

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ  
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

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

*14–16 апреля 2021 г.*

Минск  
БНТУ  
2021

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 *Л. М. Лыньков*,  
доктор технических наук *А. П. Крень*

Издание включает материалы 14-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 978-985-583-634-7

© Белорусский национальный  
технический университет, 2021

## **СЕКЦИЯ 1. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ**

UDC 004.432

### **ANALYSIS OF PROGRAMMING LANGUAGES FOR DEVELOPMENT OF SOFTWARE IN MEDICAL ENGINEERING**

Student gr. PB-82 Yukhymenko Y.A.  
PhD, Assoc. Prof. Stelmakh N.V.  
National Technical University of Ukraine  
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

One of the most important parts in usage of medical equipment is its speed and precision of results. All this is also ensured through the use of modern powerful hardware in the devices. But an important place is also occupied by optimization and configuration of software which allows more appropriate (both economically and practically) to use the capabilities of the hardware [1].

All programming languages can be divided into low-level and high-level languages. It makes no sense to consider low-level languages in this article, because in modern realities they are almost never used in practice. High-level, in turn, are divided into compiled, compiled into a virtual machine and interpreted.

The essence of compiled programming languages is that the written source code is translated into machine. The speciality of such languages is that you can run programs only on the operation system under which it was compiled. There are such programming languages as C/C ++.

Languages compiled for a virtual machine (such as Java or C #) are not compiled into machine code, but into bytecode. Such programs require a so-called "virtual machine" for their work, which in turn will compile bytecode into machine code. The obvious disadvantage of this type of program is the increased demand for the hardware power of the device, as it is necessary to service not only the program itself, but also the virtual machine

Interpreted languages (such as Python) differ in that programs written in it are not compiled into bytecode, but interpreted sequentially. This process, in turn, also requires increased hardware power, because sequential interpretation consumes much more hardware resources than direct compilation into machine code.

As described above, medical equipment (both diagnostic and therapeutic) requires speed, which is ensured by the rational use of hardware resources. From the above analysis, it can be concluded that compiled programming lan-

guages are best suited for microcontrollers in medical devices because they require the least amount of hardware resources without losing functionality.

### References

1. Yukhymenko Y.A., Stelmakh N.V. THE USE OF NEURAL NETWORKS AND MACHINE LEARNING FOR ANALYSIS AND PROCESSING OF TOMOGRAPHY RESULTS // Yukhymenko Y.A., Stelmakh N.V. // Новые направления развития приборостроения. Материалы 13-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов. БНТУ, Минск, 2020. – С. 40.

УДК 004.942

## КОНЦЕПЦИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ В УМНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Аспирант Аксютенко И.С.

Д-р техн. наук, профессор Гераимчук М.Д.

Киевский политехнический институт им. Игрия Сикорского

Промышленность сегодня переживает серьезное реформирование с внедрением нескольких новых и инновационных концепций и практик. Общим знаменателем многих из этих концепций является цифровизация, когда разрабатываются новые ИТ-инструменты и системы поддержки, отвечающие новым возникающим требованиям. В научном сообществе и академических кругах в течение долгого времени проводились многочисленные исследования в этих областях. Сообщество по стандартизации также принимает активное участие в этом исследовании, поскольку стандарты являются фундаментальным фактором производства будущего и его различных концепций [1]. Одной из таких новых концепций является концепция цифровых двойников, которую можно описать как виртуальная модель, которая отражает физический объект или процесс на протяжении всего его жизненного цикла, обеспечивая мост между физическим и цифровым мирами, близкий к реальному времени. Эта технология позволяет удаленно контролировать и управлять оборудованием и системами, а также прогнозирование отказов.

Для функционирования концепции цифрового двойника требуются различные элементы, в том числе:

Датчики, фиксирующие рабочее поведение активов и процессов (вибрация, температура, давление и т. д.), а также условия их функционирования (температура, влажность и т. д.).

Сети связи, обеспечивающие безопасную и надежную передачу данных с физических устройств в цифровой мир.

Цифровая платформа, которая будет служить хранилищем данных.

Комбинируя эти источники данных, можно получить полезную информацию для принятия решений с использованием передовых алгоритмов искусственного интеллекта и машинного обучения.

### Литература

1. Lu Y. Current Standards Landscape for Smart Manufacturing Systems [Электронный ресурс] / Y. Lu, K. Morris, S. Frechette // National Institute of Standards and Technology (NIST). – 2016. – Режим доступа к ресурсу: <https://www.nist.gov/publications/current-standards-landscape-smart-manufacturing-systems>.

УДК 531.383

## ПОПЛАВКОВЫЙ ИНТЕГРИРУЮЩИЙ ГИРОСКОП

Студент гр. 120881 Андронов К.М.

Кандидат техн. наук, доцент Погорелов М.Г.

ФГБОУ ВО «Тюльский государственный университет»

В работе рассматривается поплавковый интегрирующий гироскоп (ПИГ), который представляет собой гироскопическое устройство, применяемое на движущихся объектах и предназначенное для измерения угла поворота объекта [1]. Принципиальная схема интегрирующего гироскопа (ИГ) приведена на рис.

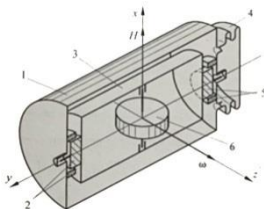


Рис. Принципиальная схема поплавкового интегрирующего гироскопа

Гиromотор 6 в подшипниковых узлах смонтирован в рамке, которая выполнена в виде герметичного поплавка 3, установленного в подшипниковых опорах в герметичном цилиндрическом корпусе 1. Жидкость, располагаемая в зазоре между элементами 1 и 3, обеспечивает практически нулевую плавучесть поплавка 3 с гиromотором 6, которые в совокупности называют поплавковым узлом. Поплавковый узел имеет свободу вращения относительно выходной оси  $y$ . При появлении переносной угловой скорости  $\omega$ , вокруг оси чувствительности вокруг оси  $Z$  поплавковый узел прецессирует вокруг оси угла поворота которого может быть измерен датчиком угла 2. Жидкость в корпусе обеспечивает не только нулевую плавучесть поплавковому узлу, но и его демпфирование при вращении вокруг оси  $y$ . На противоположной торцевой поверхности поплавка может

быть установлен датчик момента 5. Жидкость заполняет также сильфон 4 (емкость с упругими гофрированными стенками), полость которого сообщается с полостью корпуса 1.

ПИГ до настоящего времени остается одним из наиболее распространенных типов гироскопов в гражданской авиации, в частности, в трехосных гиросtabilизаторах и гиросплатформах.

### Литература

1. Распов В.Я. Теория гироскопических систем. Инерционные датчики: / В.Я. Распов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Тульский государственный университет. Тула: Издательство ТулГУ, 2012. – 256 с.

УДК 621.396

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ КЛАПАН СБРОСА ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ СРЕДЫ

Студент гр. 11312117 Ардашев Д.С.

Кандидат техн. наук, доцент Савёлов И.Н.

Белорусский национальный технический университет



Рис. Электромагнитный клапан

На предприятиях, работающих в области атомной энергетики, существует множество трубопроводов и контуров, в которых постоянно перекачиваются различные агрессивные жидкости и газы под высоким давлением. Одним из средств для защиты от возникновения аварийной ситуации может являться клапан сброса избыточного давления или объема технологической жидкости.

Целью данной работы являлась разработка конструкции электромагнитного клапана сброса избыточного давления рабочей среды, внутри 1-го контура атомной электростанции, посредством сброса избыточного объема в отводящий трубопровод.

Разработано техническое задание на проектирование конструкции электромагнитного клапана сброса, предусматривающая эксплуатацию в условиях воздействия агрессивных сред (NOx) и степень защиты корпуса управляющего электромагнита - IP X9 по ГОСТ 14254-2015.

Основным материалом для изготовления корпуса и внутренних деталей конструкции является отожжённый титан, обеспечивающий эксплуатацию в заданных условиях. Для обеспечения герметизации корпуса при давлении не более 160 технических атмосфер и температуры до + 400 °С прокладки уплотнения выполнены из листа свинцового марки С1. При помощи расчётов определено требуемое усилие сжатия уплотнительного элемента и подтверждена правильность выбора посадки сопрягаемых элементов клапана.

Твердотельная модель клапана (рис.) и рабочие чертежи деталей были разработаны при помощи САПР SolidWorks.

В результате выполненной работы требования технического задания выполнены полностью.

УДК 621

## АДРЕСНЫЙ ПАССИВНЫЙ ОБЪЕМНЫЙ ИНФРАКРАСНЫЙ ИЗВЕЩАТЕЛЬ

Студент гр. 11301118 Баранов К.Д.

Ст. преподаватель Исаев А.В.

Белорусский национальный технический университет

Для обработки сигналов, поступающих по двум каналам с чувствительного элемента извещателя – счетверенного пироэлемента, используются полосовые усилители и два сдвоенных компаратора. В качестве антимаскировочной защиты применяются ИК-светодиод и фототранзистор, функциональная схема устройства приведена на рисунке 1а).

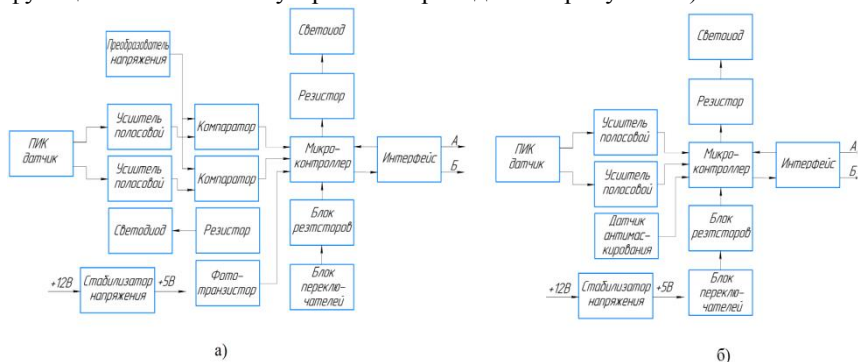


Рис. 1 . Электрические функциональные схемы устройств

Использование современной микроконтроллерной техники и цифровых устройств позволяет улучшить рассматриваемый извещатель. Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) в микроконтроллере своим функци-

аналом заменяет четыре аналоговых компаратора и в этом случае также отпадает необходимость использования микросхемы преобразователя напряжения. Для этого два канала с сигналом, поступающим с пирозлемента, подключаются к каналам встроенного АЦП микроконтроллера, настроенных на параллельную работу. Кроме того, существуют датчики отслеживания загрязнения оптической системы, которые позволяют заменить собой ИК-светодиод и фототранзистор. Улучшенная функциональная схема устройства приведена на рисунке 1б).

Перечисленные изменения повышают надежность работы устройства, повышают его быстроту работы и уменьшают габариты печатной платы.

УДК 624.012.45

### **ИЗМЕРЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ МНОГОПУСТОТНЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ**

Студенты гр. ПГС-456 Величко Д.В., Сивак В.И.

Кандидат техн. наук, доцент Корнеева И.Б.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Для определения деформаций и перемещений использовались следующие устройства: тензорезисторы 1, 2, 3 и 4 на верхней плоскости плиты (рис. 1), 5 и 6 на боковой поверхности в сжатой зоне и 7 на боковой поверхности у нижней грани; индикаторы 1 и 9 на боковой поверхности плиты в растянутой зоне, 2 и 8 тоже на боковой поверхности, но в сжатой зоне, 3, 4, 5, 6 и 7 на верхней плоскости плиты, прогибомеры посредине пролета с каждой стороны.



Рис. 1. Тензорезисторы и плата

Для снятия показаний с тензорезисторов была изготовлена специальная плата, с помощью которой измеряется электрическое сопротивление, что превращается в цифровой код, который передается на внешний компьютер по последовательному интерфейсу COM (высокоскоростной режим).



Многopустотная плита перекрытия ПК 30.12-8 имеет размеры в плане 1190x2980 и высоту 220 мм, расход бетона 0,43 м<sup>3</sup>, стали – 12,74 кг, масса панели 1080 кг [1].

Для испытаний железобетонных изделий серийного изготовления рекомендуется: при проверке прочности применять ступени («доли») нагрузки, не превышающие 10% ее контрольного (то есть максимального) значения, а при проверке жесткости – 20% соответствующей контрольной; при проверке трещиностойкости после приложения нагрузки, равной 90% соответствующей контрольной, каждую последующую долю загрузки, вплоть до момента появления трещин, следует принимать не более 5% контрольной [2].

Для облегчения обработки результатов испытаний последовательные ступени нагрузки должны быть по возможности одинаковыми. Начальную ступень нагружения рекомендуется брать небольшой (не более 10 % ожидаемой максимальной нагрузки), поскольку в начале приложения усилий часть их идет на обжатие прокладок в опорах и под нагрузочными приспособлениями, обтяжку тяг и т. д.

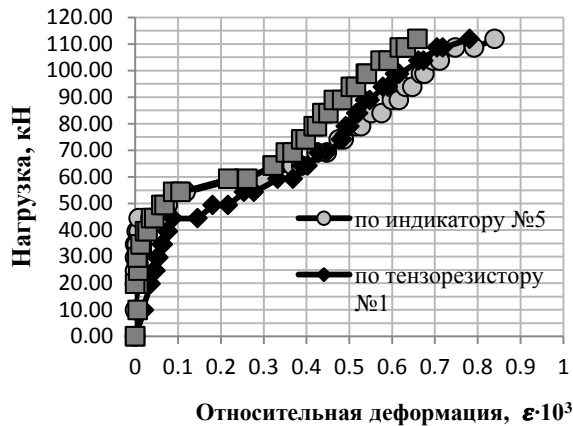


Рис. 2. Относительная деформация по показаниям одинаково расположенных индикаторов и тензорезисторов

Для уменьшения этих потерь прибегают к повторным приложениям и снятиям начальной ступени нагружения. Такие повторные нагрузки полезны также и для проверки возвращения «на нуль» показаний установленных приборов.

### Литература

1. Плити перекриттів залізобетонні багатопустотні для будівель і споруд. Технічні умови: ДСТУ Б В.2-6-53:2008. – [чинний від 2010-01-01]. – К.: Мін-регіонбуд України, 2008. – 39 с. (Національний стандарт України).

2. Изделия строительные бетонные и железобетонные сборные. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости: ДСТУ Б В.2.6-7-95 (ГОСТ 8829-94). – [Введен с 1995-11-16]. – К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. – IV, 30 с. – (Національний стандарт України).

УДК 621.396

## ИЗМЕРИТЕЛЬ ПЛОТНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНА

Студент гр. 11303118 Веренич М.С.

Кандидат техн. наук, доцент Савёлов И.Н.

Белорусский национальный технический университет

Измеритель плотности асфальтобетона представляет собой переносный измерительный прибор, предназначенный для выявления неуплотнённых участков дорог и определения наиболее эффективных траекторий движения катков в процессе укладки асфальта.

Целью данной работы являлась разработка конструкции измерителя плотности асфальтобетона климатического исполнения УХЛ1 и степень защиты устройства IP 66.

Конструктивно измеритель плотности асфальтобетона выполнен в разъёмном корпусе, что обеспечивает его ремонтпригодность и замену вышедших из строя элементов. В качестве материала использовался АБС-пластик 0809-30. Для обеспечения требуемого уровня герметизации сопрягаемые поверхности защищены прокладкой уплотнения.



Рис. Измеритель плотности асфальтобетона

Синхронизация с внешними устройствами осуществляется посредством интерфейса USB, тип А. Резиновая заглушка оригинальной конструкции защищает разъём от попадания пыли и влаги.

В качестве панели управления разработана плёночная панель с эллипсообразными клавишами мембранного типа. Данная панель состоит из 12 клавиш, цвет клавиш был выбран для упрощения пользования прибором.

При помощи САПР SolidWorks разработаны твердотельные модели и рабочие чертежи составных частей устройства и конструкции в целом (рис.). Разработанная конструкция измерителя плотности асфальтобетона полностью удовлетворяет требованиям технического задания.

**ИНФРАКРАСНЫЙ ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИК ДЛЯ ЛИНИИ СВЯЗИ  
ОХРАННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ НА РАССТОЯНИЯ 100–2000 М**

Студент гр. 11301116 Габец В.А.

Ст. преподаватель Василевский А.Г.

Белорусский национальный технический университет

Оптоволоконный кабель для стационарных каналов связи в настоящее время не имеет конкурентов. Однако в условиях плотной застройки, в городских условиях, требуется лицензия на прокладку и использование каналов. Затруднение канализации оптоволоконных каналов вызывают также естественные препятствия, к примеру, река. Во многих случаях привлекательными становятся каналы с открытым лазерным инфракрасным лучом. В настоящее время имеются лазерные модули со слабо расходящимся лучом диаметром порядка 1 мм. При этом открывается возможность осуществить передачу открытым инфракрасным лучом на расстояние до 10 км.

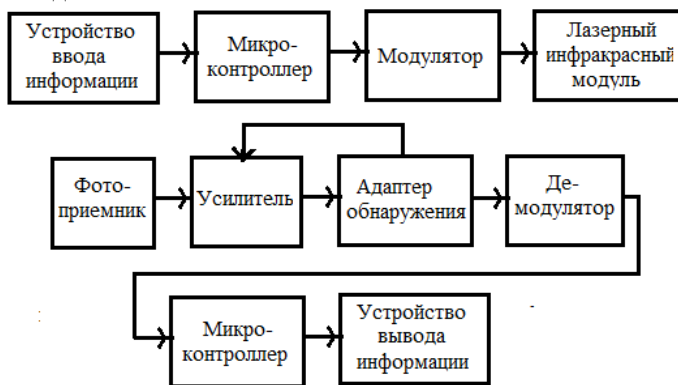


Рис. Схема приемно-передающего устройства открытого инфракрасного канала связи

Проблемы, возникающие при прохождении открытого луча в атмосфере, компенсируются усложнением приемника и дефокусировкой пучка. На расстояниях до 2 км такие каналы вполне конкурентоспособны и при этом имеют достаточно высокий уровень безопасности т. к. до луча очень сложно дотянуться, а также определить его наличие.

## ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В P-N-СТРУКТУРАХ

Студент гр. 11303119 Головня К.Ч.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Сопряков В.И.  
Белорусский национальный технический университет

Контроль качества полупроводниковых структур в процессе технологии их изготовления является актуальной задачей. Наиболее чувствительной величиной, характеризующей их совершенство, является время жизни неравновесных носителей заряда ( $\tau$ ). В работе предложен метод измерения  $\tau$  путем измерения фототока  $p^+$ - $n$ -перехода.

Зависимость плотности фототока ( $j$ ) резкого  $p$ - $n$ -перехода от обратного напряжения ( $U$ ) определяется только шириной области пространственного заряда ( $h$ ):

$$j(U) = eG[L_p + h(U)], \quad (1)$$

где  $G$  – постоянная скорость генерации электронно-дырочных пар;  $L_p$  – диффузионная длина дырок в  $n$ -области. Вычисляя  $h(U)$  и дифференцируя, можно получить зависимость,

$$(dj/dU)^{-2} = (2/eGa)^2(U + U_k), \quad (2)$$

которая представляет прямую линию с наклоном  $\Delta(dj/dU)^{-2} / \Delta U = K$ , где  $a = (\epsilon\epsilon_0 / 2\pi eN_d)^{1/2}$ ,  $N_d$  – концентрация мелких доноров. Учитывая, что время жизни дырок в базовой области  $\tau_p = L_p / D_p$ , где  $D_p$  – коэффициент диффузии дырок, из (1) следует:

$$\tau_p = (a^2 / D_p)[0,5K^{1/2}j(U) - (U + U_k)^{1/2}]^2. \quad (3)$$

Измерения проводились при нормальной температуре на постоянном токе, при освещении образца со сколотыми боковыми гранями лампой накаливания, что обеспечивало условие однородной генерации электронно-дырочных пар. Предложенным методом были исследованы четыре серии кремниевых  $p^+$ - $n$ -структур с концентрацией фосфора в диапазоне  $(3...5) \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ : 1, 2 – изготовлены ионным внедрением бора (2 – облученные электронами); 3, 4 – получены диффузией бора (4 – с примесью золота). Рассчитанное время жизни дырок для различных серий: 1–110 нс, 2–12 нс, 3–320 нс, 4–40 нс. Как видно, метод дает результаты, хорошо коррелирующие с технологией изготовления и внешними воздействиями, что может быть использовано для контроля их влияния.

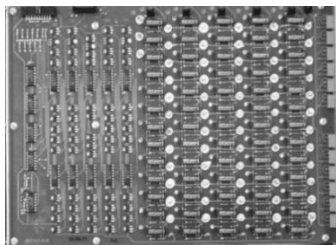
## ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ МАТРИЧНОГО КОММУТАТОРА

Студент гр. 740401 Гришковец И.А.<sup>1</sup>  
Лисенков Б.Н.<sup>2</sup>

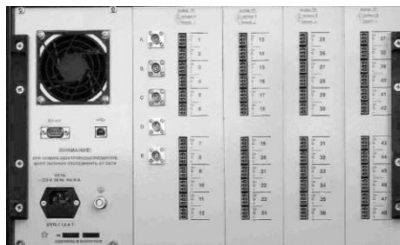
<sup>1</sup>Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники,  
<sup>2</sup>ОАО «МНИПИ»

Матричный коммутатор (МК) используется в системах измерения параметров полупроводниковых приборов для автоматизации операций по подключению электродов одного из объектов тестирования к источникам и измерителям испытательных сигналов.

Разработан матричный коммутатор, объемом  $5 \times 48$ , включающий 4 модуля коммутации объемом  $5 \times 12$  (рис.). Конструкция МК обеспечивает формирование эквипотенциальной поверхности (охраны), окружающей коммутируемый сигнал по всей цепи, что позволяет достичь высоких значений сопротивления изоляции ( $>10$  ГОм), малых токов утечки ( $<0,1$  нА) и широкой полосы пропускания (10 МГц) коммутатора.



Модуль коммутации  $5 \times 12$



Задняя панель коммутатора

Рис. Узлы матричного коммутатора

Модуль коммутации выполнен на двоярных герконных реле в DIP-корпусе. Один из герконов отвечает за коммутацию испытательного сигнала, другой за коммутацию сигнала охраны. Эти сигналы поступают на каждую из 5-ти линий матрицы коммутации с выхода соответствующего канала измерителя параметров полупроводниковых приборов ИППП-1/3 по триаксиальным кабелям, включая канал «общего провода» (0 В).

Розетки для подключения измерителя (5 шт.) и выходные разъемы колонок матрицы коммутации, в качестве которых используются клеммники разъемные 15EDGRC-3,81-03P (48 шт.), допускающие применение триаксиальных кабелей, расположены на задней панели коммутатора (рис.).

Клеммники распаяны непосредственно на печатной плате модуля коммутации на стороне, прилегающей к задней панели.

**ГИРОСКОП С ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИМ ПОДВЕСОМ**

Студент гр. 120881 Грищенко А.С.

Кандидат техн. наук, доцент Погорелов М.Г.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

В работе рассмотрен электростатический гироскоп (ЭСГ) с неконтактным подвесом сферического ротора, который удерживается во взвешенном состоянии с помощью сил электрических полей.

Принципиальная схема ЭСГ приведена на рис.

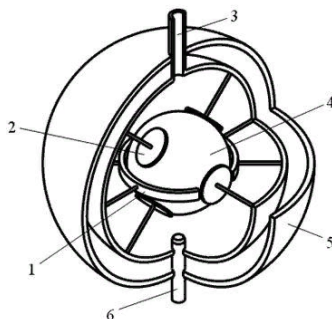


Рис. Принципиальная схема гироскопа с электростатическим подвесом ротора

Подвес ротора 4 осуществляется с помощью трех пар электродов 2. Корпус 5 гироскопа герметизирован и вакуумирован до значений остаточного давления порядка ( $10^{-7} \dots 10^{-9}$ ) Па. Для поддержания вакуума полость корпуса через газотвод 3 постоянно сообщена с вакуум-насосом либо используется «getter-насос», имеющий элементы, на которых «оседают» молекулы, которые выделяются из элементов конструкции из-за вакуума. Разгон осуществляется путем взаимодействия электромагнитного поля статора 1 с вихревыми токами, индуктируемыми на поверхности ротора. Положение оси собственного вращения ротора относительно корпуса определяется с помощью счетно-решающего устройства, работающего по сигналам ортогонально расположенных датчиков 6 [1].

Актуальность ЭСГ заключается в их широком применении в качестве построителей опорной системы координат в инерциальных навигационных системах, а также системах навигации гражданских подвижных объектов с длительным сроком работы.

**Литература**

1. Распопов В.Я. Теория гироскопических систем. Инерциальные датчики. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. – 253 с.

## ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Студент гр. 443 Гусенников Е.Н.

Д-р техн. наук, профессор Юран С.И.

ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия»

Для закрепления теоретического материала по системам автоматического регулирования по дисциплине «Автоматика» разработан, собран и испытан лабораторный стенд. На нём возможно проводить две лабораторные работы: «Система автоматического регулирования температуры» и «Система автоматического регулирования освещённости». Структурно обе лабораторных работы реализованы на одном микроконтроллере Arduino Nano. Выбор данного контроллера обусловлен простотой работы с контроллером. Кроме этого, на примере программы, написанной для Arduino, легко обучить студентов основам программирования контроллеров.

В температурной цилиндрической камере установлены две лампы накаливания, которые исполняют роль теплового элемента. Для измерения температуры в камере служат два датчика температуры. Первый датчик используется для передачи сигнала на вход микроконтроллера, а второй – для визуализации на дисплее стенда температуры в камере. Перед проведением опыта по снятию переходной характеристики системы автоматического регулирования (САР) температуры студенты программируют контроллер, выставляя в том числе заданную температуру и зону нечувствительности. После стабилизации температуры в камере студенты по переходной характеристике определяют показатели качества работы САР температуры.

Камера освещённости для второй лабораторной работы состоит из пластмассовой ёмкости с размещёнными в ней шестью светодиодами, которые разделены на две группы. Первая группа светодиодов отвечает за моделирование условий освещённости камеры. Вторая группа предназначена для компенсации недостатка освещённости. Внутри камеры подведён датчик освещённости, подключенный к плате контроллера. Параллельно с датчиком включён вольтметр, предназначенный для вывода результатов измерения напряжения с датчика на дисплей. Для регулировки яркости моделируемых условий освещённости используется переменный резистор с вращающимся регулятором. Последовательно со светодиодами компенсирующего освещения подключен амперметр, для визуализации проходящего через светодиоды тока. Запрограммировав контроллер, студенты проводят измерения и дают оценку качеству регулирования.

Основные узлы разработанных САР можно использовать при создании систем, обеспечивающих заданные параметры микроклимата в теплицах.

## ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ СНЕГА

Студент гр. 11902117 Данильчук К.В.

Ст. преподаватель Ломтев А.А.

Белорусский национальный технический университет

Данный датчик может применяться в системах снеготаяния и обледенения снега. Эту систему можно применить в частных домах, в жилых домах, в производственных предприятиях и в общественных местах.

Для обогрева и таяния снежного покрова шириной 5 мм от  $-15^{\circ}\text{C}$  до  $0^{\circ}\text{C}$  нужно ориентировочно 0,5 кВт энергии. Плотность свежевыпавшего снега составляет  $0,1 \text{ г/см}^3$ , во время метели плотность снега может достигать до  $0,12..0,18 \text{ г/см}^3$ . При годичной норме выпадения осадков 600 мм в год в виде снега выпадает приблизительно 1/3 часть – 200 мм. И поэтому, для того, чтобы убрать снег с  $1 \text{ м}^2$  нужно приблизительно 18 кВт в год прямых расходов энергии [1].

Чтобы подключить эту систему, нужно подогреть плиту до рабочей температуры.

Проведенные расчёты показывают, что применение данной системы позволяет добиться экономии энергии до 70%. При маленьких площадях эту систему лучше не применять, так как срок окупаемости системы может получиться большим.

В качестве преобразователя был применён датчик температуры и влажности, который устанавливается в большом пространстве скопления снега. Так как система может быть на нескольких уровнях, то датчик устанавливается на нижнем уровне.

Данная система функционирует только при отрицательных температурах и попадании снега на датчик. Возможно применение двух датчиков температуры и влажности, подключенных к одному термостату, которые находятся в различных зонах. Анализ показывает, что ручной режим является более экономичным, но эту систему приходится включать вручную при скоплении снега.

Функциональная схема системы включает себя датчик температуры и влажности, запорные клапаны, манометр, контроллер снеготаяния, предохранительный клапан, двухходовой клапан и т. д.

В работе был произведён также анализ источников методических и инструментальных погрешностей выбранной системы.

### Литература

1. Система снеготаяния и обледенения [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www/thermotech/ru](http://www/thermotech/ru). Дата доступа: 16.09.2019.



## ИЗМЕРИТЕЛЬ ПАРАМЕТРОВ ЦВЕТНОСТИ RGB-METER

Студент гр. 11303117 Дешко Д.О.

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

д-р техн. наук, профессор Гусев О.К.

Белорусский национальный технический университет

Измеритель параметров цветности RGB-meter служит для цветовых измерений, контроля и управления цветом в промышленной автоматике, бытовой технике, текстильной промышленности, светодиодной подсветке ЖК-дисплеев и телевизоров, измерения цвета в портативном медицинском оборудовании и т. д.

Прототип устройства выполнен на базе микроконтроллера Atmega328 и датчика цветности TCS230. Данный датчик имеет высокое разрешение конверсии счёта в частоту, малую погрешность выходной частоты, не превышающую 0,2%, работает напрямую с микроконтроллером, имеет функцию автоматического отключения питания. Информация о результате измерений после обработки сигналов датчика отображается на двухстрочном жидкокристаллическом дисплее LCD1620. Результат измерения падающего излучения от «цветного» осветителя или отраженного от цветной поверхности в цветовом RGB пространстве отображается на верхней строке дисплея в виде процентного отношения (0–100%) или в относительных значениях в диапазоне от 0 до 255 единиц. При обнаружении простых цветов на нижнюю строку дисплея дополнительно выводятся их названия на английском языке: «RED», «YELLOW», «MAGENTA» и т. д. В таком исполнении прибор может использоваться в устройствах контроля и диагностики.

Модификация RGB-Meter обеспечивает управление яркостью RGB светодиодов таким образом, что комбинированный цвет излучения этих светодиодов является дополняющим к цвету, определенному при измерении. При этом поверхность, освещаемая контролируемым цветовым потоком и дополнительными светодиодами всегда будет иметь нейтральную цветность (оттенки серого от белого к черному). Реализация этой функции удобна для организации рабочих мест, рабочая поверхность которых не должна изменять цветность при использовании «цветных» источников света.

Прототип RGB-Meter требует периодической калибровки по абсолютным значениям интенсивности оптического излучения, попадающего на датчик. Поэтому следующим шагом в разработке измерителя параметров цветности должно быть использование датчика «серого» для автоматической калибровки RGB-Meter перед каждым измерением цветности. Другими направлениями развития цветовых измерений может быть контроль цветности световых вспышек и измерение пульсаций светового потока по цветовым составляющим.

## УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОП

Студент гр. 11312117 Евженко А.А.

Кандидат техн. наук, доцент Савёлов И.Н.

Белорусский национальный технический университет

Ультразвуковые дефектоскопы используются не только для контроля качества стальных и других металлических конструкций, но и для контроля изделий из пластиковых и композитных материалов, стекловолокна и керамики.

Целью данной работы являлась разработка конструкции ультразвукового дефектоскопа и выбор материалов конструкции в соответствии с условиями эксплуатации: климатическое исполнение УХЛ 2 и степень защиты конструкции IP 55.

Конструкция дефектоскопа выполнена в виде разъёмного корпуса для обеспечения ремонтпригодности изделия. Герметизацию конструкции обеспечивают плёночная панель управления прибором, прокладка уплотнения из силиконовой резины для поверхностей сопряжения частей корпуса и заглушки коммутационных интерфейсов USB и BNC. Отсек для установки элементов питания также выполнен герметичным.



Рис. Ультразвуковой дефектоскоп

При помощи расчётов определены необходимое усилие сжатия прокладки уплотнения – не более 820 Н и минимальный диаметр винта для соединения основания и крышки. Из конструкторских соображений были выбраны винты М4 в соответствии с ГОСТ 1491-80.

Твердотельная модель конструкции (рис.) и рабочие чертежи деталей выполнены при помощи САПР SolidWorks.

## ДАТЧИК УГЛА КРЕНА ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА НА БАЗЕ ВОЛНОВОГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ГИРОСКОПА

Аспирант Каликанов А.В.

Кандидат техн. наук, доцент Погорелов М.Г.  
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

К подвижным объектам, для которых необходимо определить угол крена, относятся, прежде всего, беспилотные летательные аппараты гражданского назначения (БПЛА). В настоящее время при все возрастающих требованиях к точности и уменьшению массогабаритных параметров, актуальна тема исследования построения датчика угла крена на волновом твердотельном гироскопе (ВТГ). Следует отметить, что в настоящее время ВТГ является одним из наиболее перспективных гироскопических приборов, предназначенных для определения угла поворота в бесплатформенных инерциальных навигационных системах. В основе работы ВТГ лежит использование механических колебаний стенок сосудов, которые используются как резонаторы колебания. Конструкция ВТГ имеет форму полусферической оболочки или бокала с жестко зафиксированной точкой крепления на основании полусферы. Колебания оболочки обеспечиваются набором электродов, помещенных по окружности полусферы. Эти электроды придают оболочке движение за счет действия электрических сил. Электроды из второго набора, расположенные внутри по окружности оболочки, измеряют амплитуды пучностей узлов [1]. Эти электроды съема измеряют (воспринимают) смещение оболочки за изменения емкости.

Принцип измерения угла крена подвижного БПЛА с помощью ВТГ осуществляется следующим образом: когда БПЛА неподвижен, положение пучностей и узлов стоячей волны стабильно относительно резонатора. Однако если БПЛА будет совершать вращение с угловой скоростью  $\Omega$ , то есть повернется на определенный угол по крену, стоячая волна будет отставать от физического вращения резонатора на определенный период. Для полусферической оболочки отставание составляет примерно 0,3 от угла поворота (коэффициент 0,3 – геометрический масштабный коэффициент гироскопа) [2]. Таким образом, зная угол поворота волны относительно резонатора, можно рассчитать угол поворота ЛА. В данной работе подробно анализируются достоинства и недостатки такого способа измерения.

### Литература

1. Распопов В.Я. Теория гироскопических систем. Инерциальные датчики/ В.Я. Распопов // Тула: Издательство ТулГУ, 2012. – 252 с.

2. Мейер Д., Розелле Д. Инерциальная навигационная система на основе миниатюрного волнового твердотельного гироскопа // Гироскопия и навигация. – 2012. – № 3. – С. 45–54.

УДК 624.012.45

## **НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МНОГОПУСТОТНЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ**

Студенты гр. ПГС-456 Кальчев И.К., Лыхва М.В.

Кандидат техн. наук, доцент Неутов С.Ф.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Испытания проведены в лаборатории кафедры строительной механики ОГАСА на специально изготовленном для этих целей стенде (рис.).

Силовое устройство стенда состоит из четырех стоек (1) и двух опорных балок (2), соединенных между собой в один жесткий пространственный элемент, на который опирается железобетонная плита (3). Нагрузка создается с помощью домкрата мощностью 300 кН (4), который своей нижней плоскостью давит на двухуровневую перекрестно-балочную систему (5), а через нее на железобетонную плиту. Верхний шток домкрата упирается в двуглавую балку (6), которая одновременно является кран-балкой для тельфера грузоподъемностью 30 кН. Для того, чтобы все усилия уравнивались в пределах стенда, верхняя упорная балка (6) связана с нижним опорным пространственным элементом четырьмя пластинчатыми стержнями (7). Каждый пластинчатый стержень состоит из четырех пластин сечением 50х5 мм. Через каждые 24 см пластины соединены между собой высокопрочными болтами 16 мм. Прочность каждого пластинчатого стержня на разрыв 200 кН. Усилие, прикладываемое к плите, контролируется с помощью 500 кН образцового динамометра. Все усилия, создаваемые силовым устройством, уравновешены в пределах стенда. От установки на фундамент передается лишь ее собственный вес и возможный динамический удар во время хрупкого разрушения железобетонного элемента.

При проведении статических испытаний загрузку исследуемых конструкций внешней нагрузкой должно осуществляться постепенно, без рывков и ударов, чтобы исключить влияние сил инерции. Нагружение производится равными ступенями до разрушения (или пластического течения). На каждой ступени фиксируют значения нагрузки и соответствующие им значения перемещения (прогиба) плиты перекрытий, по которым затем строится график зависимости деформаций от нагрузки. На каждой ступени образец выдерживается под нагрузкой не менее времени, требуемого по нормам [1].

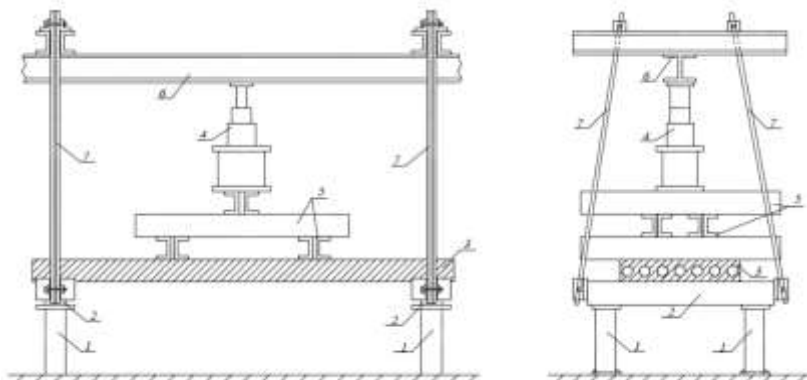


Рис. Испытательный стенд:

- 1 – стойки; 2 – опорные балки; 3 – ж/б плита; 4 – домкрат; 5 – двухуровневая перекрёстно-балочная система; 6 – верхняя упорная балка (кран-балка); 7 – пластинчатые стержни

В качестве разрушающей нагрузки принимается максимальное значение достигнутой нагрузки, при котором происходит разрушение или пластическое течение (прогрессирующий прогиб и раскрытие трещин).

#### Литература

1. Изделия строительные бетонные и железобетонные сборные. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости: ДСТУ Б В.2.6-7-95 (ГОСТ 8829-94). – [Введен с 1995-11-16]. – К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. – IV, 30 с. – (Національний стандарт України).

УДК 621.396

### АВТОМАТИЧЕСКИЙ КАЛИБРАТОР ДАВЛЕНИЯ

Студент гр. 11303118 Кастевич А.Е.

Кандидат техн. наук, доцент Савёлов И.Н.

Белорусский национальный технический университет

Автоматический калибратор давления представляет собой эталонный прибор, предназначенный для поверки и калибровки средств измерения давления.

Целью работы являлась разработка конструкции автоматического калибратора давления для его эксплуатации в тропическом макроклиматическом районе Т2 и степени защиты устройства IP45.



Рис. Автоматический калибратор давления

В ходе выполнения работы было разработано техническое задание, предоставлен перечень необходимой конструкторской документации. Методом сравнительного анализа свойств были выбраны материалы наилучшим образом обеспечивающие надёжность и защищённость конструкции. Для обеспечения соответствия требованиям технического задания корпус устройства выполнен разъёмным. Корпус изготавливается из АБС-пластика 1030.

Герметизацию конструкции обеспечивается прокладкой уплотнения и заглушкой разъема mini USB изготовленные из силиконовой резины ИРП-1265. При разработке геометрической формы корпуса прибора были учтены особенности антропометрии руки человека согласно СТБ ЕН 547-3-2003. Боковые поверхности корпуса имеют углубления, обеспечивающие эргономичность конструкции при работе оператора в производственных условиях.

Твердотельная модель конструкции (рис.) и рабочие чертежи деталей были разработаны при помощи САПР SolidWorks.

УДК 681

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ 3D–ПЕЧАТИ**

Студент гр. 11312116 Касьмин В.Ю.

Кандидат техн. наук, доцент Ризноокая Н.Н.

Белорусский национальный технический университет

3D печать, на сегодняшний день, используется во многих сферах жизнедеятельности человека. Технологию используют как в личных целях, для производства небольших деталей игрушек, предметов декора и т. д., так и в масштабах производства.

Целью работы является возможность применение простейшего 3D принтера для изготовления сложных элементов приборов.

Особенности применения изучались на основе одного из самых малобюджетных 3D принтеров использующих FDM-технологию. Пластик,

используемый в ходе печати изделий – PLA. В ходе изучения возможностей принтера, были выявлены следующие недостатки.

– Несовершенство программ преобразования моделей. Если модель имеет сложную геометрию, то при преобразовании файла с моделью в программный код для принтера возникают ошибки в этом самом коде;

– Проблема с отдельными подвижными блоками принтера. Распространенной проблемой является проскальзывание прутка пластика между подающей шестерней и прижимным роликом. Так же часто возникают люфты в разных блоках принтеров.

– Недостаточная адгезия столика. В этом случае, выдавливаемый из экструдера пластик, не прилипает к столику, вследствие чего модель отлипает и пластик выдавливается в воздух.



