нахождение первообразной вызывает значительные затруднения.

В работе решена задача вычисления определенного интеграла при помощи разложения функции в степенной ряд. Полученное решение проверено в Mathcad. Значения приближенно совпадают.

Литература

1. Pandia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pandia.ru/text/78/050/60171.php>. – Дата доступа: 15.03.2022.
2. Письменный, Д.Т. Конспект лекций по высшей математике / Д.Т. Письменный. – Москва: Айрис Пресс, 2011. – 608 с.

СЕКЦИЯ 6. ТЕХНОСФЕРА И МЕНЕДЖМЕНТ СПОРТА

УДК 796.015.686

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДИКИ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ В ПОДГОТОВКЕ ГРЕБЦОВ-КАНОСИТОВ

Лукашевич Д.А.

Научно-технологический парк БНТУ «Политехник», Минск, Беларусь

Эффективность процесса подготовки спортсменов в современных условиях во многом обусловлена использованием средств и методов комплексного контроля как инструмента управления тренировочным процессом. Цель контроля – объективная оценка различных сторон подготовленности гребца, как в естественных условиях гребных локомоций, так на гребных эргометрах. Реализуется она в процессе решения большого многообразия частных задач, связанных с дозированием нагрузок, подбором методик для контроля различных сторон подготовленности, тестированием спортсменов и грамотной интерпретацией полученных результатов для проведения корректирующих мероприятий.

Специалисты заинтересованы в изучении биомеханических характеристик гребли для повышения эффективности тренировочного процесса. При этом внимание в основном сосредоточено на гребных эргометрах, которые позволяют создать контролируруемую среду. В то же время большой интерес вызывает поиск средств и методов для определения данных показателей в естественных условиях гребли, однако дать исчерпывающие ответы на эти вопросы не позволяют технологические ограничения тех методов, описание которых приводится в литературе. Поскольку одним из определяющих соревновательную результативность факторов в гребле на каноэ является высокий уровень скоростно-силовой подготовленности спортсмена, актуальным является вопрос контроля и оценки основных параметров, характеризующих этот вид подготовленности. Эффективность контроля и возможность оперативного управления тренировочным процессом во многом зависит от наличия мобильных технических средств и их функционала, которые позволяют регистрировать ключевые кинематические, динамические, энергетические, а также физиологические характеристики движений спортсмена.

Разработанная нами методика применения мобильных аппаратно-программных средств с обратной связью в контроле скоростно-силовой подготовленности гребцов-каноистов заключается в комплексной регистрации кинематических, энергетических, динамических и физиологических характеристик движений в специальных упражнениях на эргометрах и при взаимодействии с веслом в естественных условиях гребных локомоций. Суть обратной связи состоит в определении и поддержании оптимальных режимов работы гребцов с точки зрения достигаемого результата и затрачиваемых усилий. Анализ взаимозависимости параметров движений, отражающих уровень скоростно-силовой подготовленности, осуществляется с использованием алгоритмов автоматизированного анализа данных, что позволяет визуализировать их в доступном для понимания и восприятия виде в динамике тестирований спортсменов.

Для обоснования эффективности разработанной нами методики, был проведен педагогический эксперимент, в котором приняли участие 15 спортсменов в возрасте 16–18 лет, занимающиеся в «ГЦОР по гребным видам спорта» в г. Минске. Программа эксперимента состояла из двух этапов, каждый длительностью месяц с еженедельным контролем. На первом этапе спортсмены тренировались на гребных эргометрах, на втором – занятия проводились исключительно на лодках в условиях водной среды. Для контроля использовались тесты из программы для специализированных учебно-спортивных учреждений:

– на эргометрах – 4-минутный тест для оценки общей выносливости (ТЗ_1); 2-минутный тест для оценки специальной выносливости (ТЗ_2); 30-секундный тест для оценки скоростных способностей (ТЗ_3);

– на воде – предельно-однократное прохождение основных дистанций, которыми для данной возрастной группы являются: 1000 (ТЗ_1); 500 (ТЗ_2) и 200 м (ТЗ_1).

Для регистрации данных при выполнении заданий на гребных эргометрах использовался мобильный аппаратно-программный комплекс «Tendo Power Analyzer». Принцип его работы основан на регистрации скорости разматывания и сматывания троса, прикрепляемого к дистальному концу рукоятки эргометра, с которым непосредственно взаимодействует спортсмен. Такой метод измерения является прямым, что позволяет обеспечить высокую точность регистрируемых данных. Для регистрации данных в естественных условиях гребли использовался разработанный нами интеллектуальный датчик на весло, который представляет собой мобильную беспроводную систему, с помощью которой регистрируются упругие деформации индивидуального весла спортсмена, а полученные данные в режиме реального времени преобразуются в показатели регистрируемой спортсменом величины усилия.

В процессе анализа полученных результатов на гребных эргометрах выявлены достоверные различия по ключевым контролируемым параметрам, характеризующим результативность гребли (величина пройденного пути; S , м), производительность движений (мощность; P_{cp} , Вт) и эффективность гребли ($ЭГ(\rightarrow 0)$) во всех тестовых заданиях (таблица 1).

Таблица 1

Результаты педагогического эксперимента на гребных эргометрах по ключевым контролируемым параметрам

| Задание | Параметры | 1 срез | 2 срез | 3 срез | 4 срез | P |
|---------|---------------------|------------|------------|------------|------------|-------|
| TЗ_1 | S , м | 675,4±38,2 | 728,0±34,0 | 656,0±71,8 | 750,8±42,5 | <0,05 |
| TЗ_2 | | 362,8±25,4 | 370,6±20,3 | 380,6±21,1 | 389,0±19,3 | <0,05 |
| TЗ_3 | | 98,0±9,6 | 106,0±9,5 | 105,8±7,9 | 112,2±7,7 | <0,05 |
| TЗ_1 | P_{cp} , Вт | 308,4±17,9 | 327,6±13,1 | 303,0±25,7 | 331,2±11,7 | <0,05 |
| TЗ_2 | | 353,0±22,5 | 368,0±13,7 | 380,6±14,5 | 391,6±14,9 | <0,05 |
| TЗ_3 | | 404,6±14,7 | 415,0±13,1 | 414,8±10,6 | 424,6±12,9 | <0,05 |
| TЗ_1 | $ЭГ(\rightarrow 0)$ | 21,9±0,4 | 22,0±0,4 | 21,0±0,6 | 20,8±0,7 | <0,05 |
| TЗ_2 | | 20,2±0,6 | 20,0±0,4 | 19,7±0,5 | 19,1±0,3 | <0,05 |
| TЗ_3 | | 24,2±1,4 | 25,5±1,5 | 24,0±1,2 | 23,8±0,9 | <0,05 |

Анализ результатов прохождения контрольных дистанций в лодке позволил выявить достоверные различия по ключевым контролируемым параметрам, характеризующим результативность гребли (время преодоления дистанции; t , с), производительность движений (максимальная нагрузка на лопасти весла; F_{max} , кг) и скоростно-силовой индекс; J , кг/с) и пропульсивную эффективность гребка (плотность гребка; ρ) во всех тестовых заданиях (таблица 2).

Таблица 2

Результаты педагогического эксперимента в естественных условиях гребли по ключевым контролируемым параметрам

| Задание | Параметры | 1 срез | 2 срез | 3 срез | 4 срез | P |
|---------|----------------|------------|------------|------------|------------|-------|
| TЗ_1 | t , с | 294,2±2,7 | 292,7±2,9 | 290,7±3,2 | 289,4±3,0 | ≤0,05 |
| TЗ_2 | | 134,0±3,0 | 133,5±3,4 | 133,1±3,0 | 131,6±3,2 | ≤0,05 |
| TЗ_3 | | 49,8±2,9 | 50,4±4,5 | 49,3±2,9 | 47,8±2,3 | ≤0,05 |
| TЗ_1 | F_{max} , кг | 28,7±1,8 | 28,6±2,3 | 29,2±2,2 | 30,4±2,8 | ≤0,05 |
| TЗ_2 | | 25,6±1,7 | 25,8±1,9 | 26,7±1,6 | 27,8±2,2 | ≤0,05 |
| TЗ_3 | | 22,6±1,5 | 22,7±1,7 | 23,1±1,5 | 24,0±1,9 | ≤0,05 |
| TЗ_1 | J , кг/с | 172,3±8,9 | 175,1±9,2 | 176,9±9,7 | 182,8±12,2 | ≤0,05 |
| TЗ_2 | | 244,1±14,9 | 245,5±16,6 | 247,0±14,6 | 259,0±18,2 | ≤0,05 |
| TЗ_3 | | 316,0±21,6 | 315,8±24,7 | 317,1±22,3 | 337,4±29,1 | ≤0,05 |
| TЗ_1 | ρ | 0,51±0,06 | 0,51±0,05 | 0,53±0,04 | 0,56±0,08 | ≤0,05 |
| TЗ_2 | | 0,44±0,05 | 0,44±0,04 | 0,47±0,03 | 0,48±0,07 | ≤0,05 |
| TЗ_3 | | 0,38±0,04 | 0,37±0,03 | 0,40±0,03 | 0,42±0,06 | ≤0,05 |

Полученные результаты эксперимента отражают высокую эффективность разработанной методики контроля и применяемых аппаратно-программных средств для ее реализации. Достоверность результатов обусловлена применением малогабаритных измерительных средств, обладающих высокой точностью и малой погрешностью измерений благодаря наличию сверхчувствительных элементов, высокой частоте регистрации данных и наличию интеллектуальных модулей

первичной обработки и преобразования регистрируемых данных, а также наличие разработанных алгоритмов автоматизированной обработки и анализа данных, позволяющих повысить точность обработки и оценки получаемых массивов данных, снизить трудоемкость этого процесса и объективизировать их интерпретацию.

Анализируя динамику различных характеристик в рамках отдельных заданий, а также между тестами, можно выявлять причины недостаточно сбалансированной работы спортсмена и принимать объективные решения для целенаправленной коррекции тренировочного процесса. Тренировочный процесс, построенный с использованием технических средств с обратной связью, заключается в непрерывном мониторинге и сознательном управлении ключевыми (физиологическими и биомеханическими) показателями, характеризующими подготовленность спортсмена, с помощью мультимедийных, игровых и других приемов в заданной области значений. Обратная связь, в некотором роде, является для спортсмена зеркалом его производительности непосредственно в режиме осуществления тренировочной деятельности и уникальным инструментом оперативного контроля для тренера.

Разработанная методика может использоваться как при тестировании спортсменов-гребцов, так и непосредственно в тренировочном процессе. Также она может быть адаптирована для других гребных дисциплин (гребля на байдарках, академическая гребля). Это возможно благодаря универсальности и высокому функционалу применяемых измерительных устройств. Предлагаемые средства позволяют под разными ракурсами оценивать уровень скоростно-силовой подготовленности спортсменов и устанавливать причинно-следственные связи между основными характеристиками (кинематические, динамические, энергетические и физиологические) движений, отражающими их эффективность при взаимодействии с веслом в условиях естественной гребли и при выполнении упражнений на гребных эргометрах.

Разработанная методика контроля скоростно-силовой подготовленности внедрена в тренировочный процесс ведущих спортсменов национальной команды Республики Беларусь по гребле на каноэ.

УДК 681

ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕКЕРОВ В ТРЕНИРОВОЧНОМ ПРОЦЕССЕ СПОРТСМЕНОВ

Студент гр. 11904119 Берестов С.А.

Ст. преподаватель Ломтев А.А

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В современном спорте для достижения высоких результатов необходимо не только правильно выбрать тренерский штаб и медицинский персонал, а также построить правильный тренировочный процесс. Для облегчения построения тренировочного процесса тренерам пришли на помощь высокие технологии, а именно трекеры.

Целью является рассмотрение функционала трекеров, а также выявление причин почему данные устройства пользуются высокой популярностью у тренеров из разных стран мира.

Трекер – компактное и легкое устройство, предназначенное для отслеживания определенных параметров, требуемых пользователю. Трекер крепится к телу человека посредством ремешка или специальной футболки.

Трекер используют:

- для измерения необходимых пользователю параметров;
- для реабилитации спортсмена после травмы;
- для предотвращения и профилактики травм;
- для анализа готовности спортсмена к участию в соревнованиях.

В трекер чаще всего встраивают пульсометр, акселерометр, гироскоп, магнитометр и другие датчики. Все эти датчики позволяют собрать огромное количество данных для последующей их обработки.

Обрабатывают данные на компьютере или смартфоне с помощью специально разработанного программного обеспечения. Его разрабатывают с учетом особенностей трекера и вида спорта, в котором он будет использоваться.

Например, в футболе главными фаворитами на рынке среди трекеров являются.[1]:

- Viper pod;
- Sonda Sports;
- Apex от компании StatsSport;
- OptimEye;
- Zepp Play Soccer.

Литература

1. Умные гаджеты для футбола [Электронный ресурс]. – Режим доступа: –<https://keddr.com/2017/06/umnyie-gadzheti-dlya-futbolistov>. – Дата доступа: 15.03.2022.

УДК 621.1

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КАДЕНСА

Студент гр. 11904119 Борисевич Н.И.

Ст. преподаватель Ломтев А.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Каденс – частота действий в минуту. В велосипедном спорте – частота педалирования, при беге – частота шагов, в плавании – гребков.

Определен оптимальный каденс для различных видов спорта: в велоспорте – 80–100 оборотов педалей в минуту, такого параметра придерживаются профессиональные велогонщики и просто велолюбители, чтобы сберечь коленные суставы от перегрузок и достичь высоких результатов; при беге – 140–160 шагов в минуту, при таком каденсе вы сможете быстро бегать при хорошей страховке от беговых травм; при ходьбе – 110–115 шагов в минуту, при соблюдении указанного каденса оптимальна кардионагрузка, задействованы многие мышцы тела; при плавании – 50–60 гребков в минуту, с оптимальным каденсом легче плавать, достигаются более высокие результаты.

Каденс можно измерять устным счетом, но эффективнее пользоваться устройствами измерения каденса. Самыми распространенными являются устройства на герконе и на акселерометре, бывают проводные и беспроводные типы соединения с принимающим устройством (VELOCOMПЬЮТЕР, смартфон, фитнес браслет).

Для измерения каденс в велоспорте велосипед необходимо оборудовать специальным оборудованием: закрепить магнит на перо педали, а датчик – на участок рамы велосипеда и соединить датчик с велокомпьютером. При провороте педали магнит проходит мимо датчика, контакты в герконе замыкаются, велокомпьютер засчитывает один оборот.

При беге, плавании, ходьбе в устройствах измерения каденса используются акселерометры. Современные телефоны со встроенным модулем Bluetooth способны работать как шагомеры, т. к. по ускорению определяется скорость и считаются шаги. Акселерометр в фитнес браслете пловца\бегуна – обычный чип. При этом он постоянно собирает и отправляет информацию на смартфон. Таким образом, спортсмен контролирует свой каденс.

УДК 796.3

МОБИЛЬНЫЙ ТРЕНАЖЕР ДЛЯ НАСТОЛЬНОГО ТЕННИСА

Студент гр.11904117 Борисова И.А.

Белорусский национальный технический университет

Мобильный тренажер для настольного тенниса представляет собой сборную конструкцию для отработки приема подачи мяча. Управление мобильным тренажером происходит за счет пульта управления.



Рис. 1. Пример тренажера

Мобильный тренажер для настольного тенниса предназначен для эксплуатации в макроклиматических районах с умеренным и холодным климатом. Размещение конструкции возможно в помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями, например, в закрытых отапливаемых или охлаждаемых и вентилируемых производственных и других, в том числе хорошо вентилируемых подземных помещениях (отсутствие воздействия прямого солнечного излучения, атмосферных осадков, ветра, песка и пыли наружного воздуха; отсутствие или существенное уменьшение воздействия рассеянного солнечного излучения и конденсации влаги).

Тренер с помощью пульта управления устанавливает скорость вылета мячей, контролируя этим интенсивность подачи мячей. Тренажер способствует повышению технической подготовленности теннисистов.

После настройки скорости вылета мячей тренер забрасывает мячи в специальную емкость. С помощью кнопки «СТАРТ», запускает систему вылета мячей, то есть активирует электромагнитную защелку, которая останавливает мячи перед обрезиненным роликом. После нажатия данной кнопки, мячи находящиеся на направляющих перед электромагнитной защелкой продвигаются к обрезиненному ролику, что и способствует вылету мяча. После вылета мяча, тренер повторяет вышеуказанные действия, предварительно (по усмотрению) изменив начальные параметры. Значения скорости вылета мяча выводятся на экране пульта управления.

Для отработки ударов приема и подачи мяча в настольном теннисе на пульте управления можно изменять скорость полета мяча. В случае если спортсмену необходимо совершенствовать технические действия, на пульте управления будет задаваться большее значение скорости.

С помощью предлагаемого тренажера тренер получает возможность устанавливать скорость подачи мячей. Тренажер предназначен для подготовки спортсменов любой квалификации.

УДК 621

КОНТРОЛЬ ТЕХНИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРИСЕДАНИЯ СО ШТАНГОЙ В ПАУЭРЛИФТИНГЕ

Студент гр. 11902119 Бусько А.О.

Ст. преподаватель Ломтев А. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

На сегодняшний день спорт играет важную роль в жизни каждого человека. Многие стараются поддерживать себя в тонусе, однако не каждый помнит о правильном выполнении упражнения. В пауэрлифтинге правильность выполнения упражнения очень важный аспект, без которого спортсмен может навредить себе или не достичь желаемого результата.

Одним из базовых упражнений в пауэрлифтинге является приседания со штангой. При выполнении упражнения важно правильно присесть, под определенным углом, и встать, чтобы было зафиксировано выполнение.

Для определения угла наклона можно использовать тензодатчики. Тензодатчик – датчик, который способен преобразовать величину деформации в электрический сигнал. Одним из таких датчиков является тензодатчик ZET 7111. Он предназначен для определения относительной деформации при помощи первичных преобразователей (тензорезисторов).

В данном датчике для измерения угла наклона тел применяется акселерометр – датчик линейного ускорения. В тензодатчике ZET 7111 применяется интегральный акселерометр ADXL202. Два аналоговых сигнала поступают на акселерометр, в котором есть встроенный контроллер обработки, преобразующий аналоговые сигналы в ШИМ-колебание. Для подавления собственных шумов акселерометра применяется низкочастотный фильтр. После выхода из акселерометра сигналы поступают в фильтры низких частот (ФНЧ), предназначенные для обработки сигнала акселерометра. ФНЧ блокирует высокие частоты и пропускает нижние. После прохождения через ФНЧ, сигнал приходит на дискретные входы микроконтроллера PIC18F CCP1 и CCP2. Микроконтроллер предназначен для измерения длительности импульса ШИМ-сигнала, его периода. Далее сигнал в формате интерфейса RS-485 поступает в РС.

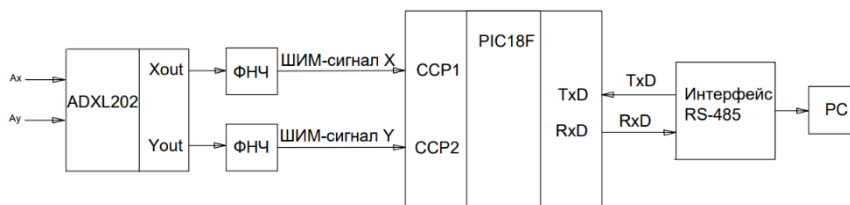


Рис. 1. Функциональная схема датчик ZET 7111

УДК 796.022

ТРЕНАЖЕР «БЕГОВАЯ ДОРОЖКА» С ПНЕВМАТИЧЕСКИМ ДВИГАТЕЛЕМ

Студент гр. 11904118 Дарануца К.С.

Студент гр. 11904119 Ковалева В.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Широкое применение в фитнесе, реабилитации, различных видах спорта имеют такие тренажеры как беговая дорожка, велотренажер, степпер, эллиптические тренажеры, гребные тренажеры и т. д. Особенностью занятия на этих тренажерах является то, что программа тренировки подбирается индивидуально, с учетом всех особенностей занимающегося.

Тренажер «Беговая дорожка» с пневматическим двигателем является кардиотренажером. В отличие от силовых тренажеров, которые направлены на развитие силы мышц, кардиотренажеры укрепляют сердечно-сосудистую, нервную и дыхательную системы, повышают выносливость.

Конструкция тренажера «Беговая дорожка» состоит из следующих элементов: рама, ведущий и ведомый вал, поддон и крышка аэроподушки, поддон корпуса, беговое полотно, защитный ко-

жух, трубопровод, правая и левая декоративные накладки, правый и левый фартук, ременная передача, транспортировочные ролики, поручни, подшипниковые узлы, крепежные элементы, пневмодвигатель, компрессор, интегральная микросхема, тормоз, энкодер, пропорциональный клапан, датчик давления.

Конструктивной инновацией данного тренажера является то, что вращение бегового полотна осуществляется через ременную передачу от рабочего органа – пневматического двигателя, работающего от сжатого воздуха. Так же, по трубопроводу, сжатый воздух поступает в конструкцию аэроподушки. Далее, через отверстия крышки аэроподушки воздух поступает под беговое полотно, тем самым обеспечивая амортизацию.

Дистанционное управление тренажером осуществляется через пульт управления. «Мозгом» пульта управления является микроконтроллер, который предназначен для выполнения логических функций, обработки сигналов на своих выводах, формирования сигналов управления на исполнительные устройства, обеспечения двустороннего информационного обмена с блоком управления тренажера по каналу Bluetooth.

Область применения тренажера – тренировочный процесс, реабилитация после травм опорно-двигательного аппарата, а также исследование биомеханических параметров движений.

УДК 371.693.4

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ СПОРТСМЕНОВ

Магистрант Жуков И.И.

Кандидат техн. наук, доцент Свистун А.И., кандидат пед. наук, доцент Ковель С.Г.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Устройства физической реабилитации [1] обеспечивают возможность заниматься восстановительными упражнениями как в спортивных залах, так и в домашних условиях, поэтому широко применяются при решении задач, связанных с повседневными тренировками и восстановлением утраченных функций. Работа устройств для физической реабилитации основана на имитации естественных движений человека при ходьбе и других нагрузках; позволяет при моделировании различных видов упражнений контролировать и изменять их интенсивность, и продолжительность, осуществлять контроль состояния спортсмена. Наиболее эффективно достижение целей реабилитации обеспечивается на кросс-тренажерах с бесступенчатым изменением нагрузки (рис. 1) и его оснащении датчиками состояния человека и самого тренажера. Конструкция тренажера образована тремя частями: педально-рычажный привод, объединяющий редуктор с раздельным управлением педалями и механизм управления нагрузкой, механизм регулировки положения сиденья, пульт управления.

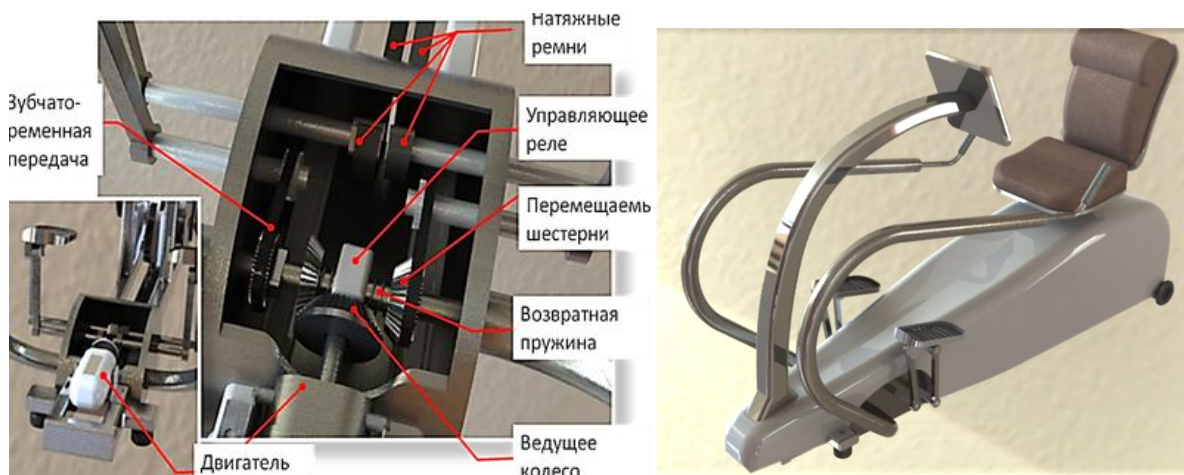


Рис. 1. Кросс-тренажер с узлом бесступенчатой регулировки нагрузки

Основу педально-рычажного привода (рис. 1) составляет конический зубчатый редуктор, управляющие шестерни которого, могут смещаться на валах, что реализует бесступенчатое из-

менение нагрузки. Применение ременной передачи обеспечивает бесшумность при работе и передачу вращения на большие расстояния при пониженных требованиях к точности изготовления механизма. Для измерения нагрузочных характеристик используются два энкодера. Микроконтроллер пульта управления преобразует сигналы энкодеров в скорость движения и нагрузку реабилитируемого спортсмена. Система управления тренажером обеспечивает высокий крутящий момент при низких оборотах двигателя во всем диапазоне скоростей тренажера, что обеспечивает бесшумный и плавный пуск тренажера. Состояние спортсмена контролируется по частоте его сердечных сокращений.