Рис. 1. Пример применения 3D принтера для модернизации маятника

Все эти недостатки были выявлены при создании физического маятника. 3D принтер позволил заменить элементы, выполненные из подручных материалов (рисунок 1, *а*), на элементы (рисунок 1, *б*), соответствующие заданным требованиям. Однако следует отметить, что при создании новых изделий использование 3D принтера требует кропотливой настройки всех параметров печати, которые бы нивелировали его недостатки.

УДК 004.932

## **ОЦЕНКА ОДНОВРЕМЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ КАНАЛОВ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ С КОРОТКОВОЛНОВЫМ ИНФРАКРАСНЫМ КАНАЛОМ**

Аспирант гр. аПУ/12.06.01-92 Киль И.А.

Кандидат техн. наук, доцент Погорелов М.Г.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

Коротковолновый инфракрасный (КВИК) диапазон длин волн находит все большее применение при разработке оптоэлектронных систем (ОЭС) в решении ряда гражданских задач. Например, он может применяться для определения степени увлажнённости материалов; выявления гнилых или испорченных посевов, овощей, ягод и фруктов; для определения относительного содержания влаги в растениях. Помимо этого, служ-

бы спасения применяют камеры с КВИК-диапазоном для определения очагов возгорания в лесной местности или для поиска людей в условиях затруднённой видимости, например, из-за сильной задымлённости.

На сегодняшний день, одно из важных и актуальных направлений улучшения работы ОЭС – повышение помехозащищенности [1]. Для этого КВИК-канал можно использовать как в качестве отдельного дополнительного информационного канала, так и при одновременном использовании нескольких каналов ОЭС. На основе полученных экспериментальных данных (видеоизображений) и по нормированным критериям качества изображения была выполнена обработка данных за счет статистических методов обработки, использования плотностей распределения и получения точечных оценок, характеризующих свойства полученных данных. Проведенный анализ полученных значений позволил провести оценку, которая однозначно показала перспективность применения КВИК-канала совместно с другими диапазонами ОЭС путем комплексирования полученных разными методами последовательной обработки видеоизображений.

#### **Литература**

1. Якушенков Ю.Г. Основы оптико-электронного приборостроения. – М.: Логос, 2013. – 374 с.

УДК 621.396

### **УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТЕСТЕР ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Студентка гр. 11312117 Ключеня Я.В.

Кандидат техн. наук, доцент Савёлов И.Н.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время в отрасли строительства стало необходимым контролировать качество и состояния железобетонных конструкций. Необходим всесторонний анализ факторов, влияющих на их эксплуатационные характеристики, такие как прочность, толщина защитного слоя, диаметр арматуры, теплопроводность, влажность, адгезия покрытий и т. д.

Целью данной работы является разработка конструкции ультразвукового тестера контроля состояния арматуры в железобетонных конструкциях и толщины защитного слоя бетона.

Разработано техническое задание на проектирование конструкции для эксплуатации в условиях УХЛ I и степени защиты конструкции IP56.

Прибор представляет собой электронный блок, смонтированный в пластмассовом корпусе, на боковой стороне которого жестко установлены два ультразвуковых преобразователя – передающий и приемный. УЗ пре-



образователи снабжены коническими протекторами, в вершинах которых закреплены износоустойчивые керамические наконечники. Благодаря практически точечному акустическому контакту преобразователей с поверхностью исследуемого материала, их акустическая связь с объектом контроля (ОК) обеспечивается без контактных жидкостей.

Конструкция выполнена в виде разъёмного корпуса для обеспечения ремонт пригодности конструкции. Для соответствия прибора степени защиты герметизацию конструкции обеспечивает прокладка уплотнения. В качестве панели управления используется плёночная панель.

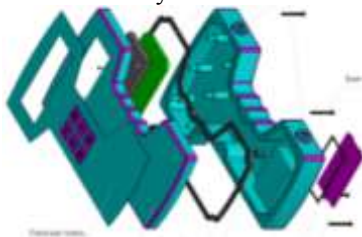


Рис. Тестер ультразвуковой

Твердотельная модель конструкции (рис.) и рабочие чертежи деталей разработаны при помощи САПР SolidWorks.

УДК 681.4

## ЦИФРОВОЙ САМОПИСЕЦ

Студент гр. 11312117 Ключеня Я.В.

Кандидат техн. наук, доцент Свистун А.И.

Белорусский национальный технический университет

Цифрой самописец предназначен для регистрации различных процессов путем записи измерительных сигналов (давление, температура, освещенность, влажность). Целью проекта является разработка цифрового регистратора с записью на SD-карту 4 каналов данных, поступающих с датчиков. Режим автономной работы прибора должен составлять не менее 4 месяцев. Регистратор устанавливается непосредственно на объекте испытаний, где производится запись информации на SD-карту. По окончании эксперимента SD-карта изымается и через считыватель SD-карт пакет данных переносится в персональный компьютер для обработки результатов эксперимента. При переносе регистратора к ПК или использовании ноутбука для переноса данных может использоваться USB-интерфейс.

Для реализации устройства выбран микроконтроллер Atmega328P из-за доступности и обилия информации по разработке устройств с данным МК. Восьмиразрядный МК Atmega328P имеет хорошую производитель-

ность, низкое энергопотребление благодаря развитым режимам энергосбережения, модуль 10-разрядного АЦП. Для прототипирования использована отладочная плата Arduino UNO REV3. Использование упрощенной версии языка программирования C++ и широкого набора библиотек работы с различной периферией, доступность модулей датчиков, исполнительных устройств и др., делает процесс прототипирования быстрым и удобным, с легким переносом проекта на базу «чистого» микроконтроллера типа AVR.

Регистратор производит запись четырех измерительных сигналов с погрешностью 0,5% и настраиваемым периодом дискретизации от единиц до десятков минут. Для работы с четырьмя датчиками требуется небольшой объем памяти SD-карты: от 0,5 МБ до нескольких МБ, в зависимости от потока данных, что делает пригодным для использования в самописце практически любых карт. Для автономной работы прибора в течение четырех месяцев расчетная емкость аккумулятора составила 3600 мА×ч. Разработан корпус самописца со степенью защиты IP 66. Использование встроенного модуля АЦП и внешних датчиков со стандартным I<sup>2</sup>C интерфейсом обеспечивает простоту модернизации и расширяемости самописца с использованием изменения в основном только встроенной программы, легко реализуемых применением бесплатно распространяемых программных средств Arduino IDE, и только стандартного USB-интерфейса, без необходимости применения внешних программаторов.

УДК 620.179(035)

## **ВИХРЕТОКОВЫЙ КОНТРОЛЬ АВИАЦИОННЫХ КОЛЕС**

Студенты гр. 11312117 Клютченя Я.В., гр. 11312118 Лукашевич А.С.

Ст. преподаватель Куклицкая А.Г.

Белорусский национальный технический университет

Наличие больших динамических нагрузок на диски колес летательных аппаратов (ЛА) во время взлета и посадки привели к необходимости введения в ремонтных и эксплуатирующих компаниях обязательных процедур по неразрушающим методам контроля авиационных колес.

При контроле авиационных колес наиболее ответственной считается зона прилегания реборды половинки колеса к цилиндрической поверхности. Наличие трещины в данной зоне может привести к разрушению реборды колеса и попаданию ее частей в двигатели ЛА. Наиболее эффективным методом для нахождения поверхностных дефектов при работе на колесно-ремонтных участках является вихретоковый метод контроля. Этот метод позволяет проводить контроль без удаления лакокрасочного покрытия. Требования производителей колес самолетов по проведению

вихретокового контроля (ВК) прописаны в нормативных документах и руководствах по эксплуатации ЛА. Проведение инспекций ВК регламентируется ручным, и автоматизированным способом контроля.



Рис. 1. Дефектоскоп ВД 3-81



Рис. 2. СВНК-Авиа

Ручной метод требует соблюдения четкой разметки колеса в соответствии с зоной захвата вихретокового преобразователя. А также внимательности дефектоскописта, выполняющего работу. Для контроля может использоваться дефектоскоп ВД 3-81 (рис. 1).

Для автоматизированного контроля колес может использоваться установка СВНК-Авиа (рис. 2). Она значительно упрощает процесс НК. Прибор обеспечивает наиболее высокую возможность выявления внутренних дефектов по сравнению с ручным контролем, имеет преимущества в хранении данных контроля в цифровом формате. Подобная система сводит риск, того что оператор упустит какой-либо дефект.

Таким образом, в результате выполнения работы было установлено, что для контроля авиационных колес следует использовать дефектоскоп ВД 3-81 и установку контроля авиационных колес СВНК-Авиа.

УДК 621.396

## **ТУМБЛЕР ВЗРЫВОЗАЩИЩЁННЫЙ**

Студент гр. 11303117 Красневский Д.Ю.

Кандидат техн. наук, доцент Савёлов И.Н.

Белорусский национальный технический университет

Взрывозащищенные конструкции электрооборудования представляют собой устройства, в которых предусмотрены конструктивные меры безопасной их эксплуатации в условиях взрывоопасной окружающей среды.

Цель данного курсового проекта: разработать модернизированный вариант тумблера типа ТВ2-1, для применения в местах с повышенной опасностью взрыва газа или пыли.

Основными задачами, решаемыми при выполнении работы, являлось конструктивное обеспечение герметичности конструкции от воздействия взрывоопасных смесей, ремонтпригодности и минимальных массогабаритных параметров.



Рис. Тумблер взрывозащищённый

Разработано техническое задание на проектирование конструкции Климатического исполнения: О1 и тепень защиты устройства: IP66.

Для решения поставленных задач был разработан защитный корпус и гофрированный защитный колпачёк оригинальной конструкции.

Расчёт правильности выбора посадки сопрягаемых частей корпуса показал, что посадка Н6/н7 позволит обеспечить безаварийную эксплуатацию устройства в заданных условиях эксплуатации. Принятые конструктивные решения позволили разработать конструкцию тумблера повышенной надёжности против взрыва ТИПА – 2ЕХЕ14-Э по ГОСТ Р 51330.

УДК 621

### **МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАНКОМ АБРАЗИВНОЙ РЕЗКИ КАМНЯ АРМИРОВАННЫМ ТРОСОМ**

Студенты гр. 11312118 Красневский Д.Ю., гр. 11312117 Ключеня Я.В.

Кандидат техн. наук, доцент Пантелеев К.В.,

ст. преподаватель Исаев А.В.

Белорусский национальный технический университет

Станок абразивной резки камня армированным тросом достаточно распространены, из-за их относительной простоты производства и конструкции, а также дешевизны самого станка.

Целью данной научной работы является разработка новой системы управления станком абразивной резки армированным тросом. Разработчиком технического задания и заказчиком данной модернизации является ООО «Природный габбро».

Для организации работы представленного оборудования разработана информационно-измерительная система, которая структурно представлена на рисунке.

Для реализации схемы управления были реализованы следующие блоки: блок управления, блок защиты персонала, блок управления двигателем постоянного тока, блок измерений параметров системы и блок индикации.

Для обеспечения безопасности, система снабжена концевиками, которые отключают электромоторы, при окончании реза основного материала, и оптоэлектронными датчиками, для отслеживания человека в периметре действия установки.

Модернизация данной установки позволит совершать полностью автоматизированную работу, регулировать параметры станка, тем самым подстраивая его под различные материалы, объёмы работы и уменьшая износ оборудования и комплектующих.

В процессе выполнения научной работы была разработана модернизация для станка абразивной резки камня армированным тросом. Данная модернизация печатной платы управления была установлена на станке КФС-2000/2500, объединенного предприятия ООО «Природный габбро».

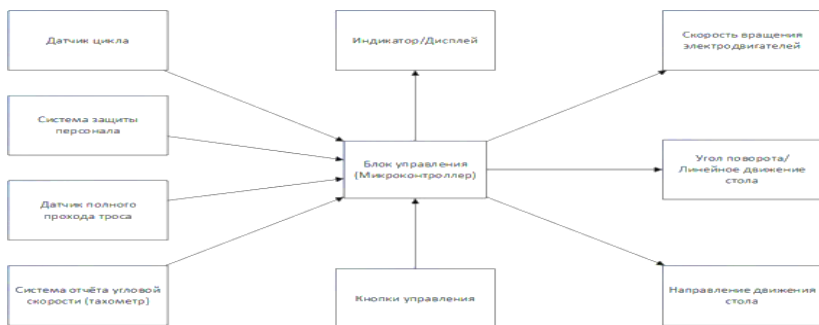


Рис.

Разработка полностью удовлетворяет всем целям научной работы и техническому заданию заказчика.

УДК 654.9

## **СИСТЕМА ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ, ОПОВЕЩЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭВАКУАЦИЕЙ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ ТРЕХЭТАЖНОГО ОБЩЕЖИТИЯ**

Студент гр. 11301116 Кузнецов В.Ю.

Кандидат техн. наук, доцент Мисюкевич Н.С.

Белорусский национальный технический университет

Разработан проект системы пожарной сигнализации, оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре трехэтажного общежития.

Исходя из НПБ 15-2007, на объекте должна быть спроектирована и установлена система пожарной сигнализации (СПС), а также в соответствии с СНБ 2.02.02.01-2001 (табл. 13) должна быть спроектирована и использована система оповещения типа СО-3.

При обнаружении очага возгорания пожарным извещателем система переходит в состояние «Внимание», происходит сброс питания (через реле сброса) извещателей в шлейфе. Если в течение времени верификации шлейф не восстанавливается в состояние «Дежурный режим», то система переходит в состояние «Пожар». Цели систем: обнаружение факторов пожара (оптическая плотность среды в дымовой камере пожарного извещателя более  $0,02 \text{ дБ/м}^3$ ; передача информации на управление техническими средствами противопожарной защиты, оповещение людей о пожаре, а также обеспечение возможности безопасной эвакуации людей до наступления угрозы их жизни из-за воздействия опасных факторов пожара. Передача сигналов осуществляется по каналам связи GSM/GPRS с помощью устройства объектового оконечного системы передачи информации УОО СПИ «Молния». Связь между ППУ и СПИ осуществлена через блок сигнально-пусковой С2000-СП1 с использованием витой пары на основе интерфейса RS-485. По такому же принципу осуществлена передача информации с ППКП на зональный коммутатор Танго ПУ/ЗК для оповещения людей о пожаре через речевые оповещатели и управление эвакуацией при помощи световых табло.

Блок индикации состояния зон пожарной сигнализации с клавиатурой дает информацию о месте обнаружения пожара с максимальной информативностью с помощью индикаторов. Блок поддерживает возможность дистанционного управления шлейфами, проложенных на других этажах общежития.

Устройства электроснабжения сертифицированы и обеспечивают бесперебойное питание электроприемников пожарной сигнализации в дежурном режиме в течение 24 часов и в режиме «Пожар» не менее трех часов.

УДК 621.9

## **СТЕНД КОНТРОЛЯ РАДИАЛЬНОГО ЗАЗОРА В ПОДШИПНИКАХ**

Студент гр. 31302115 Кулагин И.В.

Кандидат техн. наук, доцент Есьман Г.А.

Белорусский национальный технический университет

Шарикоподшипники радиальные однорядные обладают значительной быстроходностью, способны воспринимать радиальные, а также и осевые реверсивные нагрузки, причем последние могут достигать 70% неисполь-

зованной допускаемой радиальной нагрузки. Они с успехом используются и при чисто осевых нагрузках при высоком числе оборотов [1].

Схема стенда контроля радиального зазора в подшипниках представлена на рисунке.

Испытуемый подшипник 4 устанавливается на стойке стенда. При измерении радиального зазора подшипник 4 имеет возможность вращения относительно своей оси на угол 120 градусов посредством шагового электродвигателя 3 через зубчатую цилиндрическую передачу. Измерительные индикаторы 5 подводятся к подшипнику 4, к его наружному и внутреннему кольцам.

Для измерения величины радиального зазора в качестве чувствительного элемента в измерительных индикаторах служат тензодатчики, которые включены в мостовую схему.

Питание двигателя 3 осуществляется от электронного блока.

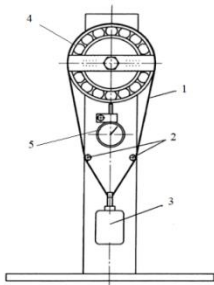


Рис. Устройство измерения ионизирующих излучений

Таким образом, данная конструкция позволяет производить измерения радиального зазора в подшипниках, обладает высоким быстродействием и высокой точностью.

#### Литература

1. Кокорев Ю.А., Жаров В.А., Торгов А.М. Расчет электромеханического привода: учеб. пособ. Под ред. В.Н. Баранова. – М.: Изд-во МГТУ, 1995. – 132 с.

УДК 621

### РАЗРАБОТКА ЛИНЕЙНОГО ДЫМОВОГО ПОЖАРНОГО ИЗВЕЩАТЕЛЯ

Студент гр. 11301118 Кучура Е.А.

Ст. преподаватель Исаев А.В.

Белорусский национальный технический университет

Задача дымового пожарного извещателя состоит в раннем обнаружении признаков пожароопасной ситуации и активации пожарной сигнализации.

зации, дабы обеспечить своевременную эвакуацию людей и произвести действия по устранению чрезвычайной ситуации.

Дымовой извещатель линейный (ИПДЛ) – это изделие, передающее прибором/датчиком ИК-луч, чутко реагирующий на прозрачность воздушной среды в охраняемом помещении/здании. При возникновении задымления, превышающем установленное пороговое значение, оптический извещатель сработает, передавая тревожный сигнал на приемную аппаратуру установок АПС, контрольно-пусковые устройства АСПТ.

Наша задача спроектировать так, чтобы передающая и приемная часть были выполнены в едином корпусе, а передаваемый ИК-луч направлялся на пассивный отражатель/рефлектор, точно по месту закрепленный напротив прибора.

На сегодняшний момент наиболее качественно отслеживают пожар на начальной стадии дымовые извещатели. Наиболее весомый вклад вносят точечные, но у них есть недостатки: ограниченное пространство, которое он контролирует, поэтому сейчас на больших объектах (где есть общее помещение), ставят линейные извещатели. Наряду с определенным недостатком: точность измерения – имеют и свои преимущество – могут контролировать большие объемы помещения. Разработка таких извещателей очень важна в наше время.

Данный извещатель состоит из 2 частей: электронное устройство и отражатель. Мое устройство должно сформировать луч в инфракрасном диапазоне и приемником, который принимает отраженный сигнал и анализирует его состояние. По оптической силе света определяю оптическую плотность среды. Исходя из этих задач, разрабатывается структурная схема, которая состоит из управляющего устройства, в качестве которого выступает микроконтроллер, который является обработчиком всех извещений, – светоизлучатель. Я считаю, что наиболее оптимально использовать когерентное излучение, получаемое обыкновенным оптическим лазером. Ну и фотодиод с длиной волны приема соответствующей волне инфракрасного излучателя, ну и кроме этого, так как устройству необходимо работать в общей системе, формирую интерфейс RS-485. Кроме этого, в дополнительной части этого устройства можно выделить набор переключателей, с помощью которых можно задавать адрес нашего устройства в системе, а также система стабилизации питания, так как такие устройства очень критичны к колебаниям питания, только в этом случае можно утверждать о точности принимаемого светового потока.

При работе над этой схемой была разработана принципиальная схема, разработанная конструкция устройства.

Функциональная схема представлена на рис.



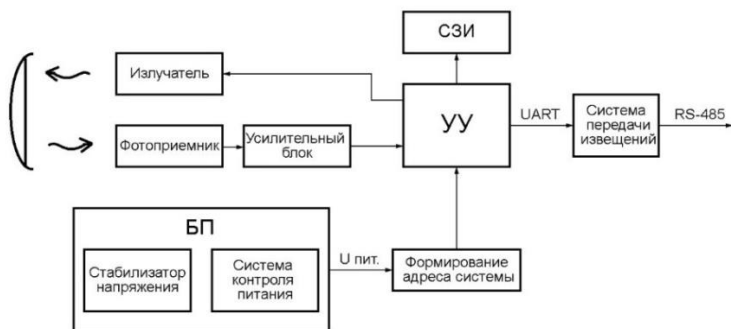


Рис. Функциональная схема линейного дымового пожарного извещателя

В результате разработки получаем прибор легко используемый в современном мире, требующий меньших затрат на прокладку шлейфов ПС, легко настраиваемый и имеющий высокую скорость реагирования в воздухе на появление продуктов пиролиза.

УДК 628.74

## **АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОПУСКАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СРЕДЫ ПРИ ПЛАМЕННОМ ГОРЕНИИ И ПИРОЛИЗЕ ПОРОЛОНА В ПОМЕЩЕНИИ**

Студент гр. 11301118 Кучура Е.А., аспирант Безлюдов А.А.

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

Белорусский национальный технический университет

Быстроразвивающиеся пламенные пожары представляют большую опасность для материальных ценностей, целостности строительных конструкций, жизни людей. Влияние опасных факторов пожара в таком случае проявляется значительно раньше, чем при тлеющем режиме горения или пиролизе. Актуальной является задача распознавания пламенных пожаров на начальной стадии.

В работе исследовалась динамика изменения величины потока оптического излучения, прошедшего сквозь задымленную среду. Дым в экспериментах генерировался пламенным горением 23 грамм поролон или пиролизом 10 грамм поролон. Величина потока прошедшего излучения измерялась с периодом в одну секунду. Для анализа из исходного сигнала измерительного устройства выделялся интервал длительностью 30 секунд с момента увеличения удельной оптической плотности среды в дымовом канале экспериментальной установки до значения 0,1 дБ/м. Методом Евклидовых расстояний [1] из линеаризованных интервалов эксперимен-

тальных данных были получены характеристические кривые динамики величины потока прошедшего излучения для пламенного горения и пиролиза поролона.

Процессам пламенного горения поролона соответствуют меньшие по абсолютной величине значения Евклидовых расстояний и более узкие интервалы их изменений, по сравнению с процессами пиролиза. Евклидово расстояние при пламенном горении изменялось от 10 до 45 единиц. Для процессов пиролиза – от 55 до 130 единиц. Удельная оптическая плотность среды к концу анализируемого интервала увеличилась до 0,6–1,0 дБ/м в процессах пламенного горения и до 3,0–3,5 дБ/м в процессах пиролиза.

Распознавание пламенного горения поролона от его пиролиза может осуществляться на основе анализа динамики изменения пропускающей способности задымленной газовой среды в помещении.

### Литература

1. Антошин А.А. Анализ динамики изменения пропускающей и рассеивающей способности задымленной среды методом Евклидовых расстояний / А.А. Антошин, А.А. Безлюдов // Приборостроение-2019: материалы 12-й Международной научно-технической конференции, 13–15 ноября 2019 года, Минск, Республика Беларусь / ред. кол.: О. К. Гусев (председатель) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2019. – С. 110–111.

УДК 531.383

## ДИНАМИЧЕСКИ НАСТРАИВАЕМЫЙ ГИРОСКОП

Студент гр. 120881 Логуа Т.Т.

Кандидат техн. наук, доцент Погорелов М.Г.

ФГБОУ ВО «Гульский государственный университет»

В работе рассматриваются основы построения и основные расчетные соотношения динамически настраиваемого гироскопа (ДНГ), схема которого изображена на рис. Данный гироскоп функционально представляет собой датчик угловых скоростей (ДУС) и принадлежит к классу гироскопов с упругим соединением массы быстро вращающегося ротора 1 с его валом 3, приводимым во вращение электродвигателем. Для такого упругого соединения ротора с валом в конструкции ДНГ используется система торсионов 2, представляющая собой так называемый внутренний карданов подвес [1, 2].

Углы поворота плоскости вращения ротора относительно корпуса измеряются точными датчиками линейных перемещений. В зависимости от диапазона частот ДНГ можно считать, что он обладает свойствами ДУС или свободного гироскопа. Динамическая настройка ДНГ заключается в

точном автоматическом подстраивании угловой скорости вращения ротора к собственной частоте его колебаний на валу.

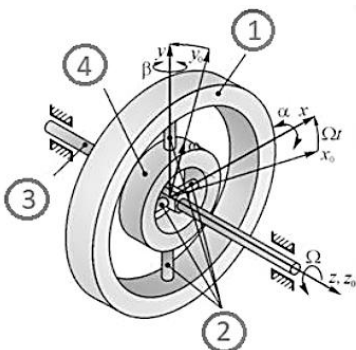


Рис. Динамически настраиваемый гироскоп

ДНГ имеет высокую стабильность характеристик, малую массу и габариты, весьма невысокую стоимость, благодаря чему нашел широкое применение в гражданской авиации.

#### Литература

1. Распопов В.Я. Теория гироскопических систем. Гиросприборы / В.Я. Распопов // Тула: Издательство ТулГУ, 2018. – 193 с.
2. Юльметова О.С., Щербак А.Г., Челпанов И.Б. / Под ред. В.А. Валетова Специальные технологии изготовления прецизионных узлов и элементов гироскопических приборов. – Учеб. пособ. – СПб: Университет ИТМО, 2017. – 131 с.

УДК 681

### НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ПОРОГА СРАБАТЫВАНИЯ ГАЗОВЫХ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ

Магистрант Лодято А.П.

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

Белорусский национальный технический университет

Одним из факторов пожара, позволяющим обнаружить возгорание на ранней стадии, является выброс угарного газа (СО). Угарный газ является одной из самых частых причин смерти людей при пожаре. Особенно опасны ситуации, когда угарный газ накапливается в закрытом помещении со спящими людьми в результате тления, например, сигареты.

Угарный газ бесцветный, легче воздуха и не имеет запаха. Для его обнаружения используются специальные газовые пожарные извещатели (далее – ИПГ), срабатывающие при превышении установленного порога концентрации угарного газа в воздухе.

Согласно ГОСТ 34698-2020, устанавливающему требования испытаний пожарных извещателей, порог срабатывания ИПГ лежит в пределах 25–100 ppm. Согласно ISO/IEC 17025:2017, для выдачи заключения лаборатория должна оценивать неопределенности измерений и применять документированное правило принятия решения. Следуя рекомендациям ИАС-G8:09/2019, для снижения вероятности принятия неверного решения при анализе результатов испытаний можно использовать защитные полосы. Один из предлагаемых вариантов таких защитных полос –  $w = 3U$ , где  $U$  – расширенная неопределенность измерений;  $w$  – защитная полоса. Применение коэффициента 3 делает риск принятия неверного решения менее 1%.

Полученное в результате испытаний значение порога срабатывания ИПГ – 104 ppm. При этом расширенная неопределенность составляет 2,5 ppm. Принимая худший вариант (в большую сторону) получаем значение порога 106,5 ppm, что с учетом защитной полосы будет являться положительным результатом испытаний. Извещатель с указанным порогом срабатывания может быть установлен в закрытом помещении, где возможно длительное нахождение людей (спальня). Если в результате пожара либо иного чрезвычайного происшествия произойдет выброс угарного газа в количестве 103 ppm, и его воздействие на спящего человека будет продолжаться в течение 8 часов, ИПГ в такой ситуации не будет формировать сигнал об опасности. Однако опасность для человека в таких условиях существует. Эту опасность можно оценить, рассчитав относительную эффективную дозу (FED) согласно ИСО 13571:2007. Выполненный расчет показал, что пороговое значение  $FED = 0,3$  будет превышен уже на 102 минуте, а через 8 часов достигнет значения 1,41. Человек в этих условиях уже не способен самостоятельно покинуть опасную зону.

УДК 650.179(035)

## **УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДЕФЕКТОСКОПИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА АРКТИЧЕСКОМ АТОМНОМ ЛЕДОКОЛЕ**

Студенты гр. 11312117 Лозюк М.М., Сикорская К.В.

Ст. преподаватель Куклицкая А.Г.

Белорусский национальный технический университет

Сегодня без современных ледоколов невозможно решение многих социально-экономических задач, которые стоят перед Россией в Арктике. Ледоколы могут проводить караваны судов в арктических условиях, преодолевая по ходу движения лед толщиной до трех метров, поэтому швы в конструкциях со сварными соединениями должны постоянно подвергаться контролю.

Целью работы является изучение возможности совершенствования ультразвукового контроля сварных соединений на арктическом атомном ледоколе.

Ультразвуковая дефектоскопия позволяет определить механические дефекты, установить их размеры, проконтролировать несоответствие химического состава материала сварки актуальным нормам. Основное преимущество применения данного контроля заключается в том, что его результаты более точные, чем те, которые удается получить при применении альтернативных методов.

При проведении ультразвукового контроля дефектоскопии с фазированными решётками сварных соединений можно сформировать секторную развертку, на которой отображается вертикальное сечение объекта контроля с кодированием амплитуды эхо-сигналов от различных неоднородностей с определенной цветовой гаммой. Кроме возможности секторного сканирования при неподвижном преобразователе, имеется возможность управления диаграммой направленности излучателя, появилась возможность изменения фокусного расстояния и размеров фокусного пятна.

Для повышения соотношения сигнал/шум, дефектоскопы снабжают широкополосными приемниками с набором узкополосных фильтров и мощным регулируемым генератором. С помощью одного нажатия база данных преобразователей выводит все их параметры из памяти. Широкий ряд элементов, различные степени демпфирования сигнала, функция усреднения нескольких эхо-сигналов, а также две независимые зоны контроля с индивидуальной логикой определения дефекта, позволяет реализовывать любые современные методики контроля.

Таким образом, совершенствование ультразвукового контроля сварных соединений на арктическом атомном ледоколе возможно ультразвуковых дефектоскопов с использованием фазированных решёток.

УДК 681.4

### **DDS-ГЕНЕРАТОР ARDUINO**

Студенты гр. 11312117 Лозюк М.М., Сикорская К.В.

Д-р техн. наук, профессор Гусев О.К.

Белорусский национальный технический университет

В различных измерительных электронных устройствах часто требуется синтезировать сигналы различной частоты и формы, и с высокой точностью управлять параметрами этих сигналов [1], например, для питания датчиков с внешним возбуждением. На сегодня для реализации такого генератора применяются различные подходы, но наиболее гибким является прямой цифровой синтез (DDS).

Цель работы – разработка DDS генератора сигналов различной частоты и формы на платформе Arduino. Задачей разработанного устройства является генерация сигналов различной частоты и формы. Основные возможности: генерирование синусоидального сигнала, прямой и обратной пины, прямоугольника с перестраиваемой в диапазоне от 20 Гц до 10 кГц частотой. Значение величины дискрета перестройки зависит от поддиапазона частоты.

Прототип DDS-генератора разработан на основе: отладочной платы Arduino Uno, которая включает микроконтроллер AVR, стабилизатор напряжения, загрузчик и USB порт, через который происходит запись программы ассемблерной функции загрузчика в микроконтроллер (в память программ); дисплея; энкодера; 8-разрядного ЦАП.

Устройство начинает работу после подачи питания. Происходит инициализация портов микроконтроллера, выполняется один такт программы, после чего система переходит в режим ожидания. Выходом из режима ожидания является управление оператором устройством посредством энкодера. Поворотом энкодера устанавливается частота, а нажатием на его кнопку осуществляется смена вида сигнала. Далее производится выполнение основной программы и на ЖК-дисплей выводится информация о виде (форме) и частоте сигнала.

Прототип выполнен на основе отладочной платы Arduino UNO R3 ATmega328PU, ЖК-дисплея 1602A LCD HD44780 blue, энкодера EC11B152420Q, ЦАП типа R-2R из резисторов C2-23-0,25 Вт-2 кОм  $\pm 1\%$ .

### Литература

1. Воробей Р.И. Методология и средства измерений параметров объектов с неопределенными состояниями / Р.И. Воробей, О.К. Гусев, А.Л. Жарин, А.И. Свистун, А.К. Тявловский, К.Л. Тявловский. – Мн.: Изд-во БНТУ, 2009. – 586 с.

УДК 620.179.14

### **РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ИЗУЧЕНИЕ ТОПОГРАФИИ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ МИНИАТЮРНЫМИ ДАТЧИКАМИ ХОЛЛА» ПО КУРСУ «МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ»**

Студенты гр. 11312117 Лозюк М.М., Хомич Е.М.

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

Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы явилась разработка схемы установки для изучения топографии магнитных полей с помощью датчиков Холла, а также определение порядка выполнения данной лабораторной работы. Эффект

Холла даёт возможность опытным путём установить тип носителей заряда, их концентрацию и подвижность в заданном полупроводниковом образце. Данный результат широко применяется в практике как для определения трех указанных характеристик материала, так и в различных датчиках, которые могут быть использованы для измерения силы тока и мощности в цепях постоянного и переменного токов вплоть до очень высоких частот, для измерения напряженностей постоянных и переменных магнитных полей, преобразования сигналов, анализа спектров и т. д.

Схема установки для изучения топографии магнитных полей с помощью датчиков Холла представлена на рис.

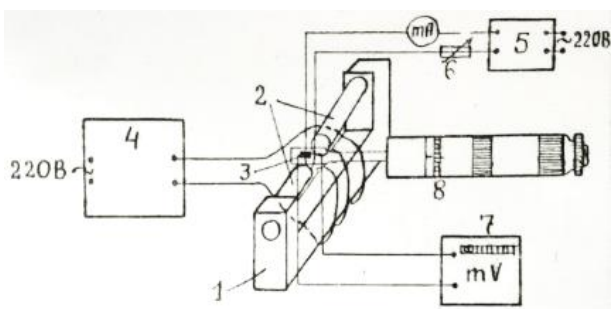


Рис. Схема измерительной установки:

- 1 – электромагнит; 2 – сменные полюсные наконечники; 3 – датчик Холла;
- 4 – источник питания электромагнита; 5 – источник питания датчика Холла;
- 6 – корректор нуля Холловского напряжения; 7 – милливольтметр для измерения напряжения Холла; 8 – микрометр для перемещения датчика

В ходе работы предложен порядок выполнения работы, расчётные формулы, а также таблицы для записи результатов.

УДК 681

## УСТРОЙСТВО И МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ КОНТАКТНОЙ АДГЕЗИИ МАЯТНИКОВЫМ МЕТОДОМ

Магистрант гр. 51315020 Матвиевич В.Г.

Кандидат техн. наук, доцент Ризноокая Н.Н.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время приборостроение активно развивается. В этой связи более актуальной задачей является точное позиционирование элементов устройств, что исходит из увеличения плотности их компоновки.

В особо точных технических устройствах для уменьшения трения и износа используют элементы качения, работающие в условиях малых

нагрузок, смещений и скоростей. С трением и износом тесно связано явление адгезии. Для адгезии важна возможность осуществления контакта с минимальным расстоянием между двумя поверхностями [1].

Основной целью механики контактного взаимодействия и физики трения является способность управления процессами трения, адгезии и износа.

Целью настоящей работы является описание устройства и методики, разработанных для исследования измерения давления контактной адгезии маятниковым методом.

Универсальным методом измерения контактной адгезии является метод свободных качаний физического маятника, опирающегося на исследуемую поверхность двумя шариками.

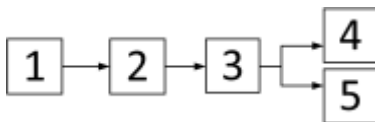


Рис. Блок-схема устройства:

- 1 – опорные площадки, для помещения ОК; 2 – механизм установки и регулирования положения маятника; 3 – физический маятник с опорой на 2 шарика; 4 – устройство для измерения амплитуды колебаний маятника, содержащее лазер, двухлинзовую оптическую систему формирования и фокусирования луча на ОЭП, зеркало, светофильтр на входе ОЭП; 5 – устройство калибровки амплитуды, состоящее из лазера, длиннофокусной оптической системы, зеркала и калибровочной линейки

Разработанное устройство позволяет проводить измерения при малых амплитудах колебаний маятника вплоть до нескольких угл. секунд.

#### Литература

1. Попов В.Л. Механика контактного взаимодействия и физика трения. От нанотрибологии до динамики землетрясений. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – 352 с.

УДК 681.2

### **ИСТОЧНИК СВЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОТОСТИМУЛИРОВАННОЙ ЗОНДОВОЙ ЭЛЕКТРОМЕТРИИ**

Аспирант Микитевич В.А.

Д-р техн. наук, профессор Жарин А.Л.

Белорусский национальный технический университет

Важным элементом сенсора поверхностной фото-ЭДС является источник светового излучения. Основные требования к источнику светового излучения: монохроматичность, стабильность светового излучения во времени (интенсивность, спектр), малая инерционность. В случае измере-



ния диффузионной длины неравновесных носителей заряда необходимо использовать не менее двух источников светового излучения с разными длинами волн. Причем погрешность измерения зависит от точности поддержания длины волны излучения [1].

Применение источников белого света со светофильтром не позволяет получить узкий спектр светового излучения. Часто спектр пропускания светофильтра неравномерный. Кроме того, затрудняется работа в инфракрасном диапазоне излучения.

Модуляция светового излучения механическим способом снижает надежность конструкции, может привести к увеличению вибрации и затрудняет перестройку коэффициента заполнения импульса.

Исходя из вышесказанного, наилучшими источниками излучения являются светодиоды и полупроводниковые лазеры.

Светодиоды обладают практически монохроматическим излучением, малой инерционностью, относительно высокой стабильностью параметров во времени.

Полупроводниковые лазеры отличаются монохроматическим излучением и малой инерционностью. Мощность излучения пропорциональна протекающему току. Однако спектр излучения зависит от температуры кристалла. Поэтому для поддержания стабильного спектра излучения необходимо применять термостатирование.

#### **Литература**

1. Жарин А.Л. Реализация режима модулированной поверхностной фотоЭДС в конструкции средств неразрушающего контроля полупроводниковых пластин. / А.Л. Жарин, О.К. Гусев, Р.И. Воробей, К.В. Пантелеев, А.К. Тявловский, К.Л. Тявловский, В.А. Пилипенко, А.Н. Петлицкий // Материалы 10-й Международной научно-технической конференции «Приборостроение-2017». – Минск, БНТУ, 2017. – С. 83–84.

УДК 681.2

### **МЕТОДЫ РЕАЛИЗАЦИИ МОДУЛЯЦИИ СВЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОТОСТИМУЛИРОВАННОЙ ЗОНДОВОЙ ЭЛЕКТРОМЕТРИИ**

Аспирант Микитевич В.А.

Д-р техн. наук, профессор Жарин А.Л.

Белорусский национальный технический университет

При разработке методов фотостимулированной зондовой электрометрии возникает необходимость модуляции светового излучения, например, для измерения времени неравновесных жизни носителей заряда [1].

Существуют несколько способов модуляции светового излучения. Традиционным методом является механическая модуляция. Основное достоинство – простота конструкции. При этом фронты сигнала пропорциональны скорости вращения модулятора. Ограничения метода – малая частота прерывания, наличие механических элементов, невысокая надежность, нет возможности регулировать длительность импульса.

Другой, более перспективный способ модуляции светового излучения – это применение генераторов, управляющих источником излучения. При таком методе регулирование длительности импульсов (скважности) в широком диапазоне. Это позволяет обеспечивать ступенчатое изменение длительности импульса. В случае высокого разрешения широтно-импульсной модуляции величина ступени будет практически неразличима. Если выполнить интегрирование импульсов по времени, то можно говорить не об изменении длительности импульсов, а об изменении яркости светового излучения. Поэтому возможно практически плавное изменение яркости [2].

Такой метод позволяет наиболее гибко управлять источником светового излучения при реализации методов фотостимулированной зондовой электрометрии.

#### **Литература**

1. Жарин А.Л. Реализация режима модулированной поверхностной фото-ЭДС в конструкции средств неразрушающего контроля полупроводниковых пластин / А.Л. Жарин, О.К. Гусев, Р.И. Воробей, К.В. Пантелеев, А.К. Тявловский, К.Л. Тявловский, В.А. Пилипенко, А.Н. Петлицкий // Материалы 10-й Международной научно-технической конференции «Приборостроение-2017». – Минск, БНТУ, 2017. – С. 83–84.

2. Микитевич В.А. Зарядочувствительные методы измерения поверхностной фото-ЭДС / В.А. Микитевич, А.Л. Жарин // Приборостроение-2020: материалы 13-й междунар. науч.-техн. конф., Минск, 18–20 ноября 2020 г. / Белорус. нац. техн. ун-т; ред. кол.: О.К. Гусев (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2020. – С. 36–38.

УДК 621.9

### **СТЕНД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТРОТЫ КРОМКИ ДЕТСКОЙ ИГРУШКИ**

Студент гр. 31302115 Милевич А.С.

Кандидат техн. наук, доцент Есьман Г.А.

Белорусский национальный технический университет

Товары, предназначенные для детей, обладают потенциальными опасностями. К ним относятся острые края и всевозможные шнуры или мелкие детали. В частности, для определения остроты кромки детской игрушки разработан специальный стенд.

Стенд состоит из электродвигателя 1, который передает вращение штоку 11 с закрепленным на нем тензодатчиком 10 при помощи червячного редуктора 5, а скорость вращения и угол поворота фиксируется датчиком 4. Создание нагружающего усилия обеспечивается винтовой парой 7 при перемещении корпуса редуктора по штангам 6. Стол 12, перемещается вертикально при вращении винтовой передачи 13.

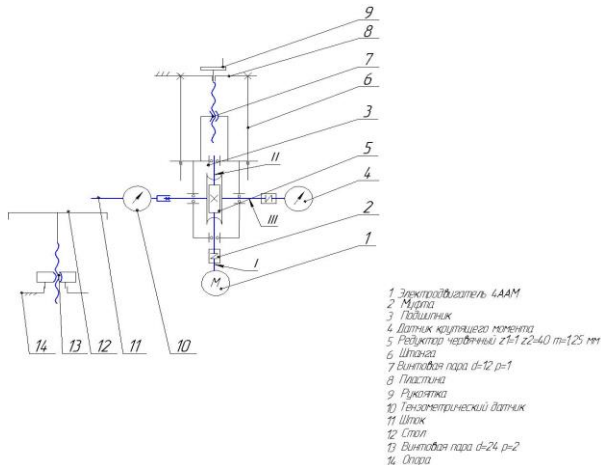


Рис.

Стенд работает следующим образом. Игрушка устанавливается на стол 12 и винтовой парой 13 подводится к штоку 11 с наклеенной лентой – имитатором. Рукояткой 9 при опускании корпуса редуктора создается нажимное усилие. Включается привод 1, который через редуктор 5 поворачивает шток 11 на 360 градусов. После этого корпус редуктора со штоком перемещается вверх. Имитатор снимается со штока и по величине надреза определяет, соответствует ли кромка требованиям безопасности.

УДК 681.2.08

## НОРМИРУЮЩИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ ТЕРМОПАРЫ

Студент гр. 31303117 Мороз А.С.

Кандидат техн. наук, доцент Тявловский А.К.

Белорусский национальный технический университет

Цель: разработка нормирующего преобразователя для термопары (далее НПТ).

Основные характеристики:

– питание от 9 В до 42 В (номинальное 24 В) с защитой от: КЗ; перенапряжения и переполуковки питания;

- внешние интерфейсы: RS-485; CAN; токовая петля 4–20 мА;
- рабочая температура: от минус 40 °С до + 85 °С;
- типы термопар: ТХА (К); ТПП (S); ТХК (L); ТХК (L); ТНН (N); ТПП (R); ТПП (B);
- диапазон измерения температуры: от минус 210 °С до + 1800 °С (предельно возможные значения измерительной части НПТ);
- точность измерения температуры:  $\pm 0.35\%$ ;
- разрешение измерения температуры: 19-Bit, 0.0078125 °С;
- гальваническая развязка измерительного блока;
- аппаратная самодиагностика измерительных входов: попадания напряжения на измерительный вход; короткое замыкание; обрыв;
- монтаж: настенный, в бокс.

Термопары являются простым и надежным датчиком температуры, предназначенного для осуществления точных измерений в довольно широких температурных диапазонах, при этом обладая низкой инерциальностью, высокой коррозионной стойкостью, отсутствие саморазогрева измерительного спая.

НПТ измеряет, нормирует и преобразовывает выходное напряжение термопары в цифровое значение температуры. При интеграции в информационно измерительную систему, позволяет получать значение температуры различных сред и объектов, с небольшой погрешностью и задержкой измерения с нескольких датчиков что дополнительно резервирует (множественный контроль температуры в печи) или расширяет область применения (дифференциальное измерения температуры теплонесущего контура).

В разрабатываемом проекте на основании множества стандартных блоков различной степени сложности и выполняемых функций предполагается создание модульной информационно измерительной системы, что позволит гибко собирать необходимую систему измерения и управления различными процессами.

УДК 620.186

## **УСТРОЙСТВО ДЛЯ СТРУКТУРОСКОПИИ ЧУГУНА**

Студенты гр. 11303116 Морозов Д.А., Полещук П.А.<sup>1</sup>

Кандидат техн. наук Асадчая М.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>ГНУ «Институт прикладной физики»

Целью исследований являлась разработка двухканального устройства обработки информационных сигналов для структуроскопии чугуна. Рассматриваемое устройство предназначено для исследования структуры чугуна с последующим определением его марки (СЧ, ВЧ).

Устройство может применяться в машиностроении, исследовательских лабораториях и т. д.

В основу работы устройства положены акустические и электромагнитные методы исследования структуры чугуна. С помощью этих методов можно определить степень графитизации чугуна, дисперсность, форму и количество присутствующих фаз, а также их природу и свойства определяющие физико-механические свойства чугунов [1]. Устройство осуществляет измерение скорости прохождения продольной ультразвуковой волны через чугун, определение остаточной намагниченности чугуна, с последующим определением его марки. Рабочая частота пьезоэлектрического преобразователя – 2.5 МГц, диапазон напряженности остаточного магнитного поля 4–16 кА/м. Предусмотрена возможность накопления данных, выбора между методами измерения, а также выполнения сравнительного анализа. Задав необходимые параметры, можно узнать структуру и чугуна.

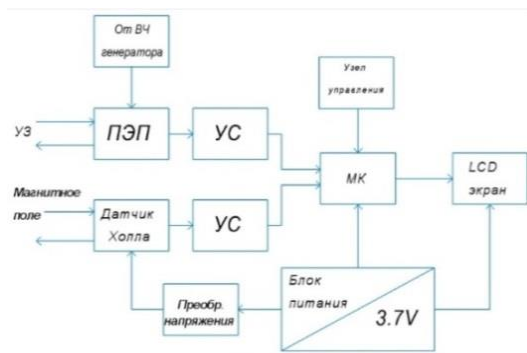


Рис. Структурная схема устройства для структуроскопии чугуна

### Литература

1. Баев А.Р. Физико-механические свойства и структура чугунов акустическим и электромагнитно-акустическим методами / Баев А.Р., Асадчая М.В., Майоров А.Л., Парадинец В.В., Коновалов Г.Е. – 2019. – № 20171442 – 81 с.

УДК 621.396

### ВИБРОМЕТР

Студента гр. 11312117 Москалёва А.В.

Кандидат техн. наук, доцент Савёлов И.Н.

Белорусский национальный технический университет

Бесперебойная многолетняя работа различных механизмов зависит от полноценной и регулярной диагностики. Виброметрия позволяет опера-

тивно оценить текущее состояние машины и спланировать грамотную стратегию её дальнейшей эксплуатации. Регулярной диагностики требуют самые разные механизмы: станки, вентиляторы, компрессоры, двигатели, что и подтверждает актуальность разработки данной конструкции.

Целью данной работы являлась разработка конструкции виброметра климатического исполнения УХЛ 2 и степени защиты конструкции IP 44.

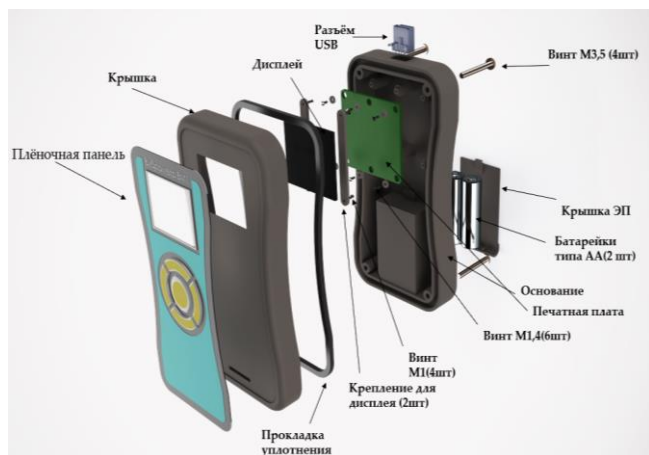


Рис. Виброметр

Конструкция виброметра выполнена в виде разъёмного корпуса для обеспечения ремонтпригодности изделия. Герметизацию конструкции обеспечивает прокладка уплотнения из силиконовой резины. USB интерфейс для коммутации прибора с внешними устройствами герметизируется заглушкой.

В качестве панели управления используется плёночная панель, которая обеспечивает пылевлагозащищенность конструкции, а также надёжность (1 млн. нажатий), невысокую стоимость и широкий рабочий диапазон температур. В ходе разработки конструкции основания корпуса, для установки и закрепления печатного узла, были разработаны ступенчатые опоры. Расчётами подтверждена правильность выбора посадки  $H4(0^{+4})/h6(0_{-750}^0)$ . Конструктивно обеспечена простота установки и замены элемента питания.

Твердотельная модель конструкции (рис.) и рабочие чертежи деталей разработаны при помощи САПР SolidWorks.

## СПОСОБЫ УДАЛЕНИЯ ЛЬДА ИЗ ВОДОСТОКОВ С ПОМОЩЬЮ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ

Студент гр. 11312117 Москалёва А.В.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Шадурская Л.И.  
Белорусский национальный технический университет

Падение температур в зимний период зачастую приводит к наличию определенных проблем. Ежегодно с приходом весны в среднем страдает 50 человек из-за падения глыб с крыш домов. Всё это происходит по причине возникновения ледяных образований в водостоке. Вода, которая не может попасть в водосток, превращается в наледи. Лёд в водостоке представляет опасность не только для людей, но и для самой конструкции. Так в пятиэтажном городском здании в диаметре водостока 200 мм может образоваться льдина весом до 500 кг. Многие конструкции не выдерживают и происходит излом водостока.

Если вовремя удалять лёд из водостока, то можно избежать человеческих травм и сохранить прочность конструкции на долгие годы. На рисунке 1 изображено устройство для удаления льда из водостока с помощью СВЧ-излучения. На рис. 2 показана структурная схема корпуса (3).

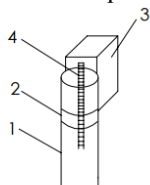


Рис. 1

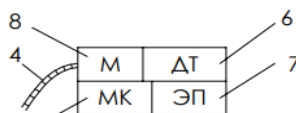


Рис. 2

На трубу (1) с помощью крепления (2) крепится корпус (3), в водосток запускается волновод (4). Корпус включает в себя следующие элементы: 5 – датчик температуры; 6 – микроконтроллер; 7 – элемент питания, 8 – магнетрон. Принцип работы устройства состоит в следующем: при падении температуры ниже 0 °С датчик температуры передает сигнал на микроконтроллер. Микроконтроллер запускает магнетрон, который, в свою очередь, генерирует СВЧ-излучение. Сверхчастотное излучение поступает внутрь волновода и активно взаимодействует с водяными молекулами, приводя их в тепловое движение. Образующаяся вода начинает беспрепятственно вытекать из водостока.

Предлагаемое устройство для удаления льда из водостока позволит снять опасность обрыва водостоков, предотвратить травмы среди населения.

## ИЗМЕРИТЕЛЬНО-УПРАВЛЯЮЩИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СТЕНДА НАГРУЖЕНИЯ РЕЗЕРВНЫХ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРОВ

Студент гр. ЭП-51 Назарчук С.В.

Кандидат техн. наук, доцент Погуляев М.Н.

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого

В настоящее время приборостроительная промышленность выпускает десятки видов различных измерительных комплексов, способных решать задачи контроля, измерения и обработки информации различной степени сложности. В большинстве случаев они строятся на базе мини- или малых ЭВМ и могут быть адаптированы для решения широкого круга практических задач. В тоже время они обладают избыточной функциональностью и достаточны дорогие. В связи с этим для решения отдельных задач наиболее целесообразно разрабатывать измерительные комплексы с необходимым набором конкретных функций. Одной из таких задач является создание измерительно-управляющего комплекса для стенда нагружения резервных электрогенераторов (рис.).

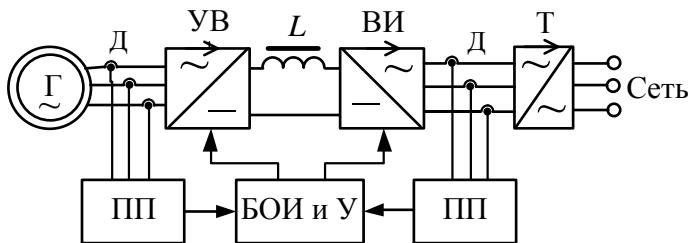


Рис. Функциональная схема стенда нагружения резервных электрогенераторов:  
Г – электрогенератор; УВ – управляемый выпрямитель; ВИ – ведомый инвертор;  
L – сглаживающий реактор; Т – согласующий трансформатор

Стенд выполнен на базе статических преобразователей, обладает высоким быстродействием и позволяет создавать различные режимы нагружения генератора. Сигналы с датчиков Д через первичные преобразователи ПП поступают в блок обработки информации и управления БОИ и У. В данном блоке на основе полученных данных и заложенной программы регламентных испытаний формируются необходимые сигналы управления блоками УВ и ВИ.



## ДИАГНОСТИКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ

Магистрант Пантелеев П.В., студент гр. 11312118 Жарин И.А.

Кандидат техн. наук, доцент Свистун А.И.,

д-р техн. наук, профессор Гусев О.К.

Белорусский национальный технический университет

В основу решения проблемы диагностики измерительной системы положены подходы, основанные на анализе собственных измерительных данных, полученных информационно-измерительной системой в процессе работы. В качестве такой системы рассматриваются датчики контроля состояния поверхности подвижных сопряжений на основе измерителей контактной разности потенциалов (КРП) [1, 2]. Концептуально, эти датчики могут работать для обеспечения надежной работоспособности пар сопряжения путем организации системы контроля и управления сроком службы ответственных узлов и механизмов. Ограничением их использования в качестве встраиваемых датчиков является высокая чувствительность к широкому ряду факторов, в том числе изменению состояния контролируемой поверхности, условий окружающей среды, воздействию внешних факторов [3]. Поэтому необходим контроль получаемой информации на корректность, которая будет определять состояние измерительной системы в процессе ее эксплуатации.

Ранние исследования зависимости измерительного сигнала измерителя КРП от изменения состояния системы зонд-образец [3], а также от ряда внешних воздействий [4], показали возможность использования параметров измерительного сигнала для оценки изменения состояния измерительной системы или условий работы. Результатом настоящей работы являются новые алгоритмы обработки больших данных, обеспечивающие выделение из них «артефактов» для последующей диагностики измерительной системы.

### Литература

1. Charge sensitive techniques in tribology studies / A. Zharin, K. Pantsialeveu, M. Opielak, P. Rogalski // *Przegląd Elektrotechniczny*, 2016, 92 (11), 239-243.
2. Charge sensitive techniques in control of the homogeneity of optical metallic surfaces / K. Pantsialeveu, A. Zharin, K. Kierczynski // *Przegląd Elektrotechniczny*, 2016, 92 (8), 190-193.
3. 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. – Минск, 2016. – 23 с.
4. Digital contact potential probe in studying the deformation of dielectric materials / K. Pantsialeveu, A. Zharin, O. Gusev, R. Vorobey, A. Tyavlovsky, K. Tyavlovsky, A. Svistun // *ICMEEP*, 2020, № 10, vol. 4. P. 57-60.

## МЕТОДОЛОГИЯ АРХИТЕКТУРНОГО РЕШЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО МОДУЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Магистрант Пантелеев П.В., студент гр. 11312118 Жарин И.А.

Кандидат техн. наук, доцент Свистун А.И.,

кандидат техн. наук, доцент Воробей Р.И.

Белорусский национальный технический университет

В работе рассматриваются основные подходы архитектурного планирования для разработки программного диагностического модуля измерительной системы, в частности, для цифрового зонда Кельвина [1]. Диагностика планируется на основе анализа собственных измерительных данных.

Разработка сложных информационно-измерительные системы, в том числе для многопараметрических измерений, предназначенных для работы с большими данными должна вестись с использованием методологии архитектурного планирования. Архитектурное планирование заключается в определении и описание архитектуры системы, а также требуется для ее реализации программного обеспечения и может содержать описание всей системы или ее специфических частей, таких как модуля диагностики.

Методология архитектурного планирования диагностического модуля можно сформулировать как последовательность следующих действий [2]:

- сбор функциональных и нефункциональных требований модуля;
- выделение ключевых требований атрибутов качества и ограничений;
- определение отношений между требованиями атрибутов качества;
- приоритизация требований атрибутов качества;
- выделение архитектурно значимых требований;
- применение различных архитектурных тактик и техник для удовлетворения архитектурно значимых требований;
- детальная проработка различных подходов, доступных для достижения конкретных атрибутов качества.

Методологии архитектурного планирования требует определения атрибутов качества. Популярной сегодня является классификация атрибутов качества от компании Microsoft. На ее примере определены атрибуты качества информационной системы для ее диагностирования на основе анализа измерительных данных.

### Литература

1. Digital contact potential probe in studying the deformation of dielectric materials / K. Pantsialeveu, A. Zharin, O. Gusev, R. Vorobey, A. Tyavlovsky, K. Tyavlovsky, A. Svistun // ICMEEP, 2020, № 10, vol. 4. P. 57-60.
2. Perry, D.E., Wolf, A.L. Foundations for the study of software architecture / ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, 1992, 17 (4): 40.

## РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧКИ КЮРИ ФЕРРИМАГНЕТИКА ИЗ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ МАГНИТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ» ПО КУРСУ «МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ»

Студент гр. 11312118 Париза И.А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Шадурская Л.И.  
Белорусский национальный технический университет

Целью данной студенческой работы являлась разработка схемы установки для определения точки Кюри ферримагнетика из температурной зависимости магнитной проницаемости, а также определение порядка выполнения данной лабораторной работы.

Схема установки для измерения температурной зависимости магнитной проницаемости феррита приведена на рис.

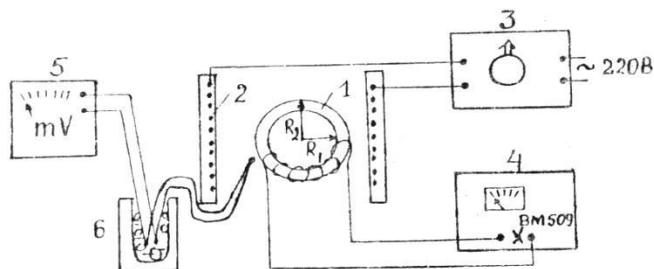


Рис. Установка для измерения температурной зависимости магнитной проницаемости феррита:

- 1 – образец; 2 – электропечь; 3 – регулятор напряжения типа ЛАТР; 4 – мост для измерения индуктивностей, емкостей, сопротивлений типа ВМ 509;  
5 – милливольтметр; 6 – дьюар с тающим льдом

Разработан порядок выполнения работы, проанализированы расчетные формулы.

## ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ГИРОСКОП

Студент гр. 120881 Пермяков И.А.

Кандидат техн. наук, доцент Погорелов М.Г.  
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

В работе рассматриваются основы построения и основные расчетные соотношения волоконно-оптического гироскопа (ВОГ), предназначенного

для измерения угловой скорости гражданских подвижных объектов в составе бесплатформенных систем ориентации и навигации. Ключевым преимуществом ВОГ является простота конструкции – при использовании массового изготавливаемого высококачественного оптоэлектронного кабеля, ВОГ является одним из наиболее дешевых гироскопов средней точности. Принципиальная схема ВОГ показана на рис.

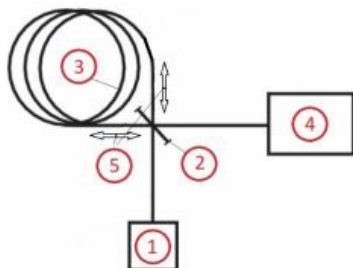


Рис. Схема волоконно-оптического гироскопа:

1 – источник света; 2 – светоделительная пластина; 3 – катушка с оптическим волокном; 4 – фотоприемник и блок обработки информации; 5 – направление световых потоков

Важная отличительная особенность ВОГ состоит в том, что чувствительным элементом является вращающаяся многосвитковая катушка 3 с одномодовым волоконным световодом, обеспечивающим стабильность разности фаз встречных световых потоков 5, и светоделительной пластиной 2, осуществляющей разделение светового луча на два направления. Регистрация фазового сдвига светового потока осуществляется в блоке 4.

#### Литература

1. Распопов В.Я. Теория гироскопических систем. Гиросприборы / В.Я. Распопов // Министерство образования и науки Российской Федерации. – Тула: Издательство ТулГУ, 2018. – 193 с.

УДК 681.2-5

### ИСТОЧНИК БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ С МИКРОКОНТРОЛЛЕРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Студент гр. 11301117 Прончак А.Н.

Ст. преподаватель Исаев А.В.

Белорусский национальный технический университет

Повсеместное распространение цифровых систем и их неоспоримые преимущества вызывают логичную необходимость внедрения последних в устройства, которые ранее строились исключительно на аналоговых

компонентах и/или дискретных логических микросхемах. Одним из таких устройств является источник бесперебойного питания.

Построение источника бесперебойного питания на базе микроконтроллера влечет за собой множество плюсов. Среди них существенное снижение объема элементной базы в связи с отсутствием необходимости использования каскадов автоматики на отдельных элементах. Также несомненными плюсами являются возможности гибкой настройки порогов переключения, глубокой самодиагностики устройства на предмет неисправностей, динамической индикации; относительно простой организации разного рода защит, таких как защита от короткого замыкания, перегрузки; сопряжения с внешними устройствами для передачи своего состояния и многое другое

В данной работе разрабатывается источник бесперебойного питания типа offline. Данный тип источника бесперебойного питания при наличии напряжения сети напрямую питает устройство от электрической сети. Инвертор запускается в момент сбоя электрической сети (когда напряжение перестанет быть нормальным), и работает от батареи.

В ходе анализа типовых структурных схем из [1] была синтезирована следующая структурная схема:



Рис. Структурная схема

Схема состоит из 8 обобщенных блоков:

1. ЗУ и схема защиты. Обеспечивает заряд аккумулятора в соответствии с ТНПА на используемый тип аккумулятора, отключение аккумулятора при его разряде ниже определенного порога (10 В для 12 В свинцового аккумулятора), а также не допускает перезаряда аккумулятора (выше 14.4 В для свинцового аккумулятора).

2. Реле переключения. Обеспечивает мгновенное переключение с основного источника питания на резервный при отключении основного источника питания.

3. Схема ШИМ. Представляет собой специализированную микросхему драйвера для полевых ключей повышающего преобразователя.

4. Преобразователь. Обеспечивает преобразование постоянного напряжения в переменное и его повышение до установленных 230 В с частотой 50 Гц. Состоит из полевых ключей и низкочастотного повышающего трансформатора.

5. Защита от КЗ. Обеспечивает защиту при коротком замыкании выхода.

6. Схема управления. Состоит из микроконтроллера и транзисторных ключей. Схема управления измеряет среднее выпрямленное значение напряжения сети и выдает команды на переключение с режима на режим, в зависимости от его величины. Когда напряжение сети падает или пропадает совсем, схема управления подает команду на переключение ИБП на режим работы от батареи. Если напряжение становится выше, ИБП снова начинает работать от сети. Также обеспечивает контроль уровня напряжения на аккумуляторе, переключение на резервный источник, управление индикацией режимов работы, управление защитами.

7. Схема индикации. Обеспечивает световую и звуковую индикацию режимов работы.

8. Аккумулятор.

#### Литература

1. [www.ups-info.ru](http://www.ups-info.ru) [Электронный ресурс]. – А.А. Лопухин. Источники бесперебойного питания без секретов – Режим доступа: [https://www.ups-info.ru/for\\_partners/library/istochniki\\_bespereboynogo\\_pitaniya\\_bez\\_sekretov/](https://www.ups-info.ru/for_partners/library/istochniki_bespereboynogo_pitaniya_bez_sekretov/) – Дата доступа 01.10.2020.

УДК 531.383

### КОЛЬЦЕВОЙ ЛАЗЕРНЫЙ ГИРОСКОП

Студент гр. 120881 Пузовиков Д.А.

Кандидат техн. наук, доцент Погорелов М.Г.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

Основой кольцевого лазерного гироскопа (КЛГ) является лазер с кольцевым резонатором в виде системы зеркал. В КЛГ по двум путям оптического контура одновременно по сторонам треугольника распространяются встречные световые волны (рис.), тем самым поддерживается стоячая волна. При появлении фазового сдвига встречных световых волн по разности фаз сигналов фотоприемников определяется угол поворота.

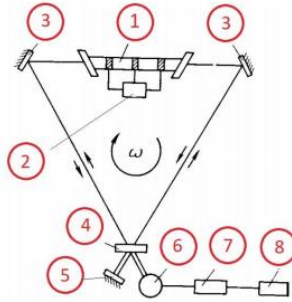


Рис. Схема лазерного гироскопа:

- 1 – активный элемент; 2 – генератор накачки активного элемента;  
 3 – непрозрачное зеркало; 4 – полупрозрачное зеркало; 5 – непрозрачное зеркало;  
 6 – фотокатод фотоэлектронного умножителя; 7 – частотомер;  
 8 – регистрирующее устройство;  $\omega$  – угол поворота основания

При повороте основания с кольцевым резонатором, образованным элементами 1–8, в инерциальном пространстве оптического пути, образованные элементами 1, 3 и 4 и проходимые лучами, движущимися по и против часовой стрелки, оказываются неодинаковыми. Разность между оптическими путями приводит в этом случае к возникновению разности частот воспринимаемых колебаний, которая фиксируется с помощью фотоэлектронного умножителя и частотомера, а результирующее фазовое детектирование осуществляется в устройстве 8.

### Литература

1. Распопов В. Я. Теория гироскопических систем. Гиросприборы / В.Я. Распопов. Министерство образования и науки Российской Федерации. Тула: Издательство ТулГУ, 2018. – 193 с.

УДК 621.3.082.62

## УДАЛЕНИЕ ЛЬДА ИЗ ВОДОСТОКОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕРМОРЕЗИСТИВНОГО МЕТОДА

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

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

Белорусский национальный технический университет

Важной проблемой начала весеннего периода является образование наледи на водосточных трубах, что зачастую приводит к материальным потерям в виду нарушения целостности и свойств конструкции труб, а также риск, связанный с травмированием людей за счёт опадающей наледи. Образование наледи происходит по причине циклов замерзания/оттаивания. Если масса наледи превысит допустимую нагрузку водо-

сточной трубы, крепления могут не выдержать и разрушиться. Это может привести к провисаниям системы или обрывам.

В связи с этим необходимо избежать образование наледи. Для этого необходимо производить обогрев труб с помощью греющего кабеля. Действие обогревающего кабеля основано на преобразовании электрической энергии в тепловую.

Конструкция кабеля выполнена следующим образом (рис. 1): в основании кабеля (5) расположены токопроводящие медные жилы, которые находятся внутри саморегулируемой проводящей матрицы (4). Матрица обнесена полиолефиновой оболочкой (3) для защиты от влажной среды. Оплетка из луженой меди (2) предназначена для подключения контактов заземления. Наружный слой представлен в виде полиолефиновой оболочки (1) аналогично слою 3 для дополнительной защиты от влаги.

Крепление кабеля к трубе осуществляется с помощью зажимов, обеспечивающих надежное положение кабеля и ограничивающее его пересечение.

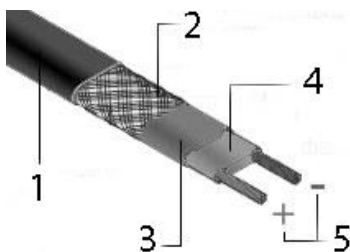


Рис. 1.



Рис. 2.

УДК 650.179(035)

### **УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ ТАВРОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ФАЗИРОВАННЫМИ РЕШЕТКАМИ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

Студенты гр. 11312117 Сикорская К.В., Лозюк М.М.

Ст. преподаватель Куклицкая А.Г.

Белорусский национальный технический университет

Ультразвуковой контроль (УЗК) сварных тавровых соединений фазированными решетками нашел применение во многих отраслях промышленности. Преимущественной особенностью данного метода контроля является проведение контроля в труднодоступных местах и возможность



использования нескольких элементов для сканирования, управления и фокусирования при помощи одного преобразователя.

Целью работы является изучение возможности совершенствования УЗК сварных тавровых соединений с использованием фазированных решеток при низких температурах.

Для обнаружения дефектов сварных тавровых соединений используют эхо-метод, который базируется на регистрации ультразвуковых колебаний, отраженных от дефекта. При использовании ультразвуковых дефектоскопов для избегания выхода прибора или его отдельных компонентов из строя при низких температурах, дефектоскоп должен быть помещен в мешок-термостат. Термомешок используют для создания и поддержания температурного режима. Также он может применяться совместно с другими устройствами, которые обеспечивают обогрев и регулирование температурного режима.

Неотъемлемой частью УЗК является использование пьезоэлектрического преобразователя – излучатель и приемник ультразвукового импульса, обрабатываемого ультразвуковым дефектоскопом. Для получения хорошего контакта между пьезоэлектрическим преобразователем и поверхностью объекта контроля используется контактная жидкость. Наиболее устойчивой контактной жидкостью к низким температурам является пропиленгликоль.

Таким образом, применение фазированных решеток при УЗК сварных тавровых соединений имеет ряд преимуществ перед простой ультразвуковой дефектоскопией. Большое количество углов исследования контролируемой поверхности и формирование цифрового изображения позволяет определить тип и размер дефекта. Для применения УЗК сварных тавровых соединений фазированными решетками при условиях низких температур рекомендуется помещать дефектоскоп в мешок-термостат, а в качестве контактной жидкости использовать пропиленгликоль.

УДК 681

## **УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ ШВОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

Студент гр. 11312117 Скрипка И.Н.

Кандидат техн. наук, доцент Ризноокая Н.Н.

Белорусский национальный технический университет

Трубопровод – это сооружение из разных составляющих (труб, колен, арматур и т. п.), предназначенный для транспортировки различных веществ (газа, нефти, нефтепродуктов, различных химикатов и др.). Трубопроводы различают на: магистральные, технологические, коммунально-сетевые и т. д.

Магистральные трубопроводы – инженерное сооружение (трубопроводы и отводы) диаметр которых до 1420 мм и давлением среды от 1,18 МПа до 15 МПа которые предназначены для транспортировки углеводородов, а также веществ из района их добычи в районы производства или их потребления.

Цель работы – выбор технических средств для неразрушающего контроля сварных швов магистральных трубопроводов.

В течение периода эксплуатации трубопровода, они подвергаются внешним и внутренним воздействиям окружающей среды. В результате негативного воздействия на трубопроводах образуются: трещины, расслоения в областях швов, утонение, коррозия и т. п.

Для своевременного обнаружения дефектов и своевременного устранения этих дефектов используют разные виды контроля. Одним из которых, является ультразвуковая дефектоскопия.

Ультразвуковой метод контроля позволяет выявлять следующие виды дефектов: утонение, расслоения, трещины, дефекты в областях шва и т. п.

При контроле трубопроводов используются ультразвуковые методы: эхо-метод, теневой метод, зеркальный метод, а также метод акустической эмиссии.

Самым универсальным методом контроля является эхо-метод. Данный метод позволяет проводить контроль сплошности материала и швов трубопровода, измерять толщину труб и его соединений.

Такими способами можно выявлять:

- потерю уровня герметичности;
- нарушение сварных стыков;
- состояние напряжённости;
- каррозионное воздействие;
- разгерметизацию сварных швов и т. д.

УДК 620.179.14

## **МАГНИТНЫЙ КОНТРОЛЬ РЕЛЬСОВ И РЕЛЬСОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

Студент гр. 11312117 Скрипка И.Н.

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

Белорусский национальный технический университет

Рельсы – это стальные балки, изготовленные из прочных углеродистых сталей. Как правило, рельсы применяются в железнодорожной промышленности, но также их применяют для передвижения крупных объектов (краны и т. д.), а также работы в шахтах и т. п. Поперечный профиль рельса представлен на рисунке.

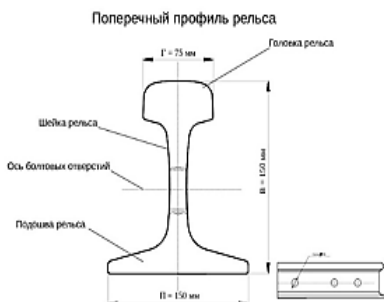


Рис 1 Поперечный профиль рельса

Цель работы – определение средства для магнитного неразрушающего контроля.

С периодом времени рельсы подвергаются воздействию многих факторов (внешнего воздействия окружающей среды, длительной эксплуатацией и т. д.). Поэтому со временем рельсы подвергаются проверкам на наличие разных дефектов. Один из основных методов контроля является магнитным.

Принцип метода магнитной дефектоскопии заключается в намагничивании готовых соединений, глубинные изъяны в шве вытесняют силовые импульсы, создается локальное поле рассеяния.

Над головкой продольно намагниченного рельса с внутренней поперечной трещиной усталости возникает поле рассеяния дефекта. Физически обоснованное представление о его образовании можно получить расчетно-аналитическим методом. Дефект представляется в форме сжатого эллипсоида, расположенного в безграничной магнитной среде. Материал эллипсоида однороден с относительной магнитной проницаемостью.

Существует несколько разновидностей магнитных дефектоскопов для проверки рельсов: дефектоскопный вагон и дефектоскопная тележка, на которую закрепляется магнитный дефектоскоп.

Пример такого дефектоскопа является дефектоскоп МРД-66. С помощью этого дефектоскопа выявляют поперечные дефекты в головке рельса. Таким образом, магнитный метод контроля является одним из оптимальных методов.

УДК 681.4

## ТЕРМОМЕТР-ЧАСЫ

Студент гр. 11312117 Скрипка И.Н.

Кандидат техн. наук, доцент Воробей Р.И.

Белорусский национальный технический университет

Изучение устройств на основе больших интегральных схем, например, микроконтроллерах, не позволяющих доступ к внутренним функциональным узлам, более наглядно можно производить при проектировании устройств, построенных по модульному принципу. Такой подход приводит к усложнению конструкции, увеличению ее габаритов, но позволяет получить доступ практически к каждому функциональному узлу.

Это также сопровождается увеличением объема программного кода, но модульный принцип построения программы и здесь облегчает процесс изучения программирования.

Учебный проект «Термометр-часы» выполнен по модульному принципу на основе двух микроконтроллеров: AT89C2051 и STC12C4052, с использованием модуля реального времени RTC. В качестве датчика температуры выбран стандартный для таких применений датчик DS18B20.

В качестве индикаторов использованы светодиодные 7-ми сегментные индикаторы, обеспечивающие высокую яркость и контрастность при интенсивной внешней засветке. Устройство обеспечивает отсчет и индикацию текущего времени, выработку сигнала будильника. Отдельный модуль со своим индикатором обеспечивает измерение температуры в диапазоне от  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $+45^{\circ}\text{C}$  с погрешностью не хуже  $0,5^{\circ}\text{C}$ . При необходимости к устройству может быть подключено исполнительное устройство для реализации функции термостатирования с погрешностью поддержания температуры не хуже  $1,5^{\circ}\text{C}$ . Так как часы и термометр, хоть и конструктивно объединены, но выполнены на разных микроконтроллерах, то и программные модули их работы также разработаны и работают раздельно. Но, например, модуль звукового оповещения используется как будильником, так и термостатом.

Модульный принцип построения устройства позволяет легко расширить или изменить его функциональные возможности. Так, только перепрошивкой микроконтроллера модуля часов можно изменить число будильников. А при использовании дополнительного модуля светодиодной линейки можно реализовать дополнительно к цифровому отображению температуры и квазианалоговую индикацию, приближенную к восприятию столбика жидкостного термометра, причем для разных поддиапазонов температуры можно использовать и различные цвета светодиодов.

Использование модульного принципа усложняет конструкцию проектируемого изделия, но облегчает процесс проектирования и обучения.

УДК 620.179(035)

## **УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ РЕЛЬСОВ И РЕЛЬСОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР**

Студенты гр. 11312117 Скрипка И.Н., Москалёва А.В.

Ст. преподаватель Куклицкая А.Г.

Белорусский национальный технический университет

Железнодорожные рельсы – это объект контроля из высокоуглеродистой, прочной стали. Во время эксплуатации рельсы испытывают большую нагрузку. Поэтому со временем производится контроль рельсов и рельсовых соединений при помощи ультразвуковых дефектоскопов.

Целью работы был выбор технических средств для неразрушающего контроля рельсов и рельсовых соединений в условиях низких температур.

При контроле рельсов ультразвуковые дефектоскопы встраивают в дефектоскопные тележки. Пример дефектоскопной тележки представлен на рисунке.

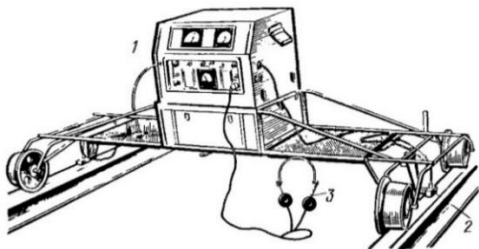


Рис. 1. Дефектоскопная тележка:

1 – ультразвуковой дефектоскоп с источником питания; 2 – искательная система; 3 – наушники



Рис. 2. УДС2-6

Исходя из требуемых условий эксплуатации, следует включить в комплект дефектоскопной тележки ультразвуковой дефектоскоп УДС2-6 (Рельс-6) производство Молдова. Он выявляет внутренние и внешние дефекты в рельсах такие как трещины, расслоения, а также определяет качество сварных соединений в железнодорожных рельсах. Дефектоскоп представлен на рисунке 2.

Дефектоскоп УДС2-6 (Рельс-6), представленный на рисунке 2, предназначен для работы как в обычных условиях, так и при низких температурах. Диапазон рабочих температур от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ .

Таким образом, для контроля рельсов и рельсовых соединений в условиях низких температур выбрана дефектоскопная тележка с ультразвуковым дефектоскопом УДС2-6 с диапазоном рабочих температур от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ .

УДК 621

## МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ ЦИФРОВОЙ ФАЗОМЕТР

Студент гр. 31303117 Снытков М.А.

Ст. преподаватель Ломтев А.А.

Белорусский национальный технический университет

Фазометр – это электроизмерительный устройство, которое используется для измерения сдвига фаз между двумя периодически изменяющимися электрическими сигналами.

Известны следующие методы измерения угла сдвига фаз: метод непосредственной оценки и метод сравнения. Угол сдвига фаз измеряется в градусах или в радианах.

В цифровых фазометрах преобразуется угол сдвига фаз в интервал времени; величина интервала времени соответствует значению измеряемого угла сдвига фаз.

Для измерения интервала времени применяются метод дискретного счета и метод с промежуточным преобразованием интервала времени в величину постоянного напряжения, соответствующую этому интервалу. Метод дискретного счета основан на непосредственном преобразовании интервала времени в код.

Разновидностями фазометров с непосредственным дискретным счетом являются фазометры с измерением входных напряжений за один период, которые носят название фазометров мгновенного значения, и фазометры с измерением входных напряжений за несколько периодов, называемых фазометрами среднего значения. Наибольшее применение находят фазометры среднего значения, носящие также название фазометров с постоянным временем измерения.

Рассматриваемый в работе цифровой фазометр выполнен на базе микроконтроллера ATmega16. Для измерения интервалов времени использована микросхема ПЛИС серии MAX7000S, изготовленная фирмой Altera. Сигналы формируются с помощью компаратора AD8564. Для получения счетных импульсов применен кварцевый генератор JCO14 с частотой 100 МГц. На выходе прибора используется интерфейс UART. К выходу прибора может быть подключен также внешний дисплей.

УДК 004.42

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММ С ТРЁХМЕРНОЙ ГРАФИКОЙ ДЛЯ ОТЛАДКИ ГИРОСКОПИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Студент гр. 121191 Стрельцов Д.С.

Кандидат техн. наук, доцент Матвеев В.В.

ФГБОУ ВО «Гульский государственный университет»

Отладка гироскопических систем в лабораторных условиях играет важную роль при разработке образцов техники. Чаще всего эта задача решается с использованием цифровых моделей приборов, реализованных в прикладных программах *Matlab*, *MatchCad* и др. Однако не всегда можно определить поведение систем в условиях, приближенных к реальным.

Разработан аппаратно-программный комплекс с использованием трёхмерной графики, моделирующей полёт самолёта (рис.).

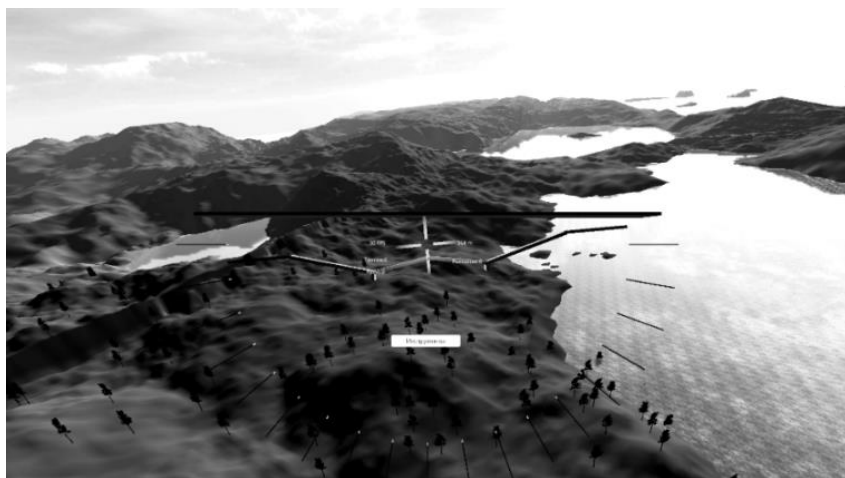


Рис. Вид разработанной программы

Визуализация полёта осуществляется на основе реальных данных микромеханических гироскопов и акселерометров, считываемых с помощью платы *Arduino* [1]. Их обработка происходит внутри нескольких сценариев, написанных на языке программирования *C#*. С помощью разработанных программ было установлено влияние погрешностей датчиков на основные режимы полёта самолёта и определены некоторые их характеристики [2].