Устройство может работать в двух режимах: режим тренировки, при котором управляющие шестерни не входят в зацепление, а движение на нагрузочный диск передается от ног занимающегося; и режим реабилитации, при котором тормозная колодка отключена, управляющие шестерни поочередно вводятся в зацепление и вызывают принудительное перемещение педалей. Применение кросс-тренажеров с плавным изменением нагрузки позволяет сократить время реабилитации спортсменов и повысить ее эффективность.

Литература

1. Кросс-тренажеры [Электронный ресурс] / – Режим доступа: [http:// www.sport-sklad.ru/ profesional/cardiotrenazhery](http://www.sport-sklad.ru/profesional/cardiotrenazhery) – Дата доступа: 15.03.2022

УДК 797.21

СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА СПЕЦИАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ В ПЛАВАНИИ

Магистрант Запольская Е.В.

Кандидат пед. наук, доцент Ковель С.Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Современная специальная подготовка пловцов достаточно разнонаправленная, основана на различных альтернативных методиках и подходах, и характеризуется широким применением упражнений на современных тренажерах, разнообразным сочетанием упражнений с использованием дополнительных приспособлений в воде и носит выраженный специфический дифференцированный характер использования средств, в зависимости от способа плавания и соревновательной дистанции.

Постоянное расширение использования вновь появляющихся современных тренажерных устройств и приспособлений, заимствование упражнений из оздоровительных систем в тренировке пловцов разнообразят и делают методику их специальной подготовки на суше и в воде специфической [1]. В.Н. Платонов отмечает, что «в процессе специальной подготовки на суше применяются упражнения в изокинетическом режиме, с использованием тренажеров и приспособлений, позволяющих выполнять движения по общей структуре, темпу и динамике развиваемых усилий максимально приближенные к специфике конкретного способа плавания и длине дистанции» [2]. В процессе специальной подготовки в воде, выполняются разнообразные упражнения с использованием дополнительных приспособлений (лопатонок различной формы и размера; специальных перчаток; тормозных поясов; ласты разной формы и размера; плавание на привязи; и др.), позволяющих увеличить нагрузку на мышечную систему. Основным методом для развития силовых способностей пловцов на суше является повторный с использованием разнообразных приемов.

Анализ научно-методической литературы [2–4], в вопросах, касающихся специальной подготовки пловцов, показал, что к основным показателям специальной подготовленности пловцов относятся: максимальная сила тяги при имитации гребковых движений на суше и сила тяги в воде, скоростно-силовая выносливость, силовая выносливость, взрывная сила. Считается, что специальная силовая подготовка должна быть направлена на совершенствование внутримышечной координации.

Так, например, исследования по применению методического приема «силового лидирования» в различных режимах на технику плавания показали, что наибольший прирост максимальной силы тяги в воде наблюдался, когда величина добавочного усилия режима составляла 40–60 Н.

Применение добавочного усилия режима «силового лидирования» 80–100 Н приводит к уменьшению сопротивления тела в скольжении на рекордной скорости. Систематическое применение методического приема «силового лидирования» приводит к приросту максимальной силы тяги, уменьшению активного сопротивления, существенному максимальной скорости плавания и улучшению спортивных результатов.

Потребность в изучении и разработке специальных программ, позволяющих проводить оценку специальной подготовленности пловцов различной квалификации является актуальным.

Литература

1. Ковель, С.Г. Особенности современной силовой подготовки в плавании / С.Г. Ковель, Н.К. Коба, Р.А. Бохуров // Состояние и перспективы технического обеспечения спортивной деятельности [Электронный ресурс]: материалы междунар. науч.-практ. конф., Респ. Беларусь, Минск, 21 окт.2021 г. / Белорус. нац. техн. ун-т; редкол.: И.В. Бельский (гл. ред.) [и др.]. – Минск: БНТУ. – С. 86-89.

2. Спортивное плавание: Путь к успеху: в 2 кн. / под общ. ред. В.Н. Платонова. – Киев: Олимп. лит., 2012. – Кн. 2. – 347 с.

3. Сало, Д., Совершенная подготовка для плавания / Д. Сало, С. Риуолд. – М.: Евро-Менеджмент, 2015. – 268 с.

4. The swim coaching bible, volume II / Dick Hannula, Nort Thornton, editors. – New Zealand: Human Kinetics, 2012. – 319 p.

УДК 797.21

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОЦЕНКЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ЮНЫХ ПЛОВЦОВ

Магистрант Запольская Е.В.

Кандидат пед. наук, доцент Ковель С.Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Специальная физическая подготовка – это специализированный процесс, содействующий успеху в конкретном виде спорта, и предъявляющий специализированные требования к двигательным способностям человека. Результатом физической подготовки является физическая подготовленность, отражающая достигнутую работоспособность в сформированных двигательных умениях и навыках, способствующих эффективности целевой деятельности, на которую ориентирована подготовка [1].

Цель работы – разработка методики оценки и контроля специальной физической подготовленности юных пловцов на этапе спортивного совершенствования, с использованием аппаратно-программных технологий.

Задачи исследования:

1. Проанализировать особенности специальной физической подготовленности юных пловцов на этапе спортивного совершенствования.

2. Определить показатели, отражающие качество специальной физической подготовленности юных пловцов на этапе спортивного совершенствования.

3. Разработать методику применения аппаратно-программных технологий в оценке и контроле специальной физической подготовленности юных пловцов на этапе спортивного совершенствования.

Уже давно не оспаривается тот факт, что диагностика и оценка состояния спортсмена может быть адекватной и объективной только в рамках системы комплексного контроля. В настоящее время система комплексного контроля объединяет в себе три важнейших направления: педагогическое, медико-биологическое и психологическое. В рамках педагогического направления осуществляется диагностика, оценка и последующий анализ параметров и структуры тренирующих воздействий, параметров и характеристики техники выполнения специфических спортивных движений, уровня развития физических качеств и др. Спектр параметров, которые диагностируются в рамках медико-биологического направления контроля состояния спортсмена, весьма обширен и включает показатели, характеризующие состояния внутренней среды, процессы энергопродукции, системы нейрогуморальной регуляции и многое другое.

При комплексном обследовании пловцов проводится: морфологическое обследование,

направленное на определение соматотипа, степени биологической зрелости, компонентного состава массы тела (костный, мышечный, жировой), расчет индекса спортивной формы пловца; оценка функции внешнего дыхания (спирометрия); психофизиологическое тестирование: оценка скорости сенсомоторных реакций, показателей внимания и помехоустойчивости; оценку работы постральной мускулатуры (мышц, поддерживающих позу и отвечающих за осанку); оценка статического и динамического равновесия, дифференциации параметров движений, ориентации в пространстве с использованием FMS-test; определение МПК, ПАНО, расчет зон энергообеспечения с помощью эргоспирометрии с возрастающей нагрузкой «до отказа»; оценка специальных силовых способностей сила тяги на суше и на воде; тест оценки эффективности техники плавания.

Использование современных аппаратно-программных технологий в оценке специальной физической подготовленности юных пловцов на этапе спортивного совершенствования позволит своевременно вносить коррективы в разделы подготовки, связанные с развитием ведущих систем и функций организма на данном этапе.

Литература

1. Платонов, В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения / В.Н. Платонов. – М.: Советский спорт, 2005. – 720 с.

УДК 681

СИСТЕМА ФОНОВОГО ОЗВУЧИВАНИЯ И ОПОВЕЩЕНИЯ ДЛЯ ФУТБОЛЬНОГО СТАДИОНА

Студент гр. 11902118 Климович А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

На сегодняшний день спортивные арены часто становятся местом проведения всевозможных мероприятий, будь то футбольный матч, концерт или выставка. Вот почему система фонового озвучивания является одним из ключевых элементов при проведении массовых мероприятий для комфортной атмосферы, а также для оповещения и координации действий зрителей и работников учреждения согласно установленным требованиям.

Система фонового озвучивания предназначена для организации фонового озвучивания зданий (помещений) различного назначения и конфигурации с использованием сети Ethernet, путем трансляции музыкального сопровождения и (или) речевой информации из центра информации и озвучивания для осуществления объявления в отдельные зоны или по зданию в целом.



Рис. 1. Схема системы фонового озвучивания

Разработанная схема представляет собой акустическую систему, состоящую из пассивных акустических колонок и усилителей, которые подключены к звукоаппарату с помощью оптоволоконна. Сам звук калибруется с помощью микшера. Система может располагаться на прилегающей зоне к футбольному стадиону т.к. в различные периоды года там будут проводиться ряд мероприятий и предполагается большое скопление людей.

Данная система озвучивания имеет ряд преимуществ: стабильное функционирование в любых погодных условиях, с защитой от влаги, пыли и других опасных факторов, большая площадь покрытия, всепогодная акустика, применяемая для спортивных арен, отличается усиленными верхними частотами: это нужно, чтобы компенсировать коэффициент рассеивания в пространстве, достаточный уровень мощности звука для хорошей слышимости на всей прилегающей территории при фоновом озвучивании.

УДК.625

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ СПОРТСМЕНА В ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСАХ

Студент гр. 11904119 Ковалева В.А.

Кандидат экон. наук Карнейчик В.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В последнее десятилетие, ведущие отечественные и зарубежные специалисты обсуждают проблемы и перспективы использования современных компьютерных технологий в процессе подготовки спортсменов. В современных реалиях в процессе подготовки спортсменов высокой квалификации используются различные информационные технологии, которые позволяют не только облегчать тренировочный процесс, но и следить за состоянием спортсмена во время тренировки.

Для решения данной проблемы была разработана система мониторинга состояния спортсмена в тренажерных комплексах.

В ходе проекта была разработана и реализована схема системы мониторинга состояния спортсмена на тренажерных комплексах, состоящая из набора датчиков, микроконтроллера, АЦП, устройства индикации и воздушного компрессора. На рисунке представлена структурная схема разрабатываемого устройства.

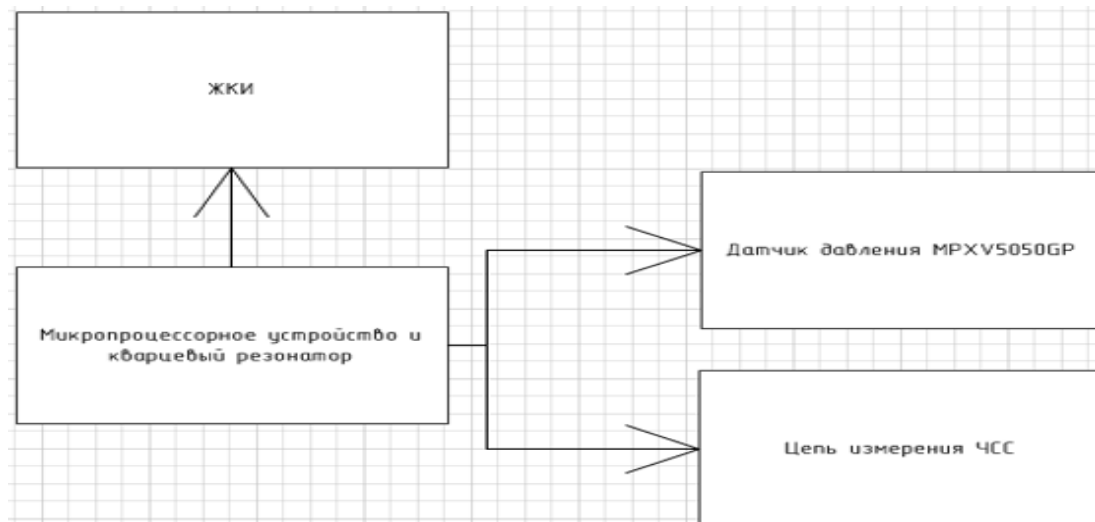


Рис. 1. Структурная схема устройства мониторинга состояния спортсмена

По окончании обзора были разработаны функциональная, структурная, принципиальная схемы устройства. А также разработана и реализована программа для функционирования системы.

УДК 796.022

ТРЕНАЖЕР ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЫСОТЫ ПРЫЖКА СПОРТСМЕНОВ

Студент гр.11904118 Комель В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Одним из важных аспектов в спортивной тренировка является контроль за скоростно-силовой подготовленностью спортсменов. Во многих видах спорта параметром, который нужно тренировать и контролировать является высота прыжка. Данный параметр можно отслеживать посредством тренажера для контроля высоты прыжка.



Рис. 1

Применение создаваемого тренажера позволяет также совершенствовать высоту прыжка спортсмена за счет регулирования высоты щита, который в свою очередь регулируется посредством шарико-винтовой передачи (ШВП).

Тренажер для контроля высоты прыжка используется в тренировке спортсменов, занимающихся игровыми видами спорта и легкой атлетикой. Тренажер состоит из следующих основных элементов: каркаса, направляющих, шарико-винтовой передачи, которая перемещает щит с тензодатчиками, который держится на кронштейне, двигателя ШВП, пленочной панели, тензоплатформы.

Посредством двигателя ШВП винт передает вращательное движение, которое преобразуется в поступательное движение гайки ШВП. С помощью ШВП можно перемещать щит с тензодатчиками на высоту от двух до трех с половиной метров. Каркас состоит из двух длинных труб квадратного профиля, восьми труб, соединяющих длинные. На длинные трубы крепятся два швеллера гнутых равнопрочных. Кронштейн состоит из двух осей, благодаря чему он имеет амортизацию и движение.

Тензоплатформа состоит из тензодатчика, аналого-цифрового преобразователя и микроконтроллера. Посредством блока управления спортсмен (или тренер) устанавливает необходимую высоту щита. После чего спортсмен отталкивается от тензоплатформы и касается кнопки на щите, под которой находятся тензодатчики. Деформируясь, они подают сигнал к тензоплатформе при помощи беспроводного интерфейса Bluetooth. Далее спортсмен приземляется на тензоплатформу, которая передает результаты исследования на блок управления. Если спортсмен не может преодолеть первоначальную высоту, тренер опускает щит.

Вышеописанный комплекс представляет собой циклическую систему с возможностью изменения высоты прыжка. Данное устройство подходит для спортсменов игровых и скоростно-силовых видов спорта.

УДК 796.022

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРО- И ПНЕВМОСИСТЕМ В СПОРТИВНОЙ ТЕХНИКЕ

Студенты гр. 11904119 Малашкевич И.А., Гамзатов Ф.З.

Кандидат техн. наук, доцент Закерничный В.И., кандидат биолог. наук, доцент Мурзинков В.Н.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Постоянно возрастающий уровень конкуренции и достижений в различных видах спорта вынуждает тренеров совершенствовать методики тренировок, искать новые технические средства для повышения спортивных результатов, тем самым посылая запрос исследователям и разработчикам технических устройств и технологий на их совершенствование и разработку новых. Параллельно интенсивно расширяется использование технических устройств при занятиях физической культурой, для реабилитации спортсменов, а также, при проведении лечебных и реабилитационных занятий.

Задача всех видов тренажерных устройств сводится, в конечном счете, к одному – все они должны создавать максимально полную имитацию варьируемых нагрузок, аналогичных возникающим у занимающихся в ходе спортивных состязаний.

Опыты показывают, что в обычных тренажерах инерционные силы искажают показатели сопротивления, особенно при высоких скоростях, т. е. данные тренажеры могут использоваться должным образом только с медленными контролируруемыми движениями [1].

В то же время биомеханика движений тренирующегося имеет свою специфику, которая заключается в том, что постоянно возникают быстротечные изменения векторов скорости и усилий, создаваемых спортсменами. Это влияет на условия проектирования специальных устройств для имитации техники выполнения активных действий в различных видах спорта [2].

Для решения этих проблем все шире применяются в качестве нагрузочных устройств гидродвигатели поступательного или вращательного действия с гидро- или пневмоприводом.

Более того, можно констатировать, что во многом усовершенствование конструкций тренажерных устройств и расширение сфер их использования стало возможно только благодаря применению гидравлических систем нагрузки.

Активно стали применять тренажерные устройства нового поколения в спортивных залах и фитнес-центрах целевого назначения для занятий физической культурой в том числе, женщинами и людьми старшего возраста, что было практически невозможно при применении тренажерных устройств предыдущих поколений [3, 4].

Применение тренажерных устройств с гидравлическими нагрузочными узлами и системами имеет целый ряд преимуществ, т. к. позволяет:

- плавно и дозировано регулировать нагрузку самим занимающимся в процессе выполнения упражнений
- обеспечить высокий уровень безопасности при выполнении упражнений
- одновременно прорабатывать несколько групп мышц-антагонистов при возвратно-поступательном движении гидравлического нагрузочного узла
- минимизировать негативное воздействие на суставы и опорно-двигательный аппарат занимающихся
- достичь высокой эффективности выполнения упражнений при комфортных условиях тренировки
- применение гидравлических тренажерных устройств и механизмов позволяет минимизировать шум в зале при их использовании, что благотворно сказывается на самочувствии занимающихся.

Активно ведутся разработки и силовых тренажерных устройств с нагрузочными гидравлическими системами для профессиональных спортсменов. Эти устройства имеют все перечисленные выше преимущества перед традиционными, что позволяют более эффективно и с меньшими затратами времени, с меньшим вредом опорно-двигательному аппарату готовить спортсменов в различных видах спорта, таких, например, как тяжелая атлетика, спортивная борьба, гребля, легкая атлетика и др.

Выполненный анализ тренажерных устройств и механизмов позволяет сделать вывод о том, что применение в них гидравлических(пневматических) систем нагрузки имеет хорошие перспективы и нуждается в дальнейшем развитии.

Литература

1. Петров, Н.Я. Характеристика и методы воспитания физических качеств в процессе самоподготовки студентов. / Н.Я. Петров. – Минск: БГУИР, 2009. – 209 с.
2. Бельский, И.В. Системы эффективной тренировки: Армрестлинг. Бодибилдинг. Бенчпресс. Пауэрлифтинг / И.В. Бельский. – Мн.: ООО «Вида-Н», 2002. –251с.
3. Патент РБ № 58 U. Борцовский тренажер/Закерничный В.И., Павлович А.Э., Соколов В.А. – Оpubл. 30.12.1999
4. Патент РБ № 12112. Борцовский тренажер/Закерничный В.И., Павлович А.Э.– Оpubл. 01.02.2019

УДК 796/799

ФУНКЦИОНАЛ СИСТЕМЫ ОЗВУЧИВАНИЯ ТРИБУН СПОРТИВНОГО СТАДИОНА

Студент гр. 11902117 Павлова А.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В большей части современные стадионы используются в основном для футбольных матчей. Футбольные матчи невозможны без звукового оформления, которое должно обеспечивать качественный звук на каждом зрительском месте.

Подбор акустических систем для озвучивания трибун – один из самых ответственных моментов. Для того чтобы избежать дополнительных трат, трибуны озвучивают широкополосными рупорными громкоговорителями.

Хороший музыкальный фон всегда создает комфортную атмосферу и отличное настроение. Разборчивая речь из громкоговорителя легко доносит важную информацию для всех посетителей. Благодаря многофункциональным системам фонового озвучивания и оповещения можно организовать максимально комфортные, информативные и безопасные условия для реализации практически любой общественной или коммерческой деятельности.

Система озвучивания и оповещения – это комплекс технических средств (усилители, громкоговорители, звуковые процессоры и другая аппаратура) для организации трансляции музыкальной или речевой информации на открытой местности или в определенном замкнутом помещении.

Разборчивая передача голосовых и музыкальных материалов, а также создание эффектных аудио-визуальных образов на спортивно-культурных зрелищных мероприятиях играют одну из главных ролей в привлекательности объекта. При проектировании систем озвучивания или звукоусиления спортивного стадиона необходимо предусматривать такой функционал, как:

- 1) уровень звукового давления и равномерное покрытие каждого зрительского места;
- 2) соответствие требуемым индексам разборчивости речевых материалов;
- 3) возможность зонирования, благодаря чему улучшаются акустические характеристики, сокращаются затраты на электроэнергию, обеспечивается легкость в установке акустических систем.

УДК 796.41

ТЕХНОЛОГИИ СЕНСОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В ОЦЕНКЕ И КОНТРОЛЕ КОГНИТИВНО-КООРДИНАЦИОННЫХ СПОСОБНОСТЕЙ СПОРТСМЕНОВ В ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ГИМНАСТИКЕ

Магистрант гр. 51900021 Шешко В.В.

Кандидат биол. наук, доцент Парамонова Н.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Соревновательные упражнения в художественной гимнастике выполняются под музыкальное сопровождения и включают танцевальные элементы, но несмотря на внешнюю презентабельность это результат долгой кропотливой работы. Координационные способности в гимнастике являются наиболее важными сразу после гибкости и пластичности движений. Четкая последовательность действий, быстрая смена движений и переключение внимания, работа с предметами, в том числе без зрительного контакта и участия рук – далеко неполный список навыков, которые неизменно следует совершенствовать каждой гимнастке. Исходя из этого, можно с уверенностью говорить о необходимости развития когнитивных способностей (свойств внимания, скорости реакции, развития памяти и т. д.), так как именно от их проявления во многом зависит ритмичность и согласованность двигательных действий спортсменок в упражнениях соревновательной программы.

Для оценки когнитивно-координационных способностей занимающихся художественной гимнастикой использовался тренажер с обратной связью Speed Court, на платформе которого выполнялись задания, появляющиеся на экране монитора. Задания представляли собой передвижения согласно типу теста по ячейкам, расположенным в определенном порядке на платформе. Для

тестирования гимнасток был выбран тест Memory string_level 1 (условие: запоминание цепочек из 3 чисел, появляющихся на экране на 0,5 с преодолением дистанции, за наименьшее время). Возраст спортсменок 13–18 лет, квалификация КМС–МСМК, специализация – индивидуальные и групповые упражнения. Успешность выполнения теста определялась такими качествами, как быстрота движений, скорость реакции, память и внимание. Регистрировались параметры: время выполнения задания (t , с); длина пройденной дистанции (L , м); скорость выполнения задания (v , м/с); количество ошибок (ошибки, раз). Тренировки на Speed Court в режиме тестовых заданий проводились на протяжении 9 дней. Среднегрупповые значения регистрируемых параметров приведены в таблице 1. Динамика параметра «Скорость» представлена на рисунке 1.

Таблица 1
Данные пространственно-временных параметров и количества ошибок при выполнении теста Memory string_level 1

| Дни тренировок | t , с | L , м | ошибки |
|----------------|--------------|--------------|-------------|
| 1 | 106,00±46,81 | 160,27±41,54 | 9,33±5,69 |
| 2 | 102,00±45,09 | 166,79±49,06 | 12,33±13,77 |
| 3 | 86,50±14,25 | 151,77±21,45 | 9,75±2,50 |
| 4 | 68,67±15,63 | 122,64±15,27 | 8,33±5,03 |
| 5 | 96,60±13,13 | 160,37±14,41 | 10,40±2,19 |
| 6 | 76,86±11,44 | 138,14±27,54 | 5,71±2,75 |
| 7 | 66,00±1,41 | 122,57±3,75 | 3,00±1,41 |
| 8 | 97,00±31,11 | 155,01±19,68 | 8,50±4,95 |
| 9 | 61,00±4,24 | 125,21±3,94 | 2,00±0,00 |

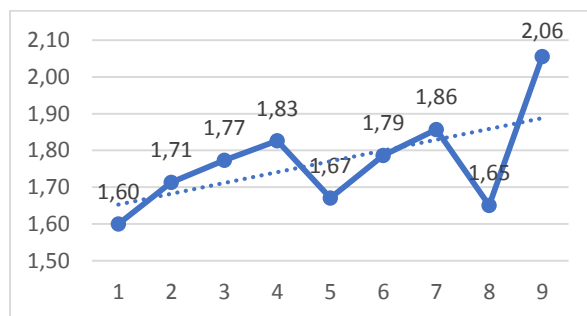


Рис. 1. Динамика параметра «Скорость» (v , м/с) при выполнении теста Memory string_level 1

В результате выполнения тестовых заданий у всех участников эксперимента улучшились контролируемые параметры, что говорит об объективности предлагаемых сенсорных измерений в оценке и контроле когнитивно-координационных способностей.

Таким образом, интерактивный тренажер и апробированную методику его применения можно результативно использовать при подготовке спортсменов, специализирующихся и в других сложнокоординационных видах спорта.

УДК 615.8-7

РЕАБИЛИТАЦИОННЫЙ ТРЕНАЖЕР С УСТРОЙСТВОМ ОБЛЕГЧЕННОГО ЛИДИРОВАНИЯ

Студент гр. 11904117 Шиманович М.Б.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Тренажер предназначен для реабилитации спортсменов после травм опорно-двигательного аппарата, затрагивающих функции нижних конечностей. Реабилитация достигается снятием части осевой нагрузки за счет использования устройства облегченного лидирования и задания нагрузки с помощью бегового полотна.