### Литература

1. Сравнение характеристик микромеханических гироскопов. «Хабр», 2012. – <https://habr.com/ru/post/139110>.
2. Стрельцов Д.С., Матвеев В.В. Испытания волнового твердотельного гироскопа// Промышленная революция 4.0: взгляд молодежи: тезисы докладов II Межрегиональной научной конференции. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2020. – С. 49.

УДК 621.396

### ПОРТАТИВНЫЙ LCR-МЕТР

Студент гр. 11303118 Точило П.М.

Кандидат техн. наук, доцент Савёлов И.Н.

Белорусский национальный технический университет

Портативный LCR-метр предназначен для измерения индуктивности, ёмкости, сопротивления, добротности, коэффициента затухания, тангенса угла диэлектрических потерь, эквивалентного последовательного и па-

раллельного сопротивления в производстве, при отладке и ремонте радио-электронной аппаратуры, измерения физических величин в лабораториях.

Целью данной работы являлась разработка конструкции портативного LCR-метра всеклиматического исполнения для эксплуатации на открытом воздухе.

Для решения поставленной задачи было разработано техническое задание, в котором определены необходимые технические параметры конструкции.



Рис. Портативный LCR-метр

Защитный корпус прибора выполнен разъемным для обеспечения ремонтпригодности и технологичности сборки. Для предотвращения попадания мелких пылевых частиц, а также воды внутрь корпуса между основанием и крышкой, в специально сделанный паз, устанавливается прокладка уплотнения. Материалом для прокладки была выбрана резина ИРП-1265.

Для обеспечения эргономичности конфигурация корпуса выполнена с учётом антропометрических параметров руки человека-оператора согласно СТБ ЕН 547-3-2003, что делает конструкцию прибора удобной для эксплуатации в производственных условиях.

Твердотельная модель конструкции (рис.) и рабочие чертежи деталей разработаны при помощи САПР SolidWorks. В результате работы выполнены все требования технического задания.

УДК 681.4

## **МЕТЕОСТАНЦИЯ**

Студент гр. 11303118 Точило П.М.

Кандидат техн. наук, доцент Воробей Р.И.

Белорусский национальный технический университет

Экологическая обстановка согласно ГОСТ Р 56828.38-2018 контролируется многими производственных предприятиями. На экологические



отделы возложены функции контроля и регулирования уровня загрязнения окружающей среды, в том числе горючими газами. Отметим, что в природе также имеются естественные источники выделения газа, например, болота. Эта экосистема также требует постоянного контроля и анализа динамики ее изменения. При ухудшении состояния болот наблюдается локальное изменение климата и, следовательно, уменьшение разнообразия флоры и фауны.

В качестве решения проблемы отслеживания динамики изменений окружающей среды, как от техногенных объектов, так и естественных источников выделения газа предлагается следующая схема метеостанции (рис.).

Метеостанция выполняет роль регистратора параметров окружающей среды: температура  $T$ , относительная влажность  $H$ , атмосферное давление  $P$ , а также доля метана в атмосфере ( $0-7000 \text{ мг/м}^3$ ). В метеостанции используются модуль часов реального времени  $RTC$  и модуль связи. Каждый час производится регистрация параметров и запись во внутреннюю память контроллера, и раз в сутки на базовое принимающее устройство передается файл с помощью модуля связи, содержащий значения параметров, а также время регистрации.

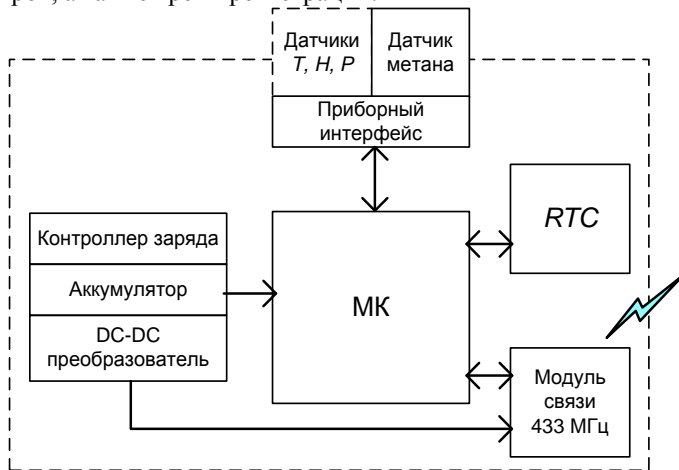


Рис. Функциональная схема автономной метеостанции

Такая концепция позволяет оценить тенденции изменений и делать прогнозы на дальнейшее развитие экологической ситуации.

## УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТОДАМИ TOFD И PAA

Студенты гр. 11312117 Хомич Е.М., гр. 11312116 Станкевич Д.Г.

Ст. преподаватель Куклицкая А.Г.

Белорусский национальный технический университет

Целью научной исследовательской работы является сравнительное исследование методов фазированной антенной решётки (РАА) и дифракционно-временного(ToFD).

В Республике Беларусь имеется большое количество опасных промышленных объектов, которые нуждаются в регулярной диагностике с использованием методов неразрушающего контроля. К таким объектам относятся магистральные трубопроводы газа и нефти, а также трубопроводы пара и воды в двух контурах Белорусской атомной электростанции. Критические дефекты трубопроводов обычно возникают в местах сварных соединений. К основным методам контроля сварных соединений относится рентгенографический метод и ультразвуковые методы, формирующие цифровые изображения.

Современные методы ультразвукового неразрушающего контроля обладают следующими достоинствами, по сравнению с рентгенографическим методом: безвредны для оператора, осуществляющего контроль; использование дифракционно-временного метода позволяет обнаруживать поверхностно расположенные мелкие дефекты, которые невозможно обнаружить используя рентгенографический метод.

Рассмотрены методы ToFD и PAA и технические средства их реализации, результаты контроля сварных соединений. На рисунке 1 приведен ультразвуковой дефектоскоп, который реализует оба метода



Рис. 1.

После сравнительного анализа достоинств методов PAA и ToFD показано, что на этапе монтажа трубопроводов более целесообразно использовать метод PAA, а в процессе эксплуатации метод ToFD.

## ПАНЕЛЬ ИНДИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ ЗОН ОХРАННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ С ПРОВОДНЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ ОБМЕНА

Студент гр. 11301117 Черняк А.С.

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

Белорусский национальный технический университет

Система охранной сигнализации – это совокупность совместно действующих технических средств для обнаружения проникновения (попытки проникновения) на охраняемый объект. Обеспечивает сбор, обработку, передачу и представление в заданном виде служебной информации и информации о проникновении (попытки проникновения).

При реализации системы охранной (пожарной) сигнализации с подключением к пульту централизованного наблюдения (ПЦН) в случае появления тревожных событий на охраняемом (защищаемом) объекте информация о них передается по различным каналам связи на пульт подразделения вневедомственной охраны для оперативного реагирования.

Разрабатываемое устройство является вспомогательным, но важным элементом в работе приемно-контрольного прибора и системы сигнализации в целом, поскольку позволяет получить наглядное представление о состоянии охранных зон. Панель индикации представляет собой модульное светодиодное табло, отображающее состояние до шестидесяти зон охранной сигнализации.

Отличительной особенностью разрабатываемого устройства является автоматическая проверка работоспособности адресных индикаторов, обеспечивающих индикацию состояния зон охранной сигнализации.

Схема электрическая структурная устройства приведена на рисунке.

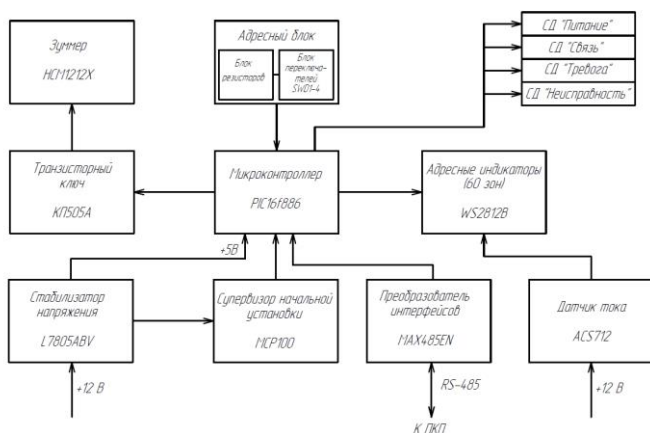


Рис. Схема электрическая структурная панели индикации

## ЦИФРОВОЕ ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО ПРИЕМНО-КОНТРОЛЬНОГО ПРИБОРА ОХРАННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Студент гр. 11301118 Шабан Е.И.

Ст. преподаватель Василевский А.Г.

Белорусский национальный технический университет

При длительной эксплуатации необслуживаемых аккумуляторных батарей (АБ), в приборах охранной сигнализации, в буферном режиме происходит медленный перезаряд АБ и снижения эксплуатационных характеристик. Это происходит в результате отсутствия периодической электротренировки АБ и несовершенного алгоритма управления зарядкой и подзарядкой. Предлагаемая схема имеет возможность периодической оценки состояния и корректировки алгоритма контроля и эксплуатации аккумуляторных батарей.

Из рисунка следует возможность построения алгоритма цифрового управления зарядкой, подзарядкой и электротренировкой АБ в буферном режиме, в составе приемно-контрольного прибора охранной сигнализации.

Буферный режим АБ, в составе ПКП ОС, характеризуется отсутствием нормальной нагрузки АБ длительное время. В некоторых приборах при этом, сохраняется режим подзарядки малым током, в других вообще отсутствует нагрузка. Непрерывный контроль АБ, периодическое подключение эквивалента нагрузки позволяет оперативно вносить изменения в алгоритм зарядки, под-зарядки, а при необходимости производить электротренировку.

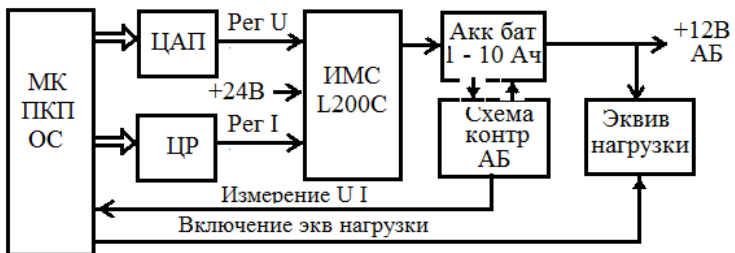


Рис. Схема цифрового управления и контроля аккумуляторной батареи

Основным элементом схемы является ИМС L200С, которая изменяет значения выходного тока и напряжения под управлением цифровых преобразователей.

## ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ СОВРЕМЕННЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

Студенты гр. 11301118 Шабан Е.И., Ерошеня Т.С.

Ст. преподаватель Исаев А.В.

Белорусский национальный технический университет

На сегодняшний момент существует большое количество извещателей, построенных на анализе звуковой волны разбития стекла. Предлагаем избавиться от аппаратных фильтров и использовать средства микропроцессорной техники. Рассмотрим структурную схему устройства:

В настоящее время развитие технологий позволило устройствам перейти на новую ступень их организации. В извещателе разбития стекла это развитие позволило заменить блок фильтров 1 и 2 на разложение быстрым преобразованием Фурье.

В достоинствах такой замены можно отметить уменьшение габаритности и стоимости данного извещателя, а также увеличение точности. К недостаткам можно отнести высокие первоначальные вложения, которые со временем окупаются.

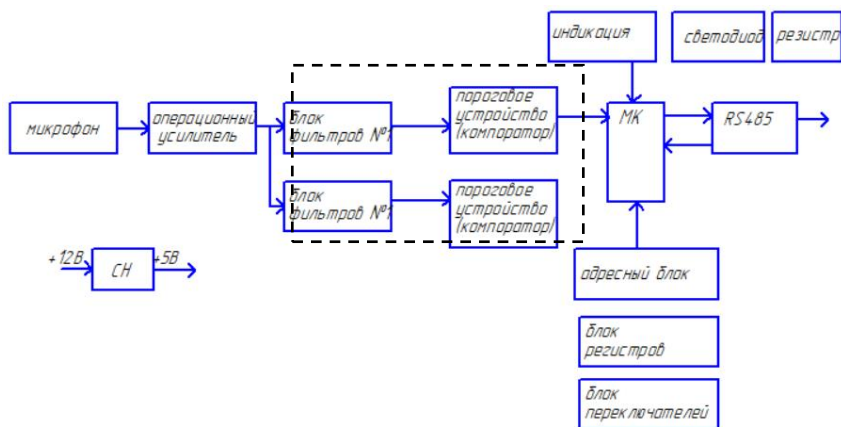


Рис. Структурная схема устройства

Таким образом, замена блока фильтров быстрым преобразованием Фурье решает задачи компактности (габаритности) и точности срабатывания извещателя, чем увеличивает спрос на такие устройства для охраны объекта.

## ЦИФРОВОЙ ОММЕТР

Студент гр. 31303117 Якимович И.В.

Ст. преподаватель Ломтев А.А.

Белорусский национальный технический университет

Одним из приборов для определения электрических активных сопротивлений, является омметр. Обычно измерение сопротивления омметром производится по постоянному току, но в некоторых электронных омметрах возможно использование переменного тока.

Главной функцией цифрового омметра является измерение сопротивления. Для того, чтобы измерить сопротивление необходимо установить переключатель в нужное положение, соответствующее нужному режиму работы, а так же подсоединить измерительные концы к схеме измерения.

Принцип измерения электрического сопротивления цифровым омметром основан на применении закона Ома. В современные конструкции цифровых омметров входят технологии, включающие в себя следующие компоненты:

- датчики, измеряющие ток и напряжение, передающие информацию по цифровым технологиям;
- различные микропроцессорные устройства, которые при получении данных от датчиков выводят информацию на табло.

Каждый цифровой омметр имеет свои отличительные особенности в пользовательских настройках, которые следует изучить перед работой с омметром, для правильных снятий показаний и безопасной работы с прибором. Так как по незнанию можно допустить грубые ошибки, связанные с подачей напряжения на его вход, что проявляется выгоранием внутренних элементов схемы.

В данной работе рассматривается цифровой омметр для определения электрических активных (омических) сопротивлений, позволяющий измерять сопротивление в диапазоне  $10 \text{ Ом} - 2 \text{ кОм}$ ,  $1 \text{ кОм} - 200 \text{ кОм}$  и  $100 \text{ кОм} - 2 \text{ Мом}$  с погрешностью измерений 5%.

Особенностью данного омметра является возможность измерения на использовании переменного тока, а так же автоматическая самокалибровка. Для поиска неисправностей в электрических схемах, омметр является незаменимым. Позволяет быстро определить короткое замыкание, обрыв цепи, а так же проверку наличия контактов.

## ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР ПИЛООБРАЗНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Студент гр. 31303117 Якимович С.С.

Ст. преподаватель Ломтев А.А.

Белорусский национальный технический университет

Измерительный генератор – электронное устройство, образующее колебания напряжения различной формы, у генератора пилообразного напряжения колебания принимают пилообразную форму.

Генератор пилообразного напряжения может работать в автоколебательном режиме или в ждущем режиме, поэтому выделяют такие периоды работы как: рабочий период, период обратного хода.

Для получения пилообразного напряжения используют различные генераторы, однако неизменным главным элементом в схемах остается конденсатор, заряд которого происходит постоянным током. Импульсы напряжения пилообразной формы могут быть положительной и отрицательной полярности.

Измерительные генераторы так же разделяют на низкочастотные, высокочастотные и сверхчастотные генераторы.

К особенностям у измерительных генераторов можно отнести способность изменять выходные сигналы напряжения и сопротивления.

В данной работе рассматривается измерительный генератор пилообразного напряжения с амплитудой выходного сигнала 50 мВ...5 В, диапазон генерируемых частот 20 Гц...20 кГц, относительная погрешность задания частоты 1%, выходное сопротивление  $50 \pm 1$  Ом.

Главными элементами, составляющими структурную схему генератора пилообразного напряжения, являются:

- токостабилизирующий элемент;
- конденсатор, на котором формируется линейно изменяющееся напряжение;
- ключевое устройство;
- формирователь импульсов;
- эмиттерный повторитель.

## ОТКРЫТАЯ АРХИТЕКТУРА RISC-V ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ НА УСТРОЙСТВЕ ULTRASCALE™ FPGAS

Инженер-программист Яловик О.Н.<sup>1</sup>,

Начальник отдела № 2 Зуёнок А.П.<sup>1</sup>

Кандидат техн. наук, доцент Фёдорцев Р.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ООО «НТЛаб-ИС»

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет

Одним из вариантов программирования микропроцессоров и микроконтроллеров, в т.ч. программируемых логических интегральных схем (ПЛИС, англ. FPGA), является концепция RISC [1]. RISC-V – представляет собой коммерчески открытую архитектуру набора порядка 50 инструкций (ISA). При одинаковой кодировке инструкций в RISC-V предусмотрены реализации архитектур с 32, 64 и 128-битными регистрами общего назначения и операциями. С данной архитектурой успешно работают такие известные компании как Western Digital, Esperanto Technologies, а также некоммерческая организация lowRISC.

Цель поисковых исследований группы компаний «НТЛаб» заключалась в проверке возможности реализации RISC-V на устройствах Kintex® UltraScale™ FPGAs [2]. Одним из подходов являлась проверка возможности использования генератора Rocket Chip или LiteX для создания SoC и полных проектов FPGA. В свою очередь генераторы Rocket Chip (LiteX) представляют из себя размещенную на GitHub библиотеку SoC/IP-библиотеку и служебные программы. Генератор Rocket Chip написан на Chisel, который в свою очередь использует встроенный Scala. LiteX использует встроенный DSL Migen Python.

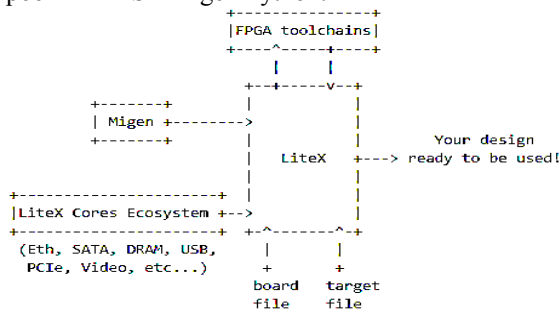


Рис.

В настоящий момент осуществляется поиск решений по синтезу RTL с помощью LiteX. Благодаря объединению LiteX с экосистемой ядер создание сложных SoC становится проще, чем с использованием традиционных



инструментов, обеспечивая лучшую переносимость и гибкость. Типичный процесс проектирования LiteX представлен на рисунке.

### Литература

1. The RISC-V Instruction Set Manual Volume II: Privileged Architecture Privileged Architecture Version 1.9.1. UCB/EECS-2016-161. – 87 p.
2. UltraScale+ FPGAs. Product Tables and Product Selection Guide. Corporate Headquarters Xilinx Inc. 2015-2020. XMP103(v1.21) – 9 p.

УДК 621.396

## АНАЛИЗАТОР КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Студент гр. 11303118 Ясько Н.Е.

Кандидат техн. наук, доцент Савёлов И.Н.

Белорусский национальный технический университет

Анализатор качества электроэнергии предназначен для диагностики проблем и регистрации показателей качества электроэнергии.



Рис. Анализатор качества

Целью работы является разработка конструкции анализатора качества электроэнергии, которая соответствует климатическому исполнению В2 и степени защиты IP56.

Корпус конструкции является разъемным и состоит из двух частей: основание и крышка. Данные части изготавливаются из АБС-пластика 2020-31.

Разработана форма заглушек для USB и BNC разъемов, предотвращающие попадание пыли и влаги внутрь конструкции прибора.

Пленочная панель так же предотвращает попадание пыли и влаги внутрь конструкции, кроме того достоинствами пленочной панели являются механическая гибкость, прочность и устойчивость к воздействию ультрафиолетовых лучей.

Важным параметром для переносных приборов является виброустойчивость и ударопрочность. Для обеспечения защиты прибора от механических воздействий разработаны верхний и нижний демпферы оригинальной конструкции, которые изготавливаются из силиконовой резины ИРП-1265.

Форма корпуса разработана с учётом антропометрических параметров руки человека-оператора по СТБ ЕН 547-3-2003, что обеспечивает требуемый уровень эргономичности для переносных устройств.

Твердотельная модель конструкции (рис.), а также рабочие чертежи были разработаны при помощи САПР SolidWorks.

**РЕВЕРСИВНЫЙ СЧЕТЧИК С ЭНКОДЕРОМ**

Студент гр. 11303118 Ясько Н.Е.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Тявловский К.Л.,  
ст. преподаватель Исаев А.В.

Белорусский национальный технический университет

Целью работы является разработка реверсивного счетчика с энкодером с использованием отладочной платы на базе микроконтроллера STM32.

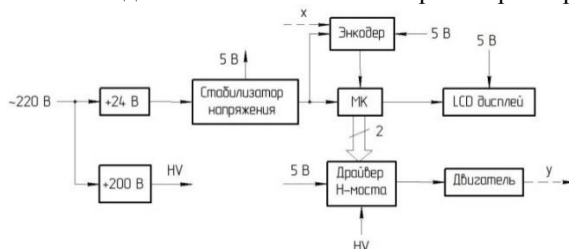


Рис. Структурная схема устройства

В устройстве предусмотрена взаимозаменяемость микроконтроллера. Диапазон счета составляет  $\pm 32767$ . Скорость счета – 6 кГц. Реверсивный счетчик обеспечивает перевод в реальные единицы измерения, а также определение направления вращательного движения узлов и механизмов.

Устройство (рис.) используется в станках гильотинного типа для задания длины разрезаемого материала. Энкодер соединяется с вращающимся валом двигателя, который посредством вращения передвигает стол на необходимую длину.

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА  
КОНЦЕНТРАЦИЙ ГАЗОВ НА ОСНОВЕ ДАТЧИКОВ СЕРИИ MQ**

Студент 4 курса Плевако Е.И.

Кандидат техн. наук, доцент Кольчевский Н.Н.,  
инженер-электроник Петров П.В.

Белорусский государственный университет

Предметом работы является проектирование измерительного устройства, предназначенного для контроля чистоты воздуха на базе квадрокоптера. Интегрирование с беспилотными летательными аппаратами позволяет проводить высотные автоматизированные измерения. Чаще всего для работы с беспилотными летательными аппаратами применяется радиока-

нал или канал Wi-Fi. Эти способы управления широко используются при полетах на расстоянии до 5 км.

Основной целью работы будет снятие данных о загрязнителях окружающей среды: угарном газе, метане и пропане, сохранение полученных данных на SD-карту и отправка их на устройство по Wi-Fi с последующей обработкой.

Для реализации понадобятся: полноразмерная макетная плата, датчик MQ-2, датчик MQ-7, плата heltec ESP32 LoRa32, модуль подключения micro SD накопителя, акселерометр и гироскоп MPU6050/GY-521, барометр и термометр BMP280, модуль GPS GY-NEO6MV2, источник питания 5В, резисторы 330 Ом, 470 Ом и 1 кОм, соединительные провода, кабель Micro USB и крепление для измерительного устройства. Датчики производят измерения в диапазоне: для угарного газа 20–2000 ppm, для пропана 200–5000 ppm, для метана 500–20000 ppm. Суммарная масса всех компонентов, входящих в данное измерительное устройство, составляет около 120 грамм.

Полученные данные записываются на внутренний Micro SD накопитель и передаются на смартфон по каналу Wi-Fi. Измерительная информация содержит время работы датчиков MQ, максимальное, минимальное и среднее значения полученных данных, значения температуры, высоты и GPS координат.

Датчики серии MQ реагируют на группы газов с разными коэффициентами чувствительности. Измеренные данные пересчитываются для определения концентраций отдельных газов. Программная часть по определению концентраций отдельных газов реализована на языке Embedded C в среде Arduino IDE.

Обсуждаются этапы разработки измерительного комплекса и точность определения концентраций загрязняющих газов датчиками серии MQ.

УДК 621.311

## **ИМПУЛЬСНЫЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ИСТОЧНИКИ**

Аспирант Цедик В.А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Шахлевич Г.М.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Импульсные высоковольтные источники питания (ВВИП) применяются для питания электровакуумных приборов средней и высокой мощности: клистронов и магнетронов, но в большей степени — для рентгеновских трубок (РТ) и т. д. Основные характеристики высоковольтных источников для рентгеновской аппаратуры:

- диапазон мощностей — от сотен ватт до сотен киловатт;
- диапазон выходных высоких напряжений  $U_a$  — от единиц до сотен киловольт и более;
- допустимая общая (суммарная) нестабильность  $\delta U_{a\Sigma} = 0,01-5\%$ ;
- коэффициент пульсаций высокого напряжения  $K_{n(U_a)} = 0,1-1\%$ ;
- режим работы: длительный (8–100 ч и более); повторно-кратковременный; импульсный.

Параметры импульсных ВВИП находятся в широком диапазоне напряжений и токов: амплитуда высокого напряжения  $U_b$  — 10(15) кВ–1,5 МВ, ток нагрузки  $I_n$  – от десятков мА до единиц кА в импульсе. Используются как одиночные импульсы, так и периодические их последовательности. Диапазон длительностей импульсов – от единиц нс до сотен мкс при частоте следования импульсов от единиц до сотен Гц. Наиболее распространенными схемами формирования импульсов в ВВИП с импульсным выходом, или высоковольтных импульсных модуляторов, являются [1]:

- схемы разряда на нагрузку предварительно заряженного конденсатора через импульсный трансформатор;
- то же с обостряющим неуправляемым разрядником-обострителем импульсов на вторичной стороне трансформатора;
- схемы с формирующими линиями (цепями) и импульсными трансформаторами;
- схемы разряда непосредственно на нагрузку конденсатора, предварительно заряженного высоким напряжением, через коммутирующий ВВ-узел (коммутатор или разрядный ВВ-ключ).

#### Литература

1. Блинов, Н.Н. Рентгеновские питающие устройства / Н.Н. Блинов. – М.: Энергия, 1980. – 199 с.

UDC 681

### MEASUREMENTS AND ANALYSIS OF ELECTRICAL PROPERTIES OF Ti-Zr-C NANOCOMPOSITE

2<sup>nd</sup> year Master's degree student Gałaszkiwicz P.  
Lublin University of Technology

Alternating current properties of Ti-Zr-C nanocomposites samples were tested on the stand specifically described in [1]. Measuring station was equipped with with CS 204AE-FMX-1AL helium cryostat (Advanced Research Systems, USA). Measurements of alternating current characteristics (conductivity  $\sigma$  and phase angle  $\varphi$ ) were carried out in the frequency range from 50 Hz to 5 MHz.

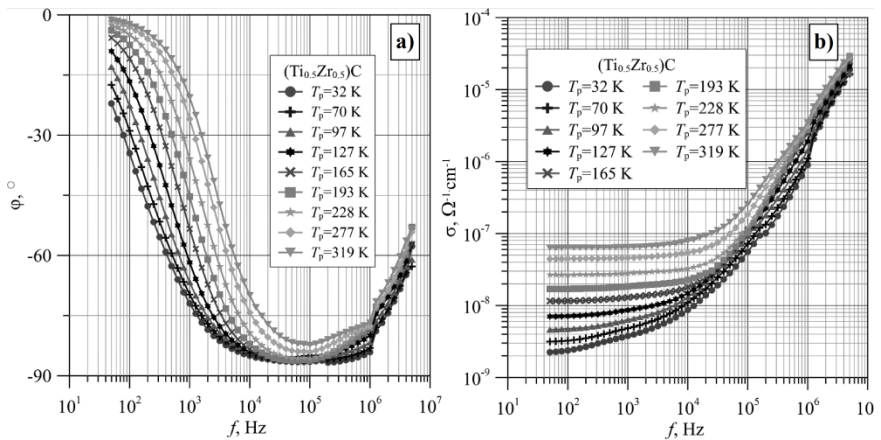


Fig. 1. Selected frequency dependence of the phase angle (a) and conductivity (b) for temperatures between 32 K and 319 K.

Frequency dependence of the phase shift angle and conductivity for selected measurement temperatures is presented in Fig. 1b. The figure shows that in the whole frequency range the angle of phase shift shows negative values. This means that the nanocomposite exhibits conduction, resulting from a parallel combination of capacity and resistance. As the frequency increases, the module of the phase shift angle increases, which means that the shift current component increases. Fig.1 c shows that in the low frequency area the conductivity value is almost constant. At frequencies above 1000 Hz a sharp increase in conductivity of more than two orders begins.

## References

1. Koltunowicz, T.N. Test station for frequency-domain dielectric spectroscopy of nanocomposites and semiconductors, *J. Apps. Sectrosc.* 82 (2015) – P. 653–658.

## СЕКЦИЯ 2. КОНСТРУИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ПРИБОРОВ

UDC 621.865.8:658.56

### AUTOMATED WASTE SORTING SYSTEM

Belman O.I., Stelmakh N.V.

National Technical University of Ukraine

“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

**Introduction.** Ukraine's accession to the European Union is impossible without effective implementation of the basic principles and norms of sustainable development. In this aspect, it is important to revise approaches to the management of the sphere of solid waste (SHW) management in order to reveal the innovative and investment potential of this sphere, to transfer it into a profitable, investment-attractive industry. Management of the sphere of handling SHW is due to the need to take into account the social and environmental features of the development of the region and the search for the most effective ways of rational use of its secondary resources and ensuring environmental safety. Currently, the problem of the accumulation of solid household waste is extremely urgent. The relevance lies in their negative impact on the environment and human health. This is due to the fact that MSW occupy vast areas of land [1].

**Main part.** Since all people will not immediately begin to sort used products, therefore, to solve this problem, it is advisable to develop an automated system that, without preliminary sorting SHW, is able to isolate useful materials suitable for recycling. Unlike modern sorting solutions, where people at certain stages perform the role of sorters, in the proposed system their participation in the process is minimized. Despite the work with SHW, there is no unpleasant odor at all at all the main stages of sorting, due to the initial sterilization [2].

**Conclusion.** To summarize the above, it is obvious that the processes of collection, sorting and recycling of waste can be almost completely automated, and on the basis of existing technologies [3]. Moreover, automatic waste disposal can bring considerable profit with minimal human intervention.

### References

1. Горлицкий Б.А. Обращение с бытовыми и промышленными отходами – основные изменения стратегии и тактики // Экология и здоровье человека: Тезисы докл. XIV Междунар. научно-пр. конф. – Харьков – Щелкино, 2006. – С. 192.
2. Belman O.I., Stelmakh N.V. AUTOMATED WASTE SORTING SYSTEM BASED ON VISUAL SPECTROMETRY // Belman O.I., Stelmakh N.V. // Материалы 13-й МНТК Новые направления развития приборостроения. – Минск, 2020. – С. 4.
3. Alamgir M., Ahsan A. Municipal Solid Waste and Recovery Potential. Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng., 2007, vol. 4, no. 2, pp. 67–76.

## **SELECTION OF ELEMENTARY BASE TO PROVIDE TECHNICAL CHARACTERISTICS OF BUILDING ROBOT**

Haidai V.A., Stelmakh N.V.  
National Technical University of Ukraine  
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

When developing any industrial robot, the task of selecting the optimal parameters of the elementary blocks is very important, because the quality and efficiency of development depends on this direction. Under the element blocks we understand the independent functional parts of the robot. In the proposed design of construction robot can be divided into the following 6 blocks: crawler base, rotary turret, first link, second link, third link and nozzle.

The crawler base carries the largest load of all the blocks. It must be resistant to overturning, withstand the weight of the whole robot. In order to ensure the accuracy of movement of the robot, a crawler was selected. It is also worth noting that the crawler web has a larger area of contact with the surface, and therefore exerts less pressure, which is important because it can provide work even when building multi-storey buildings, and therefore the floor will withstand the work. The choice of dimensions of this unit was also influenced by the aesthetic appearance, because the consumer is interested in non-standard shape and beautiful appearance.

The following requirements are set for the rotary turret: rigidity of the structure, no deviation of coaxiality with the Z axis, precise rotation of the arm and aesthetic appearance. The rigidity of the structure was achieved due to the structures made of sheet material. Coaxial with the Z axis is ensured by a reliable movable connection using bearings.

The first, second and third links have similar requirements: free movement of the nozzle in space, accuracy and endurance. In order to meet all the requirements, reliable movable connections between the links were used and stepper motors with precise step motion were used.

The last block of work – the nozzle, plays the biggest role in the design of the work, if this is essentially the main purpose of creating a robot. In this block of placement of data control elements that are combined, and so the main requirements are their compact placement and aesthetic appearance.

So, it is important to correctly select the optimal parameters of the element blocks in order for the development to meet all the requirements and technical characteristics. This will help reduce development time, increase durability and reliability of development.

## **ANALYSIS OF SOFTPROM DELMIA AS PART OF PROCESS PLANNING AUTOMATION**

Student gr. PB-81 Matoshyn O.V.  
PhD, Assoc. Prof. Stelmakh N.V.  
National Technical University of Ukraine  
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

Modern production is difficult to imagine without the use of CAD for the design of the entire cycle of production processes. Among the many similar systems, Softprom DELMIA occupies a special place, which allows to significantly reduce the time for the development of technological documentation, the timing of the introduction of new design developments into production and increase its efficiency.

DELMIA provides a significant reduction in time for managing the production and operation processes of the product, as well as for planning and optimizing the resources required for this. This system allows you to plan a virtual production department, using the available industrial equipment, robots and operators, in which each parameter can be varied to obtain the most optimal configuration.

The main advantage of DELMIA is the ability to develop the technology of the product even in the process of its design. 3D modeling of technological processes in DELMIA allows you to reduce the cost of manufacturing labor-intensive products. It must be said that there is a relationship in the modeling and design of production processes. For example, when forming a simulation of a technological process, the sequence of its execution is mechanically designed. While investigating the technological process, recommendations are developed to improve the characteristics of the current technical equipment. The system also provides simulation of manual operations using the DELMIA Human Simulation module.

Visualization of technological operations of a product assembly is carried out using the DELMIA DPM Assembly module, which allows modeling the technological processes of assembly, analyzing the assemblability of the product, evaluating production resources, used equipment, tools and accessories, and calculating the time characteristics of technological operations of assembly.

As a result of the analysis, Softprom DELMIA visually demonstrated the main capabilities in the design of production processes, and also proved the feasibility of its use in the technological preparation of instrument manufacturing.



## РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ДИЗАЙНА МЕДАЛЬОНА «ВЕНЕРА» В СТИЛЕ РОМАНТИЗМ

Студент гр. 11309116 Андрушко Р.А.

Кандидат техн. наук, доцент Филонова М.И.

Белорусский национальный технический университет

Медальон – изделие овальной или круглой формы в виде небольшого плоского футляра, открывающегося «книжкой», которое обычно носят на шее. Внутри медальона кладут персональную реликвию – портрет или памятную вещь миниатюрного размера.

Медальон «Венера» (рис.) разработан в стиле романтизм. Именно в эпоху романтизма появились такие своеобразные украшения, как медальоны, имеющие глубокий символический подтекст.



Рис. Медальон «Венера»

Основой композиции являются овалы, символизирующие биение сердца, а серебряный цвет символизирует чистоту души их владельцев. Симметрия расположения всех элементов обеспечивает целостность и уравновешенность композиции украшения. С помощью ритма достигается гармоничность, ясность, выразительность образов, четкость восприятия. Вставки из оникса придают контраст изделию, подчеркивают различие свойств форм, делают их единство более напряженным, впечатляющим. Пропорциональность форм обеспечивают украшению большую художественную выразительность. Некоторые формы изделия являются смысловым воплощением натуральных форм, основанных на мотивах, образах, ассоциациях, взятых от природы.

Украшение изготовлено из серебра 925-й пробы и вставок из черного оникса. Применением недорогих материалов делаем акцент на то, что украшение имеет не материальную, а особую ценность для владельца.

## УСТАНОВКА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ

Студент гр. 11307116 Анейчик А.Л.<sup>1</sup>,  
студент гр. 2501 Митилович А.С.<sup>2</sup>

Кандидат техн. наук, профессор Минченя В.Т.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>Белорусский государственный медицинский университет

Гистология – (от греч. *histos* – ткань, *logos* – учение) – наука о строении, развитии и жизнедеятельности тканей человека. Из этого определения следует, что главным предметом изучения гистологии является ткань. Ткани представляют собой систему клеток и неклеточных структур, объединившихся и специализировавшихся в процессе филогенеза и онтогенеза для выполнения важнейших функций в организме.

Врачи используют методику прощупывания (пальпацию) как часть врачебного исследования, чтобы диагностировать различные патологические процессы в теле человека. Наличие «жестких» участков ткани ассоциируется с патологией и часто представляет ранний сигнал о заболевании, как в случае рака грудной железы или простаты. Часто при хирургических вмешательствах обнаруживают опухоли, которые возможно обнаружить малочисленными современными инструментальными методами. Это предполагает, что методы оценки «твёрдости» ткани являются дополнительными к обследованию с помощью обычного медицинского оборудования.

В данной работе была разработана установка для испытания биологических тканей *in vitro*, которая дает возможность исследования материала с минимальным использованием специальных приборов, занимает минимальное количество времени, что немаловажно при хирургическом вмешательстве.

Работа установки заключается в том, что на образец биологической ткани воздействуют тактильным датчиком, состоящим из индентора и тензодатчика, который регистрирует перемещение контактной поверхности и суммарной силы воздействия на образец. Установка позволяет получить объективные оценки механических свойств тканей, занимает минимально места и легка в эксплуатации.

### Литература

1. Коболев А.В., Смолюк Л.Т., Коболева Р.М., Проценко Ю.Л. Нелинейные вязкоупругие свойства биологических тканей. Екатеринбург: УрО РАН, 2012.
2. Конспекты по медицинской и биологической физике / С.С. Перцова, С.А. Муслова, А.А. Корнеева и др. – М.: МГМСУ им. А.И. Евдокимова, 2017. – 175 с.

**КОМПЛЕКС ВСТРЯХИВАТЕЛЕЙ ПРОБИРОК**

Студент гр. 11307216 Аникевич Р.В.

Кандидат техн. наук Мониц С.Г.

Белорусский национальный технический университет

Электродвигатель 1 через муфту 2 приводит во вращение центральный эксцентрик 3, который связан с ротором 4, приводящий во вращательное движение платформу 5 с пробирками 6 (рисунок 1а).

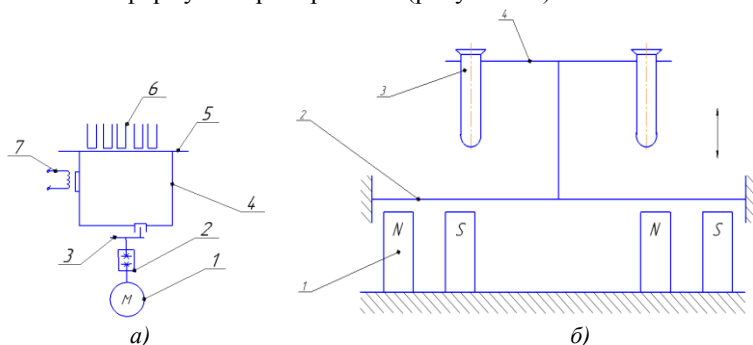


Рис. 1. Схема роторного встряхивателя

Возле боковой поверхности ротора находится индуктивный датчик 7. И при вращении ротора, при прохождении сердечника относительно обмотки индуктивность обмотки датчика увеличивается. Далее сигнал идет на усилитель преобразуется в цифровую форму и отображается на дисплее ЖКИ.

На рисунке 1б представлена схема электромагнитного встряхивателя, основными элементами которого являются электромагниты 1, расположенные радиально под основанием 2. При подаче напряжения на электромагниты основание притягивается к ним, а при отсутствии напряжения основание пытается вернуться в первоначальное положение. Основание 2 связано с платформой 4, на которой располагаются пробирки 3.

Электрическая схема управления роторным встряхивателем включает в себя микроконтроллерное включение и выключение электродвигателя через транзисторные ключи, схему измерения частоты вращения ротора посредством индуктивного датчика, а также ЖК-индикатор для отображения текущей скорости вращения и времени встряхивания.

**Литература**

1. Пономарёв С.Д. Расчёт упругих элементов машин и приборов / С.Д. Пономарёв, Л.Е. Андреева // М.: Машиностроение, 1980.

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ КРЕМПИРОВАНИЯ И ЗАГРУЗКИ СТЕНТОВ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

Студент гр. 11307116 Аншиц А.А.

Кандидат техн. наук, доцент Савченко А.Л.

Белорусский национальный технический университет

С каждым годом растёт количество хирургических операций по стентированию сосудов сердца, что, в свою очередь, приводит к быстрому развитию различных видов стентов и их конструкций. Для загрузки стентов в систему доставки используются специальные устройства, которые предварительно кремпируют (сжимают) стент, а затем проталкивают его в отверстие доставочного катетера. В настоящее время во всех загрузочных устройствах для кремпирования стента используется пневматический привод, из-за чего, помимо сети электропитания, появляется необходимость в источнике сжатого воздуха. Предлагаемая конструкция предусматривает использование одного источника энергии для всех узлов устройства для кремпирования и загрузки стентов.

На рисунке изображён узел кремпирования устройства для кремпирования и загрузки стентов. Узел состоит из кремплирующих элементов 1, кулачка 2 и актуатора 3.

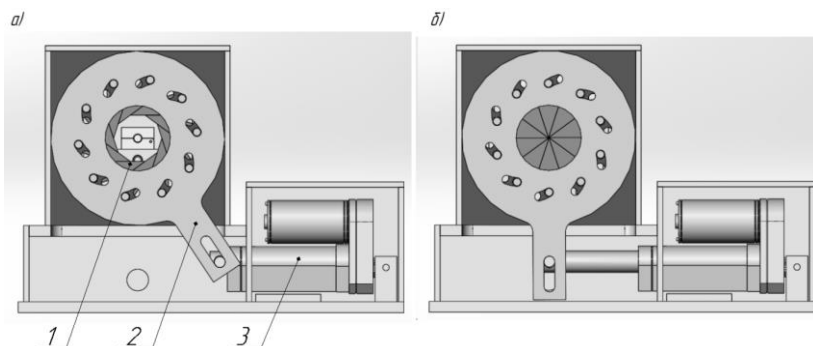


Рис. Узел кремпирования устройства для кремпирования и загрузки стентов:  
*а* – в открытом состоянии; *б* – в закрытом состоянии

Конструкция устройства обеспечивает достаточное радиальное усилие для кремпирования стентов [1] различных длин и диаметров.

### Литература

1. ГОСТ Р ИСО 25539-2-2012. Имплантаты сердечно-сосудистые. Внутрисосудистые имплантаты. Часть 2. Сосудистые стенты. – Введ. 2012-30-08. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии.

## КОСМИЧЕСКИЙ ДЕТЕКТОР ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН НА ОСНОВЕ ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ СПУТНИКОВ «S-LIGO-E4R-G2»

Студент Беглик В.В., магистрант Кривошеев П.Д.,  
аспирант Охрименко И.П.

Кандидат техн. наук, доцент Кольчевский Н.Н.,  
инженер-электроник Петров П.В.  
Белорусский государственный университет

В настоящее время в мире функционируют 3 обсерватории, предназначенные для детектирования гравитационных волн (ГВ) – экспериментально зарегистрировано 67 событий. Будущие проекты ГВ детекторов проектируются для космического пространства [1]. Целью работы является разработка модели космического детектора ГВ на основе системы геостационарных спутников «S-LIGO-E4R-G2».

Общее название околопланетарного космического детектора ГВ «S-LIGOxR-Gy» (Space - Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory). Обозначение модели космического детектора ГВ «S-LIGOxR-Gy» задает количество спутников  $x$ , расположенных на  $y$  орбитах, тип орбит: LO, MO, GO и NO. В работе исследуется детектор S-LIGO4R-G2, где 4 – число спутников, R – (regular) правильная форма, G – (geostationary) тип орбиты, 2 – число орбит в системе ГВ детектора.

В работе исследуется временная пространственная эволюция и возможности космического детектора ГВ «S-LIGO-E4R-G2» с системой спутников, расположенных на геостационарных орбитах (рис.).

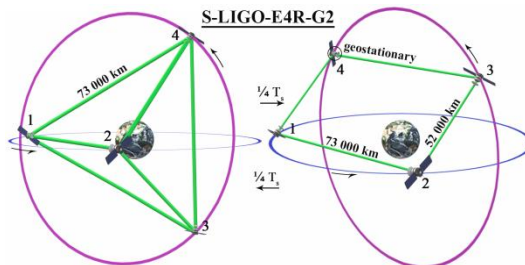


Рис. Модель космического детектора ГВ «S-LIGO-E4R-G2»

В работе обсуждаются результаты теоретических расчетов и моделирования предложенной системы космического детектора ГВ «S-LIGO-E4R-G2».

### Литература

1. The Nobel Prize [Electronic resource]: The Nobel Prize in Physics 2017. – Mode of access: Nobelprize.org. – Date of access: 1.03.2021.

## ЭЛЕКТРОЛИЗЁР ДЛЯ УНИПОЛЯРНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ (ЭХА) ВОДЫ

Студент гр. 443 Благодатских И.А.

Д-р техн. наук, профессор Юран С.И.

ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия»

**Актуальность.** Материалы исследований показывают, что ЭХА вода обладает полезными свойствами, находящими своё применение и в отраслях сельского хозяйства.

**Цель.** Разработка автоматической установки для униполярной ЭХА водных растворов.

**Описание элементов конструкции.** Конструкция электролизёра представлена на рис.

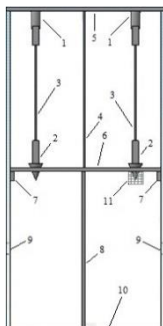


Рис. Электролизёр (вид спереди):

- 1, 2 – насадки электродов; 3 – электроды (графит); 4 – диафрагма (брезент);  
5 – крышка электролизёра; 6 – перегородка между реактором электролизёра и камерами хранения; 7 – подпорки; 8 – перегородка ёмкостей хранения ЭХА воды;  
9 – отверстия для выхода жидкости; 10 – днище электролизёра;  
11 – сетчатый фильтр

В электролизёре осуществляется автоматическая подача воды, включение и выключение питания, слив активированной воды в ёмкости для её хранения после окончания процесса активации. Стабилизация рабочего тока осуществляется с помощью регулятора напряжения, выполненного на основе тиристорного регулятора мощности. Управление электролизёром осуществляет микроконтроллер, для которого разработаны алгоритм и программа работы.

**Заключение.** Применение данных растворов, полученных с помощью разработанной установки, позволяет существенно повысить эффективность сельскохозяйственного производства, в том числе животноводства, растениеводства, пчеловодства.

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАСХОДА ВЫДЫХАЕМОГО ВОЗДУХА

Студент гр. 11307216 Бобоев Х.

Кандидат техн. наук Мониц С.Г.

Белорусский национальный технический университет

Водяной, сухой и подобные им устройства не могут быть использованы для регистрации высокочастотных составляющих в потоке, так как они инерционны, обладают высоким сопротивлением, и предназначены для непосредственного измерения накапливающегося в них объема.

Для создания устройства, лишенного этих недостатков, используется принцип акустического измерения расхода выдыхаемого воздуха пациентом, который заключается в следующем.

В аэроакустическом канале, представляющем собой полую трубку диаметром  $d$ , на расстоянии  $L$  друг от друга размещены два пьезокерамических кольца, покрытых с внутренней и внешней сторон слоем металлизации (рис.).

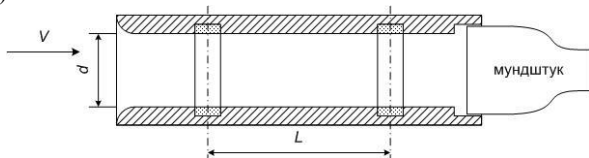


Рис. Спирометрический канал с двумя пьезокерамическими кольцами

В начальный момент времени, на обкладках одного из колец создают переменное напряжение с частотой, близкой к частоте собственных колебаний кольца. В результате обратного пьезоэффекта, это кольцо становится источником акустического сигнала, распространяющегося в газовой среде со скоростью звука. Эта среда, в свою очередь, движется внутри канала со скоростью  $V$ , пропорциональной расходу газа. Через некоторое время акустический сигнал достигает второго кольца, подключенного в режиме приемника. Под воздействием переменного давления акустической волны, на металлических обкладках приемного кольца возникает переменная разность потенциалов (прямой пьезоэффект), которая регистрируется электроникой прибора. Затем приемное кольцо переключается в режим передачи, акустический сигнал распространяется по каналу в противоположном направлении. По разнице времен прохождения акустического импульса в разных направлениях определяется мгновенная скорость потока газа.

### Литература

1. Пономарёв С.Д., Андреева Л.Е. Расчёт упругих элементов машин и приборов. – М.: Машиностроение, 1980.

## АНАЛИЗ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ РАСШИРЕНИИ НИТИНОЛОВОГО САМОРАСШИРЯЮЩЕГОСЯ СТЕНТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАКЕТА ANSYS

Магистрант Бодяк Д.А.

Кандидат техн. наук, профессор Минченя В.Т.

Белорусский национальный технический университет

Медицинские стенты поддерживают открытыми анатомические структуры (например, вены и артерии) в случае их поражения атеросклерозом. При их установке обеспечивается нормальный поток крови (рис. 1).



Рис. 1. Просвет в сосуде до и после установки стента

Саморасширяющиеся стенты используют свойства материалов с памятью формы, в данном случае никель-титанового сплава. Они способны сохранять свою форму, приданную при термообработке, пока находятся при определенных температурах окружающей среды. Однако, при операции расширения и термообработки в материале стента возникают значительные напряжения. Неправильно подобранная геометрия в таком случае грозит как минимум поломкой стента при термообработке или последующих операциях сборки или же поломкой стента в процессе имплантации в сосуд человека. Чтобы этого избежать, первым делом необходимо рассмотреть какие напряжения возникают в стенте в момент его расширения.

Для успешного и корректного решения задачи методом конечно-элементного анализа прежде всего необходимо произвести предварительный анализ проблемы, установить план решения задачи. На этапе предварительного анализа можно выделить следующее:

- **Геометрическая модель:** рассмотрение геометрии стента, анализ возможных упрощений, не влияющих на корректность решения задачи, однако значительно сокращающие количество элементов, что приводит к уменьшению расчетной матрицы, а как следствие к ускорению расчета.

- **Математическая модель:** рассмотрение основных уравнений, граничных условий и допущений, содержащиеся в этой модели.

- **Процедура численного решения в Ansys и прогнозирование результатов анализа:** краткое рассмотрение стратегии решения, используемую Ansys для решения нелинейной задачи, как с материальной нелинейностью, так и с контактной нелинейностью.



Решение данной задачи (рис. 2) получено с применением анализа типа Static Structural и решателя Mechanical APDL.

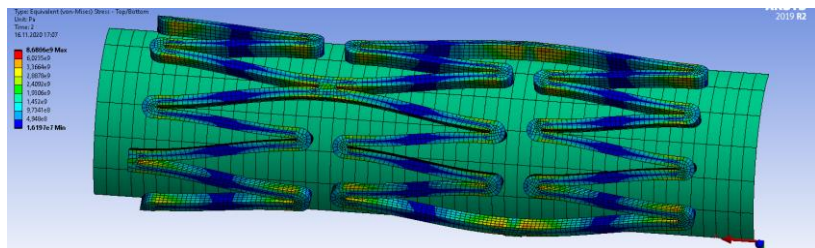


Рис. 2. Распределение напряжений в стенке при его расширении

Максимальные напряжения возникают на кривых, на линейных участках напряжения минимальны. Рассмотрим перемычку между сегментами стента поближе (рис. 3).

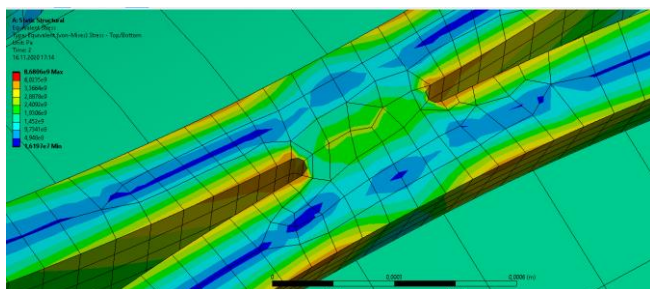


Рис. 3. Напряжения в перемычке стента

Здесь мы видим, как распределяются напряжения в самом опасном месте при переломе стента. Исходя из расчета можно предположить, что на внутренних кромках радиусных переходов в реальном стенте возможны локальные разрушения материала в виде микротрещин что при последующих циклических нагрузках может привести к его разрушению. Чтобы этого избежать, результаты данного расчета мы можем принять за исходные данные для топологической оптимизации конструкции стента в пакете Ansys. Однако можно заметить, что количество элементов сетки на кромках радиусных переходов достаточно мало. Поэтому, при дальнейших расчетах, в данных местах необходимо уплотнить сетку с целью получения более достоверных результатов.

## ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ КЛАПАН-СОДЕРЖАЩЕГО СТЕНТА

Магистрант Бородавкин А.Ю.

Кандидат техн. наук, профессор Минченя В.Т.

Белорусский национальный технический университет

Лечение патологии сердечно-сосудистой системы, в число которых входят дефекты клапанов сердца – проблема, внимание к которой сложно преувеличить. В ряде случаев, удовлетворительное лечение клапанов сердца может быть достигнуто только средствами хирургического вмешательства, при котором производится протезирование нативного клапана искусственным аналогом. Одним из вариантов в выборе протеза является каркасный биологический клапан сердца, устройство которого разделено на металлический каркас и створочный аппарат.

Разработка и анализ формы каркаса клапана – одна из самых ответственных стадий в разработке протеза, поскольку принятая геометрия может иметь в себе точки концентрации высоких напряжений, возникающих вследствие действия радиальной знакопеременной нагрузки на каркас. В перспективе, наличие таких точек разрушит устройство каркаса. Обоснованный выбор конструкции – один из факторов надежности будущего изделия. Вариантом анализа конструкции каркаса, является трехмерное (CAD) моделирование с последующим конечно-элементным анализом, это позволяет «дешево» спрогнозировать и отсеять неудачные конструкции или отдельные конструктивные решения (рис.).

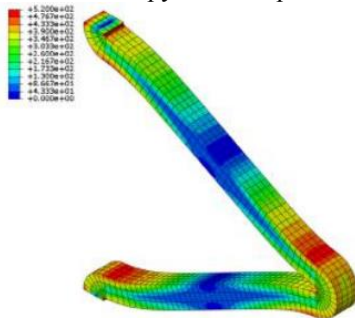


Рис. Изображение напряжений изучаемого элемента конструкции

### Литература

1. Искусственные клапаны сердца / Под ред. академика РАМН Ю.Л. Шевченко. – СПб.: ЗАО «ОЛМА Медиа Групп», 2007. – 448 с.
2. M. Azaouzi, N. Lebaal, A. Makradi, S. Belouettar. Optimization based simulation of self-expanding Nitinol stent // Elsevier. – 2003.

## ДИФФУЗИОННЫЕ ПЕЧИ

Студент гр. 11304117 Валевиц И.А.

Кандидат техн. наук, доцент Ковалевская А.В.

Белорусский национальный технический университет

Для обработки кремниевых и полупроводниковых пластин широко используются диффузионные печи, для которых, в свою очередь, характерны такие способы как разгонка и загонка легирующих примесей, отжиг, сплавление, термическое влажное и сухое окисление, и, непосредственно, сама диффузия.

Термическое окисление поверхности пластины называется сухим, если напрямую осуществляется в атмосфере кислорода, и влажным, если вдобавок к этому в среде преобладают также пары воды.

Процесс диффузии характеризуется высокотемпературным воздействием на пластину для образования в ней  $p$ - или  $n$ -типа проводимости, с определенными добавками парообразного состояния в самой печи, такие как бор, фосфор, сурьма или мышьяк.

При сплавлении для обеспечения контакта с малым сопротивлением в низкотемпературную печь помещают преимущественно алюминиевые обложки между самим металлом и подложкой. Затем пластина подвергается воздействию водородной газовой смеси при температурах до 500 °С.

Операция отжига необходима для стабилизации оценки прибора, вследствие соединения водорода несвязными атомами на границе раздела сред.

Для полупроводниковых пластин крупных диаметров используют печи с вертикальным расположением каналов, которые усовершенствуют равномерность легирования.

Определяющим фактором производительности диффузионных печей является диаметр нагревательного элемента и длина рабочей зоны. Исходя из этих требований, отдельные однотрубные термические камеры объединяют в двух-, четырехъярусные блоки, располагающиеся на одном основании с автономным управлением.

## ЭЛЕКТРОЛОБЗИК

Студент гр. 11302216 Варакса В.Л.

Кандидат техн. наук, доцент Габец В.Л.

Белорусский национальный технический университет

Электролобзик можно отнести к числу наиболее востребованных и универсальных ручных электроинструментов. С его помощью можно вы-

полнять как ровные продольные, так и фигурные пропилы в листовых материалах из дерева, металла, керамики и пластика [1]. На рисунке представлен общий вид электролобзика.



Рис. Электролобзик

Разработанная конструкция электролобзика состоит из корпуса, опорной подошвы, электродвигателя, возвратно поступательного механизма, кнопки включения, регулятора оборотов, пилки с зажимным механизмом, механизма качания пильного полотна, устройство отвода стружки из зоны резания, и конструкцией также предусмотрена возможность наклона реза на сорок пять градусов в обе стороны.

### Литература

1. Электробытовые приборы, машины и аппараты. В 3 ч. Ч. 2. Бытовой электроинструмент: лабораторный практикум для студентов специальности 1-38 01 01 «Механические и электромеханические приборы и аппараты» / сост. В.С. Колесников, М.С. Самойлова. – Минск: БНТУ, 2012. – 75 с.

УДК 621.039

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Студент гр. 31302115 Васюкевич А.А.

Кандидат техн. наук, доцент Габец В.Л.

Белорусский национальный технический университет

Все средства измерений ионизирующих излучений имеют одинаковую структурную схему, которая включает три основных блока. Это блок детектирования, блок обработки и блок индикации.

Устройство измерения ионизирующих излучений [1] приведено на рис. Внутри герметичного корпуса 1 спектрометрической импульсной

ионизационной камеры размещены: анод 2, окруженный охранным кольцом 3; электрод 4, называемый сеткой; неподвижно закрепленный катод 5, имеющий паз для установки тарелки 6 с исследуемым образцом в чувствительном объеме спектрометрической импульсной ионизационной камеры, поворотный диск 7, на котором установлены тарелки 6, поворотное 8 и подъемное 9 устройства. Образцы для исследования находятся на тарелках 6. Определение положения поворотного диска 7 осуществляется посредством закрепленных на поворотном диске 7 меток 10 и основного датчика положения 11.

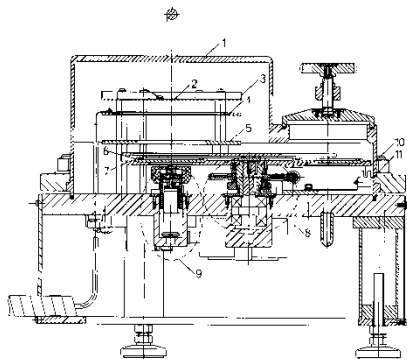


Рис. Устройство измерения ионизирующих излучений

Таким образом, разработанная конструкция позволяет производить измерения поглощения излучения в вакууме. Особенностью устройства является сравнительно малая напряженность электрического поля в газовой промежутке, таким образом, ток не зависит от напряжения на электродах и равен произведению заряда электрона на число пар ионов.

#### Литература

1. Патент РФ 2550351 МПК H01J 47/02. Спектрометрическая импульсная ионизационная камера / Сапрыгин А.В. – Оpubл. 10.05.2015.

УДК 681

### КОНСТРУКТОР ИЗ МОДУЛЬ РЕЛЕ И ЦИФРОВЫХ ДАТЧИКОВ

Студенты гр. 10903120 Верич А.В., Марков В.О.

Белорусский национальный технический университет

Люди середины 20 века представляли себе будущее подобно мультфильму «Тайна третьей планеты», но мы еще далеки до свободного перемещения по Лунной поверхности. 21 век не может не радовать своими достижениями, особенно таким научно-техническим направлением как автоматизация. Большинство процессов в современном мире происходят

автоматически: приготовление еды, камеры слежения с оповещением, автозапуск автомобиля и даже уборка дома. Везде и всюду встроены датчики и таймеры, которые в определенный момент срабатывают и совершают некоторую работу. Все настолько доступно и просто в наше время, что даже в домашних условиях можно нехитрым способом собрать свое автоматическое устройство: датчик влажности, света, ультрафиолетовый датчик движения, датчик дождя, датчик холла и т. д.

Суть нашей работы в том, чтобы собрать простое автоматическое устройство на базе цифрового датчика. Так как питание реле и управляющий выход не связаны друг с другом, то мы можем небольшим напряжением (5 в) управлять напряжением (220 в), но катушка реле потребляет довольно большой ток, и цифровой (логический) выход с датчика не сможет переключить реле. Тогда к нам на помощь приходит универсальный модуль реле, в котором питание катушки реле и управление разделены, и цифровой сигнал с легкостью сможет переключить реле. Схема подключения:

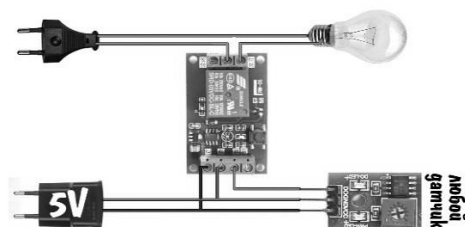


Рис.

На базе данной схемы мы собрали макет парника, оборудованного некоторыми удобствами автоматике.

Проект выполнен при поддержке Манего С.А. и его лекций.

УДК 616.77; 681.2

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЖЕСТКОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОВОЛОЧНЫХ ЭНДОПРОТЕЗОВ СОСУДОВ**

Студент гр. 11302118 Воднева М.Г.

Кандидат техн. наук, доцент Савченко А.Л.

Белорусский национальный технический университет

Объектом исследования является сплав никелид титана (нитинол) и технологические процессы формообразования изделий из проволоки на его основе.

Целью работы является исследование зависимости жесткости проволочных элементов конструкций от их геометрии.

При проектировании и изготовлении эндопротезов сосудов из нитиноловой проволоки (стенты и стентграфты) часто требуется обеспечить требуемую жесткость конструкции. При этом габариты изделия, его структура и термообработка материала должны оставаться неизменными. Практически единственным варьируемым параметром конструкции остается радиус изгиба проволоки на участках с максимальной деформацией.

Для проведения исследований был изготовлен набор  $\Lambda$ -образных элементов из проволоки круглого сечения с диаметром  $d = 0,5 \dots 1,0$  мм. Исходный угол изгиба элементов  $\alpha = 60^\circ$ , что примерно составляет максимальное значения угла изгиба элементов внутриартериального стентграфта типового размера в раскрытом состоянии.

В ходе исследований задавалась деформация образцов, имитирующая деформацию стентграфта при его установке в систему доставки. Деформирующее усилие направлено перпендикулярно оси в плоскости образца. При заданном значении деформации на весах измерялось требуемое для такого изгиба усилие. Величина деформации выбиралась таким образом, чтобы элементы работали в диапазоне упругих деформаций без перехода в пластические.

Полученная зависимость жесткости элемента от радиуса изгиба оказалась неравномерной, с несколькими максимумами и минимумами, что можно объяснить следующими факторами:

- при изгибе изменяется радиус изгиба (в зависимости от величины деформации и исходного радиуса он может как уменьшаться, так и увеличиваться);

- при увеличении радиуса уменьшается жесткость криволинейного участка, но при этом увеличивается жесткость прямолинейных участков за счет уменьшения их длины.

Результаты исследований будут использованы при проектировании новых конструкций эндопротезов сосудов.

УДК 617-7:67.02

## **ПРОИЗВОДСТВО КОРОНАРНЫХ СТЕНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

Аспирант Гавриленко В.В.

Кандидат техн. наук, доцент Нисс В.С.

Белорусский национальный технический университет

Коронарный стент – это медицинское изделие, предназначенное для восстановления потока крови, сдерживаемого ростом атеросклеротических бляшек в коронарных артериях. Стент представляет собой тонкий металлический каркас с необходимым уровнем радиальной жесткости,

шероховатости и биосовместимости, обеспечивающий после имплантации механическую поддержку стенки кровеносного сосуда.

Для получения опытных образцов коронарных стентов были выбраны трубки диаметром 1,6 мм (рис. 1, а) из кобальт-хромового сплава, соответствующего стандартам ASTM F462 и F90 и обладающего хорошими механическими свойствами и высоким модулем упругости. По данным исследований [1] для снижения частоты послеоперационных рестенозов толщина каркаса стента не должна превышать 0,1 мм, а ширина стоек выбиралась максимальной для обеспечения наибольшей площади контакта стента с внутренней поверхностью сосуда. Каркас стента изготавливали лазерной резкой фемтосекундным лазером. Вырезанные фрагменты удалялись в процессе ультразвуковой очистки (рис. 1, б).

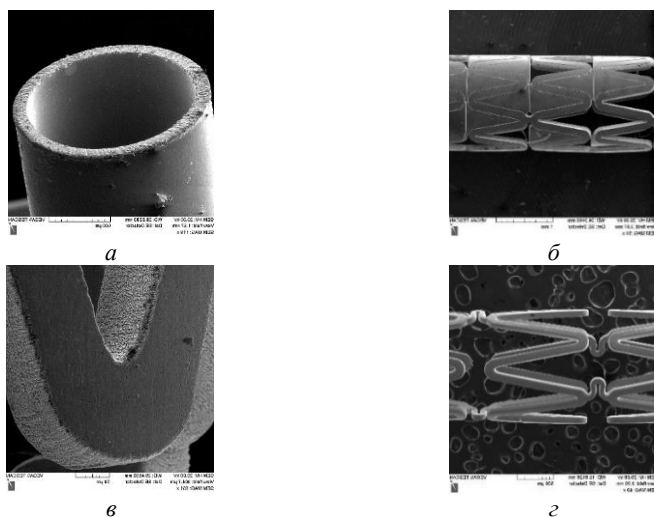


Рис. 1. Технологический процесс обработки коронарного стента

Образовавшийся при лазерной резке дефектный слой толщиной до 5 мкм (рис. 1, в) удалялся путем электрохимического полирования в среде серной и соляной кислот при температуре 40 °С , силе тока 2,0–2,2 А и напряжении 12 В. Обеспечено требуемое качество поверхности готового стента (рис. 1, г) и параметр шероховатости Ra 0,4 мкм.

#### Литература

1. Kastrati A., Mehili J., Dirschinger J. Intracoronary stenting and angiographic results: strut thickness effect on restenosis outcome (ISAR-STERO) trial. *Circulation*. 2001/6/12, vol. 103, pp. 2816–2821.



## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СРЕДСТВ ИЗ СИЛИКОНА

Студенты гр. 11307119 Декевич Е.Ю., Старовойтова В.Г.

Кандидат техн. наук, доцент Филонова М.И.

Белорусский национальный технический университет

Силикон – полимерный материал, обладающий уникальными свойствами, которые превосходят все широко распространенные типы резиновых материалов. Силиконовые полимеры получают из одно-, двух- и мультикомпонентных систем, которые смешиваются в определенном соотношении. Производство изделий из силикона получило широкое распространение в тех областях промышленности, где требуется устойчивость к нестандартным внешним воздействиям.

Применение технологии литья в формах в пищевой промышленности вполне очевидно. Новые инновационные решения в области химии сегодня предлагают жидкие: пластики, силиконы, силиконовые массы, которые соответствуют всем нормам здравоохранения и имеют соответствующие сертификаты. Такими безопасными компонентами можно изготавливать формы для пищевой промышленности.

При изготовлении форм применяются следующие типы силикона, которые подбираются в зависимости от потребностей: антиаллергенный, устойчивый к перепадам температур, особо прочный (например, паста из силикона на основе олова) и другие.

Для организации производства потребуется в первую очередь модель-образец. По ней сначала нужно сделать форму из специальных силиконовых или полиуретановых компонентов.

Различная форма и назначение изделий из силикона требуют для производства различного оборудования или приспособлений. Так, для одновременного выпуска простых силиконовых изделий разной формы и размеров (например, форм для выпечки) потребуется наличие нескольких матриц, в которые заливается силиконовая масса. При небольших объемах производства заливать силиконовую смесь в матрицы можно даже вручную, а при расширении производства можно задуматься об автоматической или полуавтоматической линии.

Полуавтоматическая линия содержит экструдер с пневматическо-гидравлическим насосом, дозатор с автоматическим регулированием объема массы, а также пресс-машину для герметизации тубы. Полностью автоматизированная линия кроме этого оснащена подающим сортировщиком и укладчиком готовых изделий в коробки.

Производство силиконовых изделий обычно бесперебойное, все машины рассчитаны на 24-часовую работу. Количество машин на производстве определяется масштабами производства и требованиями одновременного выпуска различных силиконовых изделий. Возможен выпуск

разных изделий на разных машинах, или же на одной с периодической заменой одной пресс-формы на другую.

УДК 671.739 (075)

## **АБСТРАКЦИОНИЗМ В ДИЗАЙНЕ ЮВЕЛИРНЫХ УКРАШЕНИЙ**

Студент гр. 11309117 Денис А.

Кандидат техн. наук, доцент Луговой В.П.

Белорусский национальный технический университет

Начало XX века ознаменовалось такими важнейшими событиями, повлиявшие на мировоззрение людей, искусство, моду и т. д., как первая мировая война, февральская и октябрьская революции, гражданская война в России, переход к массовому промышленному производству товаров и пр. Мода начала XX-го века примечательна изменениями в женском образе: на смену длинным платьям в пол и огромным шляпам приходит совершенно иной типаж женской одежды. Так, идеалом красоты становится худенькая женщина мальчишеского склада, с короткой стрижкой «гарсон», которая наравне с мужчиной может курить, играть в теннис и водить авто. В моду входят шляпы-клоше, прямые силуэты платьев и многогранная отделка вещей декором. На этой волне в 1910 г. возникает новое течение Абстракционизм – искусство, отказавшееся от нарратива. Абстрактное искусство проявлено не только в живописи и скульптуре, но и во всех остальных видах искусства, в первую очередь в музыке.

Абстрактный язык в искусстве появился в самые древних времена, о чём свидетельствуют абстрактные орнаменты на поверхностях древнейших артефактов.

В 1910-х годах живописцы Европы и США создают первые абстрактные произведения искусства; пионерами абстракционизма стали: Василий Кандинский, Артур Доув, Франтишек Купкуа, Пит Мондриан, Франсис Пикабия, Робер Делоне, Казимир Малевич.

Это направление отразилось также и на моде – популярность имели платья Ив Сен Лора «Мондриан», повторяющие полотна художника.

Абстракционизм, характеризующийся стремлением оторваться от традиций и любовью ко всему новому, дерзкому, шокирующему проявляется и в ювелирном искусстве. Ювелирный дизайн в точности следовал этим принципам. Украшения того времени отличаются живой игрой цветов и текстур, а также абстрактными мотивами.

## ФОРМИРОВАНИЕ КЛЕЕВЫХ И ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СБОРКЕ МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Магистрант Дерман А.А.

Д-р техн. наук, профессор Ланин В.Л.

Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники

Для генерации ультразвуковых колебаний в процессах пайки и сварки используют магнитострикционные и пьезоэлектрические преобразователи. Достаточно эффективными являются ферритовые магнитострикционные преобразователи, однако создание контактного соединения с волноводом встречает серьезные трудности. Клеевые соединения обеспечивают высокую прочность и виброустойчивость, однако создают большие потери акустической энергии в зоне контакта.

Для получения надежного и долговечного контактного соединения магнитострикционного преобразователя с волноводом возможно использование припоя, однако необходимо контролировать процесс его формирования, использовать качественные материалы. Бессвинцовые припои вытесняют распространенный сплав Sn-Pb из-за его токсичности. Для улучшения свойств бессвинцовых припоев добавляют легирующие элементы и наночастицы в припой.

Паяные соединения, полученные с помощью УЗ вибраций и специальных припоев, отличаются стабильной прочностью. В ходе исследования использован припой AL-200 (20% Zn 80% Sn).

Получены АЧХ преобразователя (рис.) с использованием клеевого и паяного соединений.

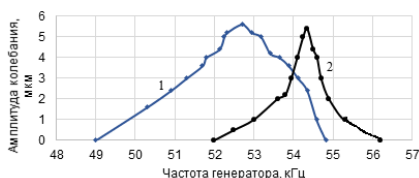


Рис. АЧХ магнитострикционных преобразователей:

1 – с клеевым соединением; 2 – с паяным соединением

Максимальные значения амплитуды колебаний магнитострикционного преобразователя с клеевым и паяным соединениями приблизительно одинаковы и составляют 5,5 мкм, однако для преобразователя с паяным соединением имеет место более узкий диапазон частоты (~ 2 кГц), что обеспечивает его точную настройку.

## ДЕТЕКТОР УТЕЧЕК И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ

Студент гр. 11303117 Дешко Д.О.

Кандидат техн. наук, доцент Савёлов И.Н.

Белорусский национальный технический университет

Детектор утечек и электрических разрядов предназначен для диагностики состояния механических узлов оборудования, поиска утечек пневматических и гидравлических систем, а так же локализация источников электрических разрядов.

Целью работы являлась разработка конструкции детектора утечек для эксплуатации на объектах добычи, хранения и переработки нефте-газопродуктов и в электроснабжении железных дорог (метрополитена).

Разработано техническое задание на проектирование конструкции детектора утечек и электрических разрядов климатического исполнения В1 и степени защиты конструкции IP55. Прибор выполнен разъёмным, что обеспечивает его ремонтпригодность (рис.).

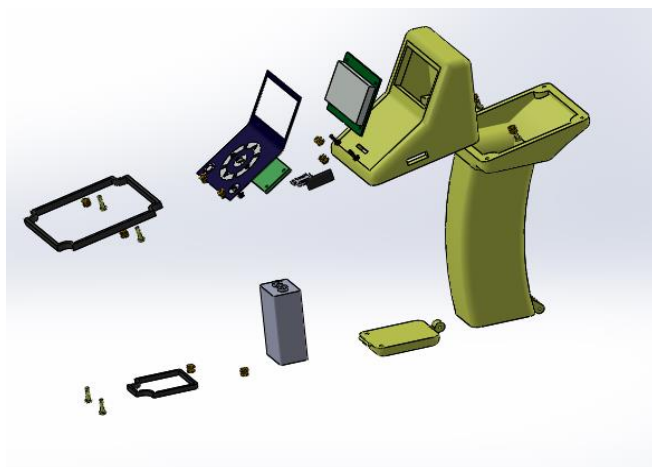


Рис. Детектор утечек и электрических разрядов

Оптимальное соотношение размеров рукоятки согласно стандарту антропометрических данных СТБ ЕН 543-3-2003. Для управления детектором утечек и электрических разрядов на лицевой панели корпуса используется пленочная клавиатура. Герметичность конструкции будет обеспечивать прокладка уплотнительная. Прокладка изготавливается из резиновой смеси ИРП-1265 НТА.

Твердотельная модель конструкция прибора и рабочие чертежи разработаны при помощи САПР SolidWorks.

## УСТРОЙСТВО УДАРНО-ВОЛНОВОЙ ТЕРАПИИ ПОЗВОНОЧНИКА

Студент гр. 11307116 Аль Дулаими Х.

Кандидат техн. наук Мониц С.Г.

Белорусский национальный технический университет

Структурная схема разрабатываемого устройства показана на рисунке. Она состоит из генератора ударно-волновых импульсов, датчиков давления, температуры и медико-биологических сигналов (МБС) и схемы управления.

Взаимодействие элементов устройства происходит следующим образом. Пациент лежит на столе. К спине пациента подведен до контакта генератор ударно-волновых импульсов, который воздействует на позвоночник пациента ударными импульсами, стимулируя восстановительные процессы в тканях.

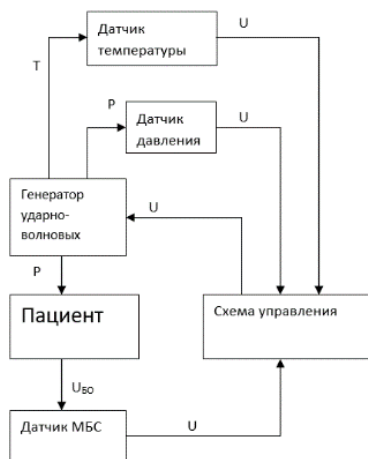


Рис. Структурная схема разработанной системы

Во время проведения процедуры измеряется давление, создаваемое УВГ, и температура ее ответственных элементов. Результаты измерений сравниваются с пороговыми значениями, заложенными в памяти прибора. Если измеренные величины превышают допустимые, происходит выключение установки и подача аварийного сигнала. Этим обеспечивается безопасность применения устройства.

Кроме того, во время процедуры измеряется отклик организма пациента на проводимое лечение, предположительно путем измерения

параметров точек акупунктуры, связанных с местом терапевтического воздействия.

### **Литература**

1. Электромагнитный генератор ударных волн: пат. 2058758 РФ, МПК 6 А 61 В 17/22, В 06 В 1/02/ Ю.В. Андрианов, О.Н. Андриянова, В.С. Тесленко; заявл. 23.12.92; опубл. 27.04.96// Бюл. – 1996. – № 12. – 5 с.

УДК 531.383

## **МЕТОДЫ ЗАМЕРА ПАРАМЕТРОВ РЕЗОНАТОРА ВОЛНОВОГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ГИРОСКОПА ДЛЯ АКТУАЛИЗАЦИИ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ**

Студент гр. азПУ/12.06.01-01 Егоров С.В.

Д-р техн. наук, профессор Распопов В.Я.

ФГБОУ ВО «Тулский государственный университет»

Актуальность данной работы заключается в том, что Волновые твердотельные гироскопы (ВТГ) являются перспективными датчиками, принцип работы которых основан на инерционных свойствах стоячей волны. По соотношению точностных характеристик и цены ВТГ выигрывают по сравнению с MEMS-гироскопами и ВОГ [1]. ВТГ рассматриваемый в данной работе имеет металлический резонатор из сплава 21НКМТ-ВИ, для возбуждения колебаний и съема информации на дно резонатора наклеены пьезоэлементы. Целью работы является создание конечно-элементной модели резонатора ВТГ с параметрами близкими к реальному.

В работе предложены методы замера частоты, амплитуды колебаний кромки и дна резонатора, с помощью лазерных доплеровских виброметров Polytec PSV-500 SCANNING, HEAD VibroGO 200 и пьезоэлектрического микрофона. На основе полученных данных рассчитана добротность, разночастотность с целью подбора оптимального размера конечноэлементной сетки, расчета коэффициентов демпфирования пьезоэлементов и резонатора. Произведен модальный анализ ВТГ с помощью вибростенда для подтверждения собственных частот, рассчитанных методом конечных элементов. На основе полученных данных уточнена конечно-элементная модель резонатора ВТГ.

### **Литература**

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

## **СТЕНД ДЛЯ ДОЗИМЕТРИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАДИОФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ**

Студент гр. 11307116 Жарун М.Н.

Кандидат техн. наук, доцент Савченко А.Л.

Белорусский национальный технический университет

Ядерная медицина и ее важнейшая составная часть радионуклидная диагностика являются относительно молодым многодисциплинарным направлением современной науки и практической деятельности человека. Ее принципиальная особенность заключается в широком использовании радиоактивных материалов в виде радиофармпрепаратов для диагностики и терапии болезней пациентов, а также для исследования самих заболеваний человека.

Существуют устройства, которые относятся к дозиметрическому оборудованию, а именно, к устройствам для проведения контроля качества параметров диагностических изображений в позитронно-эмиссионной томографии при сканировании объектов, находящихся в движении.

Под объектами, находящимися в движении понимаются патологические очаги накопления радиофармацевтического препарата [1].

Был сконструирован стенд, имитирующий дыхательный цикл человека. Фантом и сферы наполняются радиофармацевтическим препаратом в необходимом соотношении (активность в сферах/фоновая активность в фантоме). Фантом позиционируется на подвижной планке и центрируется по лазерам томографа.

Далее следует запуск процедуры сканирования, состоящей из получения топограммы на компьютерном томографе, по которой осуществляется планирование области исследования для последующего сканирования на компьютерном и позитронно-эмиссионном томографах.

Преимущество предлагаемого стенда заключается в возможности движения фантома с имитацией дыхательного цикла с целью оценки влияния количества дыхательных движений в единицу времени на характеристики диагностических ПЭТ изображений.

Производство данного стенда является экономически целесообразным за счёт снижения веса, уменьшения габаритных размеров, возможность проводить контроль качества параметров диагностических изображений в позитронно-эмиссионной томографии при сканировании объектов, находящихся в движении.

### **Литература**

1. Климанов В.А. Ядерная медицина. Радионуклидная диагностика / учебное пособие. – М.: Юрайт. – Москва, 2018. – 384 с.

## **ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ВХОДНОЙ ДВЕРИ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ «УМНЫЙ ДОМ»**

Студент гр. 11302117 Житкевич Д.А.

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

ст. преподаватель Суровой С.Н.

Белорусский национальный технический университет

Входная дверь в квартире выполняет несколько функций. Основная – блокирование доступа в квартиру нежелательным лицам. Традиционно блокирование квартирной двери осуществляется с помощью замкового механизма, который механически открывается и закрывается ключом. При этом могут возникнуть следующие проблемы. При уходе и приходе руки человека заняты другими грузами, поэтому затруднительно дополнительно манипулировать ключом. Следовательно, дверь должна открываться и закрываться самостоятельно, причем только для лиц, присутствие которых в квартире санкционировано ее хозяевами. В данном случае следует исключить вариант, когда вместе с хозяевами в квартиру проникают нежелательные элементы, оказывающие на хозяев воздействие вне законных рамок. Обеспечить функционирование двери в указанном режиме возможно, установив следящую систему, систему распознавания образов и исполнительный механизм открывания и закрывания двери.