Рис. 1

Устройство облегченного лидирования состоит из лебедки электрической, пластины крепежной, роликов и роликовых направляющих. Лебедка электрическая состоит из шагового электродвигателя, драйвера шагового электродвигателя и барабана на который наматывается трос, на конце которого закреплен карабин.

Перед началом работы на спортсмене фиксируется стабилизирующая обвязка, соединенная карабином с тросом устройства облегченного лидирования.

Вертикализация спортсмена и создание величины разгрузки достигается за счет вращения шагового электродвигателя, обеспечивающего намотку троса на барабан.

Величина нагрузки определяется скоростью вращения электродвигателя постоянного тока, обеспечивающего движение бегового полотна.

Режим облегченного лидирования предполагает наличие как вспомогательной горизонтальной составляющей силы, направленной по ходу движения занимающегося, так и вертикальной, обеспечивающей разгрузку опорно-двигательного аппарата. Данный режим работы рекомендуется на начальных этапах реабилитации, так как позволяет увеличить амплитуду движений без риска получения новых травм.

Режим полной осевой разгрузки отличается тем, что горизонтальная составляющая силы в нем отсутствует, увеличивая тем самым величину полезной нагрузки.

Режим работы с сопротивлением предполагает наличие вертикальной составляющей силы и горизонтальной, направленной против движения спортсмена. Данный режим обеспечивает более высокую тренировочную нагрузку по сравнению с режимом полной осевой разгрузки, но меньшую чем без использования разгрузки.

УДК 621

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДИСТАНЦИИ В ЛЕГКОЙ АТЛЕТИКЕ

Студент гр. 1192119 Щербак В.В.

Ст. преподаватель Ломтев А.А

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Поскольку легкая атлетика является одним из самых основных и массовых видов спорта, объединяющая различное множество спортивных дисциплин, то для выполнения многих упражнений необходимо использование специального оборудования начиная с хронометража и заканчивая системами фотофиниша.

Система фотофиниша ОРТс3 является новейшей системой на рынке спортивных вспомогательных устройств, она является универсальной во всех видах спорта. Данная система обладает скоростью до 30 000 кадров в секунду. ОРТс3 предназначен для разрешения спорных ситуаций при их возникновении, тем самым помогает определить победителя.

Также в легкой атлетике используется лазерный измеритель дистанции LaserLynx, который состоит из различных элементов, таких как штатив, призма, батарея, запасной аккумулятор, кабель передачи данных. LaserLynx является точным, точность его ± 2 мм и ± 2 угловых секунды. Время его аккумуляторной батареи составляет до 60 часов на одной зарядке. Температурный режим данного устройства от -40 до $+60$, что способствует его работе в различных условиях.

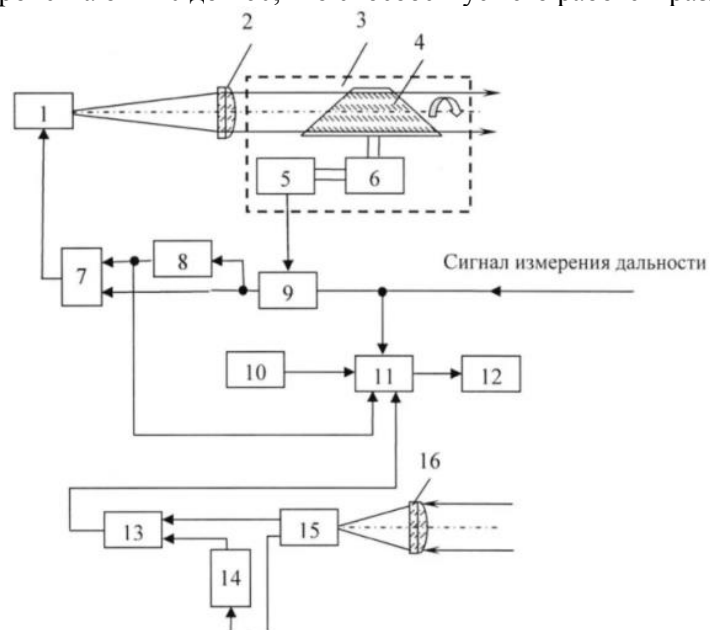


Рис. 1. Функциональная схема устройства лазерного измерителя дистанции

Принцип его работы заключается в том, что луч лазера красного цвета выходит из измерителя, проходя линзы, и попадает на отражатель, находящийся на расстоянии от 1,5 до 3000 метров. Затем луч лазера попадает на фотоприемник измерителя и проходя через линии задержки, генератор тактовых импульсов и счетчик импульсов выводит данные на экран.

СЕКЦИЯ 7. СТАНДАРТИЗАЦИЯ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 006.85

ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИИ УСТАНОВЛЕНИЯ МЕЖПОВЕРОЧНЫХ ИНТЕРВАЛОВ

Андрейковец А.С.

Д-р техн. наук, профессор Соломахо В.Л.

Белорусский национальный технический университет

Каждое средство измерений (СИ), как любой объект производства, имеет свой жизненный цикл. На этапе эксплуатации СИ существенными показателями, обеспечивающим как подтверждение метрологических характеристик, так и эффективность эксплуатации, является проверка СИ и величина межповерочного интервала.

Длительность межповерочных интервалов зависит от фактической надежности средств измерений, условий эксплуатации и интенсивности их использования. Проблема оптимизации заключается в том, что с одной стороны проверка должна обеспечивать поддержание метрологических характеристик и, с позиции снижения рисков, необходимо стремиться к уменьшению межповерочных интервалов, а с другой, это снижение приводит к дополнительным, иногда не обоснованным, экономическим потерям, которые определяются затратами как собственно на проверку СИ так и на их эксплуатацию.

Современный подход к методике расчета межповерочных интервалов должен предполагать учет конкретных требований к метрологическим характеристикам и условиям эксплуатации. Так для средств измерений с большей точностью могут устанавливаться меньшие интервалы между поверками. Таким образом, чем больше точность средства измерения, тем меньше интервал между поверками и наоборот.

В соответствии с рекомендациями РМГ 74-2004 «Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений» исходными данными для определения межповерочного интервала являются показатели метрологической надежности либо экономической оптимальности. В качестве показателя метрологической надежности могут использоваться:

- вероятность работ без метрологических отказов $P_M(t)$ за интервал времени t ;
- интенсивность метрологических отказов A_M ;
- наработка на метрологический отказ T_0 .

Экономическим критерием оптимальности МПИ является условный минимум экономических издержек при эксплуатации СИ.

УДК 543.555:631.437

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРТАТИВНОГО КОНДУКТОМЕТРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ВЕРХОВОГО ТОРФА

Студентка гр. 11305119 Артющик Е.Н.

Кандидат сельско-хоз. наук, доцент Домасевич А.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Все питательные вещества доступны растениям в виде ионов. Ионы могут создавать электрический поток в водном растворе, который пропорционален их концентрации. Поэтому общее содержание солей в растворах определяют по величине их электропроводности. Кондуктометр – изделие для измерения электропроводности водных и неводных растворов. Работают на основе метода электрохимического анализа.

Электропроводность верхового торфа измеряли используя портативный многодиапазонный кондуктометр с автотермокомпенсацией Hanna HI 8733. Прибор внесен в государственный реестр средств измерений. В портативном кондуктометре предусмотрено четыре диапазона измерений: 0–199,9 мкСм/см (0–199,9 $\mu\text{S/cm}$); 0–1999 мкСм/см (0–1999 $\mu\text{S/cm}$); 0–19,99 мСм/см (0–19,99 mS/cm); 0–199,9 мСм/см (0–199,9 mS/cm) с точностью $\pm 1\%$ полной шкалы измерений.

Каждый диапазон вызывается специальной кнопкой на лицевой панели прибора, что, при необходимости, позволяет пользователям легко переключаться между диапазонами. Прибор запрограммирован на информирование пользователей о выходе значений измеряемых величин за пределы рабочего диапазона, в этом случае пользователь должен переключиться на другой диапазон. Входящий в комплект прибора четырехэлектродный датчик проводимости HI 76302W позволяет проводить измерения в широком диапазоне концентраций с помощью одного датчика. При этом, четырехэлектродная технология устраняет эффект поляризации, являющейся общей проблемой стандартных датчиков с двумя электродами-полюсами. Датчик имеет защитный кожух из ПВХ, что обеспечивает надежность измерений вне помещений. Кроме того, для обеспечения автоматической температурной компенсации в диапазоне от 0 до 50 °С с регулируемой величиной β в пределах от 0–2,5 % / °С, в датчик измерения проводимости встроен датчик измерения температуры. Этот фактор корректирует численное значение проводимости образцов на заданное число процентов на один градус Цельсия. Прибор может быть откалиброван по одной точке с использованием стандартного раствора проводимости. Посредством калибровочного колеса, расположенного на верхней части прибора, прибор можно с легкостью откалибровать по калибровочному стандарту. Условия эксплуатации – рабочая температура 0–50 °С и влажность до 100 %, компактные размеры – 164×76×45 мм, маленький вес – 230 г.

Согласно ГОСТ 33162–2014 разрабатываемый слой торфяной залежи должен быть сложен торфом верхового типа моховой группы, степень разложения торфа в разрабатываемом слое залежи не должна превышать 20 %, рН солевой суспензии (pH_{KCL}) от 2,5 до 3,5, электропроводность не более 0,18 мСм/см [1].

Образцы торфа для определения электропроводности были отобраны на торфоместорождении «Журавлевское» (поля 2, 2А, 2В, 3 и 5) филиала производственного республиканского унитарного предприятия «Витебскоблгаз», производственного управления «Витебскторф». Проведение испытаний отобранных образцов верхового торфа проводились по ГОСТ 27894.9-88 [2].

Результаты измерений показали, что у торфа заготовленного на полях 2А, 2В и 5 электропроводность торфа находится в пределах 0,03–0,06 мСм/см. Торф взятый с полей 2 и 3 имеет электропроводность 0,12–0,16 мСм/см. Недостатком при измерении электропроводности является то, что этот показатель не дает информации о содержании в торфе конкретных элементов питания.

Литература

1. Торф низкой степени разложения. Технические условия: ГОСТ 33162–2014. – Введ. 01.04.2016. – М.: Росстандарт, 2016. – 10 с.
2. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Метод определения содержания водорастворимых солей: ГОСТ 27894.9-88. – Введ. 22.11.1988. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1988. – 4 с.

УДК 543.554.2:631.415.1

ПРИМЕНЕНИЕ pH-МЕТРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КИСЛОТНОСТИ ВЕРХОВОГО ТОРФА

Студентка гр. 11305119 Артющик Е.Н.

Кандидат сельско-хоз. наук, доцент Домасевич А.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Верховой сепарированный торф фрезерной заготовки является основой для создания торфяных субстратов. По данным Смоляка Л.П. кислотность торфа верховых болот Беларуси находится на уровне pH_{KCl} 3,2–4,2, а по данным Ипатьева В.А. – pH_{H_2O} 2,6–4,2 [1, 2].

Измерения кислотности верхового торфа проводили портативным pH-метром Hanna HI 8314, который можно использовать в лаборатории и в полевых условиях. Прибор имеет большой диапазон измерений (реакция среды от 0 до 14 pH, температура от 0 до 100 °С), шаг измерения – 0,01 pH и 0,1 °С, минимальную погрешность ($\pm 0,01$ pH, $\pm 0,4$ °С), калибровку pH ручную, по двум точкам (pH 4,01 и 7,01), термокомпенсацию автоматическую – 0–70 °С, условия эксплуатации – рабочая температура 0–50 °С и влажность до 95 %, компактные размеры – 164×76×45 мм, маленький вес – 180 г, длительный срок эксплуатации.

Калибровка портативного pH-метра при измерении кислотности верхового торфа.

1. Наливают небольшое количество буферных растворов с рН 7,01 и рН 4,01 в чистые сосуды. После подключения рН-электрода и термодатчика включают прибор.

2. Погружают термодатчик в один из сосудов и нажимают кнопку «ОС» для входа в режим измерения температуры. Ждут, пока показания температуры стабилизируются, и измеряют температуру буфера.

3. Нажимают кнопку «CAL», споласкивают и погружают рН-электрод в буфер с рН 7,01. Нажимают кнопку «TEMP» и исходя из значения температуры и используемого буфера нажимают кнопку «рН» вращая винт «OFFSET», устанавливают на дисплее целевое значение рН. Нажимают кнопку «рН».

4. Споласкивают и погружают рН-электрод в буфер с рН 4,01, вращают винт «SLOPE», пока на дисплее не появится целевое значение рН, соответствующее отмеченной температуре. Нажимают «CAL», калибровка рН завершена.

При проведении измерений электрод и термодатчик подсоединяют к прибору. Активная кислотность торфа определяется согласно ГОСТ 11623-89 в водной вытяжке, а обменная кислотность в солевой вытяжке [3]. Прибор должен быть предварительно откалиброван. Снимается защитный колпачок с рН-электрода, электрод и термодатчик погружаются в исследуемую вытяжку, перемешивая которую ожидают одну минуту, чтобы показания стабилизировались. Нажимают кнопку рН для входа в режим измерения. Показания рН автоматически компенсируются по температуре. После измерений прибор отключается и электрод хранится в прилагаемом к нему защитном колпачке.

Образцы торфа для определения кислотности были отобраны на торфоместорождении «Журавлевское» (поля 2, 4а и 5) филиала производственного республиканского унитарного предприятия «Витебскоблгаз», производственного управления «Витебскторф». Результаты измерений показали, что pH_{H_2O} находится в пределах 4,80–5,73, pH_{KCl} – 3,43–3,52.

Методика поверки портативного рН-метра заключается в поверке: канала измерения величины рН по МИ 1619-87 (по п.5.5.6.5) «ГСИ. Преобразователи рН-метров и иономеров. Комплекты рН-метров. Методика поверки» п. 1.2.; канала измерения температуры по ГОСТ 8.338-78 «ГСИ. Термопреобразователи технических термоэлектрических термометров. Методы и средства поверки»; каналов измерения потенциалов по МИ 1619-87 «ГСИ. Преобразователи рН-метров и иономеров. Комплекты рН-метров. Методика поверки» и МИ 1771-87.

Литература

1. Смоляк, Л.П. Болотные леса и их мелиорация / Л.П. Смоляк. – Минск: Наука и техника, 1969. – 210 с.
2. Ипатьев, В.А. Ведение лесного хозяйства на осушенных землях / В.А. Ипатьев, Л.П. Смоляк, И.К. Блинцов. – М.: Лесная промышленность, 1984. – 144 с.
3. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения обменной и активной кислотности: ГОСТ 11623-89. – Введ. 01.01.1991. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1990. – 6 с.

УДК 658.512

ВЗАИМОСВЯЗЬ КОМПЛЕКСА МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА ЭТАПАХ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ

Магистрант Астапович А.А.¹, Бережных Е.В.²

¹ Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

² Белорусский государственный центр аккредитации, Минск, Республика Беларусь

Установлено, что системы менеджмента качества (СМК) на различных этапах своего жизненного цикла должны быть представлены различными комплексами моделей в силу различия решаемых системами задач. В докладе рассмотрен вопрос согласования моделей процессов СМК на различных этапах своего жизненного цикла.

На рис. 1 представлен процесс согласования моделей процессов (функций) на этапах разработки и применения СМК в организации.

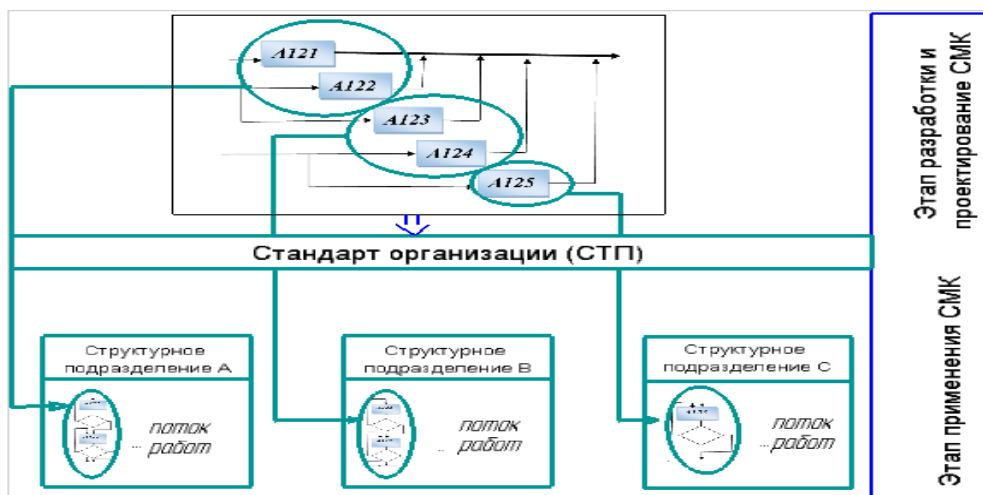


Рис. 1. Распределение функций по структурным подразделениям посредством стандартов организации

Из рисунка можно увидеть как на основе диаграммы «потока работ» функциональной модели (этап разработки СМК), формируются «потоки работ» структурных подразделений (этап применения СМК). При этом одно структурное подразделение может включать в себя выполнение функций, как из одной диаграммы-модуля «поток-работ» основного бизнес-процесса, так и нескольких.

Сделан вывод о том, что формирование организационной структуры на этапе применения СМК организации, должно производиться корректным распределением функций, разработанных на этапе разработки СМК, в частности с помощью функциональной модели.

Кроме этого в докладе установлено, что распределение функций должно быть выполнено в соответствии с рядом правил: 1) каждая контрольная точка должна представлять «отрезок» процесса, который выполняется в рамках одного структурного подразделения - принцип распределения ответственности; 2) измерения в контрольных точках процесса должны производиться с привлечением независимых служб контроля или должностных лиц и определение причин несоответствий и управленческих решений (корректирующих и предупреждающих действий) в контрольных точках процесса должны производиться с привлечением независимых служб или экспертов – принцип независимости.

Литература

1. Серенков П.С. Методы менеджмента качества. Методология организационного проектирования инженерной составляющей системы менеджмента качества: монография / П.С. Серенков. – Минск: Новое знание; М.:ИНФРА. – М, 2011. – 491 с.
2. Репин В.В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В.В. Репин, В.Г. Елиферов. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2004. – 408 с

УДК 658.512

КОМПЛЕКС МОДЕЛЕЙ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИИ НА ЭТАПАХ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ

Магистрант Астапович А.А.¹, Бережных Е.В.²

¹ Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

² Белорусский государственный центр аккредитации, Минск, Республика Беларусь

Процессный подход как первый этап методологии системного подхода к решению проблем, имеет значительно более глубокий смысл, чем тот, который традиционно вкладывается в принцип «процессного подхода» к разработке и применению системы менеджмента качества (далее – СМК) [1]. В этом смысле классическое понимание процессного подхода имеет значительно более широкий спектр возможностей, использует большое разнообразие подходов, методов, ин-

струментов, соответственно, решает значительно более широкий круг задач [2]. В докладе выдвигается гипотеза, что на каждом этапе жизненного цикла СМК, несмотря на различие решаемых задач, должна быть представлена определенным фиксированным комплексом функциональных подсистем. При этом каждая подсистема, в свою очередь, может быть представлена необходимым и достаточным комплексом моделей. Тип и количество моделей, в свою очередь, определяется этапом жизненного цикла СМК, ее уровнем совершенства (табл.1).

Таблица 1

Комплекс функциональных подсистем СМК и представляющих их моделей на различных этапах жизненного цикла

| Этапы | Комплекс функциональных подсистем | Типы моделей | |
|----------------|---|---|---------------|
| Разработка СМК | сети процессов | иерархическая функциональная модель сети процессов | |
| | системы целеполаганий | распределения целей по процессам | |
| | системы сбора и анализа данных | оценки результативности по сети процессов | |
| | системы поддержки принятия управленческих решений | контрольных точек и ответственности за принятие управленческих решений в каждой из них | |
| Применение СМК | сети процессов | – ролевых отношений (органиграмма), – потоков работ в рамках каждого структурного подразделения | |
| | системы целеполаганий | распределения целей по структурным подразделениям | |
| | системы сбора и анализа данных | – контроля и мониторинга продукции и процессов; – оценки результативности по организационной структуре | |
| | системы поддержки принятия управленческих решений | принятия управленческих решений в структурных подразделениях | |
| | | | Оценки рисков |

В докладе сделан вывод о том, что модели, представляющие одну и ту же подсистему на различных этапах жизненного цикла СМК, могут отличаться по виду и содержанию в силу того, что решают различные задачи, но при этом должны выполняться условия: 1) на каждом этапе жизненного цикла СМК комплекс функциональных систем и их моделей неизменен, 2) модели, представляющие одну и ту же функциональную подсистему (см. табл 1) на различных этапах жизненного цикла СМК должны быть согласованы между собой.

Литература

1. Серенков, П.С. Тотальное применение комплексного процессного подхода / П.С. Серенков, В.В. Назаренко, О.И. Ромбальская // Методы менеджмента качества. – 2015. – С. 12–19.
2. Репин, В.В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. / В.В. Репин, В.Г. Елиферов. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2004. – 408 с.

УДК 531.7.08

ПЕРСПЕКТИВЫ НОРМИРОВАНИЯ МИКРОГЕОМЕТРИИ СОПРЯГАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ПРИБОРОВ

Булышко В.Ю.

Д-р техн. наук, профессор Соломахо В.Л.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Шероховатость поверхности определяет многие функциональные свойства поверхности: качество сопряжения (посадки), износоустойчивость (износостойкость), контактную прочность, светоотражательную способность, теплопередачу, удержание смазки, адгезию и др. На сегодняшний день существует огромное множество методов осуществления экспериментальной оценки шероховатости, на основе самых разнообразных физических явлений. Существует не-

сколько подходов обобщенно описывающие методологию оценивания, но создание общей классификации нормирования затрудняется множеством применяемых принципов нормирования.

До сих пор основными характеристиками шероховатости являются: Ra, Rz, Rmax, Sm, S, tp, p на основании стандарта ГОСТ 2789-73. Основой выбора именно этих параметров стали технические возможности на момент разработки нормативного документа, а также способ обработки поверхностей твердых тел – резанье, который формирует специфичную микрогеометрию. Однако в современной промышленности уже давно используют множество видов обработки поверхностей, для которых именно эти характеристики могут не в полной мере дать правильное представление исследуемого объекта. Преимущественное распространение приборов, основанных на профильных методах измерений шероховатости, в значительной мере предопределило направление развития стандартизации в области шероховатости поверхности. Современные приборы уже давно могут осуществлять диагностику поверхностей с использованием производных и независимых параметров от установленных в нормативных документах. Существуют объективные предпосылки оценки шероховатости поверхностей путем расчета измеренных координат профиля поверхности. При наличии соответствующей вычислительной техники появляется возможность разработки новых параметров адекватно оценивающих функциональные свойства поверхностей.

УДК 658

АУДИТ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА ОРГАНИЗАЦИИ

Студент гр. 11305117 Вечерская Л.А.

Кандидат техн. наук, доцент Спесивцева Ю.Б.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В последнее время все более актуальным для организаций является внедрение интегрированных систем менеджмента (ИСМ). ИСМ представляет собой единую систему, отвечающую требованиям двух или более стандартов на системы менеджмента и функционирующую как единое целое. Основными стандартами являются: ISO 9001 (менеджмент качества), ISO 14001 (экологический менеджмент), ISO 45001 (менеджмент здоровья и безопасности при профессиональной деятельности). Такая система менеджмента несет в себе ряд конкурентных преимуществ: улучшение менеджмента всей организации, уменьшение количества документов, экономия человеческих и временных ресурсов, повышение престижа организации.

На практике в настоящее время многие органы по сертификации не проводят сертификацию ИСМ с применением комбинированного или интегрированного аудитов. Комбинированный - аудит двух или более систем менеджмента одного заявителя на проведение сертификации, проводящийся одновременно. Интегрированный аудит проводится в случае, когда заявитель на проведение сертификации применяет требования двух или более документов, устанавливающих требования к одной системе менеджмента и аудит проводится на соответствие нескольким ТНПА. Органы по сертификации довольно часто применяют комбинированный аудит для сертификации интегрированной системы, что влечет за собой значительные затраты человеческих и временных ресурсов, связанных с большим объемом документации. В случае с интегрированными аудитов таких недостатков можно избежать.

В работе особое внимание было уделено теоретическим основам ИСМ. Детально рассмотрены алгоритм формирования и сертификации ИСМ, теоретические основы системы менеджмента качества и системы менеджмента здоровья и безопасности при профессиональной деятельности, изучены требований стандартов СТБ ISO 9001-2015 и СТБ ISO 45001-2020, проведен их сравнительный анализ для эффективного функционирования интегрированной системы менеджмента.

Результатом работы стало информационно-методическое обеспечение для органа по сертификации, необходимое для проведения аудита интегрированной системы менеджмента на соответствие требованиям СТБ ISO 9001-2015 и СТБ ISO 45001-2020, которое разработано в соответствии с алгоритмом сертификации ИСМ, включающем шесть основных этапов, рассмотренных детально.