Чтобы отличить гостей, которые пришли вместе с хозяевами, от нежелательных элементов, которые насильственно сопровождают хозяев, к системе распознавания необходимо добавить необходимость подачи неких «секретных» сигналов от хозяина, которые воспримет система распознавания образов, но не заметят сопровождающие хозяина лица. Если присутствие в квартире сопровождающих хозяина лиц (обычные гости) желательно, подается сигнал, на основании которого замок разблокируется и дверь распахнется. Если «гости» нежелательны, другой незаметный сигнал от хозяина инициирует систему для автоматического вызова сотрудников правоохранительных органов, передав одновременно информацию о месторасположении квартиры, фотографию хозяина и другую необходимую информацию. При этом система должна иметь возможность принять этот сигнал от хозяина гораздо раньше, чем он с нежелательными гостями окажется у дверей квартиры.

Система «умная дверь» должна обеспечить также срочное проникновение в квартиру сотрудников спасательных служб, правоохранительных органов, медицинских работников в случае, когда хозяин квартиры в данный момент недееспособен или отсутствует.

Дверь выполняет также функции свето-, звуко-, и теплоизоляции.



## **КОНТРОЛИРУЮЩИЙ ДОЗАТОР ЛЕКАРСТВ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ «УМНЫЙ ДОМ»**

Студент гр. 11302117 Житкевич Д.А.

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

ст. преподаватель Суровой С.Н.

Белорусский национальный технический университет

Среди всех пациентов медицинских учреждений в особую группу, в связи с плохой или ухудшающейся памятью, можно выделить пациентов пожилого возраста. Ухудшение памяти влияет на прием прописанных лекарств, что сказывается на лечении. В связи с этим актуально создание дозатора лекарств с функцией контроля их приема. Данное устройство должно включать функции контроля подачи лекарств, их приема, оповещения пациента в случае пропуска времени принятия. Также необходимо предусмотреть контроль дозировки, прописанный в медицинской карте пациента. Целесообразно внедрить систему памяти устройства в подсистему «Умного дома» для связи с базами данных, медицинскими службами и контролем состояния человека. Также целесообразно предусмотреть оповещение ближнего круга людей пациента в случае пропуска им принятия назначенного лекарственного препарата для более надёжного контроля над пациентом. Связь с базой данных медицинских учреждений и контролем состояния пациента предоставит устройству возможность выдавать лекарства вне прописанного курса, основываясь на жизненных показателях и состоянии пациента. Предлагаемое устройство улучшит качество проводимого лечения, а также способно улучшить качество жизни пациентов из-за полной независимости от него. Устройство полностью автоматическое и не требует непосредственного участия человека, что позволит целевой группе не заботиться о контроле над своим состоянием.

На данный момент существует некоторое количество подобных устройств. Однако весь функционал большинства из них состоит в записи в аптечке по запрограммированному расписанию и напоминании о режиме световыми и звуковыми сигналами. Предлагаемое устройство имеет ряд преимуществ над существующими конструкциями, так как позволяет давать пациенту показания исходя из его состояния в реальном времени, так как это предусмотрено в концепции «Умного дома». Также предлагаемое устройство будет способно вызвать скорую помощь, в случае если контролируемый пациент окажется в критическом состоянии, и сообщить ближайшему родственнику, что является несомненным преимуществом перед современными версиями устройства.

## К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ «УМНЫЙ ДОМ»

Студент гр. 11302117 Житкевич Д.А.

Кандидат техн. наук Богдан П.С.

Белорусский национальный технический университет.

Классическим определением системы «Умный дом» (УД) является автоматизированная система домашних устройств, способная выполнять определенные действия и решать определённые повседневные задачи без участия человека. Несмотря на длительный срок развития таких систем, широкого распространения на постсоветском пространстве системы УД не получили, а их распространение идет крайне малыми темпами [1].

Среди причин слабого внедрения УД, следует выделить:

1. Предлагаемые потребителю функции УД основываются на доступных технических решениях, а не на потребностях потребителя. К примеру, функции управления освещением, шторами и пр. через смартфон, существуют не из-за их необычайного удобства, а просто из-за возможности реализации такого решения.

2. Необходимость составления сценариев работы и пошагового задания каждого действия, как следствие этого – психологический дискомфорт от наличия вокруг себя условных рамок, а также низкая адаптивность.

3. Отсутствие эргономичного интерфейса. Наиболее распространенными способами настройки и управления УД являются приложения для смартфона и web-интерфейс управляющего сервера УД.

4. Отсутствие взаимодействия между отдельными частями УД. Например, связь между системой предотвращения протечек, системой управления светом и дистанционно управляемым чайником настолько неочевидна, что в глазах потребителя они не складываются в единую систему.

Таким образом, можно сделать вывод, что основной проблемой развития УД как концепции взаимодействия человека с окружающей средой, является разрозненность (как практическая, так и психологическая) на множество мелких подсистем, не объединенных в одну надсистему.

### Литература:

1. Крюкова А.А. Особенности развития концепции «Умный дом»: российский и зарубежный опыт / А.А. Крюкова, К.О. Шматок // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2019. – Т. 8, № 3(28). – С. 397–399.

## ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДВОЯКОВЫПУКЛЫХ ЛИНЗ

Студенты гр. 11302119 Зайцева А.А., Медведева Д.А., Зуева А.В.

Кандидат техн. наук, доцент Филонова М.И.

Белорусский национальный технический университет

Принцип построения изображения светящегося предмета (точки) в фокусе двояковыпуклой линзы, которая относится к группе собирающих линз, основывается на том, что лучи, которые падают на линзу слева, проходят через её задний фокус, а те, которые падают справа – через передний фокус.

Для нахождения расстояния от линзы до предмета, расстояние от линзы до изображения, а также главного фокусного расстояния линзы используется формула тонкой линзы [1, с. 5].

Элементами двояковыпуклой линзы являются: главная оптическая ось, оптический центр.

В технологическом процессе изготовления линз существует несколько операций: грубое шлифование исполнительных поверхностей и диаметра; тонкое шлифование и полирование исполнительных поверхностей, центрирование и фасетирование. При использовании кратной заготовки или штабика первой операцией является распиливание, кругление и подгонка толщины заготовок; третьей операцией – грубое шлифование исполнительных поверхностей. Следующей операцией является сборка блока эластичным способом. Операции сборки блока предшествует наклеивание смоляных подушек на заготовки. Далее заготовки линз притираются к поверхности притирочного приспособления. Тонкое шлифование первой исполнительной поверхности выполняют на станке ШП в два перехода. Операции обработки второй исполнительной поверхности заготовок линз выполняются таким же образом, как и первой. Заключительной операцией этого цикла обработки является центрирование и фасетирование заготовок [2].

Линзы находят широкое применение в различных сферах. Например, в офтальмологии, помогают справиться с проблемами/дефектами зрения. Так же свое применение линзы нашли в конструкции плутониевых ядерных бомб.

### Литература

1. Зубаков В.Г., Семибратов М.Н., Штандель С.К. Технология оптических деталей / В.Г. Зубаков, М.Н. Семибратов, С.К. Штндель. – Москва: Машиностроение, 1985. – 368 с.

2. Козерук А.С. Технология оптического приборостроения [Электронный ресурс]: <https://rep.bntu.by/handle/data/24327> Дата доступа: 03.03.2021 г.

## СТЕНД ИСПЫТАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ КЛАВИАТУРЫ НА НАДЕЖНОСТЬ

Студент гр. 1130216 Занько В.В.

Ст. преподаватель Суровой С.Н.

Белорусский национальный технический университет

Для проверки качества и бесперебойной работы клавиатуры, как основного устройства ввода информации, требуется ее проверка на надёжность. Создание стенда испытания компьютерной клавиатуры на надёжность, позволит оценить качество изделия.

Работа стенда происходит следующим образом.

Клавиатура располагается на основании 11, которое устанавливается под необходимым углом при перемещении толкателя в отверстиях диска.

Маховиком 6 при вращении винта пластина 8 с прикрепленным к ней уголком и пластинами подается к кнопкам клавиатуры.

После настройки стенда, воздух подается в пневмоцилиндры, штоки которых через упоры, воздействуют на кнопки клавиатуры. Возврат штоков в исходное положение обеспечивается пружинами 3. После проведения цикла испытания клавиатура снимается и осматривается, а также контролируется работоспособность кнопок.

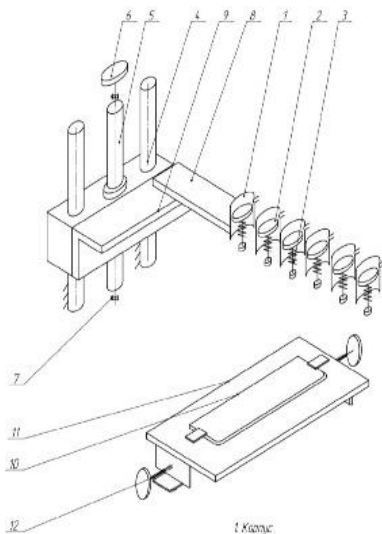


Рис. Стенд испытания компьютерной клавиатуры на надёжность

Использование данного стенда способствует обеспечению долговечности и надёжности конструкции клавиатур.

## СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ШАРОВЫХ ШАРНИРОВ

Студент гр. 11302116 Карамышев А.Е.,

студент гр. 11302119 Альмухаметов Д.М.

Кандидат техн. наук, доцент Габец В.Л.

Белорусский национальный технический университет

Шаровой шарнир тяги – это сферический подшипник скольжения, обеспечивающий бесперебойное функционирование при наличии минимального зазора. Благодаря превосходной устойчивости к истиранию и большому углу работы этот продукт подходит для кулисного механизма автоматических процессов различного типа [1].

Для их испытания был разработан стенд с имитацией эксплуатационных нагрузок и движений (рис.).

Испытания шаровых шарниров на стенде осуществляется следующим образом. Два шаровых шарнира передней подвески или два шарнира рулевых тяг автомобиля устанавливаются в посадочные фланцы 2 стенда пальцем вниз, корпусом вверх. На корпуса шарниров сверху устанавливается траверса 5, подсоединяются пневматические силовые приводы 7, 8 и приводы движения 9, 10. В блоке управления устанавливаются требуемые значения усилий в приводах 7, 8, 9, 10, и количество циклов качания траверсы 5. После включения стенда его работа происходит в автоматическом режиме.

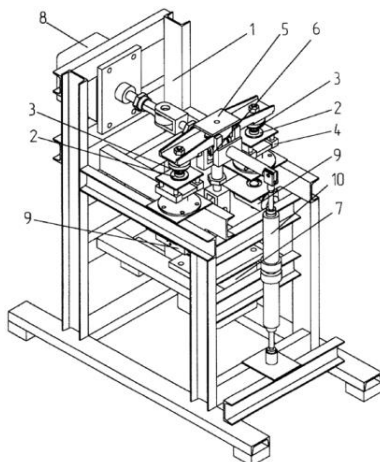


Рис1. Стенд для испытаний

Предложенная конструкция стенда позволяет проводить в лабораторных условиях автоматическое испытание шаровых шарниров на долговечность с имитацией эксплуатационных нагрузок. Испытания на стенде дают ускоренную оценку работоспособности шаровых шарниров автомобилей [2].

### Литература

1. Шаровый шарнир тяги. Категории продуктов. ТНК: <https://www.thk.com/?q=ru/node/5530> (Дата обращения: 09.03.2021).
2. Патент РФ 2263889 МПК G01M13/00. Стенд для испытаний шаровых шарниров / Михайловский И.А., Гун И.Г., Ясаков Ю.М., Лапчинский В.В. – Оpubл. 10.11.2005.

## УСТРОЙСТВО МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕЗОНАТОРА ВОЛНОВОГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ГИРОСКОПА

Магистрант гр. 141191/02 Кирсанов М.Д.  
Кандидат техн. наук, доцент Алалуев Р.В.  
ФГБОУ ВО «Тюльский государственный университет»

Цилиндрический металлический резонатор волнового твердотельного гироскопа может изготавливаться из прецизионных сплавов таких как 32НҚД, 29НҚ, 35НҚТ, или из сплавов с заданными свойствами упругости: например, 36НХТЮ, 40КНЧМВТЮ, 44НХТЮ. Эти материалы обладают высокой температурной стабильностью модуля упругости и являются немагнитными. Конструкция такого резонатора (рис. 1) включает: кольцо 1, которое формирует рабочую зону резонатора в виде кромки, подвес 2, который является дном резонатора и содержит элемент 4 для крепления к основанию (корпусу). На резонаторе данного типа, применяют восемь пьезоэлектрических элементов 3. Двумя парами пьезоэлементов, расположенными под углом  $90^\circ$  относительно друг друга, происходит возбуждение изгибных колебаний с образованием стоячей волны. Другие две пары также ориентированы по углом  $90^\circ$  относительно друг друга, но сдвинуты на  $45^\circ$  от пар пьезоэлементов возбуждения, образуют группу измерительных датчиков.

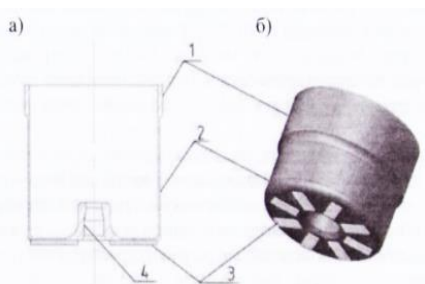


Рис. 1. Разрез (а) и общий вид (б) цилиндрического резонатора:  
1 – кольцо; 2 – подвес; 3 – пьезоэлемент; 4 – элемент крепления с корпусом

### Литература

1. Распопов В.Я. Волновой твердотельный гироскоп с металлическим резонатором / В.Я. Распопов, И.А. Волчихин, А.И. Волчихин, А.В. Ладонкин, В.В. Лихошерст, В.В. Матвеев // Тула: Издательство ТулГУ. – 2018. – С. 189.

## ИЗМЕРИТЕЛЬ ОСВЕЩЁННОСТИ

Студент гр. 11303118 Кисель Е.А.

Кандидат техн. наук, доцент Савёлов И.Н.

Белорусский национальный технический университет

Люксметры используются для измерения интенсивности светового потока, а также рассеянного излучения светового спектра.

Целью работы является разработка конструкции переносного измерителя освещённости (люксметра) климатического исполнения В 3 и степени защиты IP 55.

Для обеспечения ремонтпригодности изделия и замены, вышедших из строя электронных элементов, конструкция корпуса устройства выполнена разъёмной. В соответствии с требованиями степени защиты оболочки конструкция корпуса измерителя освещённости должна быть герметичной. Герметизация обеспечивается уплотнительной прокладкой, выполненной из силиконовой резины марки ИРП-1401

Результаты об измерениях хранятся во внутренней памяти и передаются на выходной разъем USB 3.0 для синхронизации с компьютером. Из этого же материала изготовлена крышка для защиты светочувствительного зеркала от пыли и влаги. В качестве устройства отображения информации используется OLED-дисплей размером 2,2 дюйма.

При помощи расчётов подтверждена правильность выбора посадки для установки печатного узла на ступенчатые опоры. Установлено, что предпочтительной является посадка Н6/h8, т. к. она имеет наименьший зазор.

Твердотельная модель конструкции измерителя освещённости (рис.) и рабочие чертежи деталей разработаны при помощи САПР SolidWorks.

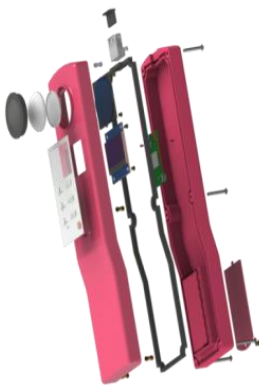


Рис. Измеритель освещённости

### 3-Х ОСЕВОЕ ОПОРНО-ПОВОРОТНОЕ УСТРОЙСТВО

Студент гр. 11302116 Козляковский А.Б.  
Кандидат техн. наук, профессор Минченя В.Т.  
Белорусский национальный технический университет

3-х осевое опорно-поворотное устройство (ОПУ) предназначено для пространственной ориентации радиоэлектронных средств (измерительных антенн, радиоприемных, радиопередающих устройств, радаров и др.) по трем угловым координатам: азимутальному углу, углу места и углу плоскости поляризации.

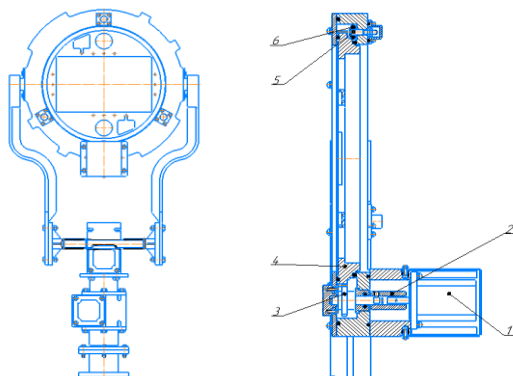


Рис. Конструкция поворотных механизмов ОПУ

Работа ОПУ осуществляется следующим образом.

Для поворота антенны в плоскости поляризации шаговый двигатель 1 через муфту 2 вращает вал-шестерню 3. Через зубчатую передачу осуществляется вращение зубчатого колеса 4, на котором крепится антенна. Регулировка зубчатого колеса 4 осуществляется осями 5 и гайками 6.

Предложенное трехосевое ОПУ может быть использовано для пространственной ориентации различных объектов в лабораторных, заводских и полевых условиях. Автоматизация процесса управления ОПУ позволяет значительно снизить время выполнения операций контроля параметров и характеристик радиоэлектронных средств и существенно повысить производительность работы оператора.

#### Литература

1. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие в 3-х книгах. Кн. 1. Орлов П.И. – М.: Машиностроение, 1977. – 623 с.



**ЗАТВОР ДИСКОВЫЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ**

Студент гр. 11302116 Коцур В.С.

Кандидат техн. наук, профессор Минченя В.Т.

Белорусский национальный технический университет

Дисковый поворотный затвор - вид трубопроводной арматуры, где запирающий элемент в форме диска может выполнять регулировочную функцию, поворачиваясь вокруг оси, и находясь под определенным углом к потоку рабочей среды. Данный затвор выполнен с электрическим исполнительным механизмом (ЭИМ) предназначены для дистанционного регулирования и перекрытия потока рабочих сред.

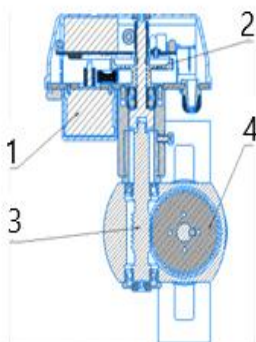


Рис. Конструкция затвора дискового автоматического

Поворот затвора осуществляется с помощью электрического исполнительного механизма (ЭИМ) и червячного редуктора. Электропривод выполнен в виде унифицированной платформы, на которой установлен шаговый двигатель 1 и собран двухступенчатый зубчатый цилиндрический редуктор 2, который передает вращение двигателя на червячный вал 3, находящийся в зацеплении с червячным колесом 4. Червячное колесо, находясь в зацеплении с валом затвора, вращает его в нужном направлении. Достоинства данной конструкции заключается в 100 % герметичности в двух направлениях, за счет формы уплотнения «кольцо», сделанного из химически стойкого материала. Для упрощения поворота диска, была выполнена механическая обработка по краю, что дало ему лучшую обтекаемость. Шток состоит из двух частей, что позволяет значительно уменьшить коэффициент потери давления, благодаря уменьшенной толщине диска и его форме.

## ОБЗОР ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ САТУРАЦИИ

Студент гр. 11307118 Кравцова В.С.

Кандидат техн. наук, доцент Габец В.Л.

Белорусский национальный технический университет

На сегодняшний день выявление симптомов COVID-19 у больных актуальная задача. Одним из таких симптомов является дыхательная недостаточность. Для её обнаружения следует определить сатурацию или процент насыщения крови кислородом. Для измерения сатурации можно использовать следующие технические средства: пульсоксиметр, умные часы и смартфон.

Наиболее распространенным из перечисленных устройств является пульсоксиметр. В клинической практике применяются трансмиссионные пульсоксиметры, которые работают на просвет ткани, и рефракционные, работающие на отражение света от ткани. Ещё широкое распространение нашел портативный компьютерный пульсоксиметр. Он может регистрировать сатурацию и пульс за длительный промежуток времени, а также хранить и обрабатывать сохраненные данные [1].

Умными часами также можно измерить уровень кислорода в крови. Однако такие часы начали выпускать только в 2020 году. В умных часах измерение сатурации производится по такому же принципу, как и в пульсоксиметрах. Одним из важных отличий умных часов является то, что они проводят измерение на запястье и такой способ измерения является менее точным [2].

При измерении сатурации смартфоном следует учитывать, что используемые приложения, показывают недостоверные значения. Базовые мобильные технологии не способны точно определить уровень кислорода в крови [3].

### Литература

1. Лопухин С.Л. Компьютерная пульсоксиметрия в диагностике нарушений дыхания во сне: уч. пособие. / Р.В. Бузунов, И.Л. Иванова, Ю.Н. Кононов и др. – Ижевск: ГБОУ ВПО «ИГМА», 2013. – 3 с.
2. Мурзина Л. Измерение кислорода в крови умными часами: как это работает и можно ли доверять результатам [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. дан. – 02.10.2020. – Режим доступа: [https://www.dgl.ru/articles/izmerenie-kisloroda-v-krovi-umnymi-chasami-kak-eto-rabotaet-i-mojno-li-doveryat-rezultatam\\_18425.html](https://www.dgl.ru/articles/izmerenie-kisloroda-v-krovi-umnymi-chasami-kak-eto-rabotaet-i-mojno-li-doveryat-rezultatam_18425.html)
3. Гришанков В. Измерение кислорода (SpO<sub>2</sub>) в крови телефоном – что нужно знать? [Электронный ресурс]. – Электр. текст. дан. – 17.05.2020. – Режим доступа: <https://androidlime.ru/measurement-of-blood-oxygen-by-telephone>

**САТУРАЦИЯ КАК СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ COVID-19**

Студент гр. 11307118 Кравцова В.С.

Кандидат техн. наук, доцент Габец В.Л.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время актуальной проблемой является выявление симптомов COVID-19 на ранней стадии его развития. Одним из таких способов является измерение сатурации. Сатурация – это процент насыщения крови кислородом, а точнее – процент связанного с кислородом гемоглобина в момент измерения. По этому значению можно определить степень дыхательной недостаточности.

Основным методом неинвазивного измерения сатурации является пульсоксиметрия – метод измерения процентного содержания оксигемоглобина в артериальной крови ( $SpO_2$ ). Работа пульсоксиметра основана на способности гемоглобина, связанного ( $HbO_2$ ) и не связанного ( $Hb$ ) с кислородом, абсорбировать свет различной длины волны [1]. Связанный гемоглобин больше абсорбирует инфракрасный свет, а не связанный – красный свет.

В пульсоксиметре установлены два светодиода, которые излучают красный и инфракрасный свет. На противоположной части датчика располагается фотодетектор, который определяет интенсивность подающего на него светового потока. Измеряя разницу между количеством света, абсорбируемого во время систолы и диастолы, пульсоксиметр определяет величину артериальной пульсации [2]. Сатурация рассчитывается как соотношение количества  $HbO_2$  к общему количеству гемоглобина, выраженное в процентах:

$$SpO_2 = \left( \frac{HbO_2}{HbO_2 + Hb} \right) \times 100 \%$$

Разработан также другой метод измерения сатурации, который заключается в анализе светового потока, отраженного тканями [3]. Однако устройство, которое работает по данному методу, мало распространено.

**Литература**

1. Лопухин С.Л. Компьютерная пульсоксиметрия в диагностике нарушений дыхания во сне: уч. пособие / Р.В. Бузунов, И.Л. Иванова, Ю.Н. Кононов и др. – Ижевск: ГБОУ ВПО «ИГМА», 2013. – 3 с.
2. Диагностические возможности неинвазивного мониторинга насыщения гемоглобина артериальной крови кислородом в клинике внутренних болезней: методические рекомендации / Д.В. Лапицкий и др. – Минск: БГМУ, 2015. – 71 с.
3. Шурыгин И.А. Мониторинг дыхания: пульсоксиметрия, капнография, оксиметрия. – СПб: «Невский диалект», 2000. – 301 с.

## ПОГРЕШНОСТИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ САТУРАЦИИ

Студент гр. 11307118 Кравцова В.С.

Кандидат техн. наук, доцент Габец В.Л.

Белорусский национальный технический университет

На сегодняшний день любой желающий с помощью пульсоксиметра может измерить сатурацию, то есть процент насыщения крови кислородом. Но при этом следует учитывать факторы, которые влияют на результаты измерений, вызывая погрешность или вовсе не показывая результатов.

Погрешности при измерении сатурации и частоты пульса можно разделить на две условные группы: погрешности, заложенные в самом принципе измерения, и погрешности в его технической реализации [1].

Рассмотрим основные факторы, которые могут оказать отрицательное влияние на определение сатурации.

*Неправильное расположение датчика.* При изменении положения датчика происходит резкое повышение сатурации. Этот эффект может быть связан с непостоянным кровотоком через пульсирующие кожные вены [2].

*Наполнение пульса.* Пульсоксиметр распознает только пульсирующий кровоток. При низком артериальном давлении из-за снижения сердечного выброса или аритмии пульс может быть очень слабым, и прибор может не «увидеть» сигнал [3].

*Вазоконстрикция.* Пульсоксиметр может не определить сигнал, если конечности холодные и присутствует сужение периферических сосудов [3].

Помимо вышеперечисленных факторов, отрицательное влияние также могут оказывать: яркий свет, движения, отравление угарным газом, красители, включая лак для ногтей. Однако следует отметить, что возраст, пол, желтуха и темный цвет кожи не влияют на работу пульсоксиметра [4].

### Литература

1. Шурыгин И.А. Мониторинг дыхания: пульсоксиметрия, капнография, оксиметрия. – СПб: «Невский диалект», 2000. – 301 с.
2. Лопухин С.Л. Компьютерная пульсоксиметрия в диагностике нарушений дыхания во сне: уч. пособие / Р.В. Бузунов, И.Л. Иванова, Ю.Н. Кононов и др. – Ижевск: ГБОУ ВПО «ИГМА», 2013. – 3 с.
3. Pulse oximetry: training material. / WHO. – Geneva, 2009. – P. 24.
4. Диагностические возможности неинвазивного мониторинга насыщения гемоглобина артериальной крови кислородом в клинике внутренних болезней: методические рекомендации. / Д.В. Лапицкий и др. – Минск: БГМУ, 2015. – 71 с.

## БЕСКАРДАННАЯ ГИРОВЕРТИКАЛЬ

Студент гр. 120871 Кузнецов И.Д.

Кандидат техн. наук, доцент Матвеев В.В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

В связи с тенденцией развития малогабаритных беспилотных летательных аппаратов возникает необходимость проектирования систем ориентации, обладающих малыми массогабаритными характеристиками.

Данным требованиям отвечают микросистемы, построенные на базе акселерометров и гироскопов, произведенных по технологии микроэлектромеханических систем (МЭМС). Их главными достоинствами являются помехозащищенность, высокий ресурс работы и наличие специальных алгоритмов обработки информации, позволяющих проводить более точную настройку, уменьшить погрешность выходного сигнала и компенсировать влияние температур на коэффициент передачи.

В современном приборостроении предпочтение отдается цифровым системам отображения информации. Так как по своей природе данный вид систем представляет собой программный код, то можно выделить такой ряд преимуществ, как: внесение изменений во внешний вид без изменения конструктивной части, отсутствие механических, увеличенный ресурс работы, отсутствие в необходимости проведения технических работ по обслуживанию. Все вышеперечисленные свойства значительно удешевляют производство и уменьшают затраты в период эксплуатации изделия.

В ходе исследования был разработан макет бескарданной гировертикали на базе аппаратной платформы *Arduino Uno* и инерциального модуля *MPU-6050*. Обработка снимаемых сигналов акселерометра и гироскопа проводилась с использованием алгоритма комплексирования. С помощью языка программирования *Processing* разработана система визуализации, представляющая собой цифровой авиагоризонт. Точность полученной системы составила  $1^\circ$  (СКО).

### Литература

1. Распопов В.Я. Микросистемная авионика / М.: "Гриф и К." – 2010. – 249 с.

## КРЕСЛО-КОЛЯСКА ДЛЯ ДЕТЕЙ, БОЛЬНЫХ ДЦП

Студентка гр. 11307216 Левчук М.М.

Кандидат техн. наук, доцент Габец В.Л.

Белорусский национальный технический университет

Возможность безопасной перевозки ребенка-инвалида, потерявшего возможность самостоятельно передвигаться, имеет решающее влияние на стимуляцию развития психики и двигательного аппарата. Правильное применение клинов, пелот и ремней обеспечивает полную стабилизацию тела даже самого расслабленного пациента, предотвращая появление нежелательных сокращений мышц и дальнейшего развития деформаций.

Конструкция кресло-коляски, рассмотренная в [1], не обеспечивала надежного закрепления ступней ног, и являлась не безопасной для перевозки ребенка-инвалида.

Поэтому основным направлением усовершенствования кресел-колясок является комфортное и безопасное размещение и перемещение ребенка больного ДЦП.

С этой целью была разработана кресло-коляска, представленная на рис. Данная конструкция содержит: регулируемый предохранительный барьер 1, ограничитель для предотвращения скрещивания ног 2, ремень для фиксации тела 3, регулируемая по высоте подножка 4, регулируемая по наклону спинка 5, ручка с регуляцией высоты 6, точечные ремни закрепляющие ступню с функцией отведения стопы 7.

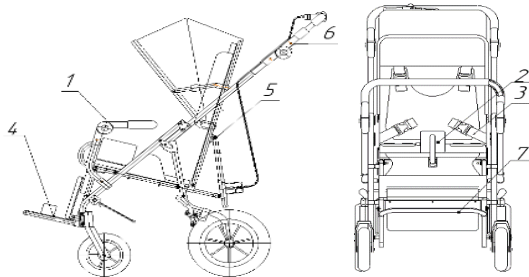


Рис. Кресло-коляска для детей больных ДЦП

### Литература

1. Корытко А.Г. Кресло-коляска расширенной функциональности для детей больных ДЦП / А.Г. Корытко // Новые направления развития приборостроения: материалы 10-й МНТК молодых ученых и студентов, Минск, 26–28 апреля 2017 г.: в 2 т. / Белорусский национальный технический университет; ред. кол.: О.К. Гусев [и др.]. – Минск, 2017. – Т. 1. – С. 199.

## **ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В СРЕДСТВАХ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ**

Студенты гр. 11307117 Матюшев М., Королинский Р.  
Д-р техн. наук Степаненко Д.А.  
Белорусский национальный технический университет

С каждым годом количество мест работы с вредными условиями труда возрастает. В связи с этим, в настоящее время, невозможно обойтись без средств индивидуальной защиты (СИЗ). На фоне сложившейся в 2020–2021 г. эпидемиологической ситуации развитие СИЗ органов дыхания (СИЗОД) приобрело особую важность. Однако, регулярное использование СИЗОД, даже при соблюдении всех инструкций к применению, ведёт к негативным последствиям, которые выражаются в увеличении сопротивления дыханию, а при длительном использовании СИЗОД могут появиться зуд, прыщи и сыпь. По результатам исследования на медработниках, таким последствиям были подвержены более половины.

Немаловажной проблемой является и высокая концентрация углекислого газа в подмасочном пространстве: при вдохе концентрация  $\text{CO}_2$  может достигать 3,5 %, что приводит к головным болям примерно у трети людей, регулярно использующих СИЗОД.

Перспективным для решения таких проблем является внедрение СИЗОД, основанных на применении ультрафиолетового (УФ) излучения для ионизации и разрыва химических связей молекул веществ, взвешенных в воздухе и несущих вред здоровью человека, и нейтрализации их в магнитной ловушке. Преимуществами таких устройств являются: обеспечение практически свободного дыхания; возможность нейтрализации конкретных групп веществ за счет регулировки интенсивности УФ излучения и его спектрального диапазона; негативное влияние УФ излучения на микроорганизмы (в том числе вирусы). Проблемами, которые предстоит решить, являются выбор источников излучения необходимой интенсивности и спектрального диапазона, проектирование источника питания и экранирование органов зрения и кожных покровов от воздействия УФ излучения.

### **Литература**

1. Капцов В.А., Чиркин А.В. Об эффективности средств индивидуальной защиты органов дыхания как средства профилактики заболеваний (обзор) // ФБУЗ «Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ» Роспотребнадзора. Токсикологический вестник. – Москва, 2018. – № 2(149). – С. 2–6.
2. Капцов В.А. и др. Замена противогазных фильтров СИЗОД (лекция). ru.wikibooks.org (04-08-2020).

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ РЕГЕНТЕНОВСКОЙ ТРУБКИ**

Магистрант Мудинов И.

Кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е.Г.

Белорусский национальный технический университет

Закон энергетической проводимости технической системы гласит: необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является сквозной проход энергии ко всем частям системы.

Анализ видов полей в потоке энергии лучевой трубки показывает, что электрический ток, поступающий на катод, трансформируется в эмиссию электронов на катод, затем при контакте с анодом происходит его преобразование в тепловую энергию и радиоактивное излучение. При этом имеющее место разрушение электродов можно рассматривать как процесс преобразования электрической и тепловой энергии в химическую. Существуют еще два потока в подсистемах. Во-первых, это поток энергии при вращении анода, где электрический ток в двигателе преобразуется в механическое вращение. Во-вторых, поток энергии при охлаждении анода, где электрический ток производит вращение двигателя насоса, затем механическое перемещение преобразуется в движение потока жидкости.

Анализ потоков энергии показывает, что в каждом из них имеются поля разной физической природы. Поэтому необходимо трансформировать систему и подсистемы так, чтобы поля внутри всего по возможности имели одну природу, причем в соответствии с цепочкой управляемости полей желательно перейти к легко управляемым полям – электромагнитным. Следовательно, возможно модернизировать подсистемы механического вращения анода, т. е. вращать с помощью электромагнитного поля не анод, а пучок электронов. При этом электроны будут бомбардировать разные участки анода, траектория пучка электронов и излучения будут изменяться во времени, и воздействие будет осуществляться на различные участки тела.

Чтобы подвергнуть излучению необходимые участки тела, можно воспользоваться двумя концептуальными решениями. Во-первых, возможно придать аноду геометрическую форму, позволяющую отражать излучение необходимой для исследования конфигурации, во-вторых, после генерации излучения анодом простой, традиционной формы использовать отдельный отражатель, причем придать последнему адаптивные свойства, т. е. возможность изменения его параметров в зависимости от необходимой конфигурации потока излучения.



## **ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНА СОГЛАСОВАНИЯ РИТМИКИ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УЗЛА РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ**

Магистрант Мудинов И.

Кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е.Г.

Белорусский национальный технический университет

Применительно к рентгеновской трубке этот закон требует синхронизации функционирования всех элементов, обеспечивающих генерацию излучения и согласованность взаимного позиционирования рентгеновского пучка и объекта исследования.

С целью уменьшения длительности процедуры при одновременной экспозиции всего поля исследования следует заранее производить операцию оптимального расположения трубки и элементов установки, базирующих объект исследования. Для этого перед началом исследования необходимо иметь пространственную 3D модель исследуемого объекта. Следовательно, целесообразно заранее создавать базу данных 3D моделей объектов, потенциально подлежащих рентгеновскому исследованию. В отношении биологических объектов, изменяющих во времени свою конфигурацию, такая база должна периодически обновляться.

Если происходит линейное или точечное сканирование объекта исследования рентгеновским пучком, согласование ритмики требует обеспечивать необходимую траекторию этого пучка, чтобы излучение воздействовало только на заданные участки и не распространялось вне их.

В данном случае дополнительно возникает возможность регулирования интенсивности пучка, чтобы обеспечить эффективное прохождение пучком участков объекта разной толщины и оптической плотности. Но такой вариант воздействия требует механического перемещения отдельных элементов трубки и/или трубки в целом. Поэтому заслуживает внимания исследование перспективности разработки матричной системы: то есть источником излучения является множество миниатюрных катодов, при этом анод может быть общим или отдельным для каждого катода. В этом случае по известной пространственной конфигурации области исследования на объекте возможно заранее определить требуемую конфигурацию пучка излучения, распределение интенсивности внутри нее и инициировать с нужной интенсивностью необходимое количество соответственно расположенных излучателей. При этом наличие в рентгеновской установке трех матриц (рентгеновской, воспринимающей излучение и воспроизводящей изображение) может привести к искажению информации: появлению ложных низкочастотных составляющих, проявляющихся как муар-эффект.

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ НАЗНАЧЕНИЯ ЭКСПОЗИЦИИ В РЕНТГЕНОВСКОЙ УСТАНОВКЕ**

Магистрант Мудинов И.

Кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е.Г.

Белорусский национальный технический университет

В соответствии с законом вытеснения человека из технической системы в процессе ее развития сокращается количество функций, выполняемых в системе человеком. На ранних этапах развития ТС человек выполнял функции рабочего органа, двигателя. Кроме передачи автоматическим системам указанных функций, происходит вытеснение человека из системы управления и из системы принятия решений.

Применение этого закона к узлу рентгеновской трубки в первую очередь требует автоматизации функции назначения экспозиции в зависимости от размеров, главным образом, глубины исследуемого объекта. В медицинской рентгенотехнике выбор дозы излучения осуществляется медицинским персоналом в соответствии с нормативными документами, причем при снимках тучных или очень худых людей следует на каждый сантиметр увеличения (или уменьшения) толщины против обычной соответственно увеличивать (или уменьшать) экспозицию на 25% или напряжение на 2,5 кВ. Указанная градация для учета комплекции человека имеет приближенный характер, поэтому возможны случаи получения некачественного изображения или излишней экспозиции. Решить эту проблему возможно, применяя заранее пространственную 3D модель исследуемого объекта.

Очевидна актуальность создания компьютерного обеспечения, позволяющего на основании имеющейся 3D модели, информации о пространственной конфигурации области тела, подлежащей исследованию, и информации о ранее полученной дозе, произвести расчет необходимой экспозиции, причем для каждого фрагмента исследуемой области экспозиция должна назначаться индивидуально. Результаты этого расчета должны вводиться в управляющее устройство, а также поступать в устройства хранения информации (базы данных). Базы данных по экспозиции должны размещаться электронной карте пациента с целью контроля накопленной дозы облучения. Кроме того, эта информация должна храниться в электронном паспорте рентгеновской установки с целью контроля ее эксплуатационного ресурса. Также данная информация должна быть введена в статистические базы данных, наличие которых необходимо как для научных, так и экономических исследований.

Решение данной задачи потребует сотрудничества медиков и инженеров, а также подготовки соответствующих нормативных актов.

## ОСОБЕННОСТИ КОМПОЗИЦИИ ШЕЙНЫХ УКРАШЕНИЙ

Студентка гр. 11309114 Набебина О.

Кандидат техн. наук, доцент Луговой В.П.

Белорусский национальный технический университет

Главными особенностями в композиции шейных украшений является их относительно малые размеры, ограниченность их форм, привлекательность, долговечность и удобство для ношения. На композицию таких украшений влияют мода, стили и материалы, из которых изготавливается украшение. При разработке дизайна шейных украшений используются все известные основные приемы композиции.

Прием с использованием композиционного центра часто применяется в шейных украшениях, особенно в колье. Композиционный центр в них выделяется с помощью цвета и размера, иногда в центр помещаются большие драгоценные камни. В то же время прием композиционного центра практически не применяется в бусах и цепочках, которые в большинстве своем состоят из одинаковых или ритмически повторяющихся элементов.

Шейные украшения, в большинстве своем, статичны. Создание динамической композиции в шейном украшении имеет некоторые ограничения (например, не работает правило быстрой и медленной диагонали) и достигается в основном с помощью диагоналей и асимметрии. Диагональ в композиции служит для передачи движения и задает направление взгляда зрителя. В шейных украшениях диагональ может служить контрастом к статичным элементам композиции, создавая дополнительную динамику. В связи с особенностями конструкции шейных украшений диагональные линии часто присутствуют в них, но обычно являются второстепенной частью.

Ритм особенно удобно использовать в бусах и цепочках из-за особенностей их конструкции – они состоят из повторяющихся элементов, бусин и звеньев соответственно, что дает возможности для создания различных ритмических комбинаций. В дизайне колье этот прием так же часто используется путем чередования одинаковых элементов или цветов, в то время как в камнях и медальонах ритм такого широкого распространения не получил.

Симметрию, особенно осевую симметрию по вертикали, применяют в проектировании шейных украшений. Так как геометрический центр шейного украшения при ношении находится на одной линии с носом и серединой лица, симметрия украшения как бы повторяет естественную симметрию человеческого тела и гармонирует с ней.

Все композиционные приемы достигаются с помощью конструирования формы изделия и применения разных материалов. Важную роль играет форма камней, тип оправы, размеры, насыщенность, интенсивность и оттенок их цвета. Часто вся композиция украшения определяется именно материалом.

## ШТАТИВ ПЕРЕДВИЖНОГО РЕНТГЕНОВСКОГО АППАРАТА ТИПА «С-ДУГА»

Студент гр. 11307216 Резанович В.А.

Кандидат техн. наук Мониц С.Г.

Белорусский национальный технический университет

Штатив передвижного рентгеновского аппарата, представленный в работе [1], предназначен для использования в хирургии, ортопедии, травматологии, сосудистой хирургии, нейрохирургии и т. д. Особенно эффективен при операциях и миниинвазивных вмешательствах в ортопедии и гастроэнтерологии, для ангиографии (в т. ч. дигитальной субтракционной) и инвазивного лечения сосудов.

Данный штатив обладает всеми классическими элементами передвижных рентгеновских аппаратов типа «С-дуга».

На блоке питания сверху расположен пульт управления, благодаря которому задаются параметры (кВ и мАс) и режимы работы аппарата.

К дуге прикреплены УРИ с CCD камерой и моноблочный излучатель. Фокусное расстояние между ними составляет более 900 мм. Благодаря возможности изменять положение дуги можно проводить рентгеновские исследования в любой плоскости.

Данный штатив позволяет совершать горизонтальное (рис.1а) и вертикальное (рис.1б) перемещения.

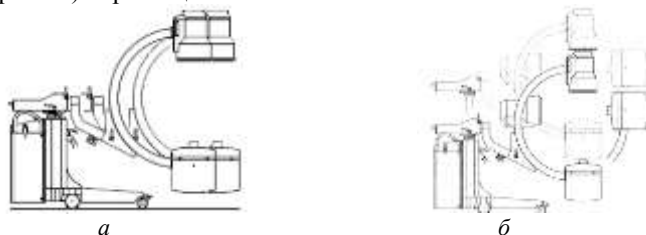


Рис. 1. Горизонтальное перемещение штатива

Ручные передачи оснащены тормозом для закрепления дуги в необходимом положении. Врач может прямо во время операции изменить положение дуги.

### Литература

1. Магилинский А.П. Радиационные медицинские аппараты и системы – методическое пособие / А.П. Магилинский. – Могилёв: БПУ, 2016. – С. 50.

## **ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ НИТИНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭНДОПРОТЕЗОВ**

Студентка гр. 11307216 Роговцова А.С.

Кандидат техн. наук, доцент Савченко А.Л.

Белорусский национальный технический университет

Наиболее распространенным способом соединения проволочных элементов конструкций из нитинола является лазерная и точечная контактная сварка. Лазерная сварка металлов отличается высокой плотностью энергии в пятне нагрева – до 1 МВт на кв. см. Это обеспечивает высокую скорость разогрева и охлаждения зоны сварного шва, что значительно уменьшает тепловое воздействие на околошовную зону. Поэтому сварочный процесс не вызывает структурных изменений материала, приводящих к разупрочнению, деформации и образованию трещин.

Исследован процесс сварки нитиноловой проволоки внахлест, изучены и проанализированы уже существующие конструкции устройств. Опираясь на патентные данные, была разработана структурная конструкция приспособление для лазерной сварки нитиноловых элементов эндопротезов. Эндопротез – это функциональный имплантат, который полностью устанавливается внутрь организма. Основными целями его использования становятся уменьшение болевого синдрома и восстановление работы сустава.

При сварке внахлест основное внимание уделяется прочности соединения и влиянию термического эффекта на изменение механических характеристик близлежащих участков.

Разработанная конструкция предназначена для сварки нитиноловых элементов с подачей ультразвука на одну из стоек. Координатный стол осуществляет позиционирование образца в процессе измерения.

В результате исследований было показано, что образование неразъемного соединения протекает в две стадии: на первой стадии за счет УЗК происходит разрушение оксидных пленок, адсорбирующих слоев и развитие физического контакта путем сближения вскрытых ювенильных поверхностей; на второй стадии происходит образование локальных микро-схватываний соединяемых металлов в результате взаимной диффузии материалов при нагревании их импульсом электрического тока.

Результаты проведенной работы позволяют усовершенствовать технологию изготовления и повысить качество соединения изделий медицинского назначения из нитиноловой проволоки.

## **СНИЖЕНИЕ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ ПРИ РЕНТГЕНОДИАГНОСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРОВСКИТНЫХ ДЕТЕКТОРОВ**

Магистрант Сатторов С.

Кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е.Г.

Белорусский национальный технический университет

Рентгенология, без которой невозможно представить себе современную медицину, зародилась благодаря открытию немецким физиком В.К. Рентгеном проникающего излучения. Эта отрасль, как никакая другая, внесла в развитие медицинской диагностики неоценимый по значимости вклад. До сих пор более 60% диагнозов устанавливается или подтверждается с помощью рентгенологических исследований. При этом более 80% надфоновой генетически значимой дозы облучения человека приходится на рентгенодиагностические исследования.

С момента открытия рентгеновского излучения для рентгеноскопии применялся флюоресцентный экран, представлявший из себя в большинстве случаев лист картона с нанесенным на него слоем специального флюоресцирующего вещества [1]. Этот метод являлся энергозатратным и долгим. В настоящее время рентгеновское изображение получают на базе различных методов, включающих прямые аналоговые, непрямые аналоговые и цифровые технологии. Актуальной остается задача по улучшению качества изображения и снижению облучаемой дозы пациента.

Одним из вариантов решения проблемы является замена кремния на перовскитный материал, что позволит увеличить чувствительность детектора в сто раз. Кроме того, перовскитный детектор не требует внешнего источника питания для перевода рентгеновского излучения в электрический сигнал. Высокая чувствительность перовскитных детекторов позволяет использовать их для медицинской визуализации, в частности, в стоматологии и рентген-диагностике. Эти методы требуют небольшой экспозиции и связаны с использованием небольших доз облучения. Снижение времени экспозиции понижает и риски для пациентов и медицинского персонала.

### **Литература**

1. Линденбратен Л.Д. Медицинская радиология и рентгенология (основы лучевой диагностики и лучевой терапии) / Л.Д. Линденбратен, И.П. Кололюк. – М.: Медицина, 1993 – 556 с.

## АНАЛИЗ ПОЛЕЙ В ПОТОКЕ ЭНЕРГИИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Магистрант Сатторов С.

Кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е.Г.

Белорусский национальный технический университет

В качестве преобразователя излучения используется цифровая светочувствительная матрица, электронная схема для считывания сигналов с нее, устройство воспроизведения визуальной информации. Закон энергетической проводимости технической системы гласит: необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является сквозной проход энергии ко всем частям системы. Анализ видов полей в потоке энергии преобразователя показывает, что в начале цепочки имеет место переход самого управляемого (электромагнитного) излучения в химические преобразования внутри ячеек матрицы, приводящие к появлению электрического заряда на выходе. Дальнейший процесс сводится к электрическим преобразованиям. Они необходимы чтобы, во-первых, воспроизводить информацию в визуальной форме, во-вторых, ее хранить, в-третьих, обрабатывать.

В соответствии со следствием закона, желательное иметь один вид энергии внутри системы. Следовательно, для выполнения только функции визуализации изображения, желательно преобразовать прошедшее рентгеновское излучение сразу в видимое оптическое, т. е. матрица должна содержать элементы преобразования «рентгеновское излучение – видимое излучение» и одновременно содержать элементы преобразования «рентгеновское излучение – электрический сигнал». Задачу можно попытаться решать двумя способами: а) разработкой элементов, которые одновременно могут выполнять две указанные выше функции, желательно проанализировать возможность создания таких систем на современном этапе развития техники и вставить в работу; б) параллельным использованием элементов, каждый из которых выполняет одну из двух функций, причем располагать эти элементы либо в одной плоскости, либо в различных плоскостях. Во втором случае возможно как одновременное воспроизведение изображения и формирование электрического сигнала, так и последовательное с некоторым сдвигом во времени. Первый вариант (одна плоскость) может привести к снижению разрешающей способности и/или отношения сигнал/шум, второй (несколько плоскостей) усложнить конструкцию и алгоритм обработки сигнала.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ  
РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ЗАКОНОВ СОГЛАСОВАНИЯ РИТМИКИ И ВЫТЕСНЕНИЯ  
ЧЕЛОВЕКА ИЗ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

Магистрант Сатторов С.

Кандидат техн. наук, доцент Зайцева Е.Г.

Белорусский национальный технический университет

Применительно к преобразователю рентгеновского излучения закон обосновывает требования согласованного пространственного расположения объекта исследования и матрицы. Традиционным требованием является неподвижность объекта относительно матрицы в течение экспозиции. При традиционной методике процедуры достаточно автоматизировать процесс контроля останковки дыхания в течение экспозиции и возобновления после ее окончания. В случае совершенствования процедуры, если исследование предусматривает разделенную на несколько временных промежутков экспозицию (актуальность такого режима должна рассматриваться при анализе закона динамизации системы), то согласование ритмики будет иметь более сложный алгоритм. Если перейти на уровень надсистемы (рентгеновской установки в целом), то соблюдение указанного закона будет необходимо контролировать в отношении согласования ритмики процесса экспозиции, обработки полученной информации и дальнейших действий в зависимости от результата анализа.

Применительно к преобразователю рентгеновского излучения закон закона вытеснения человека из технической системы предусматривает изменение регулировки положения матрицы и параметров ее функционирования автоматически, в соответствии с составленной заранее программой при вводе исходных данных исследования, которые можно получить без участия человека. В случае регулярных флюорографических исследований функции обеспечения прохождения процедуры и установки параметров ее проведения зависимости от анатомических особенностей пациента и состояния его здоровья могут быть полностью автоматизированы. В случае необходимости исследования, обусловленного травмой, автоматизации подлежат процессы доставки пациента в соответствующее учреждение здравоохранения, а также выбор параметров исследования на основании жалоб пациента и данных других видов обследования, которые также подлежат автоматизации.



## ГИРОМАГНИТНЫЙ КОМПАС

Студент гр. 120881 Соколов М.В.

Кандидат техн. наук, доцент Погорелов М.Г.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

В работе представлен гиромагнитный компас, который представляет собой гироскопическое устройство, применяемое на движущихся объектах и предназначенное для определения курса объекта по отношению к плоскости магнитного меридиана [1, 2]. Представляет собой трёхстепенной астатический гироскоп, снабженный азимутальной и горизонтальной системами коррекции; азимутальная коррекция, чувствительным элементом которой является магнитная стрелка (МС), удерживает ось гироскопа в плоскости магнитного меридиана; горизонтальная коррекция удерживает внутреннее кардановое кольцо в положении, перпендикулярном наружному. Горизонтальная система коррекции состоит из датчика угла (ДУ) и датчика моментов (ДМ) (рис.). Азимутальная система коррекции состоит из магнитной стрелки, ДУ и ДМ. Погрешность может достигать нескольких градусов.

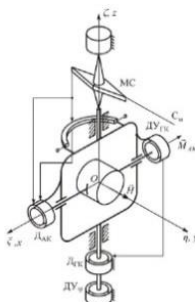


Рис. Кинематическая схема гиромагнитного компаса

Прибор широко распространен в гражданской авиации. Является важным прибором для слепого полета в условиях плохой видимости, так как показания его безинерционны и не имеют запаздывания при отклонениях объекта от прямой. В работе приводятся основы построения и функционирования такого гиромагнитного компаса.

### Литература

1. Распов В.Я. Теория гироскопических систем. Гироскопы // В.Я. Распов // Министерство образования и науки Российской Федерации, Тульский государственный университет. Тула: Издательство ТулГУ, 2018. – 193 с.
2. Блюмин Г.Д., Жбанов Ю.К., Кошляков В.Н. Гироскопические компасы // Развитие механики гироскопических и инерциальных систем. – М.: «Наука», 1973.

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗУБНОЙ ЭМАЛИ И СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Студент гр. 11307216 Троцкий В.В.

Кандидат техн. наук, доцент Савченко А.Л.

Белорусский национальный технический университет

Устройство для контроля физико-механических свойств зубной эмали и стоматологических материалов предназначено для измерения механического импеданса зубной эмали, для диагностики начальных стадий деминерализации зубной эмали.

Для определения значения деформации зубной эмали под действием определенного усилия со стороны индентора применена схема измерения, поясняющая принцип измерения с двумя инденторами, в которой один из инденторов является базой для измерения глубины внедрения второго индентора. К исследуемой зубной ткани одновременно с одинаковым усилием прижимаются два индентора с разной площадью опорной поверхности.

Оба индентора нагружены одинаковой силой  $P$ . Наружный индентор, имеющий большую площадь опорной поверхности, под действием силы  $P$  вдавливается на глубину  $x_1$ , внутренний индентор, имеющий меньшую площадь опорной поверхности, вдавливается на большую глубину  $x_2$ . Импеданс зубной ткани определяется как отношение приложенной нагрузки к разности глубин внедрения инденторов:

$$Z = \frac{P}{x_2 - x_1},$$

где  $P$  – силовая нагрузка на инденторы;  $x_2 - x_1$  – разность глубин внедрения инденторов;  $Z$  – механический импеданс исследуемой ткани.

Перемещения инденторов измеряются преобразователями перемещения в электрический сигнал на основе малогабаритных дифференциальных индуктивных датчиков.

Конструкция устройства позволяет использовать его в двух режимах:

– для измерения свойств зубной эмали устройство располагается в руках пользователя;

– для измерения свойств стоматологических материалов устройство устанавливается в специальную стойку с приводом вертикального перемещения (задание усилия) и двухкоординатным столом для размещения исследуемого образца.

Таким образом, устройство может использоваться как в клинической стоматологии, так и для научных исследований.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СОЗДАНИЯ ЭНДОПРОТЕЗОВ

Магистрант Уласевич А.О.

Кандидат техн. наук, доцент Савченко А.Л.

Белорусский национальный технический университет

Аневризма аорты – это патологическое изменение, выражающееся в расширении одного из её участков из-за нарушения структуры среднего слоя стенки аорты. Современный протокол лечения аневризмы аорты предполагает выбор между хирургическим вмешательством (протезирование аорты) и эндопротезированием с помощью малоинвазивных технологий.

Последний метод сочетает в себе открытые хирургические технологии с эндоваскулярными, он представляет собой замену аневризматически расширенного участка аорты изнутри с использованием специального протеза, изготовленного в большинстве случаев «под заказ» (этим объясняется его высокая стоимость). Сосудистый протез специальным образом уложен в системе доставки.

Для этого проектируется стент-графты с использованием упругих элементов из нитинола

Упругий элемент вшивается в стент-графт для придания формы во время раскрытия стент-графта внутри аорты.

Все упругие элементы должны пройти термообработку при нужной температуре для возможности расширения при установке в аорте. Для этого разработаны специальные приспособления, позволяющие придать нужную форму стент-элементам (рис.).

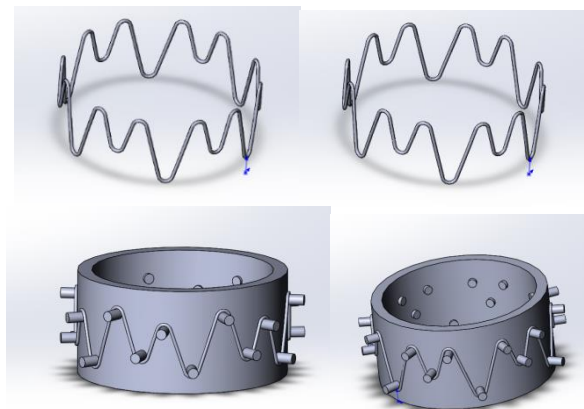


Рис. Форма упругих элементов и оснастка для термообработки

## СТЕНД ИСПЫТАНИЯ ТЕЛЕЖКИ ПОКУПАТЕЛЬСКОЙ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ

Студент гр. 31302115 Чудецкий Д.В.

Кандидат техн. наук, доцент Есьман Г.А.

Белорусский национальный технический университет

Основное назначение покупательской тележки – предоставлять максимальные возможности для осуществления покупок и занимать при хранении минимальные площади, благодаря тому, что одна тележка вдвигается в другую. Назначение стенда: подтверждение способности отдельных элементов тележек сохранять исправное состояние и обеспечивать работоспособность конструкции в целом с гарантированной вероятностью безотказной работы в нормальных условиях эксплуатации.

Стенд состоит из электродвигателя 11, связанный муфтой 9 с червячным редуктором 10, выходной вал которого связан муфтой 9 с шестерней 8, которая кинематически связана с колесом-шестерней 7, которая перемещается по направляющим 5. С колесами-шестернями 7 связан захват 4, который фиксирует рукоятку тележки 1, установленную на основании 3.

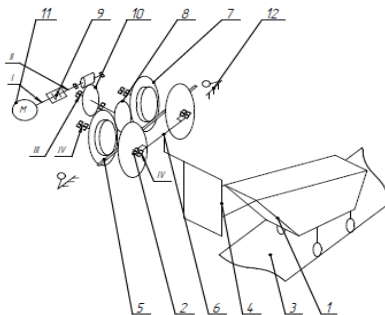


Рис. Стенд:

- 1 – тележка; 2 – подшипник; 3 – основание; 4 – захват; 5 – направляющая;  
6 – корпус; 7 – колесо-шестерня; 8 – шестерня; 9 – муфта;  
10 – червячный редуктор; 11 – электродвигатель; 12 – микровыключатель

Испытуемая тележка 1 устанавливается на основании 3 и прикрепляется к захвату 4. Включается электродвигатель 11 и тележка 1 совершает циклические перемещения. После завершения испытания она снимается со стенда, производится ее осмотр и измерение.

## ГИРОСКОП СО СФЕРИЧЕСКИМ ШАРИКОПОДШИПНИКОВЫМ ПОДВЕСОМ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Студент аз ПУ 12.06.01 Шепилов С.И.  
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

К современным информационно-измерительным и управляющим системам стабилизации и управления оптико-электронной аппаратуры предъявляются жесткие требования по точности и быстродействию управления.

В известных конструкциях гироскопов со сферическим шарикоподшипниковым подвесом (СШПП) иностранных и отечественных разработчиков датчики угла (ДУ) и датчики момента (ДМ) имеют единый магнитопровод [3]. Вследствие этого при подаче управляющего сигнала на ДМ гироскопа за счет того, что магнитопровод конструктивно выполнен единым как для ДУ, так и для ДМ, возникает реакция на выходе ДУ, которая носит характер импульсной помехи.

Данное влияние стало играть определяющую роль при повышении требований к стабильности выходного сигнала гироскопа. Уменьшение взаимовлияния цепей ДМ на цепи ДУ может быть обеспечено за счет расположения платы ДУ и платы ДМ по разные стороны ротора и реализации индивидуального магнитопровода, как для ДМ, так и для ДУ, а также алгоритмически путем исключения ряда дискрет выходного сигнала датчика угла в момент подачи управляющего сигнала [1].

В работе изложены решения, имеющие существенное значение для проектирования и создания гироскопов на основе СШПП, а также для повышения уровня технических характеристик систем на их основе [2].

### Литература

1. Алалуев Р.В. Результаты экспериментальных исследований датчика углов со сферическим шарикоподшипниковым подвесом / Р.В. Алалуев, Д.М. Малютин, В.Я. Распопов, С.В. Телухин, С.И. Шепилов, А.В. Ладонкин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2017. – № 9 – С. 43–51.
2. Распопов В.Я. Гироскопический датчик углов со сферическим шарикоподшипниковым подвесом / В.Я. Распопов, Д.М. Малютин, Р.В. Алалуев, С.В. Телухин, С.И. Шепилов // Гироскопия и навигация. – 2018. – № 2(101). – С. 88–94.
3. Распопов В.Я. Гироскопы с шарикоподшипниковым подвесом / В.Я. Распопов. – Тула: Гриф и К, 2003. – 175 с.

## ДВОЙКОВЫПУКЛАЯ ЛИНЗА

Студенты гр. 11302219 Шик Д.В., Помогаев В.Е., Стриго Н.А.

Кандидат техн. наук, доцент Филонова М.И.

Белорусский национальный технический университет

Технологический процесс изготовления трехфазного асинхронного электродвигателя состоит из нескольких пунктов, таких как: выбор материала, разработка чертежей основных деталей, точения, фрезерования, шлифования, отливки и т. д. Так же необходим расчет всех механических и электрических параметров, оптимальных и максимальных, для данного двигателя. Принцип работы ТАЭ с короткозамкнутым ротором заключается в том, что при подаче переменного трехфазного напряжения, под действием электромагнитных сил ротор начинает вращаться.

Сердечник электродвигателя изготавливается посредством штамповки тонкими листами электротехнической стали. Эти пластины покрывают специальным диэлектрическим лаком, чтобы они не соприкасались друг с другом. Под действием переменного электромагнитного поля склеенные листы нагреваются меньше, чем цельный ротор.

Два основных узла, необходимых для работы ТАЭ, являются ротор (подвижная часть) и статор (неподвижная часть). Так как в выбранном нами двигателе выбран короткозамкнутый ротор, медная обмотка присутствует только на статоре.

В технологическом процессе изготовления ТАЭ существует несколько операций: вал с короткозамкнутым ротором получается после вытачивания, шлифования и запрессовки, сердечники изготавливаются посредством штамповки и лакирования листов электротехнической. Медная обмотка наматывается на специальных намоточных станках, перед этим пройдя несколько этапов лакирования. Корпус получается в результате отливки и шлифовки его отдельных элементов. Далее идет процесс непосредственной сборки: В корпус устанавливается статор, на вал ставят подшипники и так же помещают в корпус. Остальные части крепятся с помощью стандартных крепежных деталей (штифты, шпонки, резьбовые элементы и т. д.).

Трехфазные асинхронные электродвигатели применяются повсеместно, начиная от подъёмных кранов и эскалаторов, заканчивая электромобилями.

## МАТЕРИАЛЫ ДРАГОЦЕННЫХ УКРАШЕНИЙ АФРИКИ

Студент гр. 11309117 Шпак А.

Кандидат техн. наук, доцент Луговой В.П.

Белорусский национальный технический университет

Африканские племена отличаются особыми традициями и укладом. Несмотря на низкий уровень развития, поражает их стремление к красоте, которую современным жителям развитых стран понять достаточно сложно. Самое популярное украшение – тарелка, помещаемая на нижнюю губу девушкам ещё до замужества, создается из даров моря. Особый интерес представляют материалы, используемые для их изготовления, которые могут повернуть в шок современного человека. В качестве материалов используются элементы растительного и животного происхождения. Наиболее популярны следующие материалы:

**Кораллы** («водное дерево») используются как защитный амулет и жизненно важный элемент. **Серная амбра, добываемая из желудка кашалотов** – мощный афродизиак для мужчин. **Жемчужины** издавна используют при создании заколок для волос, браслетов и ожерелий. В некоторых частях континента жемчужины обменивали на золото, пальмовое масло, слоновую кость и даже рабов. **Раковины каури** – символ женской сексуальности и привлекательности. Украшения из них можно найти в гробницах фараонов. В Египте создание бижутерии из раковин было традиционным занятием. Африканские народы всегда поклонялись ярким бусинам, сделанным **из синих камней, а также сердолика и кварца**. Они присутствуют и в украшениях Древнего Египта.

Популярен **янтарь жёлтого цвета**. Считается, что этот камень притягивает солнце и защищает от темноты.

Популярным материалом для украшений является **бронза**. Девушки в Нигере предпочитают носить **браслеты из бронзы с гравировкой исламских мотивов**.

В Кот-д'Ивуаре использовали **украшения из латуни**. Это своеобразный символ божественности и способа общения с духами. А в Либерии частью приданого жены были **бронзовые браслеты на лодыжках**. В племени Ндебеле красивой считается девушка с длинной шеей, поэтому представительницам этого племени еще в детстве надевают на шею обручи, благодаря которым она вытягивается до 50 см. Снять обручи невозможно, это может привести к гибели.

## АППАРАТ СШИВАЮЩИЙ ХИРУРГИЧЕСКИЙ

Студент гр. 11307116 Янкина Я.В.

Кандидат техн. наук, профессор Минченя В.Т.

Белорусский национальный технический университет

Сшивающие устройства являются прогрессивным, эффективным и необходимым техническим оснащением в хирургии. В настоящее время механический шов обладает рядом преимуществ перед ручным швом. Современные методики проведения хирургических операций требуют современного высокоэффективного хирургического оборудования и инструментария.

Известны различные способы соединения тканей в медицине посредством их сшивания нитями, скрепками или заклепками. При этих способах могут образовываться не достаточно герметичные швы и для достижения большей герметичности ткани необходимо сшивать в два ряда и более. Это приводит к увеличению травматичности, к деформации прилежащих тканей, к потере части функционирующей ткани и к дополнительному расходу материала.

Разрабатываемый аппарат сшивающий хирургический предназначен для механического соединения биологических тканей при хирургических операциях. Аппарат сшивает ткани путем введения в соединяемые биологические ткани быстротвердеющей биосовместимой массы через полые иглы. Данный способ уменьшает травматичность сшивания, при этом уменьшает деформацию прилежащих тканей, а также создает полную герметичность соединения при минимальном сдавливании тканей.

В настоящее время известны двух- и многокомпонентные композиции, мгновенно отвердевающиеся на воздухе или под влиянием соответствующего облучения.

В результате использования быстротвердеющего биосовместимого рассасывающего в определенные сроки материала создаются наиболее благоприятные условия для заживления сшивающих тканей, так как не возникает отрицательной реакции организма на эти материалы, не остается инородных тел и нет узлов, вокруг которых образуются рубцовые ткани.

### Литература

1. Хирургические аппараты, инструменты, новые материалы и сплавы. Под ред. Утямышева Р.И. – М.: Московская правда, 1976. – 257 с.
2. Сшивающее устройство: пат. 1922334 РФ, МПК А61В 17/04, U1/ Дубровский А.В.; заявл. 25.02.2019; опубл. 09.09.2019. Бюл. № 25. – 2019. – 46 с.



## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИТ-ТЕХНОЛОГИЙ В ЮВЕЛИРНОМ ДЕЛЕ

Студент гр. 11309117 Янкойть А.Н.

Кандидат техн. наук, доцент Луговой В.П.

Белорусский национальный технический университет

*Компьютерная графика в дизайне ювелирных изделий.* В наше время компьютерные технологии проникли практически во все сферы жизни, и мы повседневно сталкиваемся с применением вычислительной техники даже там, где раньше их применение казалось несбыточной фантазией. Этап, предшествующий литью (производству промышленного изделия или его деталей) – изготовление прототипа на базе компьютерной 3D-модели. *3D-моделирование ювелирных изделий – процесс создания визуализированной модели украшения по нарисованному эскизу, рисунку или фото.*

Существует весьма большое количество программных пакетов для создания 3D-моделей ювелирных изделий. Все они обладают в той или иной мере различной функциональностью. Специалисты рекомендуют воспользоваться следующим перечнем ПО.

**Rhino**. Данный программный пакет основан на технологии NURBS-моделирования, то есть создания трехмерных изображений из криволинейных поверхностей с помощью В-сплайнов. Его функционал также обеспечивает осуществление нефотореалистичного и сложного рендеринга, нанесение бликов и отражений. Rhino позволяет устанавливать более 100 плагинов для дополнительной обработки изображений, а также экспортировать и импортировать свыше 30 различных форматов, благодаря чему возможно его использование с другим ПО.

**Magics**. Этот программный пакет используется с целью подготовки, улучшения и редактирования STL-файлов для оптимизации их печати на 3D-принтере. Он позволяет импортировать файлы из большинства программ по созданию 3D-моделей, например Rhino, SolidWorks, SketchUp и другого ПО. Magics предоставляет функции по изменению уже созданной модели – в частности, возможно осуществлять ее разметку, объединение оболочек, перфорацию отверстий, выдавливание и выравнивание поверхностей, сглаживания и т. д. С его помощью Вы получаете возможность исправить испорченные ребра, перевернутые треугольники и другие дефекты изначального файла.

**ZBrush**. Характерным отличием этой программы для 3D-моделирования ювелирных изделий является создание виртуальной скульптуры с применением рендеринга модели в реальном времени. Иными словами, работа в данном ПО представляет собой процесс «лепки» с параллельным и автоматическим наложением света и тени, текстуры

и цвета. ZBrush также позволяет подключать дополнительные модули для работы с кистями, геометрией и т. д.

Существует также большое количество других программ для создания профессиональных трехмерных моделей в ювелирном деле, например T-Splines, Matrix и т. д.

*Перспективы 3D-печати в ювелирном деле.* Изготовление ювелирных украшений с помощью 3D-принтера является одним из наиболее перспективных и быстро развивающихся направлений. Использование инновационных технологий позволяет делать действительно оригинальные, единичные изделия, которые невозможно было бы создать традиционными способами.

Кроме того, 3D-печать даёт возможность значительно сократить сроки изготовления продукции и издержки производства, за счёт чего стоимость ювелирных изделий также снижается.

Но главное, 3D-печать позволяет частным ювелирам выйти на мировой рынок и конкурировать с известными компаниями, так как качество украшений будет во многом зависеть от модели 3D-принтера и мастерства дизайнера.

Индивидуальный подход, оригинальный дизайн, высокая скорость изготовления, доступная стоимость и возможность делать качественные изделия в домашних условиях – вот основные факторы, благодаря которым можно с уверенностью заявить – аддитивные технологии в ювелирном деле имеют большое будущее и уже в ближайшее время могут полностью преобразить данную отрасль.

УДК 616.314-72

## **УСТРОЙСТВО ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ЗУБНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ**

Студент гр. 11307116 Жуков В.И.

Доктор техн. наук Степаненко Д.А.

Белорусский национальный технический университет

Скейлер – стоматологический инструмент, используемый в терапевтической стоматологии для удаления зубного камня, нахождения устья каналов и извлечения отломков инструментов [1].

Схема конструкции пневматического скейлера, являющегося объектом исследования данной работы, приведена на рисунке 1.

Скейлер имеет разъемный корпус, состоящий из двух частей: передней и задней. Внутри задней части корпуса расположено турбинное колесо 8, вращающееся на подшипнике 18 и приводимое в движение сжатым воздухом от компрессора стоматологической установки. В качестве возбудителя колебаний используется подшипник качения 6, установленный на волноводе 2. Внутри волновода 2 предусмотрен осевой канал, в который

через штуцер 4 подается вода. Вращение от турбинного колеса 8 передается к втулке 7 и наружному кольцу подшипника 6 посредством магнитной муфты, для чего колесо 8 и втулка 7 имеют предварительно намагниченные металлические полюса. Для возбуждения колебаний на элементы, образующие кинематику подшипника 6, например, на дорожку качения внутреннего кольца, наносятся искусственные дефекты. К концу волновода крепится рабочий наконечник 1, через осевое отверстие в котором производится подача воды к зубу.

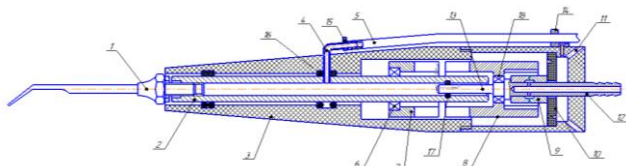


Рис. 1. Схема конструкции пневматического скейлера

Преимуществами пневматического скейлера по сравнению с ультразвуковыми являются универсальность (может использоваться на любой стоматологической установке) и отсутствие электромагнитных излучений, что позволяет использовать его для лечения пациентов с имплантированными кардиостимуляторами.

#### Литература

1. Ронкин, К.Д. Современные методы отбеливания зубов / К.Д. Ронкин. – Москва: Dental Kaleidoscope LP, 2011. – 200 с.

УДК 616-71:616-073.584:539.143.43

### НЕИНВАЗИВНЫЙ ГЛЮКОМЕТР

Студент гр. 11307116 Давлатов И.,  
доктор техн. наук Степаненко Д.А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время сахарный диабет является одной из наиболее частых причин смертности среди населения по всему миру. Ежегодно число больных сахарным диабетом растет, а лекарств от этой болезни не существует и их создание в ближайшее время не предвидится. Единственным способом борьбы с болезнью является соблюдение строгой диеты с постоянным самостоятельным контролем уровня глюкозы в крови. Однако современные инвазивные глюкометры обладают рядом недостатков, таких как болезненность процедуры прокола пальца, опасность попадания инфекции при проведении процедуры в нестерильных условиях, а также

высокая стоимость расходных материалов. Все эти недостатки привели к необходимости разработки нового типа глюкометров, в которых не требуется экстракция пробы крови для определения уровня глюкозы. Данный тип приборов получил название неинвазивных глюкометров [1].

В разработанной конструкции неинвазивного глюкометра величина концентрации глюкозы в крови измеряется с помощью датчика ядерно-магнитного резонанса (ЯМР), работающего на основе автодинного детектирования. Используемый в датчике эффект ЯМР представляет собой резонансное поглощение энергии радиочастотного электромагнитного поля веществом, в данном случае ядрами атомов водорода (протонами) глюкозы, обусловленное ядерным парамагнетизмом. При измерениях палец помещается в сильное поле постоянного электромагнита, на которое накладывается более слабое радиочастотное поле. Измеряемой величиной является скорость спада сигнала ЯМР протонов образца, по которой определяются постоянные продольной и поперечной релаксации. Содержание глюкозы в пальце определяется по градуировочным зависимостям между постоянными релаксации и содержанием глюкозы в стандартном образце.

#### **Литература**

1. Мезенцева, М.А. Неинвазивные методы измерения сахара в крови / М.А. Мезенцева, Т.А. Букрина // Информационно-измерительная техника и технологии: материалы VI Научно-практической конференции с международным участием. Томск, 27-30 Мая 2015. – Томск: ТПУ, 2015 – С. 74-82.

### СЕКЦИЯ 3. МИКРО- И НАНОТЕХНИКА

УДК 681

#### МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РАБОТЫ «УМНЫХ» МАТЕРИАЛОВ

Студент гр. 11304119 Амелянович К.С.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет

Целью данной научной работы является изучение механизмов, действия интеллектуальных материалов.

Сравнительно не так давно возникла и стала развиваться новейшая сфера материаловедения. Материалы с аналогичными свойствами могут различаться, в зависимости от внешних факторов. В результате выполнения работы был проведен обзор литературных данных в области разработки и изучения характеристик материалов с особенными свойствами.

Внешними влияниями, которые могут менять качество и свойство «умных» материалов, стали: механическая нагрузка, электрическое или магнитное поля, температура, свет, влажность и т. д.

Особый интерес, в исследовании подобных материалов, отдаётся таким видам: сплавы с «эффектом памяти»; самовосстанавливающиеся материалы; магнитореологические, а также электрореологические воды; «умные» гидрогели; проводящие полимеры, электрохромные материалы, самосмазывающиеся материалы и т. д.

В пример рассмотрения «умных» материалов можно привести полимерные гидрогели, представляющие собой набухшие в растворителе полимерные цепи, сшитые друг с другом поперечными ковалентными связями. Эти гидрогели способны поглощать и удерживать в себе огромное количество воды. Благодаря этому свойству, им дали прозвище молекулярные губки.

В заключение хотелось бы написать, что настоящее поколение стало очевидцами перехода от материалов, качество каковых формируется, только лишь, их структурой, к «умным» материалам, какие обращают внимание на внешние факторы, которые сумеют в перспективе улучшить многочисленные разновидности продуктов и которые сумеют содействовать возникновению новейших.

## БИОСЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ВИРУСОВ

Студент гр. 11304117 Андрусенко Н.Л.

Ассистент Люцко К.С.

Белорусский национальный технический университет

Ионные жидкости – хорошо известные растворители, которые синтезируются различными комбинациями катионов и анионов и широко используются в зеленой химии. Большинство биосенсоров или других способов обнаружения вирусов требуют быстрых и стабильных этапов извлечения РНК. В последнее время гидрофобные магнитные ионные жидкости используются для выделения РНК (а также ДНК), в том числе помогают в сохранении РНК, в связи с чем, могут быть использованы на начальном этапе экстракции вирусной РНК. Недавно был разработан ДНК-нано-переключатель – автоматизированный, недорогой и быстрый способ обнаружения РНК-вирусов, специально использующий вирус Зика в качестве модельной системы. Он обнаруживает вирусы неферментативным способом и может обнаруживать нанополи РНК-вируса. Данный анализ требует только стадии подготовки образца с использованием либо экстракции РНК, либо изотермической предварительной амплификации. Были представлены такие автоматические нанопереключатели ДНК для обнаружения РНК SARS-CoV-2 в слюне человека. Образование гидрогеля ДНК путем изотермической амплификации комплементарной мишени (DhITACT-TR) было успешно использовано для обнаружения вируса MERS, который является высокочувствительным и может быть диагностирован невооруженным глазом, а также флуоресцентной детекции в течение короткого времени. Данный биосенсор обладает значительными преимуществами в отличие от обычных способов, основанных на ПЦР, он быстрее и для детектирования необходима только экстракция РНК. Ряд преимуществ имеет биосенсор для диагностики БВРС-КоВ, основанный на углеродных электродах (DEP), модифицированных AuNPs, в котором в качестве биомаркера использовался спайковый белок S1. Этот анализ был проведен всего за 20 мин с пределом обнаружения 0,4 и 1,0 пг/мл для HCoV и MERS-CoV соответственно. Данный биосенсор является высокоселективным, одноступенчатым, чувствительным и точным. Помимо AuNPs, биосенсорные устройства на основе кремниевой нанопроволоки (SiNW) также точны и чувствительны для обнаружения вирусных инфекций, что также может быть использовано для обнаружения вируса SARS-Cov-2.

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Студент гр. 11310119 Антонов М.С.

Кандидат тех. наук, доцент Колонтаева Т.В.

Белорусский национально технический университет

Целью данной работы является изучение особенностей электрохимических методов исследования химических систем.

В разделе электрохимия изучаются законы взаимного превращения химической и электрической энергии, а также системы, в которых эти превращения наблюдаются. Особое внимание уделяется изучению физико-химических свойств ионных проводников, также предметом электрохимии являются процессы и явления на границе раздела фаз с участием заряженных частиц. Электрохимические явления рассматриваются как в равновесных, так и в не равновесных условиях при прохождении тока измеримых значений. Основными понятиями для электрохимии являются электролит и электрод. Электролит – раствор веществ, способных проводить электрический ток за счет перемещения заряженных частиц. Электрод – проводник электрического тока, имеющий электронную проводимость и помещенный в электролит. Электрохимическая ячейка – система, состоящая из электролита и электродов, контактирующих между собой. Основными и точными законами электрохимии являются законы Фарадея [1].

Электрохимические методы исследования являются одной из групп физико-химического анализа, который изучает зависимости между составом и свойствами макроскопических систем, составленных из нескольких исходных компонентов. Для физико-химического анализа свойственно представление этих зависимостей графически, в виде диаграмм; применяют также таблицы числовых данных и анализ записи.

Для исследования химических систем зачастую используют электрохимические методы исследования. Эти методы основаны на измерении электрического тока или потенциала электрода, возникающих или изменяющихся при протекании химических или электрохимических реакций. Существует множество разнообразных электрохимических методов. Самым распространённым из которых является вольтамперометрия. Так как является самой многочисленной по разнообразию методов (полярография, амперометрия и т. д.).

### Литература

1. Физическая химия. В 2 кн. Кн. 2. Электрохимия. Химическая кинетика и катализ: Учеб. для вузов / К.С. Краснов, Н.К. Воробьев, И.Н. Годнев и др; Под ред. К.С. Краснова – 3-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2001. – 319 с.

## ПОСТРОЕНИЕ КРИВОЙ КИСЛОТНО-ОСНОВНОГО ТИТРОВАНИЯ

Студент гр. 11310117 Бородин А.Н.

Ассистент Люцко К.С.

Белорусский национальный технический университет

Цель: построить кривую кислотно-основного титрования 0,1 М раствора уксусной кислоты ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) с 0,1 М раствором гидроксида натрия ( $\text{NaOH}$ ). Подобрать индикатор для титрования.

В любой момент титрования до точки эквивалентности в растворе существует буферная смесь, состоящая из неоттитрованной уксусной кислоты и образовавшегося при титровании ацетата натрия. В точке эквивалентности: в растворе находится слабое основание (ацетат-ион). После точки эквивалентности: величина рН определяется только избытком добавленного титранта (гидроксида натрия), так как ацетат-ион слабое основание. Избыток щелочи создает в растворе концентрацию ионов.

Результаты проведенных расчетов представлены в таблице.

Табл. Значения рН при титровании 0,1 М раствора уксусной кислоты 0,1 М раствором гидроксида натрия

Добавлено 0,1 М NaOH, мл	$[\text{H}^+]$ , моль/л	рН
0,0	$1,32 \cdot 10^{-3}$	2,88
9,0	$1,77 \cdot 10^{-4}$	3,76
50,0	$1,75 \cdot 10^{-5}$	4,76
90,0	$1,94 \cdot 10^{-6}$	5,71
99,0	$1,77 \cdot 10^{-7}$	6,76
99,1	$1,75 \cdot 10^{-8}$	7,76
100,0	$1,32 \cdot 10^{-9}$	8,88
100,1	$2 \cdot 10^{-10}$	9,7
101,0	$2 \cdot 10^{-11}$	10,7

Построенная по этим данным кривая титрования уксусной кислоты раствором гидроксида натрия представлена на рисунке.