Информационно-методическое обеспечение представляет собой комплект документов в виде

шаблонов, которые уже на данной стадии могут активно применяться аккредитованным органами по сертификации систем менеджмента. В состав представленных документов входят: анкеты-вопросники, основные условия для проведения сертификационного аудита, расчет трудоемкости проведения сертификационного аудита, решение по заявке и назначению команды по оценке, программа аудита, планы аудита (первый и второй этапы); лист регистрации проблемных областей, протокол аудита (первый и второй этапы), отчет по аудиту (первый и второй этапы), лист регистрации несоответствий, лист регистрации аспектов для улучшения.

Литература

1. Шичков, Н.А. Интегрированная система менеджмента на основе международных стандартов ИСО 9001:2015, ИСО 14001:2015, ИСО 45001:2018 / Н.А. Шичков. – Санкт Петербург: УМЦ Бизнес Класс, 2020. – 125 с.
2. Сафьялов, Н.П. Интегрированная система менеджмента – настоящее или будущее / Н.П. Сафьялов, Г.В. Померанцев // Менеджмент. – 2009. – №1. – С.154-160.
3. Об утверждении Правил подтверждения соответствия Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь: постановление Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 25 июля 2017 г. № 61 (с изм. и доп. № 10 от 15 февраля 2018 г., № 64 от 20 ноября 2018 г.; № 17 от 26 февраля 2021 г.)

УДК 658.5

ФОРМИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ СМИ В РАМКАХ СМК С ЦЕЛЬЮ КОМПЛЕКСНОГО МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СУСТАВОВ ЭНДОПРОТЕЗА ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА ЗАО «АЛТИМЕД»

Магистр Герасимчик Е.Е.

Д-р техн. наук, профессор Серенков П.С.

Белорусский государственный институт метрологии, Минск, Беларусь

Актуальным вопросом становится изучение и формирование методологической основы создания и внедрения системы менеджмента измерений как части общей системы менеджмента качества предприятия. Для этого разработан проект по созданию и внедрению системы менеджмента измерения в рамках системы менеджмента качества.

При проведении внутренних аудитов существующей системы менеджмента качества на предприятии ЗАО «АЛТИМЕД» установлены значительные ошибки формирования системы менеджмента качества. Выявлен ряд несоответствий, не позволяет сформировать полноценную систему менеджмента измерений.

В связи с этим возникает необходимость – разработать правильно функционирующую систему менеджмента качества в соответствии с требованиями ISO 9001. Нами принято решение реализовать пилотный проект по созданию локальной системы менеджмента измерений для метрологического обеспечения измерения одного параметра эндопротеза. В дальнейшем данный подход будет применен для всего перечня показателей, нуждающихся в контроле.

Для решения задач системы менеджмента измерения было сделано следующее:

Разработана функциональная модели в соответствии с ISO 10012 (Требования к процессам измерений и измерительному оборудованию), проведен анализ модели и поиск процессов несоответствий, построена модель «как есть» проведен ее анализ и на основании полученных данных построена модель «как надо» [1, 2].

Произведен сбор всего множества измеряемых параметров в контрольных точках по всем процессам системы менеджмента качества. В каждой контрольной точке может быть больше одного измеряемого параметра. Этап является очень важным, поскольку недоучет всех параметров означает, что процессы их измерений не будут поставлены в управляемые условия, т. е. не будут обеспечиваться системой менеджмента измерения. Сформированное на данном этапе множество параметров позволит разработать сбалансированную и адекватную систему менеджмента измерений [3].

Проведена реорганизация структура метрологической службы. Предложена реформа отдела качества на предприятии, реструктуризацию существующей структуры в соответствии с общепринятыми нормами формирования метрологической службы [4].

Сформирован жизненный цикл единичной системы измерения. В качестве единичного объекта управления в рамках системы менеджмента качества нами предлагается использовать систему измерений, имеющую типичный жизненный цикл в соответствии СТБ 2450.

В этом докладе представлены результаты метрологических изысканий организационного, методического, технического плана для формирования локальной системы менеджмента измерений в рамках системы менеджмента качества.

Литература

1. Серенков, П.С. Методы менеджмента качества. Методология организационного проектирования инженерной составляющей системы менеджмента качества / П.С. Серенков – Минск: Новое знание; ИНФРА-М, 2011. – 491 с.
2. Серенков, П.С. Методы менеджмента качества. Процессный подход / П.С. Серенков, А.Г. Курьян, В.П. Волонтей. – Минск: Новое знание; ИНФРА-М, 2014. – 441 с.
3. Trends and economic impact of hip and knee arthroplasty in Central Europe: findings from the Austrian National Database / Leitner L. [et al.] // Scientific reports. – 2018. – Т. 8. – №. 1. – С. 1–5.
4. Задачи и структура метрологической службы отрасли // Банк лекций Siblec.Ru. Учебные материалы ОКСО 210000. Электронная техника, радиотехника и связь. Лекции для преподавателей и студентов ВУЗ [Электронный вариант] – Москва, 2009. – Режим доступа: <https://siblec.ru>. – Дата доступа: 15.03.2022.

УДК 621.713.12

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ КООРДИНАТНОГО КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ

Магистрант гр. 61331021 Гомма М.А.

Кандидат техн. наук, доцент Соколовский С.С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В последнее время на практике для контроля геометрических параметров деталей все более широко стали использовать координатно-измерительные машины. Ориентируясь на высокие точностные возможности этих высокотехнологичных средств измерений, рядовые пользователи зачастую не уделяют должного внимания возможным методическим погрешностям измерений, которые могут иметь место при применении таких средств измерений. Анализ показывает, что не исключены ситуации, в которых эти погрешности могут существенно превышать инструментальные составляющие погрешности измерений. В качестве основной причины таких погрешностей следует рассматривать некорректную идеализацию измеряемого объекта или несоответствие принятой за основу экспериментальной модели объекта измерения самому реальному объекту, подлежащему измерительному контролю. При контроле размеров деталей такие причины могут быть связаны, например, с неучитываемым при этом влиянием отклонений формы, расположения определяющих их поверхностей, а в некоторых случаях и с параметрами их шероховатости.

В результате проведенного анализа было выявлено, что при контроле геометрических параметров деталей на базе координатно-измерительных машин возможны ситуации неоднозначной трактовки получаемых результатов измерений по причине допускаемой при этом вариативности экспериментальных моделей контролируемых элементов деталей, а следовательно, неоднозначной может быть и оценка возможных методических погрешностей измерений.

Как известно, при осуществлении контроля деталей с использованием таких средств измерений реальные элементы деталей заменяются аппроксимирующими «средними» элементами и определение искомых размеров или отклонений осуществляется по этим или относительно этих виртуальных элементов. Если рассматривать контроль размера какого-либо одного элемента детали (например, диаметра отверстия), то получаемый в итоге результат измерения имеет однозначную трактовку. Неопределенные в этом плане ситуации возникают в случае контроля некоторых размеров деталей, определяемых двумя или более их элементами.

Такого характера ситуацию наиболее наглядно можно проиллюстрировать на примере контроля межосевого расстояния для двух отверстий, выполненных в некоторой корпусной детали.

При осуществлении измерения этого параметра на базе координатно-измерительной машины

первоначально производят сканирование или дискретное ощупывание контролируемых элементов деталей в некотором количестве контрольных точек с фиксированием их координат в предварительно заданной декартовой системе координат. После соответствующей обработки полученной таким образом исходной измерительной информации вычислительный комплекс прибора выдает некоторое одно значение измеряемого параметра, принимаемое в этом случае за действительное. При этом возникает закономерный вопрос, как трактовать такое значение с учетом того, что контролируемые реальные элементы детали имеют сложный рельеф и произвольное случайное пространственное расположение? В этом случае можно рассматривать два возможных варианта экспериментальных моделей контролируемых элементов и соответствующих им определяющих параметров. При поэлементной (независимой) аппроксимации контролируемых элементов деталей «средними» аппроксимирующими поверхностями номинально цилиндрической формы оси таких цилиндров будут иметь произвольное случайное расположение в пространстве и однозначно определить искомое значение контролируемого параметра (межосевое расстояние) в этом случае не представляется возможным. В качестве варианта, обеспечивающего однозначную трактовку получаемого при этом результата измерения можно рассматривать вариант комплексной аппроксимации контролируемых элементов детали комплектом двух гибко связанных между собой аппроксимирующих поверхностей номинально цилиндрической формы, рассматриваемых как единый аппроксимирующий элемент.

УДК 621.713.12

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КООРДИНАТНОГО КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ

Магистрант гр. 61331021 Гомма М.А.

Кандидат техн. наук, доцент Соколовский С.С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Особенностью традиционного подхода к обеспечению требуемой точности изготовления деталей является поэлементное нормирование и контроль их функциональных геометрических параметров. При этом в большинстве случаев каждый такой параметр измеряется в своей системе координат и эти системы, как правило, не совпадают. В связи с этим, могут возникать ситуации, когда деталь, формально признанная годной, окажется функционально бракованной при ее установке по месту в составе сборочной единицы. Как один из вариантов выхода из этой ситуации, а следовательно и повышения эффективности координатного контроля геометрических параметров деталей, предлагается использовать **комплексный подход к координатному контролю геометрических параметров деталей**, базирующийся на следующих 3-х ключевых принципах.

Принцип 1. Каждую деталь следует рассматривать как комплекс взаимосвязанных элементов, ограничиваемых общими предельными контурами, которые определяют некоторое единое пространство допуска всех ее геометрических параметров.

Принцип 2. Координатный контроль заданных геометрических параметров детали должен основываться на координатных измерениях всех контролируемых элементов детали в единой жестко заданной или фиксированной системе координат.

Принцип 3. После выполнения необходимых координатных измерений и получения соответствующей экспериментальной модели контролируемой детали в виде некоторого массива измеренных координат множества ее контрольных точек, система координат, в которой представлена полученная экспериментальная модель детали, должна подвергаться обязательной оптимизации. Такая оптимизация предполагает совершение необходимых поворотов и плоскопараллельных смещений исходной системы координат совместно со связанной с ней экспериментальной моделью детали до тех пор, пока все контрольные точки детали не расположатся между установленными для нее предельными контурами или пока они не будут вписаны в соответствующее пространство допуска. Параллельно с такими манипуляциями, выполняемыми в отношении исходной системы координат и экспериментальной модели контролируемой детали допускаются также и некоторые плоскопараллельные смещения внутреннего ее предельного контура по отношению к наружному, т. е. по сути некоторой перераспределению взаимосвязанных полей допусков кон-

тролируемых геометрических параметров детали. Если отмеченное выше вписывание осуществить не удастся, то деталь бракуется. С учетом рассмотренных принципов общий порядок реализации предлагаемого комплексного подхода к координатному контролю геометрических параметров деталей с позиций метрологического моделирования можно представить в виде следующего алгоритма:

1. Построение комплексной нормативной аналитической модели контролируемой детали.
2. Получение комплексной экспериментальной метрологической модели объекта контроля.
3. Трансформация комплексной экспериментальной метрологической модели объекта контроля в адекватную аналитическую модель, ей соответствующую.
4. Первичное сопоставление аналитической модели контролируемой детали с ее комплексной нормативной аналитической моделью.
5. Оптимизация системы координат контролируемой детали с одновременным перераспределением взаимосвязанных полей допусков ее нормированных геометрических параметров.
6. Оценка результатов оптимизации системы координат контролируемой детали и ее комплексной нормативной модели, принятие окончательного решения о годности детали.

УДК 681

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА НАНОЧАСТИЦ В АЭРОЗОЛЯХ

Студент гр. 11305118 Ильинчик И.В.

Д-р техн. наук, профессор Соломахо В.Л.

Белорусский национальный технический университет

В повседневной жизни мы все чаще сталкиваемся с такими понятиями как нанотехнологии, наноматериалы, наноструктура, наночастицы и т. п. Повышенный интерес исследователей к нанообъектам вызван обнаружением у них необычных физических и химических свойств, особенностями биологического действия, которые часто радикально отличаются от свойств этого же вещества в форме сплошных фаз или макроскопических дисперсий. Стоит сказать, что нанообъекты состоят из наночастиц, размер которых необходимо контролировать и воспроизводить с достаточной точностью.

Широкое применение сегодня в различных сферах нашли наночастицы в аэрозолях. Их активно стали применять еще в 90 годы и по сей день их используют преимущественно в медицине, что позволило создавать множество аэрозолей, методов лечения различных заболеваний и т. д. Но вместе с этим возникает большая ответственность при проведении метрологического обеспечения и контроля размера этих самых наночастиц.

Прежде чем говорить о методах определения размера наночастицы следует дать ему определение, чтобы понимать, что это такое. Термин наночастица опирается на два ключевых понятия: нанодиапазон и нанообъект. Наночастица – это нанообъект, линейные размеры которого по всем трем измерениям находятся в нанодиапазоне, а соотношение размеров длин в направлении самой короткой и самой длинной из осей как правило не более чем один к трем. Очевидно, что так просто определить формулу для определения размера для всех наночастиц попросту невозможно, т.к. все наночастицы имеют разную форму далекую от идеальной сферы. Поэтому чаще всего в этих целях применяют понятие эквивалентной сферы. Суть которой заключается в том, что нет необходимости описывать частицу тремя или более числовыми значениями, которые конечно точнее характеризуют размер, но неудобны для рутинного контроля качества и управления производственным процессом.

При выборе метода для анализа размера наночастицы в аэрозолях надо понимать, что метод будет зависеть от измерения различных физических характеристик частиц (максимальная длина, минимальная длина, объем, площадь поверхности и т. д.), и как следствие размеры, полученные разными методами, будут различаться. Если говорить о метрологическом обеспечении, то на сегодняшний день в нашей стране прямой прослеживаемости размера наночастицы в аэрозолях к национальным эталонам нет. Однако с помощью такой установки как сканирующий спектрометр мобильности частиц возможно производить частицы в диапазоне от 2 до 1000 нм в за-

висимости от используемого анализатора, а потом проводить международные сличения со стандартными образцами метрологических институтов других стран.

УДК 621.31/36

КАЛИБРОВКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОГРУЖНОГО ТИПА

Ковалёнок А.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Согласно Закону Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений» калибровка средств измерений является одним из видов работ по метрологической оценке, цель которой – установить действительные метрологические характеристики средства измерений. В связи с тем, что средства измерения температуры – термометры – весьма разнообразны, то и разнообразны и методики их калибровки. Поэтому методики калибровки термометров носят «именной характер» и распространяются на определенный тип средств измерений. В настоящее время парк термометров постоянно расширяется: появляются новые средства измерения, которые имеют свой принцип действия и свою сферу применения. Для таких новых средств измерения температуры необходимо разрабатывать соответствующие новые методики калибровки. При этом необходимо подбирать соответствующее оборудование для воспроизведения температуры в определенном диапазоне, и средства измерений, позволяющие контролировать температуру в заданном диапазоне и с заданной точностью. Это требует решения нескольких актуальных проблем. Главные из них связаны прежде всего с тем, что разработка методик калибровки требует временных затрат, что ведет к отвлечению персонала а, следовательно, к уменьшению эффективности проведения работ по метрологической оценке. Кроме того, постоянно увеличивается количество номенклатуры средств измерения температуры, подлежащих калибровке, что в свою очередь ведет к необходимости подбора специфического оборудования для проведения работ по калибровке.

Для решения перечисленных проблем в докладе предложен один из вариантов разработанной «унифицированной» методики калибровки средств измерения температуры показывающих погружного типа, которая позволила бы проводить работы по метрологической оценке, не привязываясь к объекту калибровки. Суть данной методики состоит в том, что она реализуется «от обратного». Имея определенный парк эталонного оборудования и оборудования, воспроизводящего заданную температуру, а также на основании точностных характеристик калибруемого средства измерения, становится возможным проводить калибровку широкого спектра средств измерений в заданном диапазоне температур с заданной точностью путем целенаправленного подбора необходимого оборудования. Таким образом, реализуется гибкая математическая модель методики калибровки, которая зависит только от имеющегося в наличии на данный момент оборудования. Предлагаемая в докладе методика калибровки разработана согласно постановлению Государственного Комитета по Стандартизации Республики № 42 «Об утверждении Правил осуществления метрологической оценки в виде работ по калибровке средств измерений», а также с учетом ГОСТ ISO/IEC 17025 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий». Методика опробована на средствах измерения температуры показывающих погружного типа, с глубиной погружения не менее 150 мм. Результаты, полученные при калибровке согласно данной методике, имеют прослеживаемость к Национальному эталону единицы температуры – кельвин (НЭ РБ 2-95), Национальному эталону единицы длины – метр (НЭ РБ 12-03).

Литература

1. Об утверждении Правил осуществления метрологической оценки в виде работ по калибровке средств измерений. Постановление государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 23 апреля 2021 г. № 42.
2. ГОСТ 8.558. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры. – М.: Стандартинформ, 2019. – 12 с.
3. СТБ 8014. Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Калибровка средств измерений. Организация и порядок проведения. – Минск: Госстандарт, 2012. – 10 с.

МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТЬ ПРИ КАЛИБРОВКЕ ТЕРМОМЕТРОВ ПОГРУЖНОГО ТИПА

Ковалёнок А.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Термин «метрологическая прослеживаемость» широко употребляется в международных стандартах и в рекомендациях, касающихся требований к калибровочным лабораториям. Прослеживаемость результата измерения к национальному эталону является самым важным условием аккредитации лаборатории на тот или иной вид калибровок согласно ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. Метрологическая прослеживаемость характеризуется следующими элементами: неразорванная цепь калибровок, приводящая к национальному или международному эталону; неопределенность результата калибровки должна быть оценена на каждом этапе цепи; методика калибровки на каждом этапе цепи должна опираться на утвержденные стандарты и методики; лаборатории должны быть аккредитованы на техническую компетентность; должен быть выдержан межкалибровочный интервал.

Для установления метрологической прослеживаемости при калибровке средств измерений температуры погружного типа за основу была принята государственная поверочная схема, регламентированная стандартом ГОСТ 8.558-2009 «Государственная поверочная схема для средств измерений температуры». Схема отражает иерархию средств измерения температуры и нормирует на каждом этапе передачи размера конкретные интервалы погрешности СИ и методы передачи. Для демонстрации метрологической прослеживаемости необходимо документально подтвердить неопределенность калибровки на каждом этапе и рассчитать итоговую неопределенность всей цепочки, ведущей от рабочего СИ к эталону. С этой целью был проведен анализ метрологических характеристик наиболее востребованных средств измерений температуры - показывающих термометров погружного типа (далее – СИТЭ) в диапазоне температуры от 193,15 К до 1473,15 К с пределом допускаемой абсолютной погрешности Δ от 0,05 до 1,00 °С. Проведенный анализ позволил сделать вывод о том, что указанные термометры относятся к группе рабочих СИ. Схема цепочки метрологической прослеживаемости при калибровке термометров погружного типа показана на рис. 1.

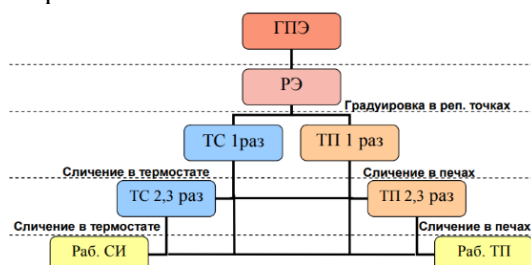


Рис. 1. Упрощенная схема передачи единицы температуры: ТС – термометр сопротивления, ТП – термопара, рабочие СИ – любые СИ температуры, включающие ртутностеклянные термометры, биметаллические, манометрические, полупроводниковые и другие типы термометров

Методика оценки неопределенности при калибровке устанавливается исходя из математической модели процесса калибровки. При этом основными факторами, влияющими на суммарную неопределенность калибровки являются стандартная неопределенность, расширенная неопределенность и комбинированная стандартная неопределенность.

Литература

- ГОСТ 8.558. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры. – М.: Стандартинформ, 2019. – 10 с.
- СТБ 8014. Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Калибровка средств измерений. Организация и порядок проведения. – Минск: Госстандарт, 2012. – 10 с.
- Закон Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений».
- ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. – М.: Стандартинформ, 2021. – 22 с.

УДК 53.08

О ВЫБОРЕ ШКАЛЫ СУБЪЕКТИВНОГО ИЗМЕРЕНИЯ

Студент гр. 11305121 Корякин М. С.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Романчук В.М.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Показано, что при проведении субъективных измерений следует использовать шкалу логарифмических интервалов и шкалу интервалов, а не шкалу отношений. Шкалы отношений обычно используют в физике [1]. Математическая модель измерения представляет собой две изоморфные алгебраические структуры. Структура состоит из множества действительных чисел R и R^+ с операцией вычитания или деления [1].

Пример. Пусть площадь шести кругов $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_6$ измеряется субъективно. Ответы респондентов на поставленные вопросы представлены в таблице 1.

Таблица 1

| Результаты измерений | | | | | | |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|
| $u_i - u_4$ | -7 | -4 | -2 | 0 | 2 | 4 |
| v_i / v_1 | 1,00 | 1,20 | 1,50 | 2,00 | 2,50 | 3,00 |

Результаты измерений в первой строке получены с помощью метода семантического дифференциала. Респондент сравнивает все объекты с фиксированным и указывает целое число от -8 до 8. Число должно соответствовать степени превосходства одного объекта над другим. Например, число -7 означает, что первый объект на семь единиц меньше фиксированного (четвертого) объекта.

Второй строке соответствуют результаты измерений, полученные оценкой отношений. Ответы респондентов приведены во второй строке табл. 1. Респондент последовательно выбирает все объекты и сравнивает их с первым объектом. Респондент указывает, во сколько раз выбранный объект больше первого. Например, респондент считает, что третий объект в полтора раза больше первого. Ответ респондента находится во второй строке четвертого столбца табл. 1. Пусть выполняются равенства

$$R_{i4}(1) = u_i - u_4, R_{i1}(2) = \ln(v_i / v_1),$$

где $R_{i4}(1)$ – оценка, полученная первым методом измерения, $R_{i1}(2)$ – оценка, полученная вторым методом измерения. Тогда $R_{i1}(1) = R_{i4} - R_{i4}$. Номинальные значения $R_{i1}(1)$ и $R_{i1}(2)$ находятся в первой и второй строках таблицы 2.

Таблица 2

| Значения рейтинга | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|
| $R(1)$ | 0,0 | 3,0 | 5,0 | 7,0 | 9,0 | 11,0 |
| $R(2)$ | 0,00 | 0,18 | 0,41 | 0,69 | 0,92 | 1,10 |

Уравнение регрессии для данных, приведенных в табл. 2 имеет вид $r_1 = b_0 + b_1 r_2$, где $b_1 = 0,106$, $b_0 = -0,067$; где коэффициент b_1 является статистически значимым (t -тест, достигаемый уровень значимости $p = 0,00008$); коэффициент b_0 не являются статистически значимыми (t -тест, достигаемый уровень значимости $p = 0.20$). Поэтому можно принять гипотезу о взаимной адекватности рейтинговых значений $R(1)$ и $R(2)$. Такой предварительный анализ, несмотря на небольшой объем статистических данных, позволяет осуществлять индивидуальный контроль каждого респондента и избежать грубых ошибок при тестировании группы респондентов.

Таким образом экспертное оценивание можно выполнять двумя способами. Более того, результаты измерений, выполненные разными способами, эквивалентны (совпадают с точностью до изоморфизма).

Литература

1. Романчук В.М. Проблема количественного измерения полезности. Статистика и Экономика / В.М. Романчук – 2021. – 18(3). – С. 4–11.

УДК 629.33

АНАЛИЗ ПРИЕМЛЕМОСТИ И АДЕКВАТНОСТИ СТАНДАРТНЫХ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ В АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Студент гр. 11305119 Кошель И.В., ассистент Самохвал П.М.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

По государственной статистике различных стран и ВОЗ ежегодно в ДТП погибает около 1,3 миллиона человек, от 20 до 50 миллионов получают инвалидность. На мужчин приходится около 73 % летальных исходов, что в три раза выше, чем у женщин. Однако, если не приравнивать женский травматизм и смертность к общему числу, а оставить внутри половой группы, можно заметить значительное изменение в другую сторону. В этом случае статистика травматизма в ДТП показывает, что тяжелые травмы женщины получают на 47 % чаще чем мужчины. Данная статистика показывает необходимость разработки новых адекватных и надежных методов испытаний или редакции старых методов испытаний в автомобильной промышленности [1].

В основе стандартных методов испытаний автомобилей на безопасность водителя и пассажиров лежат методы оценки безопасности по данным, полученным в симуляциях различных видов ДТП, с высокотехнологичными манекенами на местах возможных пострадавших, манекены оснащенные множеством датчиков, регистрирующих возможное поведение человеческого тела в авариях и ДТП. Разработка началась еще в 1970-х, итогом которой стала разработка стандартизованного «семейств Hybrid-III, и нескольких специализированных моделей для более общих и точных показателей для отдельных направлений силы удара.

Сегодняшние испытания машин на безопасность используют различные серии манекенов, как стандартизованных, так и специально разработанных. Hybrid-II, Hybrid-III, CRABI, BioSID, EuroSID, BioRID, RID2 – среди которых появились дополнительные детские и мужские манекены. Однако основным источником информации при моделировании и краш-тестах остаются манекены серий Hybrid-II, Hybrid-III, разработанные более 30 лет назад. С первых образцов до сегодняшних моделей в образцах изменили датчики, применяемые материалы и общее внутреннее строение, но не изменили рост и вес, как ключевую антропометрическую связь манекена и человека. У манекенов семейства Hybrid III с разделением на половую конституцию имеется 2 типа манекенов взрослого мужчины 182,9 см и 77,7 кг; 192,9 см и 101,3 кг; 3 типа детских манекенов, соответствующих параметрам 3-х, 6-ти и 10-ти лет и один женский манекен весом 49 кг и ростом 149,9 см, созданный на основе женского манекена 1988 года. Также стандартизованы и модели семейства Hybrid II в составе 3-х мужских манекенов: 100 кг и 190 см, 80кг и 175 см и 50 кг и 145см – созданные перед серией моделей Hybrid III [2].

Рассматривая новейшую статистику роста и веса женщин и мужчин от 18 до 45 лет – средний вес и рост женщины составит 165 см и 53,3-59,8 кг, для мужчины выбирают средний рост 175 см, 63,5-69,9. Более того, статистические исследования показывают, что женщины стали весить на 6 кг больше чем 20 лет назад, а в обще половой статистике видно прибавление на 5 кг у женщин и мужчин. Причиной этому стали изменения в экологии, а как следствие ухудшение обмена веществ, так и изменение образа жизни и работы в сторону облегчения условий труда.

Рассматривая современную статистику, со статистикой времени создания линейки манекенов – заметен, как упоминается выше, сдвиг в весе в большую сторону. Как одна из ключевых характеристик, вес является основным источником неопределенности в расчетной статистике и причиной получения тяжелых травм при эксплуатации автомобилей реальными людьми, в особенности женщинами, в статистике действительной. Ключевым фактором признания метода адекватным является снижение влияние неопределенности на результат оценки безопасности. Увеличение среднего веса взрослого населения служит причиной повышенной травматизации женщин в опасных ситуациях при сопоставлении с закладываемым процентом смертности и травматизма водителя и пассажиров в ДТП.

Таким образом необходим пересмотр стандарта разработки манекенов для краш-тестов, так как испытательные манекены применяются для оценки безопасности всех работ, где требуется человек-оператор. Это позволило бы снизить травматизм и улучшить статистику летальных исходов и тяжелых травм среди населения в ДТП.

Литература

1. Дорожно-транспортные травмы. Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>. – Дата доступа: 01.03.2022.
2. ISO/TR 12349-1:2015. Road vehicles – Dummies for restraint system testing. – P. 18.

УДК 658.562

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СМК С ПОЗИЦИИ ВЫЯВЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИОННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Студент гр.11305118 Краевская У.И.

Д-р техн. наук, профессор Серенков П.С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Любая организация существует в постоянно меняющейся бизнес-среде. Именно динамический характер внешней бизнес-среды определяет необходимость постоянного совершенствования управления организацией для обеспечения ее эффективности. Организации нуждаются в эффективных технологиях и методах работы, чтобы адаптироваться к меняющейся рыночной ситуации, ожиданиям общественности, законодательным требованиям, новым идеям и т. п.

На современном этапе развития человечества все быстрее растет потребность в усовершенствованной и инновационной качественной продукции, что приводит к едва ли не ежедневному изменению требований к продукции. Следовательно включается принцип постоянного совершенствования и поиск возможных путей улучшения деятельности, как возможность соответствовать новым «вызовам».

Существует два пути совершенствования системы – организационный и технический.

Технический путь характеризуется степенью совершенства используемых на предприятии машин и оборудования, уровнем технологических процессов, состоянием организации труда и производства.

Организационный – путь совершенствования, целью которого является совершенствование взаимодействия между процессами. Потеря качества зачастую происходит не в самих процессах, а на стыках между ними от неправильного взаимодействия.

Для этих целей включается, так называемая методология организационного проектирования бизнес-процесса, которая предполагает:

1. Построение функциональной модели сети процессов СМК в состоянии «как есть»;
2. Анализ модели на соответствие требованиям СТБ ISO 9001-2015;
3. Анализ модели на соответствие организационной структуре;
4. Осуществление поиска через менеджмент рисков т. е. недостижение целей;
5. Построение модели сети процессов СМК в состоянии «как надо»;
6. Построение на основе сети процессов модели оценки результативности.

УДК 658.516

ИНТЕГРИРОВАННАЯ КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ ОСНОВА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Магистрант гр. 61331021 Лось А.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

В последние десятилетия модели управления производством, такие как шесть сигм, бережливое производство и TQM, были внедрены многими организациями для облегчения производственных линий и, следовательно, повышения качества. Однако ни одна из этих моделей не смогла решить все организационные проблемы при внедрении в одиночку; с другой стороны, интегрированные модели управления, такие как Lean-Six Sigma, позволили организациям превысить темпы улучшения и достичь конкурентного преимущества. Были предприняты попытки разработать интегрированную концептуальную основу управления качеством для шести сигм,

бережливого производства и TQM; устранить проблемы качества с целью совершенствования и модернизации системы качества для производственных организаций. Цель состоит в том, чтобы упростить процесс внедрения, улучшить эксплуатационные характеристики и предоставить производственным организациям информацию и рекомендации; таким образом, достигая устойчивого улучшения и повышения производительности [1].

Процесс разработки предлагаемой структуры является результатом интеграции модели Lean-Six Sigma (LSS) и модели Six Sigma –TQM (SS-TQM), в которой интегрирован стратегический элемент обеих моделей, для разработки эффективной платформы для планирования операционной системы и облегчения процедур внедрения структуры. Операционные элементы модели LSS интегрированы как с элементами внедрения, так и с элементами бизнес-совершенства модели SS-TQM, обеспечивая стимул и руководство для улучшения качества, тем самым достигая увеличения результативности в производственных организациях [2].

Основные элементы основы включают набор инструментов обеспечения качества, статистических инструментов и глобальных инструментов, используемых для определения этапов основы.

Производственная деятельность и функции основы организованы на основе методологии DMAIC, в которой стадии, процессы и этапы основы объединены вместе в интересах упрощения операционного процесса и повышения качества работы [3].

Разработка процедур внедрения предполагает 4 стадии:

- стратегическое планирование;
- измерение и оценка;
- анализ и активация;
- проверка и непрерывное совершенствование.

Разработанная концептуальная основа может быть применима для производственных организаций и может способствовать достижению конкурентных преимуществ при правильном понимании и применении.

Литература

1. Андерссон, Р. Сходства и различия между TQM, Six-Sigma и Lean / Р. Андерссон, Э. Хенрик, Т. Хокан // TQM. –18 (3). – 2006. – С. 282–296.
2. Johannsen, F. A holistic approach for integrating methods in quality management / F. Johannsen // Wirtschaftsinformatik. – 2013. – Т. 4. – P. 999–1014.
3. Saad, S. Development of Lean Six-Sigma conceptual implementation model for manufacturing organisations / S. Saad, M. Khamkham // Proceeding of the 14th International Conference on Manufacturing Research, incorporating the 31st National Conference on Manufacturing Research, September 6-8, 2016, Loughborough University, UK. – Vol 3. – P. 497–502.

УДК 658.511.1

ОСОБЕННОСТИ МЕНЕДЖМЕНТА РИСКОВ НА РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ ИЕРАРХИИ ПРОЦЕССОВ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Магистрант гр. 61331021 Лось А.А.

Д-р техн. наук, профессор Серенков П.С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

В настоящее время все больше внимания уделяется оценке рисков применительно ко всем процессам в организации. На этапе создания и проектирования системы менеджмента качества оценка рисков и неправильных решений позволяют избежать несоответствий, в будущем, связанных с управлением качеством всей системы [1]. В докладе рассмотрен ряд вопросов, которые можно решить с помощью построения диаграмм-модулей модели сети процессов системы менеджмента качества.

На рис. 1 представлен процесс реализации менеджмента рисков в рамках комплексного процесса, сведенный к оценке того, как оказывает влияние каждая из функций диаграммы-модуля на неспособность достичь цели.

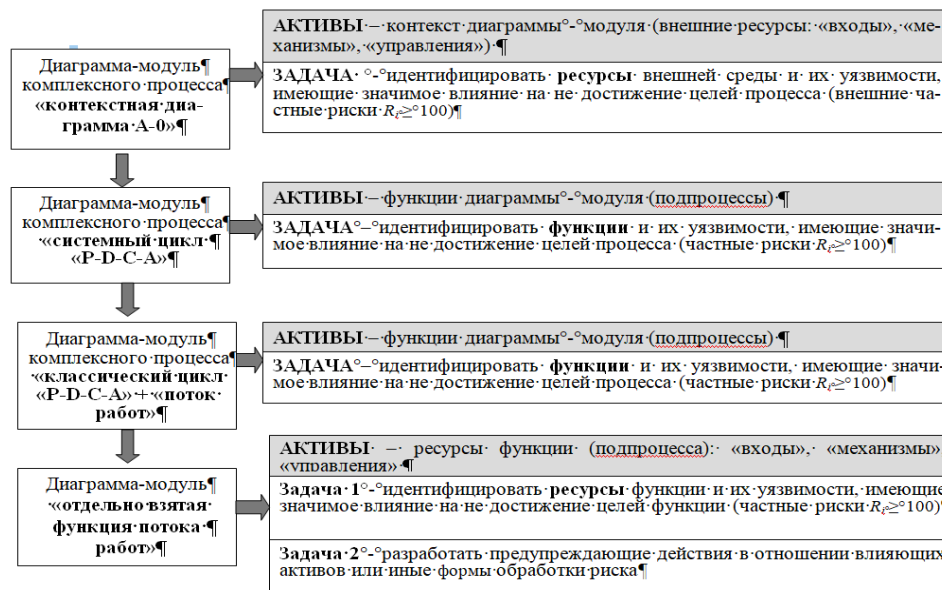


Рис. 1. Задачи риск - менеджмента, решаемые в рамках каждой диаграммы модуля модели сети процессов СМК

Из рисунка можно увидеть, что при реализации менеджмента рисков в рамках сети процессов системы менеджмента качества, декомпозиция процессов системы менеджмента качества состоит из следующих карт процессов: «системный цикл Р-D-C-A», «классический цикл Р-D-C-A», «поток работ».

Можно отметить особенность такой диаграммы, состоящую в том, что изображенные подпроцессы выступают в качестве активов, которые несут угрозу рисков недостижения целей комплексного процесса, представленного соответствующей диаграммой-модулем.

В докладе сделан вывод о том, что построение таких диаграмм, способствует решению задачи, связанной с оценкой влияния ресурсов процесса на достижение целей. Для этого следует сформировать причинно-следственную диаграмму, где ресурсы процесса диаграммы – модуля тривиальной функции выступают в качестве активов.

Литература

1. Кудрявцев, А.А. Интегрированный риск-менеджмент: учебник / А.А. Кудрявцев. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2010. – 655 с.
2. Мирошников, В.В. Реализация риск-ориентированного мышления. Лекции на курсах повышения квалификации специалистов / В.В. Мирошников. – Брянск: БГТУ, 2016. – 71 с.

УДК 621.317.784.023

ИЗМЕРИТЕЛИ МОЩНОСТИ СВЧ

Студент гр. 11305118 Рутковский С.В.

Кандидат техн. наук, доцент Спесивцева Ю.Б.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Микроволновое излучение – это электромагнитное излучение, охватывающее дециметровый, сантиметровый и миллиметровый диапазоны радиоволн (частоты от 300 МГц до 300 ГГц).

В настоящее время микроволны нашли широкое применение в современной технике. Они применяются в системах радиосвязи, радиолокации, радионавигации, радиоастрономии, промышленности, медицине. В диапазоне микроволн работают технологии беспроводной локальной сети Wi-Fi и Bluetooth, технологии беспроводной связи GSM, UMTS, LTE, WiMAX, UWB, спут-

никовые системы навигации GPS, ГЛОНАСС, Бэйдоу. В диапазоне микроволн работают радиолокационные станции, которые служат для обнаружения объектов на больших расстояниях, управления воздушным движением, метеорологии, навигации судов, обеспечении соблюдения ограничений скорости. Наука радиоастрономия изучает микроволны, которые излучают планеты, звезды, галактики. В промышленности микроволны применяются, например при обработке полупроводников, сушке и отверждении продуктов. Также микроволны нашли применение и в быту. Микроволновые печи стали обычным кухонным оборудованием еще в 1970-х годах. Принцип их действия основан на пропускании микроволнового излучения через пищу.

В процессе проектирования, изготовления и эксплуатации устройств, в основе принципа действия которых лежит микроволновое излучение, возникает необходимость контроля их параметров и наиболее часто измеряемым при этом параметром является мощность.

Приборы для измерения мощности СВЧ называются ваттметрами. По способу включения в тракт они делятся на ваттметры проходящей мощности и ваттметры поглощаемой мощности.

Ваттметры поглощаемой мощности представляют из себя согласованную нагрузку и включаются на конце тракта, например для измерений выходной мощности генератора. Именно к этому классу средств измерений относится большинство измерителей мощности СВЧ.

Ваттметры проходящей мощности включаются в разрыв тракта, между источником мощности и нагрузкой. Помимо проходящей мощности, ваттметры данного класса могут измерять, например, падающую мощность. Поэтому правильнее их называть ваттметрами проходного типа.

Конструктивно ваттметры СВЧ представляют из себя два узла – первичный измерительный преобразователь или несколько измерительных преобразователей для различных участков частотного диапазона и измерительный блок с отсчетным устройством. Преобразователи бывают различного принципа действия. В большинстве из них энергия электромагнитных волн преобразуется в тепловую и механическую энергию или электрический сигнал, но также существуют варианты преобразователей в которых энергия электромагнитных колебаний превращается в импульсное напряжение, постоянный ток, изменение сопротивления.

Ваттметры СВЧ помимо деления по способу включения в тракт и типу измерительного преобразователя можно разделить по диапазону измерения мощности на ваттметры малой – до 10 мВт, средней – от 10 мВт до 10 Вт и большой мощности – свыше 10 Вт, а также по типу тракта на коаксиальные и волноводные.

В данной работе были рассмотрены измерители мощности СВЧ и их классификация. Исходя из масштабов применения микроволнового излучения в современной технике, можно сделать вывод что данные приборы являются достаточно востребованными и еще долгое время будут являться перспективными для усовершенствования.

Литература

1. Зайцев, А.Н. Измерения на сверхвысоких частотах и их метрологическое обеспечение / А.Н. Зайцев, П. А. Иващенко, А. А. Мыльников. – М.: изд. Стандартов, 1989. – 240 с.

УДК 53.089

КОРРЕКТИРОВКА МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИЗМЕРЕНИЙ

Студент гр. 11305121 Сенюта В.В.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Романчук В.М.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Модель измерения. Измерение – это сравнение размеров эмпирически. Целью измерения является определение размера физической величины. Результат измерения должен быть выражен числом. Сравнение размеров эмпирически – единственный способ получения измерительной информации [1]. Вариантов эмпирического сравнения размеров всего три:

$$(A_1 \geq A_2), \quad (1)$$

$$(A_1 - A_2), \quad (2)$$

$$(A_1 / A_2). \quad (3)$$

Сравнение по правилу (1). Экспериментальная проверка неравенства (2) позволяет ответить на вопрос: какое из двух изделий A_1 или A_2 больше другого (или они равны).

Сравнение по правилу (2). Сравнить массу двух изделий можно с помощью равноплечего коромысла. Например, насыпая песок на правильную чашу весов можно уравновесить коромысло.

Сравнение по правилу (3). Для того чтобы ответить на вопрос, во сколько раз один размер больше или меньше другого, нужно эмпирически сравнить размеры между собой т.е. посмотреть, сколько раз размер A_1 укладывается в размере A_2 .

Фактически сравнение по правилу (3) означает, что в начале необходимо определить значения величины, а потом отношения значений. Но в определении говорится не о делении *значений* величины, а об эмпирическом сравнении *размеров величины*.

Корректировка модели измерения. Отношения значений величины по правилу (3) можно получить непосредственно. Пусть, например, с помощью неравноплечего коромысла найдены отношения значений массы трех тел:

$$M_2 / M_1 = 2,$$

$$M_3 / M_1 = 2,$$

где M_1, M_2, M_3 – неизвестные значения массы. В таком случае отношения $a_{21} = M_2 / M_1, a_{31} = M_3 / M_1$ определены в шкале отношений. Над отношениями допустимы арифметические операции, например отношения можно вычитать: $a_{21} - a_{31} = 0$, или делить $a_{21} / a_{31} = 1$. Но будет ошибкой рассматривать посторонние операции на значениях M_1, M_2, M_3 и на этом основании считать, что они определены в шкале отношений [2, 3]. Значения M_1, M_2, M_3 определены в шкале логарифмических интервалов [4].

Невозможно сформулировать корректный вариант измерения величины в рамках традиционной теории измерений, так как при выборе шкалы необходимо учитывать принцип отражения [5], который является важным элементом моделирования. Это позволяет избежать логических ошибок в теории измерений.

Литература

1. Barzilai, J. On the foundations of measurement / J. Barzilai // 2001 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. e-Systems and e-Man for Cybernetics in Cyberspace. – IEEE, 2001. – P. 401–406.
2. Stevens, S.S. Mathematics, measurement, and psychophysics / S.S. Stevens. – 1951. – P. 699.
3. Stevens, S.S. On the theory of scales of measurement / S.S. Stevens // Science. – 1946. – №. 2684. – P. 677–680.
4. Романчук, В.М. Измерение нефизической величины / В.М. Романчук // Системный анализ и прикладная информатика. – 2017. – №. 4. – P. 39–44.
5. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология. Часть 1. Общая теория измерений: Учебник для вузов / И.Ф. Шишкин. – Санкт-Петербург: Издательский дом «Питер», 2009. – 192 с.

УДК 535.6

МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ЯЩИК ПОДХОДОВ К ОЦЕНИВАНИЮ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ

Студент гр.11305118 Сорокина А.А.

Д-р техн. наук, профессор Серенков П.С., кандидат физ.-мат. наук, доцент Романчук В.М.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Результативность процессов измерительного контроля и испытаний определяется не столько точностью, сколько степенью доверия к ним, причем предельное значение этой степени определяется риском неправильного принятия решения на основе полученных результатов измерений. Риски потребителя и риски поставщика, как вероятности ошибок, связанных с заключением о соответствии и несоответствии продукции по результатам контроля и испытаний, и их связь с точностью измерений стали уже привычным предметом споров и разбирательств между потребителями и лабораториями, предоставляющими услуги по контролю и испытаниям. Соответственно методы оценивания неопределенности результатов измерений в последнее время опять стали предметом обсуждения и критики.

В настоящее время выделяют три способа количественной оценки неопределенности измерения: модельный подход, изложенный в руководстве по выражению неопределенности GUM; метод моделирования Монте-Карло; эмпирические методы.

На сегодняшний день мы имеем три общепринятых метода оценивания неопределенности измерений. Однако уверенности в преимуществах того или иного метода и, как следствие, в достоверности оценки неопределенности результатов измерений нет по-прежнему.

В докладе приведена программа комплексного исследования процесса оценки неопределенности измерений методом морфологического ящика. Процесс разбит на 3 подпроцесса на базе которых построен трехгранный морфологический ящик.

В качестве элементов 1 грани (входных величин) рассмотрены: дискретные или непрерывные величины; оцененные по типу А, В.

В качестве элементов 2 грани (функции связи) рассмотрены: аналитическая модель, эмпирическая модель, ряды (например, ряд Тейлора в подходе GUM).

В качестве элементов 3 грани (трансформация распределений входных величин в выходную с учетом функций связи) рассмотрены: байесовский подход, частотный подход, комбинированный.

Результаты анализа позволят определиться с наилучшей тактикой определения оценки неопределенности измерений.

УДК 510.644

МЕТОД ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ КАК АЛЬТЕРНАТИВНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ БАЙЕСОВСКОГО ПОДХОДА К ОЦЕНИВАНИЮ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

Студент гр.11305118 Сорокина А.А.

Д-р техн. наук, профессор Серенков П.С., кандидат физ.-мат. наук, доцент Романчук В.М.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Концепции оценивания точности измерений через «неопределенность измерений» уже более 30 лет. Новая волна интереса к методам оценивания неопределенности связана с появлением ряда нормативных документов, например: СТБ ISO/IEC Guide 98-4-2019 и Guide OIML G19. Документы устанавливают однозначную связь между оценкой точности результатов измерений и результатами контроля и испытаний. Существует два подхода к теории вероятностей: частотный подход и байесовский подход.

В БНТУ на кафедре «Стандартизация, метрология и информационные системы» разработан «метод последовательных трансформаций» (МПТ) как альтернативная реализация байесовского подхода к оцениванию неопределенности измерений. В настоящее время проводится комплексное исследование возможностей метода, результаты которого приведены в докладе.

Ключевым моментом предлагаемого МПТ является техника аналитической свертки распределений входных величин с учетом модели измерений. В настоящее время процедура свертки при расчете интервалов с заданными уровнями доверия не используется или используется крайне редко. При этом выдвигаются следующие основные причины: реализация этой процедуры сложна с математической точки зрения; если функциональная зависимость между Y и входными величинами X_i не линейна, то распределение вероятностей Y не является сверткой распределений входных величин и поэтому считается, что необходимо использовать другие аналитические или численные методы расчета.

Алгоритм МПТ включает два этапа:

1. Приведение исходной модели измерений $Y = f(X_1, \dots, X_N)$ (1) к выражению $Y = f_1(x_1) \oplus f_2(x_2) \oplus \dots \oplus f_n(x_n)$ (2), где \oplus обозначает произвольную алгебраическую операцию (сложение, вычитание, умножение, или деление).

2. Последовательная попарная свертка распределений входных случайных величин X_i и X_{i+1} модели измерений (1, 2), синхронизированная с пооперационными свертками ($Z = f_i(x_i) \oplus f_{i+1}(x_{i+1})$) выражения (2).

Практическая адаптация метода позволит повысить достоверность оценок неопределенности методов контроля и испытаний и доверие к их результатам.

УДК 621.713

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСКА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ШРИФТА

Студент гр. 10405521 Телюк В.Д.

Кандидат техн. наук, доцент Токарь О.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

При проектировании и использовании уже разработанного шрифта важны оптимальные значения его геометрических параметров. Выявить их возможно с помощью допусков. Допуском называется норма, которая ограничивает возможное рассеяние параметра определенными пределами, что гарантирует получение нужного эффекта [1]. Относительно шрифта в качестве нужного эффекта можно назвать его удобочитаемость и экономичность.

Целью работы является выявление интервала допуска для основных геометрических параметров на примере шрифтов, относящихся к группе гротесков (шрифтов без засечек). Задачи работы: выбор шрифтов, выбор геометрических параметров, проведение измерений.

К основными геометрическим параметрам шрифта относятся: 1) пропорциональность – отношение высоты к ширине буквы; 2) контрастность – отношение ширины основного штриха к дополнительному; 3) отношение основного штриха к внутрибуквенному просвету (Ш/П).

В качестве средства измерения был выбран цифровой штангенциркуль, позволяющий измерить геометрические параметры шрифта в увеличенном масштабе (500 пунктов) с запечатанной поверхности (бумаги).

Измерения проводились для пяти шрифтов без засечек: Calibri, Lucida Sans Unicode, Franklin Gothic Medium, Consolas, Arial (табл. 1).

Как известно русский алфавит условно делится на группы, для которых эталоном являются буквы «н» (группа прямоугольных букв) и «о» (группа округлых букв) [2]. Поэтому нет необходимости проводить измерения всех букв, достаточно ограничиться указанными выше.

Таблица 1

Геометрические параметры шрифтов с засечками

| Шрифт | Проп. «н» | Контр. «н» | Ш/П «н» | Проп. «о» | Контр. «о» | Ш/П «о» |
|------------------------|-----------|------------|---------|-----------|------------|---------|
| Calibri | 1,22 | 1,18 | 0,35 | 1,11 | 1,24 | 0,31 |
| Lucida Sans Unicode | 1,22 | 1,35 | 0,40 | 1,10 | 1,42 | 0,34 |
| Franklin Gothic Medium | 1,19 | 1,29 | 0,56 | 1,12 | 1,28 | 0,52 |
| Consolas | 1,24 | 1,13 | 0,37 | 1,11 | 1,18 | 0,30 |
| Arial | 1,23 | 1,23 | 0,35 | 1,12 | 1,22 | 0,29 |

Полученные значения уже существующих и выполняющих свое функциональное предназначение шрифтов позволяют выявить диапазон изменения каждого параметра. Для шрифтов без засечек, рекомендуемых для передачи информации с экрана монитора и прочих цифровых устройств, для параметра пропорциональности верхнее и нижнее предельное соотношение размеров равны соответственно 1,24 и 1,19 для прямоугольных букв и 1,12 и 1,10 для округлых букв. Пределы контрастности для прямоугольных букв составляют 1,35 и 1,13 и для округлых букв 1,42 и 1,18. Предельные параметры отношения основного штриха к внутрибуквенному просвету для прямоугольных букв равны 0,56 и 0,35 и для округлых букв 0,52 и 0,29.

Минимальный допуск для шрифтов без засечек показывает параметр пропорциональности и прямоугольных, и округлых букв. Лидером по максимальному предельному параметру является шрифт Franklin Gothic Medium (3 совпадения), по минимальному – шрифт Consolas (2 совпадения). Увеличение набора шрифтов может внести изменения в интервал значений, но в целом результаты показывают наличие определенных допусков для геометрических параметров.

Литература

1. Соломахо, В.Л. Нормирование точности и технические измерения / В.Л. Соломахо, Б.В. Цитович, С.С. Соколовский. – Минск: Издательство Гревцова, 2011. – 360 с.
2. Токарь, О.В. Удобочитаемость современных текстовых шрифтов / О.В. Токарь. – Минск: Современная школа, 2007. – 192 с.

УДК 621.317

АНАЛИЗАТОР ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ

Студент гр. 11305118 Ткачѳв Д.Д.

Кандидат техн. наук, доцент Спесивцева Ю.Б.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Электрическая мощность – это физическая величина, характеризующая скорость передачи или преобразования электрической энергии.

Анализаторы электрической мощности предназначены для измерения напряжения постоянного и переменного тока $U(t)$, силы постоянного и переменного тока $I(t)$, активной, реактивной и полной электрической мощности переменного тока, а также угла фазового сдвига между силой тока и напряжением φ .

Активная мощность (P) характеризует необратимый (безвозвратный) расход энергии тока. При однофазном синусоидальном токе и напряжении (тот ток, который мы можем получить дома из электрической розетки) электрическая мощность будет рассчитываться по следующей формуле:

$$P(t)=I(t)\cdot U(t)\cdot \cos\varphi. \quad (1)$$

Необратимый расход энергии (активная мощность) может уйти как на потери (нагрев проводов и изоляторов), так и на пользу: полезный нагрев, преобразование в другие виды энергии (совершение работы), излучение радиопередатчика, передача в другую цепь и т.п.

Реактивная мощность (Q) – это физическая величина, которая характеризует нагрузки, появляющиеся в электроустановках из-за колебания энергии электромагнитного поля в электроцепи с синусоидальным переменным током. Реактивная мощность рассчитывается по следующей формуле:

$$Q(t)=I(t)\cdot U(t)\cdot \sin\varphi. \quad (2)$$

Полная мощность рассчитывается по формуле (3).

$$S=\sqrt{P^2+Q^2}. \quad (3)$$

Принцип работы анализаторов электрической мощности заключается в преобразовании входного аналогового сигнала в каналах измерения силы тока и напряжения с помощью АЦП, последующей математической обработкой измеренных величин быстродействующим цифровым сигнальным процессором, результаты обработки которого поступают в центральный процессор, направляющий их на жидкокристаллический дисплей. Анализаторы представляют собой портативные электрические цифровые измерительные приборы. На лицевой панели расположены: жидкокристаллический цифровой дисплей, переключатель режимов работы и клавиши управления функциями анализаторов, которые позволяют изменять настройки режимов, запускать измерения, а также управлять чтением результатов измерений и вычислений. На задней панели приборов расположены фазные измерительные входы, состоящие из внутренних измерительных входов для прямого измерения напряжения и силы тока и внешних аналоговых входов типа BNC для подключения внешних преобразователей напряжения и силы тока, разъемы для подключения к персональному компьютеру интерфейсов RS-232, LAN, USB, GPIB, разъем заземления и другие разъемы.

Исходя из интенсивного развития электротехники, можно сделать вывод, что приборы, рассматриваемые в данной работе, являются достаточно востребованными и еще долгое время будут являться перспективными для усовершенствования. Также не менее актуально создавать методики выполнения измерений для новых приборов, измеряющих электрическую мощность, так как неправильное выполнение измерения ведет к повышению погрешности измерения.

УДК 531.383

УПРАВЛЕНИЕ УКАЗАТЕЛЕМ КУРСА «УК-1» ПРИ ПОМОЩИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА «ARDUINO UNO»

Студент гр.120801 Филин В.Д.

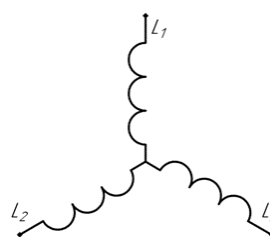
Д-р техн. наук, профессор Матвеев В.В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Указатель курса «УК-1» (рис. 1, а) – это прибор представляющий собой электродинамическую систему, состоящую из трех катушек, смещенных друг относительно друга на угол 120° и соединенных типом «Звезда» (рис. 1, б), и сердечника выполненного из постоянного магнита закрепленного на оси вращения и жестко скрепленной с ней стрелки-указателя [1]. Шкала прибора представлена в виде градусной шкалы. Данная конструкция позволяет вращать стрелку-указатель на 360° с точностью $1-2^\circ$ при напряжении питания 27 В. Устройство применяется в авиации для удержания самолета по заданному курсу и пилотирования в условиях ограниченной видимости. В работе предлагается осуществить управление указателем курса при помощи контроллера «Arduino Uno» [2].



а)

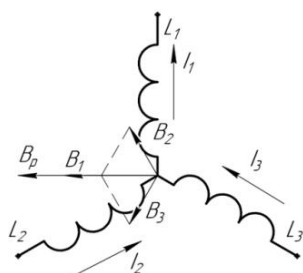


б)

Рис. 1: а) указатель курса «УК-1», б) схема подключения катушек «УК-1»

Для подключения указателя курса к платформе «Arduino Uno» используются порты имеющие возможность выдавать сигнал широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Этот сигнал позволяет изменять потенциалы на выводах платы, тем самым изменяя силы тока в катушках и их направление. Программными средствами подбирается скважность импульсов ШИМ-сигнала, чтобы обеспечить нужное положение стрелки. Токи в катушках и магнитные моменты будут равны:

$$I_2 = I_3 = \frac{I_1}{2}; \quad B_2 = B_3 = \frac{B_1}{2} \quad (1)$$



а)



б)

Рис. 2: а) схема токов и магнитных моментов, б) выравнивание стрелки по вектору В

Таким образом, изменяя соотношение токов в катушках и их направления, можно управлять прибором УК-1 с помощью микроконтроллера «Arduino Uno».

Литература

1. Солодовников, В.В. Устройства и элементы систем автоматического регулирования и управления. Техническая кибернетика. Книга 1 / В.В. Солодовников. – М.: Машиностроение, 1973. – 671 с.
2. Блум, Дж. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства / Дж. Блум. – СПб: БХВ-Петербург, 2017. – 336 с.

УДК 51-37

РЕАЛИЗАЦИЯ ГИПОТЕЗЫ КОЛЛАТЦА В СРЕДЕ MATHCAD

Студенты гр.120801 Филин В.Д., Родионова В.Ю.

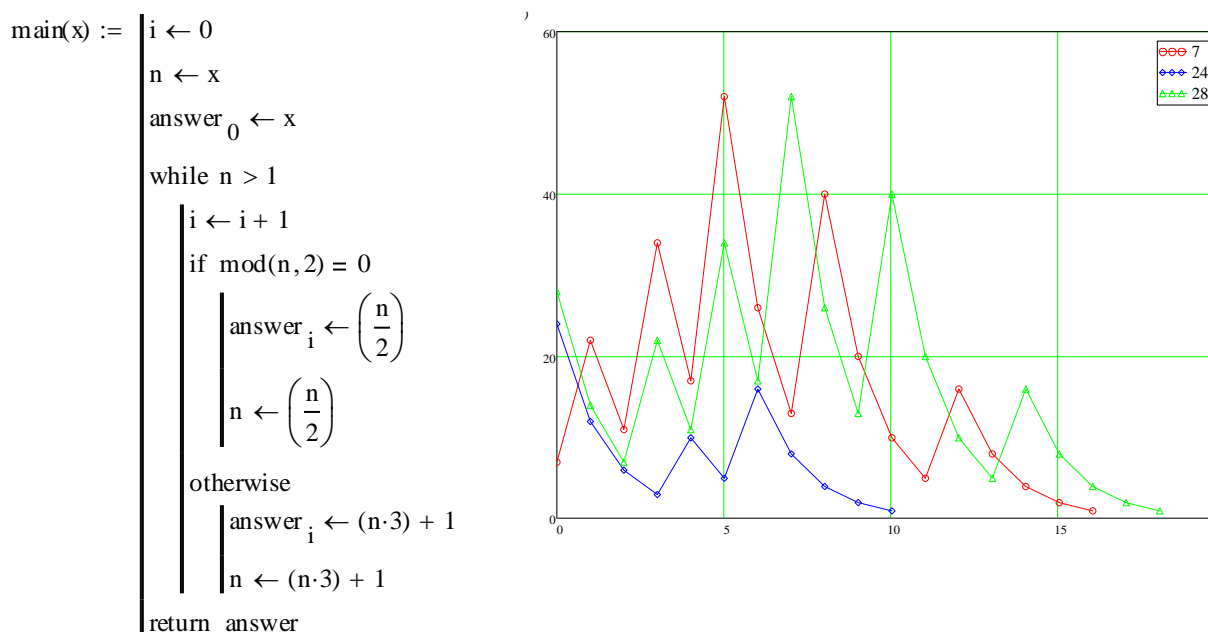
Д-р техн. наук, профессор Матвеев В.В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Гипотеза Коллатца ($3n+1$) – одна из самых просто формулируемых нерешенных проблем математики [1]. Суть данной гипотезы заключается в том, что с помощью формулы $3n+1$ можно прийти от любого натурального числа к единице, а точнее, оно замкнется на последовательности чисел 4, 2, 1. Если число нечетное – подставляем его в формулу. Если число четное, то делим его на 2 до тех пор, пока оно не станет нечетным. Несмотря на простоту гипотезы, прийти к ее доказательству никому до сих пор не удалось. Большинство математиков считают, что объяснения просто не существует, поэтому браться за него пустая трата времени. При этом любое натуральное число, подставленное в формулу, демонстрирует соответствие гипотезе Коллатца. В 2009 году был запущен проект «*Collatz Conjecture*» с целью проверки гипотезы на больших числах. На данный момент проверены все натуральные числа до 2^{68} .

MathCAD – это система, изначально созданная для сложных вычислений без программирования [2]. Но в последствии пользователи, владеющие языками программирования, выразили недовольство системой. был создан язык программирования *MathCAD*, он имеет не очень большое число операторов, что позволяет быстро его освоить.

Листинг, представленный на рис. 1, осуществляет выполнение гипотезы Коллатца в среде *MathCAD*. На графике отображена зависимость количества итераций от исследуемого числа. В качестве примера были взяты числа: 7, 24, 28. Используя данный листинг, можно продемонстрировать выполнение гипотезы Коллатца и на экстремально больших числах.

Рис. 1. Реализация гипотезы Коллатца в среде *MathCAD*

Листинг, приведенный выше, способен реализовать гипотезу Коллатца ($3n+1$) в среде *MathCAD*.

Литература

1. Lagarias, J. The Ultimate Challenge: The $3x+1$ Problem / J.Lagarias. – American Mathematical Society, 2010. – P. 344.
2. Кирьянов, Д.В. Mathcad 15/Mathcad Prime 1.0 / Д.В. Кирьянов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – С. 44–52.

УДК 535.1

ФЕНОМЕНЫ И АНОМАЛИИ ЗРИТЕЛЬНЫХ ВОСПРИЯТИЙ КАК ФАКТОРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СВЕТОВОЙ СРЕДЫ

Аспирант Чжан Ю., студент гр. 10609120 Ницецки Л., студент гр.10603220 Боголюбский Д.Д.
Кандидат техн. наук, доцент Савкова Е.Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

С быстрым развитием искусственных источников света люди вступили в новую эру здорового освещения, и создание благоприятной световой среды является тенденцией будущего развития. На моделирование световой среды влияет множество факторов, таких как окружающая среда естественного освещения, пространственное расположение источников искусственного света и т. д., которые в конечном итоге можно отнести к зрительному восприятию. Зрительное восприятие световой среды основано на четырех основных категориях информации, получаемой глазом об изображении предмета: пространстве, цвете, форме и динамике. Согласно последнему техническому отчету CIE [1], явления визуального восприятия включают в себя эффекты хроматической адаптации, Ханта, Стивенса, Джадда как показано на рисунке 1.

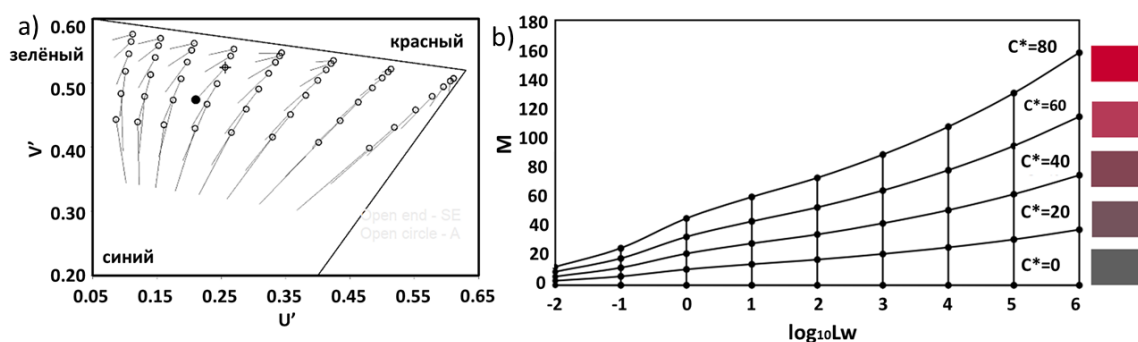


Рис. 1. Феномен визуального восприятия: а) эффект хроматической адаптации; б) эффект Ханта

Хроматическая адаптация – это во многом независимая чувствительность механизмов цветового зрения. Эффект Ханта можно резюмировать утверждением, что красочность данного стимула увеличивается с уровнем яркости. Уравнение (1) представляет собой преобразование значений тристимула CIE XYZ (D65) в основные числа конусов (L, M, S):

$$\begin{bmatrix} L \\ M \\ S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_{1,1} & \alpha_{1,2} & 1 - \alpha_{1,1} - \alpha_{1,2} \\ \alpha_{2,1} & \alpha_{2,2} & 1 - \alpha_{2,1} - \alpha_{2,2} \\ \alpha_{3,1} & \alpha_{3,2} & 1 - \alpha_{3,1} - \alpha_{3,2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{D65} \\ Y_{D65} \\ Z_{D65} \end{bmatrix} \quad (1)$$

где X_{D65} , Y_{D65} и Z_{D65} принадлежат входному трехцветному пространству CIE XYZ со стандартным источником света CIE D65 в качестве точки белого [2].

Однако все современные модели построены на нормальном зрительном восприятии, и мало кто обсуждает аномальное зрительное восприятие. К аномальным явлениям зрительного восприятия в основном относятся дальзоркость, близорукость, метамеризм, дальтонизм и т.д. Исследования показали, что хотя искусственное освещение с низкой цветовой температурой может замедлять развитие миопии, с течением времени доля аномального зрительного восприятия должна постепенно увеличиваться, поэтому необходимо учитывать этот фактор [3].

Литература

1. CIE 015:2018. Colorimetry / Carter E. C. [et al.] – 2018. – 26 p.
2. Perceptually uniform color space for image signals including high dynamic range and wide gamut // Optics express / Safdar M. [et al.]. – 2017. – Т. 25. – №. 13. – P. 15131–15151.
3. Low color temperature artificial lighting can slow myopia development: Long-term study using juvenile monkeys / Hu Y. Z. [et al.] // Zoological research. – 2022. – Т. 43. – №. 2. – P. 229.

УДК 621.713

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО ШРИФТА УНИВЕРСАЛЬНЫМ СРЕДСТВОМ ИЗМЕРЕНИЯ

Студент гр. 10405521 Шевцова А.В.

Кандидат техн. наук, доцент Токарь О.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Как известно, к функциональным параметрам продукции относятся параметры, определяющие уровень его эксплуатационных показателей [1]. К функциональным параметрам шрифта, предназначенного для передачи текстовой информации в печатных и электронных источниках, относятся его геометрические параметры: контрастность, пропорциональность шрифта, размер засечек и др.

Цель работы – определить геометрические параметры ряда современных шрифтов с использованием универсального средства измерения. Задачи работы: выбрать шрифты, сформулировать геометрические параметры, провести измерения.

Объектом измерения выбраны шрифты с засечками, предназначенные для отображения с их помощью текстов, предназначенных для сплошного чтения: Times New Roman, Cambria, Book Antiqua, Century, Batang.

Для измерения были выбраны две основные буквы, определяющие геометрию шрифта («н» и «о»), для которых были измерены в увеличенном размере (500 пунктов) контрастность, пропорциональность, отношение основного штриха к внутрибуквенному просвету (Ш/П), размер засечек [2] (табл. 1). В качестве средства измерения линейных размеров объекта измерения выбран цифровой штангенциркуль.

Таблица 1

Геометрические параметры шрифтов с засечками

| Шрифт | Проп. «н» | Контр. «н» | Ш/П «н» | Засечки «н» | Проп. «о» | Контр. «о» | Ш/П «о» |
|-----------------|-----------|------------|---------|-------------|-----------|------------|---------|
| Times New Roman | 0,92 | 2,68 | 0,41 | 2,68 | 1,10 | 2,97 | 0,37 |
| Cambria | 0,97 | 2,00 | 0,40 | 2,22 | 1,13 | 2,45 | 0,37 |
| Book Antiqua | 0,78 | 2,70 | 0,31 | 2,98 | 1,02 | 2,68 | 0,32 |
| Century | 0,79 | 1,96 | 0,34 | 3,15 | 1,12 | 2,70 | 0,35 |
| Batang | 0,84 | 2,38 | 0,24 | 4,17 | 1,19 | 2,89 | 0,22 |
| Допуск | 0,19 | 0,74 | 0,17 | 1,95 | 0,17 | 0,52 | 0,15 |

Измеренные геометрические параметры шрифта позволяют определить интервал допуска для его основных параметров. Изучение параметров пяти типичных шрифтов с засечками показало, что для пропорциональности шрифта верхний и нижний предельный размер равны соответственно 0,97 и 0,78 для прямоугольных букв и 1,02 и 1,19 для округлых букв. Для контрастности предельные значения для прямоугольных букв равны 2,70 и 1,96 и для округлых букв равны 2,97 и 2,45. Соотношение ширины основного штриха к горизонтальному внутрибуквенному просвету показывает предельные значения 0,41 и 0,24 для буквы «н» и 1,19 и 1,02 для буквы «о». Поскольку выбранные шрифты имеют засечки, их параметры также были замерены. Пределы для этого параметра равны для прямоугольных букв 4,17 и 2,22. Округлые буквы этого элемента в своей геометрии не имеют. Наибольший интервал допуска показал параметр засечек (1,95), наименьший – пропорциональность и отношение основного штриха в внутрибуквенному просвету (от 0,15 до 0,19).

Включение в область измерения дополнительных шрифтов может расширить интервал допуска, что может служить объектом дальнейших исследований.

Литература

1. Соломахо, В.Л. Нормирование точности и технические измерения / В.Л. Соломахо, Б.В. Цитович, С.С. Соколовский. – Минск: Издательство Гревцова, 2011. – 360 с.
2. Токарь, О.В. Удобочитаемость современных текстовых шрифтов / О.В. Токарь. – Минск: Современная школа, 2007. – 192 с.

УДК 535.317

**АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ПОГРЕШНОСТИ КОМПЛЕКСНОГО ОЦЕНИВАНИЯ
КАЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ**

Студент гр. 11305119 Якуть Ю.П.

Кандидат техн. наук, доцент Соколовский С.С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Достоверность получаемых количественных оценок качества различных объектов оказывает непосредственное влияние на правильность принимаемых управляющих решений, поэтому вопросы исследования и минимизации на этой основе погрешности комплексного оценивания качества объектов имеют весьма важное значение в практике квалиметрии. В основу такого исследования должна быть положена посылка, что погрешность комплексной оценки качества любого объекта является результатом компиляции множества элементарных первичных погрешностей, возникающих при выполнении различных операций в соответствии с алгоритмом реализации комплексного метода оценивания. В результате анализа этого алгоритма можно предложить следующую обобщенную аналитическую модель такой погрешности:

$$\Delta K_0 = F(\Delta_n; \Delta_{mi}; \Delta_{pi}; \Delta_k),$$

где Δ_n – погрешность, вызванная тем, что при комплексном оценивании качества учтены не все свойства, характеризующие истинное качество оцениваемого объекта; Δ_{mi} – погрешности оценивания весомостей отдельных свойств; Δ_{pi} – погрешности оценивания (измерения) простых свойств; Δ_k – погрешность комплексирования показателей качества.

Что касается механизма возникновения первичной погрешности Δ_n , то число свойств, необходимых и достаточных для получения комплексной оценки качества любого объекта всегда меньше того количества свойств, которое характеризует его истинное качество (теоретически, такое количество свойств стремится к бесконечности). Следовательно, в процессе оценивания уровня качества объекта, отбрасывая какие-то свойства, мы огрубляем истинную картину, тем самым внося соответствующую погрешность в комплексную оценку его качества. Эта погрешность присутствует всегда, поскольку невозможна в принципе такая ситуация, когда будут учтены абсолютно все свойства, отражающие истинное качество того или иного объекта. Тем не менее из этого не следует вывод, что для повышения точности комплексной оценки качества необходимо всегда стремиться учесть как можно больше свойств. Дело в том, что трудности работы с большим количеством свойств вносят дополнительные погрешности на последующих операциях оценивания, которые в совокупности могут превысить погрешность, вызванную учетом не всех свойств (погрешность недоучета свойств). Таким образом, для минимизации такой погрешности необходимо выбирать оптимальное, исходя из требований к точности оценки качества, количество определяющих свойств с учетом их весомости и характера последующих операций. При определении погрешностей оценивания весомостей простых свойств относительно качества объекта в целом следует учитывать то обстоятельство, что оценка такой весомости для каждого конкретного свойства является интегральной, поскольку зависит от оценок весомостей всех связанных свойств нижестоящих уровней рассмотрения (до первого уровня включительно) в рамках иерархической структуры качества оцениваемого объекта. Для получения частных оценок весомостей свойств на отдельных уровнях такой иерархии на практике в подавляющем большинстве случаев используются экспертные методы оценивания. Погрешности экспертного метода оценивания таких весомостей зависят от следующих основных факторов: количества учитываемых свойств (прослеживается связь с погрешностью Δ_n), числа экспертов и их квалификации, сложности оцениваемого объекта, объема и степени детализации информации о нем. В дополнение к этому интегральные оценки весомостей свойств зависят также и от количества уровней рассмотрения свойств в рамках иерархической структуры качества оцениваемого объекта. Одним из специфических факторов, влияющих на погрешности Δ_{pi} , является количество реперных точек используемой оценочной шкалы, которое должно быть согласовано с числом уровней градации интенсивности свойства, различаемых экспертами.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

| | |
|---|----|
| <i>Андронов К.М., Лихошерст В.В.</i> ИЗМЕРИТЕЛЬНО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА..... | 3 |
| <i>Ардашев Д.С., Касьмин В.Ю., Ризноокая Н.Н.</i> КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ХВОСТОВОГО ОПЕРЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА МЕТОДОМ СКАНИРОВАНИЯ..... | 4 |
| <i>Бобоев Х., Худойназаров Х., Степаненко Д.А.</i> КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОМОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ..... | 5 |
| <i>Борисенок С.В., Воробей Р.И., Тявловский К.Л.</i> ИЗМЕРИТЕЛЬ ЦВЕТОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ СВЕТОДИОДНЫХ ОСВЕТИТЕЛЕЙ..... | 6 |
| <i>Борисенок С.В., Гусев О.К., Тявловский К.Л.</i> ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЦВЕТОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ОСВЕТИТЕЛЕЙ..... | 7 |
| <i>Боровченко А.А., Свидинский А.А., Куклицкая А.Г.</i> ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ МАТРИЧНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ НЕПРЯМОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ..... | 8 |
| <i>Величко А.В., Тявловский А.К.</i> УДАЛЕННЫЙ БЛОК ИНДИКАЦИИ МОБИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЖЕСТКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ..... | 9 |
| <i>Гриценко А.С., Матвеев В.В.</i> БЕСПЛАТФОРМЕННАЯ СИСТЕМА ОРИЕНТАЦИИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА..... | 10 |
| <i>Грузд Н.А., Суходолов Ю.В.</i> ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКИЙ СЕНСОР И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ОБЛАСТИ ПРОТЕЗИРОВАНИЯ КОНЕЧНОСТЕЙ..... | 11 |
| <i>Докутович В.А., Коваленко Н.Д., Куклицкая А.Г.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ..... | 12 |
| <i>Евженко А.А., Куклицкая А.Г.</i> УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИПРОПИЛЕНА..... | 13 |
| <i>Иванков Н.А., Боханко И.Н., Савёлов И.Н.</i> УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ УРОВНЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ПОМЕЩЕНИЯХ..... | 13 |
| <i>Ивашевич Д.С., Гордеюк А.В.</i> РАЗРАБОТКА ИГРОВОГО ПРИЛОЖЕНИЯ В ЖАНРЕ «ГОНКИ» НА ПЛАТФОРМЕ UNITY..... | 14 |
| <i>Каликанов А.В., Матвеев В.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛНОВОГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ГИРОСКОПА ДЛЯ РЕЖИМА СВОБОДНОЙ ВОЛНЫ..... | 15 |
| <i>Карпеня П.Е., Гриц М.А., Савёлов И.Н.</i> ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ УРОВНЯ КИСЛОРОДА..... | 16 |
| <i>Касьмин В.Ю., Ардашев Д.С., Красневский Д.Ю., Ризноокая Н.Н.</i> УСТРОЙСТВО ЗАПУСКА МАЯТНИКА С ОПОРОЙ НА ОДИН ШАРИК..... | 17 |
| <i>Ковынёв Н.В.</i> ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ..... | 18 |
| <i>Колесникова А.Г., Матвеев В.В.</i> КОМПЛЕМЕНТАРНЫЙ ФИЛЬТР ДЛЯ НАВИГАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ..... | 20 |
| <i>Колосун Н.Д., Шереметов Н.И., Гордеюк А.В.</i> ВИРТУАЛЬНЫЙ МАКЕТ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ..... | 21 |
| <i>Красневский Д.Ю., Ломтев А.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТОЛЩИНЫ ОПТИЧЕСКИ ПРОЗРАЧНЫХ И ПОЛУПРОЗРАЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ..... | 22 |
| <i>Кузнецов И.Д., Матвеев В.В.</i> КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ СПУТНИКОВОЙ И ИНЕРЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ..... | 23 |
| <i>Лисенков Б.Н., Гришиковец И.А.</i> ПРЕЦИЗИОННЫЙ КОММУТАТОР ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕСТОВЫХ ПРИБОРНЫХ СТРУКТУР..... | 24 |
| <i>Макаревич У.В., Ломтев А.А.</i> ТОЛЩИНОМЕР ВИХРЕТОКОВЫЙ МЕГЕОН 19210..... | 25 |
| <i>Маринович Д.А., Сицко В.А., Андрейчук А.О.</i> СИСТЕМА УДАЛЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВАМИ С MQTT..... | 25 |

| | |
|--|----|
| <i>Маругин В.В., Бурак В.А.</i> НЕРАЗРУШАЮЩИЙ МАГНИТНЫЙ КОНТРОЛЬ АНИЗОТРОПИИ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА СТАЛЕЙ | 26 |
| <i>Мезрин Г.И., Юран С.И.</i> УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМБИНИРОВАННЫХ ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ | 27 |
| <i>Микитевич В.А., Мочалов Д.С., Баранов К.Д., Жарин А.Л.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ СВЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ПОВЕРХНОСТНОЙ ФОТО-ЭДС..... | 28 |
| <i>Михалюто К.А., Колягин Е.В., Воробей Р.И.</i> КВАДРОКОПТЕРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА | 29 |
| <i>Мороз А.С., Тявловский А.К.</i> НОРМИРУЮЩИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ ТЕРМОПАР КАК ЧАСТЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ | 30 |
| <i>Москалёва А.В., Хомич Е.М., Куклицкая А.Г.</i> ОПТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КОРПУСОВ ИЗ СТАЛИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ FARO PRIME... .. | 31 |
| <i>Ницецки Л., Чжан Ю., Михалёв С.А., Савкова Е.Н.</i> ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА..... | 32 |
| <i>Ницецки Л., Чжан Ю., Михалёв С.А., Савкова Е.Н.</i> АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ФОТОНИКИ В ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭФФЕКТОВ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ | 33 |
| <i>Осмоловец Д.В., Ломтев А.А.</i> ПРИБОР НА ОСНОВЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН..... | 34 |
| <i>Парица И.А., Ломтев А.А.</i> ЕМКОСТНОЙ БЕСКОНТАКТНЫЙ ДАТЧИК УРОВНЯ..... | 35 |
| <i>Перевитый Е.П., Тыдыкова А.В., Василевский А.Г., Безлюдов А.А.,</i> ТРЕХСТУПЕНЧАТАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ .. | 36 |
| <i>Песецкий В.С., Здоровцев С.В.</i> КОНВЕРТЕР ДЛЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ УСТРОЙСТВ | 37 |
| <i>Пехов Н.Н., Самарина А.В.</i> УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА С ПРИМЕНЕНИЕМ ФАЗИРОВАННЫХ РЕШЕТОК | 38 |
| <i>Потапенко Д.В., Мисюкевич Н.С.</i> СИСТЕМЫ ПОЖАРНОЙ И ОХРАННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ СКЛАДА АЛКОГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ | 38 |
| <i>Потапова Ю.Д., Самарина А.В.</i> КОНТРОЛЬ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМОГО ДАВЛЕНИЯ МЕДИЦИНСКОГО СТЕНТА | 39 |
| <i>Пранович В.Д., Мисюкевич Н.С.</i> СИСТЕМЫ ПОЖАРНОЙ И ОХРАННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ РЕСТОРАНА БЫСТРОГО ПИТАНИЯ | 40 |
| <i>Расчётина Ю.С., Ценев В.А., Куклицкая А.Г.</i> МНОГОРАЗОВЫЕ ПЛАСТИНЫ С ЗАПОМИНАЮЩИМИ ЛЮМИНОФОРАМИ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ РЕНГЕНОГРАФИИ | 41 |
| <i>Рубин Д.С., Сопряков В.И.</i> МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СИЛОВЫХ КРЕМНИЕВЫХ ДИОДОВ И СТРУКТУР | 42 |
| <i>Савлевич А.В., Москалева А.В., Самарина А.В.</i> УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТенок РЕЗЕРВУАРА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ФАЗИРОВАННЫХ РЕШЕТОК | 42 |
| <i>Свидинский А.А., Боровченко А.А., Куклицкая А.Г.</i> ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ МАТРИЧНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ ПРЯМОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ | 43 |
| <i>Ситница А.С., Комиссарчик А.В., Тыдыкова О.В., Исаев А.В., Василевский А.Г.</i> СОВРЕМЕННАЯ АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗВИТИЯ И МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ | 44 |
| <i>Скрипка И.Н., Ризноокая Н.Н.</i> КОНТРОЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСФОРМАТОРОВ МОЩНОСТЬЮ ОТ 16 ДО 2500 кВ·А..... | 45 |
| <i>Сороко Ю.Д., Веренич М.С., Романчук Д.И., Тявловский К.Л., Микитевич В.А.</i> АДАПТИВНЫЙ СВЕТИЛЬНИК ДЛЯ «УМНОЙ» АУДИТОРИИ | 46 |
| <i>Сороко Ю.Д., Микитевич В.А., Свистун А.И., Тявловский К.Л.</i> АДАПТИВНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ В «УМНОЙ» АУДИТОРИИ | 47 |
| <i>Стасевич А.С., Манцорова Т.Ф.</i> АСТУЭ КАК ЧАСТЬ КРП ДЛЯ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОМЕДЖМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЯ | 48 |

| | |
|---|----|
| <i>Стрельцов Д.С., Матвеев В.В.</i> ВОЛНОВОЙ ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ ГИРОСКОП В РЕЖИМЕ ДАТЧИКА УГЛА | 49 |
| <i>Стукалов А.С., Куклицкая А.Г.</i> , МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ЛАЗЕРНЫМ ДАЛЬНОМЕРОМ | 50 |
| <i>Стукалов А.С., Ломтев А.А.</i> ЭЛЕКТРОННЫЙ ЦИФРОВОЙ ТАХОМЕТР С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ХОЛЛА | 51 |
| <i>Сушко А.А., Комиссарчик А.В., Василевский А.Г., Безлюдов А.А.</i> ИЗВЕЩАТЕЛЬ ОХРАННЫЙ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ВИБРАЦИОННЫЙ С РАДИОКАНАЛОМ | 52 |
| <i>Сушко А.С., Перевитый Е., Осипук К.А., Исаев А.В., Свистун А.И.</i> СВЕТОДИОДНЫЕ СИСТЕМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ | 53 |
| <i>Сушко А.С., Перевитый Е., Исаев А.В., Свистун А.И.</i> ОПТИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАНЕЛИ КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ СОПС | 54 |
| <i>Титов К.В., Ломтев А.А.</i> УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОП С ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ | 55 |
| <i>Тыдыкова О.В., Ситница А.С., Комиссарчик А.В., Суходолов Ю.В., Исаев А.В.</i> МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЫРУБНОГО ПРЕССА | 56 |
| <i>Фольинсков Д.А., Головня К.Ч., Ясько Н.Е., Пантелеев К.В.</i> ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ С РАСШИРЕННЫМ ДИАПАЗОНОМ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ | 57 |
| <i>Фольинскова Е.С., Воробей Р.И., Тявловский К.Л.</i> ЗАДАЧИ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ В ЗОНАХ ОБЗОРА, КОНТРОЛИРУЕМЫХ РЕСПУБЛИКАНСКОЙ СИСТЕМОЙ МОНИТОРИНГА ОБЩЕСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ | 58 |
| <i>Хомич Е.М., Москалёва А.В., Куклицкая А.Г.</i> РАДИАЦИОННЫЙ ЦИФРОВОЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ГАЗОПРОВОДА | 59 |
| <i>Ценев В.А., Расчетина Ю.С., Воробей Р.И.</i> СЧИТЫВАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ МНОГОРАЗОВЫХ ПЛАСТИН С ЗАПОМИНАЮЩИМИ ЛЮМИНОФОРАМИ | 60 |
| <i>Черняк А.С., Мисюкевич Н.С.</i> СИСТЕМЫ ОХРАННОЙ И ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ КОНСТРУКТОРСКОГО БЮРО | 61 |

СЕКЦИЯ 2. КОНСТРУИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ПРИБОРОВ

| | |
|---|----|
| <i>Акулич Р.В., Есьман Г.А.</i> СТОЛ НАКЛОННО-ПОВОРОТНЫЙ | 63 |
| <i>Акулич Р.В., Есьман Г.А.</i> СТЕНД КОНТРОЛЯ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ КАМЕР | 64 |
| <i>Анищ А.А., Минченя В.Т.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ ИМПЛАНТОВ С УГЛОВОЙ СТАБИЛЬНОСТЬЮ ДЛЯ ОСТЕОСИНТЕЗА | 65 |
| <i>Афанасьев М.Р., Шик Д.В., Мониц С.Г.</i> УМНЫЙ СТОЛ | 66 |
| <i>Баранов П.О., Степаненко А.И., Богдан П.С., Зайцева Е.Г.</i> ВЛИЯНИЕ НАКЛОНА СВЕТОДИОДНЫХ ПЛОСКОСТЕЙ RGB МАТРИЦЫ НА РАВНОМЕРНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ | 67 |
| <i>Баранов П.О., Степаненко А.И., Богдан П.С., Зайцева Е.Г.</i> РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСВЕЩЕННОСТИ, СОЗДАВАЕМОЙ ПЛОСКОЙ RGB МАТРИЦЕЙ | 68 |
| <i>Баранов П.О., Степаненко А.И., Богдан П.С., Зайцева Е.Г.</i> УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ, СОЗДАВАЕМОЙ RGB МАТРИЦЕЙ | 69 |
| <i>Баранов П.О., Степаненко А.И., Богдан П.С., Зайцева Е.Г.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ, СОЗДАВАЕМОЙ RGB СВЕТОДИОДОМ И ВСЕЙ МАТРИЦЕЙ | 69 |
| <i>Баранов П.О., Степаненко А.И., Богдан П.С., Зайцева Е.Г.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВУПОЛОСТНОГО ГИПЕРБОЛОИДА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ РАВНОМЕРНОСТИ ОСВЕЩЕННОСТИ, СОЗДАВАЕМОЙ СВЕТОДИОДНОЙ МАТРИЦЕЙ | 70 |
| <i>Беганская В.Э., Мониц С.Г.</i> ОГРАНКА ДРАГОЦЕННЫХ КАМНЕЙ | 71 |

| | |
|---|-----|
| <i>Бондаренко В.А., Филонова М.И.</i> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕДИЦИНСКОГО НИТИНОЛА | 72 |
| <i>Бондаренко В.А., Храмова А.С., Монич С.Г.</i> ТРЕБОВАНИЕ ПРИЛЕГАНИЯ ПРИ НАЗНАЧЕНИИ ДОПУСКОВ | 73 |
| <i>Бондаренко В.А., Храмова А.С., Суходолов Ю.В.</i> ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СЕРДЦА | 74 |
| <i>Борисюк Р.С., Бруверис М.Ю.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ТЕРМОСИФОНА | 75 |
| <i>Грузд Н.А., Филонова М.И.</i> ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СОЛЕНОИДА С УПРУГИМИ СВОЙСТВАМИ | 76 |
| <i>Грузд Н.А., Едало Е.И., Монич С.Г.</i> ПОНЯТИЕ БИОНИЧЕСКОГО ПРИВОДА И ЕГО СУЩЕСТВУЮЩИЕ АНАЛОГИ | 77 |
| <i>Дикая В.Ю., Степаненко Д.А.</i> НАСОС ДЛЯ АППАРАТА ОБЪЕМНОЙ СФИГМОГРАФИИ | 78 |
| <i>Едало Е.И., Филонова М.И.</i> СТЕКЛЯННЫЙ ГЛАЗНОЙ ПРОТЕЗ. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ | 79 |
| <i>Едало Е.И., Монич С.Г.</i> БИОНИЧЕСКИЙ ПРОТЕЗ ГЛАЗА | 80 |
| <i>Жихар И.А., Монич С.Г.</i> УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПЛЕТИЗМОГРАФИИ | 81 |
| <i>Зуев Д.В., Габец В.Л.</i> СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ГИДРОЦИЛИНДРОВ | 82 |
| <i>Иванов Н.С., Габец В.Л.</i> СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ | 83 |
| <i>Кадуков А.А., Есьман Г.А.</i> МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТОРМОЗНЫХ ДИСКОВ | 84 |
| <i>Камков И.А., Габец В.Л.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИПОДОВ В КАЧЕСТВЕ ОПОР КРЕПЛЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ЗЕРКАЛ | 85 |
| <i>Киндрюк А.Н., Степаненко Д.А.</i> ВЛИЯНИЕ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА НА СОБСТВЕННЫЕ ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ КОЛЬЦЕВЫХ КОНЦЕНТРАТОРОВ УЛЬТРАЗВУКА | 86 |
| <i>Корень А.А., Степаненко Д.А.</i> АППАРАТ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОТОАКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ | 87 |
| <i>Короткий А.В., Суровой С.Н.</i> СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ПРУЖИН НА СЖАТИЕ | 88 |
| <i>Кравцова В.С., Габец В.Л.</i> УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОПОРНОДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА | 89 |
| <i>Кравчук А.Е., Беганская В.Э., Еромин Е.С.</i> ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО МЕТОДА РАСЧЁТА РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ | 90 |
| <i>Кузнецов С.А., Декевич Е.Ю., Монич С.Г.</i> БИОНИЧЕСКИЕ ПРОТЕЗЫ РУК | 91 |
| <i>Латиков А.У., Луговой В.П.</i> ОДЕЖДА И УКРАШЕНИЯ АРМЕНИИ | 92 |
| <i>Липская Е.А., Савченко А.Л.</i> УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПОДШИПНИКОВ | 94 |
| <i>Лозга Т.Т., Матвеев В.В.</i> РЕЗЕРВНЫЙ БОРТОВОЙ САМОПИСЕЦ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ САМОЛЕТА НА БАЗЕ МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ | 95 |
| <i>Мазуренко А.В., Суровой С.Н.</i> СТЕНД КОНТРОЛЯ ДЛИНЫ ЗУБЧАТОГО РЕМНЯ | 96 |
| <i>Макаренко М.С., Монич С.Г.</i> ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВЫТЯЖЕНИЯ ПОЗВОНОЧНИКА | 96 |
| <i>Масловский В.А., Козерук А.С.</i> ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЛИНЗ ИЗ ОРГАНИЧЕСКОГО СТЕКЛА | 98 |
| <i>Михневич Е.В., Люцко К.С.</i> РАСТУЩАЯ РОЛЬ БИОСЕНСОРОВ В ОБНАРУЖЕНИИ ПАТОГЕНОВ ПИЩЕВОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ | 99 |
| <i>Непогода А.Ю., Савченко А.Л.</i> ИЗМЕРЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ЛАМП | 100 |
| <i>Рахмонов Б., Зайцева Е.Г.</i> О ВОЗМОЖНОСТИ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ «УМНЫЙ ДОМ» | 101 |
| <i>Рахмонов Б., Зайцева Е.Г.</i> ЛЕЧЕБНЫЕ И РЕАБИЛИТАЦИОННЫЕ ОПЦИИ В СИСТЕМЕ «УМНЫЙ ДОМ» | 102 |

| | |
|--|-----|
| <i>Рахмонов Б., Зайцева Е.Г.</i> ОПЦИИ ПРОФИЛАКТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ В СИСТЕМЕ «УМНЫЙ ДОМ» | 103 |
| <i>Роговцова А.С., Сатторов С., Савченко А.Л.</i> К ВОПРОСУ О ЛАЗЕРНОЙ СВАРКЕ НИТИНОЛОВОЙ ПРОВОЛОКИ..... | 104 |
| <i>Старовойтова В.Г., Ткачёва В.С., Мониц С.Г.</i> ОРТЕЗЫ ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ | 105 |
| <i>Степаненко А.И., Минченя В.Т., Матюшко А.В.</i> АППАРАТ ИМПУЛЬСНЫЙ ИНДУКЦИОННОЙ ТЕРАПИИ | 106 |
| <i>Степаненко А.И., Автушко Г.Л., Матюшко А.В.</i> УЧЕТ ТРЕБОВАНИЙ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ИМПУЛЬСНОГО АППАРАТА ИНДУКЦИОННОЙ ТЕРАПИИ | 107 |
| <i>Стромская Е.С., Савченко А.Л.</i> ВЕСЫ ПОКОЛЕСНОГО ВЗВЕШИВАНИЯ АВТОМОБИЛЯ | 108 |
| <i>Сучкова П., Луговой В.П.</i> ЮВЕЛИРНОЕ ИСКУССТВО ГУННОВ | 109 |
| <i>Хатковский Е.В., Мониц С.Г.</i> ОБЗОР ДАТЧИКА СИЛЫ ХВАТА | 110 |
| <i>Храмкова А.С., Филонова М.И.</i> ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КЕРАМИКИ И СТЕКЛОКЕРАМИКИ | 111 |
| <i>Хукумзода А., Имомов Н.Б., Амонов С.Т., Мирзоалиев А.И.</i> ОБРАБОТКА САМОЦВЕТНЫХ КАМНЕЙ НА ГАЛТОВОЧНЫХ СТАНКАХ С ВРАЩАЮЩИМСЯ ДНОМ | 112 |
| <i>Шляхтун О.А., Габец В.Л.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ РЕАБИЛИТАЦИИ ДЕТЕЙ С ДЦП..... | 113 |
| <i>Яцкевич К., Луговой В.П.</i> УКРАШЕНИЯ ДРЕВНЕЙ РУСИ | 113 |

СЕКЦИЯ 3. МИКРО- И НАНОТЕХНИКА

| | |
|---|-----|
| <i>Люцко К.С., Сервачинский И.Ю., Щербакова Е.Н.</i> К 15-ЛЕТИЮ СОЗДАНИЯ КАФЕДРЫ «МИКРО- И НАНОТЕХНИКА» | 115 |
| <i>Абмётко Н.В.</i> ОПИСАНИЕ ДИФфуЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ..... | 116 |
| <i>Анисько Ю.А., Щербакова Е.Н., Анисько Л.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ФОТОМЕТРИИ В ДИАГНОСТИКЕ ИНФЕКЦИИ COVID-19 | 117 |
| <i>Антонов М.С., Козлова Т.А.</i> ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ГИБКИЙ ЕМКОСТНОЙ ДАТЧИК ДАВЛЕНИЯ | 118 |
| <i>Антонов М.С., Лапицкая В.А.</i> МЭМС-МИКРОФОН С ГОФРИРОВАННОЙ МЕМБРАНОЙ | 119 |
| <i>Баган Н.П., Лапицкая В.А.</i> МЕМБРАНЫ НА ОСНОВЕ ПОРОПЛАСТА И СИЛИКАГЕЛЯ В БИОСЕНСОРАХ | 120 |
| <i>Баган Н.П., Козлова Т.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ НАНОСТРУКТУР ПОЛУЧЕННЫХ ОСАЖДЕНИЕМ АЛЮМИНИЕВЫХ СЛОЕВ В БИОСЕНСОРЕ | 121 |
| <i>Баган Н.П., Щербакова Е.Н.</i> ЭПИТАКСИАЛЬНЫЕ НАНОГЕТЕРОСТРУКТУРЫ ДЛЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ | 122 |
| <i>Баган Н.П., Колонтаева Т.В.</i> ВЛИЯНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ФАЗЫ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИКИ Ti_3SiC_2 | 123 |
| <i>Бука А.В., Дятлова Е.М., Попов Р.Ю., Гундилович Н.Н., Колонтаева Т.В.</i> СИНТЕЗ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО МАНГАНИТА ИТТРИЯ | 124 |
| <i>Венскевич Н.Н., Лапицкая В.А.</i> ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИЕ БИМОРФНЫЕ АКТЮАТОРЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИИМИДА-НИТРИДА КРЕМНИЯ | 125 |
| <i>Венскевич Н.Н., Козлова Т.А.</i> ДОСТИЖЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ ДАТЧИКОВ НА ОСНОВЕ НАНОСТРУКТУР ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ | 126 |
| <i>Венскевич Н.Н., Колонтаева Т.В.</i> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ТИКОНДОВОЙ КЕРАМИКИ | 127 |
| <i>Венскевич Н.Н., Сернов С.П.</i> ПОВЕРХНОСТНАЯ РЕКОМБИНАЦИЯ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА | 128 |

| | |
|--|-----|
| <i>Венскевич Н.Н., Щербакова Е.Н.</i> ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ..... | 129 |
| <i>Галацевич В.В., Люцко К.С.</i> ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В БИОМЕМБРАНАХ И ИХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ | 130 |
| <i>Гамеза А.А., Колонтаева Т.В.</i> КИНЕТИКА И ДИНАМИКА АДсорбЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ.. | 131 |
| <i>Гапеев Д.О., Колонтаева Т.В.</i> ЭБУЛИОСКОПИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ЖИДКИХ РАСТВОРАХ... | 132 |
| <i>Герман С.А., Колонтаева Т.В.</i> ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДИСТИЛЛЯЦИИ | 133 |
| <i>Гриб А.А., Колонтаева Т.В.</i> ГИБКИЙ МАГНИТНЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИДА | 134 |
| <i>Гриб А.А., Козлова Т.А.</i> НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ МЕТОДОМ PECVD, КАК ПЛАТФОРМА ДЛЯ БИОСЕНСОРОВ | 135 |
| <i>Гриб А.А., Щербакова Е.Н.</i> ПЛЕНОЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ | 136 |
| <i>Демиденко А.С., Козлова Т.А.</i> НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ ПОЛИМЕРЫ ДЛЯ БИОМЕДИЦИНСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ | 137 |
| <i>Жовнерик Е.И., Козлова Т.А.</i> АВТОТЭМИССИЯ В НАНОСТРУКТУРАХ ИЗ УГЛЕРОДА | 138 |
| <i>Жовнерик Е.И., Щербакова Е.Н.</i> СВОЙСТВА, ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ НАНО- И УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА АЛЮМИНИЯ | 139 |
| <i>Жовнерик Е.И., Колонтаева Т.В.</i> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ КВАРЦЕПОДОБНОГО ДИОКСИДА ГЕРМАНИЯ | 140 |
| <i>Жовнерик Е.И., Лапицкая В.А.</i> ВЛИЯНИЕ ВИДА СЕЧЕНИЯ НА КОЛИЧЕСТВО ВВЕДЕННОЙ ПРОБЫ В МИКРОФЛЮИДНОМ УСТРОЙСТВЕ | 141 |
| <i>Зубелик Д.Т., Люцко К.С.</i> БЫСТРОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ АНТИТЕЛ SARS-COV-2 С ПОМОЩЬЮ ДЕТЕКТОРА НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ИМПЕДАНСА | 142 |
| <i>Климович Т.А., Люцко К.С.</i> БИОЛОГИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА И СТРУКТУРЫ, ПРИМЕНЯЮЩИЕСЯ ДЛЯ БИОХИМИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ | 143 |
| <i>Козуля А.А., Маркевич М.А., Щербакова Е.Н., Асанов Д.Ж.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ InP, ПОЛУЧЕННЫХ ЛАЗЕРНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ В ВОДНОЙ СРЕДЕ | 144 |
| <i>Козуля А.А., Сернов С.П.</i> ЭФФЕКТ ПОЛЯ. КИНЕТИКА ЭФФЕКТА ПОЛЯ | 145 |
| <i>Козуля А.А., Колонтаева Т.В.</i> ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ФАЗОВОЙ ПАМЯТЬЮ | 146 |
| <i>Козуля А.А., Козлова Т.А.</i> МЭМС-ДАТЧИКИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ СЛЕДОВ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ | 147 |
| <i>Козуля А.А., Люцко К.С.</i> МЕХАНИЗМЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ РАДИОЧАСТОТНЫХ И УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ | 148 |
| <i>Козуля А.А., Лапицкая В.А.</i> МЭМС-СЕНСОР ДАВЛЕНИЯ С ДИАФРАГМОЙ ИЗ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ | 149 |
| <i>Козуля А.А., Щербакова Е.Н., Маркевич М.И.</i> ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ СИНТЕЗА НАНОПОРОШКОВ | 150 |
| <i>Комар Л.В., Люцко К.С.</i> ПРИНЦИП РАБОТЫ ДНК-МИКРОЧИПА | 151 |
| <i>Левчук Д.С., Люцко К.С.</i> ИОННО-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ПОЛЕВОЙ ТРАНЗИСТОР..... | 152 |
| <i>Литвинова А.В., Ефименко С.А.</i> МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ДЕФЕКТОВ СУБМИКРОННЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ | 152 |
| <i>Литвинова А.В., Ефименко С.А.</i> ЭЛЕКТРОННАЯ ОЦИФРОВКА ИЗОБРАЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ КАК ДАЛЬНЕЙШЕЙ МЕТОД АНАЛИЗА ВЕРТИКАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ОБРАЗЦА | 153 |
| <i>Михайлов В.В., Лапицкая В.А.</i> КОЛЬЦЕВЫЕ МЭМС-ГИРОСКОПЫ | 154 |
| <i>Михайлов В.В., Щербакова Е.Н.</i> ТРАНЗИСТОРНЫЕ НАНОГЕТЕРОСТРУКТУРЫ ДЛЯ СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ | 154 |
| <i>Михайлов В.В., Колонтаева Т.В.</i> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРЕТОВ | 155 |

| | |
|--|-----|
| <i>Михайлов В.В., Сернов С.П.</i> ЭФФЕКТ ФАРАДЕЯ. КОЭФФИЦИЕНТ ВЕРДЕ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ МАССЫ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА | 157 |
| <i>Подвицкий Н.В., Колонтаева Т.В.</i> ЦЕПНЫЕ РЕАКЦИИ ПРИ ОПИСАНИИ СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ | 158 |
| <i>Полтавцев К.А., Люцко К.С., Колонтаева Т.В.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЛУОРЕСЦЕНТНЫХ НАНОСЕНСОРОВ В КЛЕТОЧНОЙ ТЕРАПИИ | 159 |
| <i>Полух Д.М., Люцко К.С.</i> НАНОБИОНИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ | 160 |
| <i>Реут И.А., Колонтаева Т.В.</i> ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ НАНОГЕТЕРОГЕННОГО КАТАЛИЗА | 161 |
| <i>Роман А.Н., Колонтаева Т.В.</i> КРИСТАЛЛОХИМИЯ ИЗОМОРФИЗМА | 162 |
| <i>Россоловский А.Ю., Колонтаева Т.В.</i> ПОНЯТИЕ «ЭНТРОПИЯ» В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ НАУКИ И ТЕХНИКИ | 163 |
| <i>Самсонова А.С., Попов Р.Ю., Колонтаева Т.В.</i> ПОЛУЧЕНИЕ ВОЛЛАСТОНИТОВОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ РАЗЛИЧНОГО КАРБОНАТСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ | 164 |
| <i>Санцевич Д.А., Люцко К.С.</i> АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ БИОНИЧЕСКИМ ПРОТЕЗОМ..... | 165 |
| <i>Скуратович А.А., Колонтаева Т.В.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТАСТАБИЛЬНЫХ СИСТЕМ | 167 |
| <i>Таласпаев М.А., Шахлевич Г.М.</i> ВЛИЯНИЕ ОТЖИГА НА СВОЙСТВА КОНТАКТНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ДВУХСЛОЙНОЙ СИСТЕМЫ Pt/Ni-V | 168 |
| <i>Фоменко Л.С., Колонтаева Т.В.</i> СИНТЕЗ КРИСТАЛЛОВ ПАРАТЕЛЛУРИТА | 170 |
| <i>Шермукс В.А., Люцко К.С.</i> БИОМИМЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ | 171 |
| <i>Ширяева В.Д., Щербакова Е.Н.</i> ИЗМЕРЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ В КОРПУСАХ ИС 401.14-5М РАЗРУШАЮЩИМ МЕТОДОМ | 172 |

СЕКЦИЯ 4. ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

| | |
|--|-----|
| <i>Белохвостик Е.В., Бурдо М.В., Чалевич А.Ю., Кузнечик В.О.</i> ДЕЦЕНТРИРОВКА ЛИНЗОВЫХ СИСТЕМ | 173 |
| <i>Бобко А.Н., Фёдорцев Р.В., Кузнечик В.О.</i> КОНТРОЛЬ РАСХОДИМОСТИ ЛАЗЕРНОГО ПУЧКА В ИМПУЛЬСНОМ ЛАЗЕРНОМ ДАЛЬНОМЕРЕ | 174 |
| <i>Богданович Д.А., Козерук А.С., Кузнечик В.О.</i> ЛАЗЕРНЫЙ ИЗЛУЧАТЕЛЬ ДАЛЬНОМЕРНОГО КАНАЛА | 175 |
| <i>Боголюбский Д.Д., Чжан Ю., Савкова Е.Н.</i> ФОТОБИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ | 176 |
| <i>Вершинин М.Н., Юран С.И., Заринов М.Р.</i> ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ НИЗКОКОГЕРЕНТНОГО ЛАЗЕРНОГО ОБЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ | 177 |
| <i>Защепко П.А., Фёдорцев Р.В., Романов Д.В., Котов М.Н.</i> СОПОСТАВЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ИНТЕРПРЕТИРУЕМОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЯ В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ СПЕКТРА | 178 |
| <i>Лазарчук А.И., Горбаченя К.Н., Кисель В.Э., Кулешов Н.В.</i> СПЕКТРАЛЬНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛА $Yb^{3+}:YMGb_5O_{10}$ ДЛЯ ЛАЗЕРОВ СПЕКТРАЛЬНОГО ДИАПАЗОНА ОКОЛО 1 МКМ | 179 |
| <i>Лазарчук А.И., Кисель В.Э., Горбаченя К.Н., Кулешов Н.В.</i> ЛАЗЕРНАЯ СИСТЕМА ГЕНЕРАЦИИ УЛЬТРАКОРТКИХ ИМПУЛЬСОВ НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛА $Yb^{3+}:LuAlO_3$ | 180 |
| <i>Мандик Н.С., Кубарко Ф.В., Фёдорцев Р.В., Тихомиров С.А.</i> СОГЛАСОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ОСЕЙ ПРИЕМНЫХ КАНАЛОВ ТАНКОВОГО ПРИЦЕЛА ПОСРЕДСТВОМ КЛИНОВОГО КОМПЕНСАТОРА | 181 |
| <i>Михалкович Р.Р.</i> ТЕХНОЛОГИЯ LIDAR..... | 182 |
| <i>Москаленко И.А., Казакевич Н.А., Али-заде Э.Т., Кузнечик В.О.</i> ПРИЦЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА НОЧНОГО ВИДЕНИЯ | 183 |
| <i>Павлюковец Е.Ю., Артюхина Н.К., Кузнечик В.О.</i> МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОТЫ НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ ОБЛАКОВ | 184 |

| | |
|---|-----|
| <i>Пупкевич А.В.</i> ФОТОПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА | 185 |
| <i>Семченок А.В., Голубева И.С., Фёдорцев Р.В.</i> ПЛАВНОСТЬ РАБОТЫ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ В УЗЛЕ СИСТЕМЫ ДИСКРЕТНОГО ИЗМЕНЕНИЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРИЦЕЛА БОЕВОЙ МАШИНЫ | 186 |
| <i>Силие Куэнка Алехандро Рафаэль, Фёдорцев Р.В.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАЗЛИЧНЫХ МАРОК НЕФТИ | 187 |
| <i>Тараченко А.А., Горбаченя К.Н., Кисель В.Э., Кулешов Н.В.</i> СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ Er:YAP | 188 |
| <i>Тараченко А.А., Лазарчук А.И., Горбаченя К.Н., Кисель В.Э., Кулешов Н.В.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРОГА ЛАЗЕРНОГО РАЗРУШЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ ИМПУЛЬСАМИ ФЕМТОСЕКУНДНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ | 189 |
| <i>Церкович С.В., Андреев И.С., Макаров Л.С., Козерук А.С., Кузнечик В.О.</i> ИСПЫТАНИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ | 190 |
| <i>Черепок Е.А., Козерук А.С.</i> ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ БЛОК ПРИБОРА НАБЛЮДЕНИЯ | 191 |
| <i>Шевченко В.П., Якубович Т.С., Козерук А.С., Филонова М.И.</i> ИЗГОТОВЛЕНИЕ СТЕКЛЯННЫХ ШАРИКОВ ДЛЯ МИКРОЛИНЗ | 192 |
| <i>Щелкун А.С., Свирина Л.П.</i> МАЛОГАБАРИТНЫЙ ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ ЛАЗЕР С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ОФТАЛЬМОЛОГИИ | 193 |

СЕКЦИЯ 5. ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

| | |
|--|-----|
| <i>Абмётко Н.В., Гацкевич Е.И.</i> КВАНТОВО-РАЗМЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ НАНОЧАСТИЦАХ СФЕРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ | 195 |
| <i>Багинская В.Э., Кравчук А.Е., Князев М.А.</i> КОМБИНАТОРИКА И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ПРАКТИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ | 196 |
| <i>Баранкова Е.О., Матвеев В.В.</i> РАБОТА ГИРОСТАБИЛИЗАТОРА В РЕЖИМЕ ПРИВЕДЕНИЯ В ПЛОСКОСТЬ ГОРИЗОНТА | 197 |
| <i>Бельченко Д.О., Кондратьева Н.А., Масалька В.Н.</i> СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ МНОГОЦЕЛЕВОГО БЫТОВОГО РОБОТА-ПЫЛЕСОСА | 198 |
| <i>Билейчик А.А., Бокуть Л.В.</i> МЕТОД ЧЕБЫШЕВА ИНТЕГРИРОВАНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО БИНОМА | 199 |
| <i>Бондарь Е.В., Смурага Л.Н.</i> ПЬЕЗОЭЛЕКТРИКИ КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ НА ДОРОГАХ | 200 |
| <i>Браим Д.О., Бобученко Д.С.</i> ИЗУЧЕНИЕ МОМЕНТА ИНЕРЦИИ ЖИДКОСТИ С ПОМОЩЬЮ КРУТИЛЬНОГО МАЯТНИКА | 201 |
| <i>Давыдкин Н.П., Бобученко Д.С.</i> ИЗМЕРЕНИЕ ВЯЗКОСТИ ВОЗДУХА С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА | 202 |
| <i>Дулуб Я.В., Хрятин Д.В., Лихошерст В.В.</i> ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЯ СКОРОСТИ ПОЛЕТА ПЕЙТНБОЛЬНОГО ШАРА | 203 |
| <i>Елак Е.В., Гайдалёнок Д.К., Манего С.А.</i> ТРЕБОВАНИЯ К ОСВЕЩЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И ОФИСНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ | 204 |
| <i>Жданович М.Н., Гундина М.А.</i> ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ. РАССТОЯНИЕ МАХАЛАНОВИСА | 205 |
| <i>Жикин К.Д., Прусова И.В.</i> СТАТИСТИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ И МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ НЕОБХОДИМЫЕ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ | 206 |
| <i>Зеленовская Д.Д., Черный В.В.</i> ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЗАРЯДЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ПРОВОДНИКА, ПО КОТОРОМУ ТЕЧЕТ ТОК | 207 |
| <i>Коваленко А.А., Черный В.В.</i> О ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ | 208 |
| <i>Колесникова А.Г., Матвеев В.В.</i> ФИЛЬТР ДЛЯ ОСЛАБЛЕНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ МИКРОМЕХАНИЧЕСКИХ ГИРОСКОПОВ | 209 |
| <i>Лесовик Е.М., Бокуть Л.В.</i> СОЗДАНИЕ РЕКЛАМНОГО ЩИТА И БУКЛЕТА ЮВЕЛИРНОГО МАГАЗИНА В ПРОГРАММЕ CLIP STUDIO PAINT | 210 |

| | |
|---|-----|
| <i>Малащенко В.С., Бокуть Л.В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ВЕКТОРОВ И СОБСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЛИНЕЙНОГО ОПЕРАТОРА. ЛИНЕЙНАЯ МОДЕЛЬ ОБМЕНА... | 211 |
| <i>Мелешко М.А., Бокуть Л.В.</i> РАЗРАБОТКА САЙТОВ И ИХ ДИЗАЙН | 212 |
| <i>Мудрый Д.Ю., Бобученко Д.С.</i> ТЕМПЕРАТУРНАЯ ВОЛНА И ЕЁ ХАРАКТЕРИСТИКИ | 213 |
| <i>Одрова А.М., Гундина М.А.</i> ПРОРЕЖИВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ В MATHCAD | 214 |
| <i>Охремчик В.А., Бокуть Л.В.</i> ТРАНСЦЕНДЕНТНЫЕ КРИВЫЕ И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ | 215 |
| <i>Прокопенко Н.А., Бокуть Л.В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ОСТРОГРАДСКОГО-ГАУССА | 216 |
| <i>Прокопец С.А., Телухин С.В.</i> ОПТИМАЛЬНОЕ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ УПРАВЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПРИ НАЛИЧИИ СУХОГО И ВЯЗКОГО ТРЕНИЙ | 217 |
| <i>Рабецкий А.Г., Кондратьева Н.А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ AUTOCAD В ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ | 218 |
| <i>Роман А.Н., Гацкевич Е.И.</i> АНАЛИЗ ЗАДАЧИ О БРАХИСТОХРОНЕ | 219 |
| <i>Самцов Н.Д., Сурага Ю.С., Манего С.А.</i> УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЕ СВЕТОДИОДЫ ДЛЯ БОРЬБЫ С ВИРУСАМИ | 220 |
| <i>Сенюта В.В., Корякин М.С., Бумай Ю.А., Почкаев А.В., Почкаева А.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ГРАНУЛИРОВАННОЙ САХАРОЗЫ ОТ ЕЕ РАЗМЕРНЫХ ПАРАМЕТРОВ | 221 |
| <i>Стурлис М.В., Кондратьева Н.А.</i> СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ | 222 |
| <i>Тиханович П.С., Манего С.А.</i> ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ПЛЕНКИ НА ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЙ А ^{IV} В ^{VI} | 223 |
| <i>Чуб А.Ю., Кондратьева Н.А.</i> СОЗДАНИЕ МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ В СИСТЕМЕ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КОМПАС-3D | 224 |
| <i>Якубович А.Д., Бокуть Л.В.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЯДОВ В ПРИБЛИЖЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЯХ | 225 |

СЕКЦИЯ 6. ТЕХНОСФЕРА И МЕНЕДЖМЕНТ СПОРТА

| | |
|---|-----|
| <i>Лукашевич Д.А.</i> ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДИКИ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ В ПОДГОТОВКЕ ГРЕБЦОВ-КАНОСИТОВ..... | 227 |
| <i>Берестов С.А., Ломтев А.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕКЕРОВ В ТРЕНИРОВОЧНОМ ПРОЦЕССЕ СПОРТСМЕНОВ..... | 229 |
| <i>Борисевич Н.И., Ломтев А.А.</i> УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КАДЕНСА | 230 |
| <i>Борисова И.А.</i> МОБИЛЬНЫЙ ТРЕНАЖЕР ДЛЯ НАСТОЛЬНОГО ТЕННИСА | 231 |
| <i>Бусько А.О., Ломтев А.А.</i> КОНТРОЛЬ ТЕХНИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРИСЕДАНИЯ СО ШТАНГОЙ В ПАУЭРЛИФТИНГЕ | 232 |
| <i>Дарануца К.С., Ковалева В.А.</i> ТРЕНАЖЕР «БЕГОВАЯ ДОРОЖКА» С ПНЕВМАТИЧЕСКИМ ДВИГАТЕЛЕМ | 232 |
| <i>Жуков И.И., Свистун А.И., Ковель С.Г.</i> УСТРОЙСТВО ДЛЯ ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ СПОРТСМЕНОВ..... | 233 |
| <i>Запольская Е.В., Ковель С.Г.</i> АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОЦЕНКЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ЮНЫХ ПЛОВЦОВ..... | 234 |
| <i>Запольская Е.В., Ковель С.Г.</i> СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА СПЕЦИАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ В ПЛАВАНИИ | 235 |
| <i>Климович А.</i> СИСТЕМА ФОНОВОГО ОЗВУЧИВАНИЯ И ОПОВЕЩЕНИЯ ДЛЯ ФУТБОЛЬНОГО СТАДИОНА | 236 |
| <i>Ковалева В.А., Карнейчик В.В.</i> СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ СПОРТСМЕНА В ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСАХ | 237 |
| <i>Комель В.</i> ТРЕНАЖЕР ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЫСОТЫ ПРЫЖКА СПОРТСМЕНОВ..... | 237 |

| | |
|---|-----|
| <i>Малашкевич И.А., Гамзатов Ф.З., Закерничный В.И., Мурзинков В.Н.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРО- И ПНЕВМОСИСТЕМ В СПОРТИВНОЙ ТЕХНИКЕ | 238 |
| <i>Павлова А.А.</i> ФУНКЦИОНАЛ СИСТЕМЫ ОЗВУЧИВАНИЯ ТРИБУН СПОРТИВНОГО СТАДИОНА | 240 |
| <i>Шешко В.В., Парамонова Н.А.</i> ТЕХНОЛОГИИ СЕНСОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В ОЦЕНКЕ И КОНТРОЛЕ КОГНИТИВНО-КООРДИНАЦИОННЫХ СПОСОБНОСТЕЙ СПОРТСМЕНОВ В ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ГИМНАСТИКЕ | 240 |
| <i>Шиманович М.Б.</i> РЕАБИЛИТАЦИОННЫЙ ТРЕНАЖЕР С УСТРОЙСТВОМ ОБЛЕГЧЕННОГО ЛИДИРОВАНИЯ | 241 |
| <i>Щербак В.В., Ломтев А.А.</i> УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДИСТАНЦИИ В ЛЕГКОЙ АТЛЕТИКЕ | 242 |

СЕКЦИЯ 7. СТАНДАРТИЗАЦИЯ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

| | |
|---|-----|
| <i>Андрейковец А.С., Соломахо В.Л.</i> ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИИ УСТАНОВЛЕНИЯ МЕЖПОВЕРОЧНЫХ ИНТЕРВАЛОВ | 244 |
| <i>Артющик Е.Н., Домасевич А.А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРТАТИВНОГО КОНДУКТОМЕТРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ВЕРХОВОГО ТОРФА | 244 |
| <i>Артющик Е.Н., Домасевич А.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ PH-МЕТРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КИСЛОТНОСТИ ВЕРХОВОГО ТОРФА | 245 |
| <i>Астапович А.А., Бережных Е.В.</i> ВЗАИМОСВЯЗЬ КОМПЛЕКСА МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА ЭТАПАХ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ | 246 |
| <i>Астапович А.А., Бережных Е.В.</i> КОМПЛЕКС МОДЕЛЕЙ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИИ НА ЭТАПАХ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ | 247 |
| <i>Булышко В.Ю., Соломахо В.Л.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ НОРМИРОВАНИЯ МИКРОГЕОМЕТРИИ СОПРЯГАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ПРИБОРОВ | 248 |
| <i>Вечерская Л.А., Спасивцева Ю.Б.</i> АУДИТ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА ОРГАНИЗАЦИИ | 249 |
| <i>Герасимчик Е.Е., Серенков П.С.</i> ФОРМИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ СМИ В РАМКАХ СМК С ЦЕЛЬЮ КОМПЛЕКСНОГО МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СУСТАВОВ ЭНДОПРОТЕЗА ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА ЗАО «АЛТИМЕД» | 250 |
| <i>Гомма М.А., Соколовский С.С.</i> АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КООРДИНАТНОГО КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ | 251 |
| <i>Гомма М.А., Соколовский С.С.</i> АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ КООРДИНАТНОГО КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ | 252 |
| <i>Ильинчик И.В., Соломахо В.Л.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА НАНОЧАСТИЦ В АЭРОЗОЛЯХ | 253 |
| <i>Ковалёнок А.А.</i> КАЛИБРОВКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОГРУЖНОГО ТИПА | 254 |
| <i>Ковалёнок А.А.</i> МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТЬ ПРИ КАЛИБРОВКЕ ТЕРМОМЕТРОВ ПОГРУЖНОГО ТИПА | 255 |
| <i>Корякин М.С., Романчук В.М.</i> О ВЫБОРЕ ШКАЛЫ СУБЪЕКТИВНОГО ИЗМЕРЕНИЯ | 256 |
| <i>Кошель И.В., Самохвал П.М.</i> АНАЛИЗ ПРИЕМЛЕМОСТИ И АДЕКВАТНОСТИ СТАНДАРТНЫХ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ В АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ..... | 257 |
| <i>Краевская У.И., Серенков П.С.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СМК С ПОЗИЦИИ ВЫЯВЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИОННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ | 258 |
| <i>Лось А.А.</i> ИНТЕГРИРОВАННАЯ КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ ОСНОВА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ..... | 258 |

| | |
|--|-----|
| <i>Лось А.А., Серенков П.С.</i> ОСОБЕННОСТИ МЕНЕДЖМЕНТА РИСКОВ НА РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ ИЕРАРХИИ ПРОЦЕССОВ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА | 259 |
| <i>Рутковский С.В., Спесивцева Ю.Б.</i> ИЗМЕРИТЕЛИ МОЩНОСТИ СВЧ | 260 |
| <i>Сенюта В.В., Романчук В.М.</i> КОРРЕКТИРОВКА МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИЗМЕРЕНИЙ | 261 |
| <i>Сорокина А.А., Серенков П.С., Романчук В.М.</i> МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ЯЩИК ПОДХОДОВ К ОЦЕНИВАНИЮ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ | 262 |
| <i>Сорокина А.А., Серенков П.С., Романчук В.М.</i> МЕТОД ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ КАК АЛЬТЕРНАТИВНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ БАЙЕСОВСКОГО ПОДХОДА К ОЦЕНИВАНИЮ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ | 263 |
| <i>Телюк В.Д., Токарь О.В.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСКА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ШРИФТА | 264 |
| <i>Ткачѳв Д.Д., Спесивцева Ю.Б.</i> АНАЛИЗАТОР ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ | 265 |
| <i>Филин В.Д., Матвеев В.В.</i> УПРАВЛЕНИЕ УКАЗАТЕЛЕМ КУРСА «УК-1» ПРИ ПОМОЩИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА «ARDUINO UNO» | 266 |
| <i>Филин В.Д., Родионова В.Ю., Матвеев В.В.</i> РЕАЛИЗАЦИЯ ГИПОТЕЗЫ КОЛЛАТЦА В СРЕДЕ MATHCAD | 267 |
| <i>Чжан Ю., Ницецки Л., Боголюбский Д.Д., Савкова Е.Н.</i> ФЕНОМЕНЫ И АНОМАЛИИ ЗРИТЕЛЬНЫХ ВОСПРИЯТИЙ КАК ФАКТОРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СВЕТОВОЙ СРЕДЫ | 268 |
| <i>Шевцова А.В., Токарь О.В.</i> ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО ШРИФТА УНИВЕРСАЛЬНЫМ СРЕДСТВОМ ИЗМЕРЕНИЯ | 269 |
| <i>Якуть Ю.П., Соколовский С.С.</i> АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ПОГРЕШНОСТИ КОМПЛЕКСНОГО ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ | 270 |

Научное издание

**НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ**

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

Минск, 20–22 апреля 2022 г.

Подписано в печать 11.04.2022. Формат 60×84 ¹/₈. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 32,78. Уч.-изд. л. 12,82. Тираж 60. Заказ 204.

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.