Как видно, рН раствора до точки эквивалентности изменяется плавно. Линия нейтральности пересекается с кривой титрования еще до точки эквивалентности. В области точки эквивалентности наблюдается скачок титрования от рН 7,76 до 9,7, а точка эквивалентности – при рН 8,88. Для титрования уксусной кислоты гидроксидом натрия пригоден индикатор фенолфталеин. Его показатель титрования ( $pT = 9,0$ ) входит в пределы скачка рН на кривой титрования и почти совпадает с точкой эквивалентности.



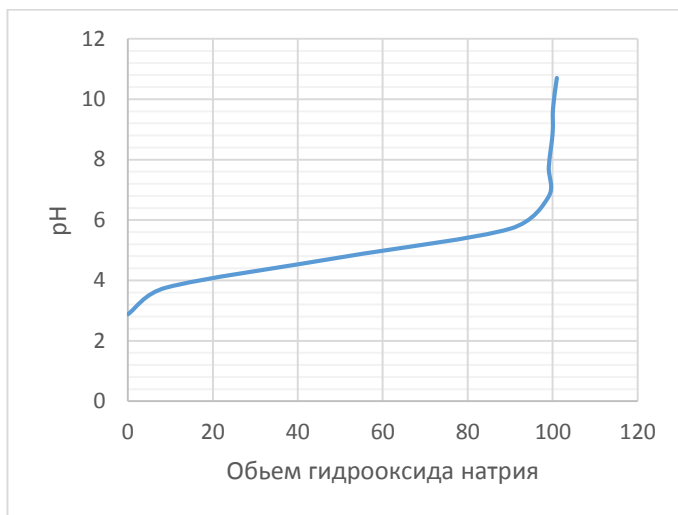


Рис. Кривая титрования 0,1 М раствора уксусной кислоты 0,1 М раствором гидроксида натрия

УДК 620.22

## **ОБНАРУЖЕНИЕ СЕЛЕКЦИОННЫХ ПРИЗНАКОВ В ПШЕНИЦЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОДХОДА КАРТИРОВАНИЯ С ПОПРАВКОЙ НА НЕРАВНОВЕСИЕ ПО СЦЕПЛЕНИЮ**

Студент гр. 11310117 Бородин А.Н.

Ассистент Люцко К.С.

Белорусский национальный технический университет

Селекция с использованием маркеров, чему способствуют сборки эталонного генома, может помочь в создании сортов, адаптированных к изменяющимся условиям окружающей среды. Однако аномальное неравновесие по сцеплению (LD), когда отдельные маркеры показывают высокое LD с маркерами на других хромосомах, но низкое LD с соседними маркерами, является серьезным препятствием для генетических исследований. Мы использовали подход LD-коррекции, чтобы преодолеть эти недостатки, исправляя физическое положение маркеров, полученных из массивов 15 и 135 K на панели разнообразия мягкой пшеницы, представляющей 50-летнюю историю селекции. Мы обнаружили предполагаемое несоответствие 11,7% маркеров и улучшили физическое выравнивание 5,4% маркеров. Популяционный анализ показал снижение генетического разнообразия с течением времени в результате селекционных усилий к одно-

му сорту, который первым в группе включил эту транслокацию. Было обнаружено «избирательное перемещение» для этой важной области транслокации на хромосоме 2AS, предположительно связанное с ответом растений на факторы биотического стресса. Такой подход помогает преодолеть недостатки неправильно закрепленных маркеров на эталонной сборке пшеницы и облегчает обнаружение выборочных обследований по важным агрономическим признакам.

Последовательность физического генома пшеницы с поправкой на LD помогает повысить эффективность полногеномных ассоциативных исследований, а также идентификации генов-кандидатов в пшенице. Кроме того, мы смогли проследить транслокацию 2NS/2AS. Более того, понимание селекции с исторической точки зрения путем скрининга на предмет выборочного охвата предлагает альтернативу для выявления благоприятных QTL-регионов с помощью популяционной генетики, даже без фенотипирования.

### Литература

1. Dadshani S., Mathew B., Ballvora A., Annaliese S., Léon J. Detection of breeding signatures in wheat using a linkage disequilibrium-corrected mapping approach. Journ. Scientific reports, 2021, vol. 11, no. 5527, pp. 1–12.

УДК 620.22

## НЕОПРЕДЕЛЕННОЕ ПОВЕДЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Студент гр. 11310117 Бородин А.Н.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е.Н.

Белорусский национальный технический университет

Повышение производительности обычных компьютеров в основном было достигнуто за счет масштабирования полупроводников, однако масштабирование достигает своих ограничений. Природные явления, такие как квантовая суперпозиция и стохастический резонанс, были введены в новые вычислительные парадигмы для повышения производительности за пределами этих ограничений. Неопределенное поведение устройств из-за масштабирования полупроводников может улучшить производительность компьютеров. Был создан прототип интегральной схемы, выполнив поиск основного состояния модели Изинга. Битовые ошибки устройств ячеек памяти, содержащих текущее состояние поиска, возникают вероятностно за счет внесения флуктуаций в динамические характеристики устройства, которые в будущем будут актуализированы в микросхеме. Как результат, наблюдали больше улучшений в точности решения, чем без флуктуаций. Хотя предполагалось, что неопределенное

поведение устройств будет устранено в обычных устройствах, было продемонстрировано, что неопределенное поведение стало ключом к повышению производительности вычислений [1].

Были рассмотрены возможности использования колебаний характеристик устройства в качестве вычислительных ресурсов, выбрана задача оптимизации, осуществлен поиск основного состояния модели Изинга. Протестирована случайность, присущая текущим устройствам, но этого эффекта было недостаточно для поиска основного состояния, поскольку в современных устройствах преобладает статическое поведение во времени. Эмуляция ожидаемого динамического во времени поведения в будущем может привести к значительным результатам, которые будут сопоставимы с хорошо известным алгоритмом в обычных компьютерах.

### Литература

1. Yoshimura C. Uncertain behaviours of integrated circuits improve computational performance, 2015. *Sci. Rep.* 5, 16213. DOI: 10.1038/srep16213

УДК 666.762

## СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОРТОФЕРРИТА ВИСМУТА И ПОЛИМЕРОВ

Стажер, мл. научный сотрудник Бука А.В.

Кандидат техн. наук, доцент Дятлова Е.М.

Белорусский государственный технологический университет

Целью исследования является получение композиционных материалов (КМ) на основе ортоферрита висмута, синтезированного различными методами, и полимеров, установление зависимости свойств от состава композита. КМ стали чаще применяться для производства компонентов и устройств электронной техники, так как они сочетают в себе положительные качества его составляющих.

Для получения композиционных материалов в качестве керамической составляющей синтезирован сегнетоэлектрик феррит висмута нитрат-цитратным методом (НЦМ) и методом высокотемпературного спекания (ВС). Подобран ряд полимерных материалов (полиамид-6, термоэластопласт Б2-ИБ, полиэфирэфиркетон), отвечающих заданным требованиям электрофизических, физико-химических и эксплуатационных свойств. Для получения композиции приготовлены смеси «керамика: полимер», в соотношении от 25:75 до 75:25 с шагом 25 мас. %. Образцы получены в виде дисков с радиусом 12 мм, толщиной 3 мм на гидравлическом прессе, методом полусухого прессования, в качестве связки применялся клей ПВА.

Температура термообработки составляет от 220 до 400 °С, что обусловлено температурой плавления и деструкции полимеров.

В результате эксперимента выявлено, что композиционные материалы обладает относительно большим значением диэлектрической проницаемости, это обусловлено тем, что мультиферроик, синтезированный НЦМ является нанодисперсным, обладает большей степенью тетрагональности перовскитовой структуры, имеет меньшее количество примесных фаз ( $\text{Bi}_{25}\text{FeO}_{39}$ ,  $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$ ) и больше стехиометричной фазы ( $\text{BiFeO}_3$ ). В состав композиций входит полиэфирэфиркетон, который ведёт себя как диэлектрик, данный полимер внёс наименьший негативный вклад в композит. Как правило, у полимерных материалов сопротивление достигает  $\sim 10^{14}$  Ом, это связано с тем, что у полимеров нет зарядов, которые могут переносить электрический ток, также полимеры обладают низкой поверхностью плотностью заряда. В композиционном материале достаточно высокий тангенс угла диэлектрических потерь, вероятно это связано с применением составляющих, которые изначально имеют большое значение  $\text{tg}\delta$ . Температурный коэффициент диэлектрической проницаемости имеет отрицательное значение, на данную характеристику также повлиял полимер, у большинства полимеров  $\text{TKE} \sim -200 \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$ . Выявлено, что полиэфирэфиркетон вносит наименьшее негативное влияние в свойства композиции, а даже нивелирует отрицательные, увеличивая содержание полимера будут расти значения пробивной напряженности,  $\text{TKE}$ ,  $\rho_v$  композита. Если увеличивать содержание мультиферроика, то повышаются значения диэлектрической проницаемости, снижается значение электросопротивления. На показатели свойств влияет способ синтеза мультиферроика, ортоферрит висмута (НЦМ) обладает более ярко выраженным поляризационным эффектом, чем феррит висмута (BC), это обусловлено более высокой дисперсностью материала, его структурой.

УДК 541

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ТЕХНОЛОГИИ**

Студент гр. 11310119 Венскевич Н.Н.

Кандидат теху. наук, доцент Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет

Цель работы – исследование способов применения поверхностно – активных веществ в золь-гель технологических процессах. Золь-гель методика причисляется к наиболее молодым и перспективным нанотехнологиям. С помощью этой технологии можно получить наночастицы оксидов определённого размера, высокопористые неделимые вещества с упорядо-

ченным распределением нанометровых пор, тонкие наноразмерные плёнки, а также покрытия.

Ребиндер внёс предложение о наиболее полной систематизации дисперсных систем согласно агрегатным состояниям: распределил все без исключения дисперсные системы в 2 класса: свободнодисперсные системы также сплошные (либо связнодисперсные) системы. В свободнодисперсных системах дисперсная фаза никак не сформирует сплошных внедрений жёстких структур. Данные системы именуют золями. В сплошных системах частички дисперсной фазы формируют жёсткие пространственные структуры. Подобные системы проявляют противодействия деформации сдвига. Их именуют гелями [1].

Поверхностные явления в границе дисперсной фазы, а также дисперсионной среды устанавливают многочисленные качества дисперсных системах. Элементы, способные к адсорбции на поверхности раздела фаз, именуют поверхностно-активными. Следует выделить то, что склонность к адсорбции находится в зависимости не только от химической природы самого адсорбирующегося элемента, но также от природы фаз, составляющих эту поверхность. При разработке керамических, а также композиционных материалов поверхностно-активные вещества выступают чаще всего структурообразующими частями. Способные к самоорганизации коллоидные ПАВ в присутствии конкретных обстоятельств имеют все шансы формировать гибридные структуры с наночастицами неорганических соединений [2].

### **Литература**

1. Волков В.А. Коллоидная химия. Поверхностные явления и дисперсные системы: Учебник. – 2е изд., испр. – СПб.: Издательство «Лань», 2015. – 672 с.
2. Порозова С.Е. Поверхностно-активные вещества в золь-гель технологии: учеб. пособие / С.Е. Порозова. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 134 с.

УДК-546

## **НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ ПЛЁНКИ АМОРФНОГО ГИДРОГЕНИЗИРОВАННОГО КРЕМНИЯ**

Студент гр. 11310118 Галацевич В.В.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является изучение технологического процесса получения наноструктурированных плёнок гидрогенизированного аморфного кремния.

В работе проведён анализ литературных источников в области синтеза тонких плёнок. Изучены виды плёнок, области их применения и методы их нанесения. Пленка – это тонкий слой вещества, которая является термодинамически устойчивой или метастабильной частью гетерогенной системы, занимающую промежуточное состояние между отдельными молекулами либо макромолекулами и объемными компонентами твердого тела.

Тонкие наноструктурированные пленки представляют собой организованные наносистемы, в которых наноразмер способен проявляться только в одном измерении, а два других могут обладать макроразмерами.

Аморфный кремний, который содержит водород, называют гидrogenизированным и обозначают как  $\alpha$ -SiH.

С развитием нанотехнологий актуальной задачей стало получение наноструктурированных плёнок на основе гидrogenизированного кремния, поскольку их сферы применения всё время расширяются. Это связано с перспективой создания фотоприемных и излучающих устройств, интегрированных в кремниевую технологию.

Особое внимание в данной работе было уделено производству наноструктурированных пленок, методы получения которых характеризуются высокой степенью механизации и автоматизации.

В ходе выполнения работы была рассчитана шихта исходных компонентов. По результатам изучения технологического процесса разработана технологическая схема процесса. Нанесение пленок  $\alpha$ -Si:H осуществляется методом плазмохимического осаждения. Осаждение происходило из смеси  $80\%Ag + 20\%SiH_4$ . В качестве материалов для подложки может использоваться ситалл, кварц и кремний [1].

### Литература

1. Афанасьев В.П. Тонкоплёночные солнечные элементы на основе кремния, 2 издание / В.П. Афанасьев, Е.И. Теруков, А.А. Шерченков. – Санкт-Петербург: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. – 67 с.

УДК-541

## ЭФФЕКТ ГАННА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ

Студент гр. 11310118 Галацевич В.В.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Сернов С.П.

Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является исследование эффекта Ганна: изучение особенностей этого эффекта и ряда интересных физических идей, которые оказали влияние на исследование очень широкого круга вопросов физики

полупроводников, а также возможности применения эффекта в приборостроении.

Эффект Ганна – это явление генерации высокочастотных колебаний электрического тока в полупроводнике, в котором объемная вольт-амперная характеристика обладает N-образной формой. Впервые данный эффект был открыт американским физиком Дж. Ганна в 1963 году.

Эффект обусловлен тем, что в образце время от времени возникает область сильного электрического поля, называемая электрическим доменом, которая движется через него и пропадает. Домен возникает из-за того, что равномерное распределение электрического поля при отрицательном дифференциальном сопротивлении неустойчиво.

Особое внимание в работе было уделено эффекту Ганна, его сущности и применению. На основе эффекта Ганна функционируют диоды Ганна, представляющие собой полупроводниковые кристаллы с двумя омическими контактами для внешних контактов. В качестве полупроводникового материала применяется арсенид галлия GaAs либо иной материал, в котором проявляется эффект Ганна [1].

В данной работе был проведён обзор в области производства диодов Ганна. Первоначальным материалом для изготовления диодов Ганна, о котором говорилось выше, является арсенид галлия. Позднее было обнаружено, что фосфид индия обладает подобными свойствами. С развитием молекулярно-атомных технологий диоды Ганна стали изготавливаться на основе кристаллических сборок.

Диоды Ганна распределяются на две основные категории: корпусные и бескорпусные. В зависимости от выполняемой задачи применяется как первый, так и второй вид конструкции.

#### **Литература**

1. Левинштейн М.Е. Эффект Ганна / М.Е. Левинштейн, Ю.К. Пожела, М.С. Шур. – М.: Советское радио, 1975. – 288 с.

УДК 621.3

### **ТРЕХМЕРНАЯ КРЕМНИЕВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ. ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ В МИРО- И НАНОТЕХНИКЕ**

Студент гр. 11310118 Галацевич В.В.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е.Н.

Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является изучение современных технологий 3D интеграции, а также исследование последних достижений ведущих полупроводниковых компаний по внедрению технологий 3D интеграций в перспективные устройства.

В ходе 3D-интеграции на кристалле со сквозными отверстиями через кремний формируется комплект «приборных слоев». Первый слой включает в себя устройства обработки данных, второй – схемы памяти, третий – считывающие устройства и так далее.

Особое внимание в данной работе было уделено основным факторам, которые в значительной степени оказывают влияние на развитие данной технологии. Одним из самых основных факторов является миниатюризация и уменьшение цены, второй фактор – соотношение производительности и энергопотребления.

В настоящее время существуют три основных метода 3D-интеграции:

- Интеграция кристаллов. Реализуется путем сборки целиком обработанных и тестированных автономных кристаллов способом перевернутого кристалла и разварки проволочных выводов.

- Формирование 3D-транзисторных структур на кристалле. При создании подобных трехмерных структур транзисторы могут изготавливаться следующими методами: между слоями межсоединений в плёнке рекристаллизованного кремния, послойно в плёнках поликристаллического кремния, послойно в плёнках монокристаллического кремния.

- Формирование 3D-структур на пластине в процессе конечных операций обработки. Процесс интеграции пластин, совместимый с конечными операциями обработки, производится соединением пластин и реализацией TSV-межсоединений [1].

### **Литература**

1. Трёхмерная кремниевая технология [Электронный ресурс] / [www.electronics.ru/https://www.electronics.ru/files/article\\_pdf/2/article\\_2889\\_876.pdf](http://www.electronics.ru/https://www.electronics.ru/files/article_pdf/2/article_2889_876.pdf). Дата доступа: 01.03.2021.

УДК 541

## **ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ**

Студент гр. 11310119 Жовнерик Е.И.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет

В данной работе проведен обзор литературы в области термодинамики, её законов и термодинамического моделирования. Целью данной работы является изучение возможности моделирования химических систем.

Термодинамика основывается на 3-х законах, из которых все другие положения этой науки можно получить методом закономерных рассуждений. Первый закон термодинамики конкретно связан с законом сохранения энергии. Второй закон термодинамики – закон о возможности протекания самопроизвольных процессов. Третий закон термодинамики –



касается процессов, протекающих в области температур, близкие к абсолютному нулю. Особое внимание в работе уделено изучению основных понятий термодинамики, которые позволяют описать основные процессы, протекающие в гомогенных и гетерогенных системах. В любой области знания при изучении сложных физико-химических процессов используют такой инструмент, как моделирование, который позволяет спрогнозировать механизм протекания процесса и определить факторы, влияющие на него. Особое внимание при выполнении работы уделено моделированию многокомпонентных систем в физической химии.

*В настоящее время* разновидностью математического моделирования является термодинамическое моделирование состоящее из: создания термодинамической модели, разработки математической модели, разработки алгоритма и программой реализации, подготовки исходных данных, проведения расчета, анализ результатов вычислений.

Актуальным является создание довольно все пригодных математических моделей, применяемых при разработке алгоритмов расчета сбалансированного состава с внедрением целого класса термодинамических моделей. Кроме того индивидуальностью термодинамического моделирования будет то, что все модели имеют единую информационную базу, в качестве которой выступают информацию о термодинамических свойствах веществ. Поэтому неразделимой частью универсальной программы, созданной для термодинамического моделирования, является информационная база по термодинамическим свойствам личных веществ.

#### **Литература**

1. Белов Г.В. Термодинамическое моделирование: алгоритмы, методы, программы. – М.: Научный мир, 2002. – 184 с.

УДК 535.317

### **ОПТОВОЛОКОННЫЕ БИОСЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАЗМОННОГО РЕЗОНАНСА**

Студент гр. 11310117 Заблоцкая Ю.Д.

Ст. преподаватель Лапицкая В.А.

Кандидат техн. наук, доцент Кузнецова Т.А.

Белорусский национальный технический университет

Мониторинг живых клеток, белков, токсинов, вирусов, бактерий, глюкозы и различных газов в реальном времени имеет важное значение в пищевой гигиене, цитобиологии, микробиологической диагностике, фармацевтических исследованиях [1]. Оптоволоконные биосенсоры на основе поверхностного плазмонного резонанса (ППР) являются наиболее популярными для такого вида мониторинга[1], так как обладают высокой чув-

ствительностью. Поверхностные плазмоны представляют собой поверхностные электромагнитные волны [2]. Такие волны распространяются в направлении, параллельном границе раздела металл – диэлектрик, и локализованы у границы раздела сред. Для возбуждения поверхностных плазмонов используют специальные призмы и волноводы, на полированные поверхности которых наносят тонкие пленки металла [2]. Роль сенсорного элемента в оптоволоконных биосенсорах играет волокно с сужающимся окончанием (конической формы), покрытым тонкой пленкой металла. При возбуждении поверхностных плазмонов изменяется интенсивность прошедшего света на определенной длине волны [2]. Такие сенсоры чувствительны к детектируемым концентрациям вещества до десятых долей мкг/мл.

В нашей работе рассматривался оптоволоконный биосенсор конической формы и проведен расчет показателя преломления конической области сенсора с металлическим слоем в зависимости от длины волны падающего света.

#### Литература

1. Yong Zhao, Rui-jie Tong, Feng Xia, Yun Peng. Current status of optical fiber biosensor based on surface plasmon resonance. *Biosensors and Bioelectronics*, 2019, vol. 142, pp. 111505.
2. Мамичев Д.А. Оптические сенсоры на основе поверхностного плазменного резонанса для высокочувствительного биохимического анализа / Д.А. Мамичев, И.А. Кузнецов, Н.Е. Маслова, М.Л. Занавескин // Молекулярная медицина. – 2012. – № 6. – С. 19–27.

УДК 621

### **ТЕХНОЛОГИЯ ИНТЕГРАЦИИ ОПТИЧЕСКИХ И МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕЖСОЕДИНЕНИЙ НА КРЕМНИЕВЫХ ПОДЛОЖКАХ**

Студент гр. 11310117 Заблочкая Ю.Д.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е.Н.  
Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является изучение технологии интеграции оптических и металлических межсоединений, формируемых на кремниевых подложках. Важной задачей развития микро- и нанoeлектроники является повышение быстродействия. Замена электронных межсоединений на оптические позволит повысить быстродействие интегральных микросхем за счет устранения резистивно-емкостных задержек металлической разводки. Следовательно, возникает необходимость интеграции электронных и оптических межсоединений внутри кремниевого чипа [1].

Изделия интегральной электроники формируют на пластинах монокристаллического кремния, а также германия, арсенида галлия, сапфира и др.

С помощью оптоэлектронного подхода можно решить многие физические проблемы межсоединений. Например, уменьшить потребляемую мощность, обеспечить прецизионное распределение сигналов, расширить зону действия централизованной системы синхронизации внутри и между кристаллами, увеличить полосу пропускания и плотность «длинных» соединительных линий.

В данной работе предложены различные способы, позволяющие решить проблему межсоединений. С практической точки зрения, наиболее интересными считаются:

- изменение принципов построения ИС для минимизации длины межсоединений;
- проектирование ИС с учетом общей топологии сети соединительных линий;
- улучшение качества передачи сигналов по соединительным линиям, например, за счет схем выравнивания;
- изменение физических принципов реализации межсоединений [2].

#### **Литература**

1. Лазарук С.К. Интеграция оптических и электронных межсоединений на кремнии / С.К. Лазарук [и др.] // 24<sup>th</sup> Int. Crimean Conference “Microwave & Telecommunication Technology”, 2014, pp. 800–802.
2. Юдинцев В.А. Трехмерная кремниевая технология / В.А. Юдинцев // Электроника, 2011. – № 4. – С. 70–75.

УДК 621

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ ФЕРРИТОВ**

Студент гр. 11304118 Зубелик Д.Т.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является исследование технологического процесса получения ферритов. В работе проведен литературный обзор в области ферритов.

Ферриты (оксиферы) – химические соединения оксида железа  $Fe_2O_3$  с оксидами других металлов. Так же ферриты обладают магнитными свойствами, сочетают высокую диэлектрические или полупроводниковые свойства и высокую намагниченность. Широкое применение как магнитные материалы в радиоэлектронике, радиотехнике, вычислительной технике ферриты получили благодаря этим свойствам. Из них так же изго-

тавливают индуктивные линии задержки, стержневые магнитные антенны, а так же другие детали и узлы электронной аппаратуры.

Ферриты имеют общие свойства с магнитными сплавами, а именно: имеют доменную структуру, высокую магнитную проницаемость и типичную гистерезисную кривую намагничивания.

За счет кулоновского взаимодействия между катионами и анионами происходит формирование кристаллической решётки и к определённому расположению в ней катионов, существует. Ферриты обладают ферримагнетизмом из-за упорядоченного расположения катионов  $Fe^{3+}$  и  $Me^{k+}$ , для них характерны достаточно высокие значения намагнитченности и точек Кюри. Различают ферриты-шпинели, ферриты-гранаты, ортоферриты и гексаферриты.

Особое внимание в работе уделялось изучению методов получения ферритов.

1. Метод спекания и горячего прессования.
2. Метод химического соосаждения.
3. Криохимический метод.

Особое внимание в данной работе уделено изучению технологии получения ферритов на основе системы  $Vi_2O_3-Fe_2O_3$ .

Так же в ходе работы была рассчитана шихта и составлена технологическая схема.

Так же были определены основные факторы, влияющие на свойства ферритов. Это размер частиц, который зависит от температуры и времени прокалики нанопорошка.

УДК 543.9+577.29+621.3.049.77

## **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ БИОСЕНСОРЫ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ SARS-COV-2**

Студенты гр. 11310117 Карамян А.В., Мазуренко В.А.  
Ассистент Люцко К.С.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время существует большой интерес к разработке быстрых, надежных и чувствительных биосенсоров для диагностики COVID-19, которые представляли бы собой одноэтапный способ идентификации или зондирования, исключаящий разделение (экстракцию нуклеиновой кислоты), инкубацию или использование любых сигнальных агентов. Биосенсоры для COVID-19 в основном сконструированы на поверхностных нуклеопротеинах, которые связываются с рецептором ангиотензинпревращающего фермента 2 (АПФ-2) переносчика и внутренним генетическим материалом. Другие биомаркеры играют значительную роль

в идентификации с помощью точного анализа многочисленных измерений, в частности, гомоцистеин и ангиотензин II.

В последние годы такие наноматериалы, как золото и углерод, являются востребованными в сенсорных технологиях и создании перспективных устройств для обнаружения вирусов и его биомолекул. Наноматериалы, сплавленные с анализируемым веществом, таким как комплементарный одноцепочечный аптамер нуклеиновой кислоты, могут стать новой стратегией обнаружения SARS-CoV-2 в клинических образцах. Аптамеры-одноцепочечные олигонуклеотиды РНК или ДНК, которые зависят от водородных связей, электростатических и гидрофобных взаимодействий и представляют собой альтернативу антителам в качестве агентов распознавания. Электрохимические биосенсоры, основанные на электродном материале и форм-факторе, широко используются для обнаружения вирусов на основе антител, аптамеров и импринтированных полимеров. Вирус Эбола был диагностирован с помощью электрохимического ДНК-чувствительного устройства с помощью усиленного ферментом детектора, который улучшил чувствительность и селективность датчика, Данный биосенсор позволяет обнаружить 4,7 нм/конц. комплементарных нуклеиновых кислот, селективен и дает воспроизводимые результаты. Для обнаружения вируса чикунгуни был применен еще один электрохимический биосенсор на бумажной основе. Он прост, чувствителен, биоразлагаем и экономичен для массового производства. Электрохимический биосенсор на основе мезо- /макропористых нанопорошков оксида кобальта (II) может обнаруживать 0,28 нг/мкл конц. специфических образцов РНК/ДНК. Биосенсоры для обнаружения COVID-19 могут быть модифицированы в соответствии со специфичностью вируса.

УДК-666.7

## **ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА ПРОЗРАЧНОЙ СТЕКЛОКЕРАМИКИ**

Студент гр. 11310118 Климович Т.А.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет

Целью работы является изучение особенностей получения прозрачной стеклокерамики, а также особенностей ее строения и уникальных свойств.

На сегодняшний день, современной целью стало получение стеклокристаллических систем с кристаллами наноразмеров, поскольку такие материалы успешно соединяют в себе наиболее значимые и ценные качества монокристаллов и позволяют миновать многих несовершенств, как в стеклянных, так и в монокристаллических материалах.

В работе проведен критический обзор литературы в области синтеза стеклокерамики и прозрачных материалов. Ситаллом называют такой искусственный материал поликристаллического строения, полученный кри-

сталлизацией стекла определенного химического состава, который в последствие обладает более значимыми, по сравнению со стеклом и керамикой, физико-химическими свойствами. Стеклокристаллический материал можно получать двумя способами: по стекольной технологии и по технологии получения керамики. В результате выполненной работы был проведен расчет шихты, разработана технологическая схема процесса получения прозрачной стеклокерамики, на основе синтеза изучены параметры, влияющие на технологический процесс и методы контроля свойств. В данной работе большое внимание было уделено способу получения прозрачной стеклокерамики в системе  $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ . Был изучен метод получения этого материала с помощью первичной температурной обработке исходного стекла. Температура обработки должна была находиться внутри интервала кристаллизации данного материала. Во время процесса наблюдалось изменение цвета от коричнево-бурого до светло-лимонного, это можно объяснить тем, что во время воздействия температурой, в данном материале, содержащего оксид висмута, происходили окислительно-восстановительные реакции [1].

Стеклокристаллические материалы, содержащие оксид висмута, перспективны как лазерные и люминесцентные материалы, а радиационная стойкость позволяет увеличить границы применения этого материала.

#### Литература

1. Получения прозрачной стеклокерамики в системе  $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ : науч. ст. / журнал «Успехи химии и химической технологии»; М.Е. Ворончихина, Н.Г. Горашенко. – Москва: Изд-во Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева, 1999. – Т. 12. – № 10. – С. 27–31.

УДК-538

### КВАНТОВЫЙ ЭФФЕКТ ХОЛЛА

Студент гр. 11310118 Климович Т.А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Сернов С.П.

Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является изучение квантового эффекта Холла: особенности этого эффекта, отличие от классического эффекта Холла и возможности его применения в приборостроении в настоящее время.

В работе приведен литературный обзор в области квантовой физики. Квантовый эффект Холла (КЭХ) является фундаментальным явлением, в котором квантовые свойства данного материала проявляются в макроскопических масштабах, в этом и проявляется его отличие от классического эффекта. Этот квантовый эффект Холла дает возможность определить с высокой точностью постоянную тонкой структуры. А ведь какое-либо

изменение этой постоянной неминуемо влияет на значения поправок в квантовой и релятивистской теориях.

Особое внимание в работе было уделено целочисленному квантовому эффекту Холла. Описание в одночастичном приближении является простейшим образцом, позволяющим охарактеризовать некоторые черты данного явления. Это дает возможность показать, что в одночастичном приближении для электронов в идеальном кристалле, который не имеет дефектов в строении, появляются холловские плато определенной ширины, а небольшая несовершенство кристалла не приводит к локализации электронов. А также одновременно с наблюдением этого плато происходит резкое падение продольного сопротивления до нуля.

Этот эффект, как известно, К. фон Клитцинг открыл в 1980г. Он проводил свой эксперимент в полевом транзисторе на основе оксида кремния, в котором и был реализован двумерный электронный газ. [1]. Следственно таким образом, квантовый эффект Холла важен как для повышения точности определения фундаментальных постоянных, так и для проверки и уточнения большого числа фундаментальных теорий и экспериментов. На основе этого эффекта можно создать большое количество различных приборов, характеризующиеся наиболее важными, ценными и даже исключительными свойствами, которые находят важное место применения в измерительной технике, автоматике, радиотехнике и т. д.

#### Литература

1. Бурмистров И.С. Введение в теорию целочисленного квантового эффекта Холла / И.С. Бурмистров. – М.: Редакционно-издательский отдел ИПХФ РАН, 2015. – 96 с.

УДК 621

### ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИБОРОВ НА ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ

Студент гр. 11310117 Козлова Е.С.<sup>1</sup>

Д-р физ.-мат. наук, профессор Маркевич М.И.<sup>2</sup>

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>Физико-технический институт НАН Беларуси

На данный момент технология поверхностных акустических волн (ПАВ) является активно развивающейся технологией, так как в большинстве устройств ключевыми элементами систем используются ПАВ. Технологии на основе ПАВ перспективны вследствие улучшения важных характеристик приборов – рост температурной стабильности, повышение рабочих частот, снижение потерь, уменьшение размеров, увели-

чение входной мощности проходящего сигнала. Они уже нашли применение в системах телекоммуникации, в устройствах для контроля состояния окружающей среды, биосенсоров и т. д. Кроме того, возможно создание интеллектуальных устройств на ПАВ с новыми возможностями.

В данной работе подробно рассмотрена одна из технологий создания устройств на основе ПАВ. Наиболее распространённым способом является нанесение на пьезоэлектрическую подложку металлизации определенной толщины, фотолитография и химическое травление металлизации с целью образования электродов.

В основном для металлизации используется алюминий или сплав, в который входит алюминий. Есть так же вариант, где подложка выполнена из монокристаллического алмаза, слой пьезоэлектрика расположен непосредственно на подложке, а встречно-штыревые преобразователи из графита расположены в ее поверхностной области.

Именно встречно-штыревые преобразователи являются основным элементом в ПАВ-устройстве, они осуществляют возбуждение и прием поверхностной акустической волны, поэтому при разработке технологии в первую очередь необходимо иметь адекватную физическую модель преобразователя.

Достоинством способа является простота и отработанность большинства технологических операций изготовления электродов устройства на ПАВ. Недостатки – ограничение по ширине получаемых электродов вследствие невозможности получения строго вертикальных структур по причине образования клина травления, а также не решенная проблема старения алюминиевой пленки при нагревании.

В настоящее время устройства на ПАВ стали активно внедряться в микроэлектронику, теплоэнергетику, атомную и металлургическую промышленность, системы управления и контроля двигателей и т. д.

Таким образом, исходя из масштабов применения в устройствах ПАВ, можно сказать, что они являются наиболее универсальными и еще долгое время будут перспективными для усовершенствования приборов.

УДК 535.317

## **ИЗМЕНЕНИЕ ЕМКОСТИ ТОНКОПЛЕНОЧНОГО СЕНСОРА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА**

Студент гр. 11310117 Козлова Е.С.

Ст. преподаватель Лапицкая В.А.

Кандидат техн. наук, доцент Кузнецова Т.А.

Белорусский национальный технический университет

Для контроля влажности воздуха широко используются ёмкостные тонкоплёночные сенсоры. Ёмкостные сенсоры обладают практически ли-



нейной характеристикой преобразования «влажность-емкость» и являются более точными по сравнению с другими сенсорами [1]. Распространенная конструкция электродов тонкопленочного сенсора – встречно-штыревая.

Целью работы был расчет изменения емкости тонкопленочного сенсора с встречно-штыревыми электродами в зависимости от влажности воздуха. Влажность воздуха изменялась в диапазоне от 10 до 100%. Величина общей емкости конденсаторных структур определяется шириной  $h$ , длиной  $l$  штыревых гребенок для планарного конденсатора и может быть представлена в виде [1]:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon l n}{d}, \quad (1)$$

где  $d$  – расстояние между соседними штырями гребенки, образующими элементарную ячейку составного конденсатора;  $n$  – количество промежутков между штырями гребенок;  $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м – диэлектрическая постоянная;  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость воздуха.

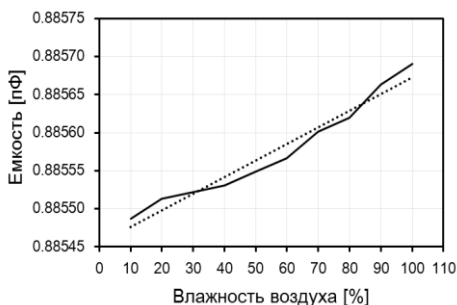


Рис. Зависимость емкости сенсора от влажности воздуха

Параметры  $d$ ,  $l$  и  $n$  в расчете были постоянными и равными 500 мкм, 1 мм и 100 соответственно.

По результатам расчета емкости по формуле (1) получена практически линейная зависимость емкости от влажности воздуха. С увеличением влажности воздуха от 10 до 100 % емкость тонкопленочного сенсора увеличивается с 0,8854 до 0,8857 пФ.

### Литература

1. Объемно-планарный конструктивный вариант микродатчика относительной влажности на нанопористом оксиде алюминия / Н.И. Мухуров // Доклады БГУИР, 2012. – № 2(64). – С. 66–70.

## **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ АДСОРБЕНТОВ**

Студент гр. 11310119 Козуля А.А.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет

Данная работа выполнялась целью выявления и изучения основ формирования структуры адсорбентов.

Как известно, адсорбцией называется процесс, в котором происходит поглощение вещества на поверхности раздела фаз. Вещество, на поверхности которого происходит адсорбция, называется адсорбентом, а поглощаемое из объемной фазы – адсорбатом.

В работе проведён обзор литературы, в котором были изучены виды адсорбции. Это физическая адсорбция, активированная адсорбция, или хемосорбция. Выявлена прямая зависимость адсорбции от температуры. В условиях температуры выше среднего уровня, тепловое движение молекул усиливается, соответственно, адсорбция уменьшается. Тем самым можно сделать вывод, что адсорбция сопровождается выделением теплоты.

Исходя из углубленных изучений материала, стало известно, использование нескольких адсорбентов комбинации различного типа позволяет осуществлять комплексную корректировку состава вещества по необходимым показателям. В настоящее время использование смесей адсорбентов актуально в различных сферах.

Учитывая разнообразие адсорбентов, выделим те, использование которых наиболее часто применяется на практике. К ним относят угли, изготовленные специально. Как известно, такие адсорбенты по строению отличаются исключительно развитой пористостью, а так же многочисленной поверхностью пор.

При анализе физико-химических основ формирования структуры адсорбентов, были изучены новые методы исследования структуры адсорбентов. В работах М.М. Дубинина с сотрудниками были разработаны методы исследования тонкой структуры пор адсорбентов и показано большое значение ее для адсорбционной способности в различных условиях [1].

За исключением активных углей, хорошим адсорбентом являются вещества с наличием множества пор или высокодисперсные. К таким можно отнести гель кремниевой кислоты (силикагель), каолин, глинозем и др.

### **Литература**

1. Киреев В.А. Краткий курс физической химии. – М.: Химия, 1978. – 360 с.

## ТЕХНОЛОГИИ ТКАНЕВОЙ ИНЖЕНЕРИИ И РЕГЕНЕРАТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ

Студент гр. 11310118 Комар Л.В.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е.Н.  
Белорусский национальный технический университет

Целью работы является изучение структуры ячеистых конструкций из инъекционных формальных инженерных конструкций, вводимых эндоскопическим методом.

Регенеративная медицина – восстановление больных или поврежденных тканей, активация эндогенных стволовых клеток или трансплантация клеток. Два основных направления регенеративной медицины – это регенеративная клеточная терапия и восстановление целостности и функций тканей и органов. Первое – это стимуляция клеток, а второе – восстановление целостности и функций с помощью биоискусственных структур.

Трехмерные матрицы из биоразлагаемых биологических или синтетических полимеров представляют большой интерес для тканеинженерных структур.

Трехмерные биосовместимые пористые матрицы обеспечивают элементы каркаса ТЕС, обеспечивающие жизнедеятельность клеток при формировании типов живых тканей. Они способствуют локализации клеток в области имплантации, одновременно являясь их носителями, временно выполняя функции естественного внеклеточного матрикса [1].

В качестве оптимальных материалов для ремоделирования скелета модифицированного органа выбраны три класса различных полимеров:

- биостойкие синтетические полимеры;
- рассасывающиеся синтетические полимеры;
- рассасывающиеся биополимеры.

В настоящее время ведутся работы по созданию каркасов для моделей хрящевого каркаса, биоинженерной печени и поджелудочной железы. Разработанные биоинженерные органы станут прототипом скелета децеллюляризованного органа из биосовместимого материала, реконструированного с использованием технологий быстрого прототипирования и сверхкритических жидкостей, заполненного ассоциативно поддерживаемыми и стромальными клетками с последующим формированием биоискусственного органа в биореакторе.

### Литература

1. Севастьянов В.И. Технологии тканевой инженерии и регенеративной медицины / В.И. Севастьянов // ФГБУ «Федеральный научный центр трансплантологии и искусственных органов им. акад. В.И. Шумакова» Минздрава России. – Москва, Российская Федерация, 2014. – 108 с.

## УСТАНОВКИ ДЛЯ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

Студент гр. 11304117 Кораневский А.Г.

Кандидат техн. наук, доцент Ковалевская А.В.

Белорусский национальный технический университет

Современные установки ионной имплантации, как правило, содержат ионный источник, экстрагирующую и фокусирующую оптику, ускоритель, сепаратор масс, устройство сканирования ионного пучка, систему источников питания, приемную камеру, вакуумную систему, устройства контроля и управления технологическим процессом. На конечный результат работы УИИ, на неравномерность легирования по дозе и невоспроизводимость от процесса к процессу оказывает влияние функционирование всех выше перечисленных систем.

В зависимости от технических параметров установки ионной имплантации делятся на следующие типы: имплантеры с высокими ионными токами (до 25 мА), имплантеры со средними ионными токами (до 4 мА) и имплантеры с высокими энергиями (до 8000 кэВ).

Как правило, имплантеры с высокими ионными токами применяются для процессов, где требуется низкие энергии ионов или высокие дозы легирования; имплантеры со средними ионными токами – когда необходимы небольшие дозы легирования; имплантеры с высокими энергиями – когда требуется глубокая ионная имплантация.

Примером токовой установки средней мощности является EXTRION 220.

EXTRION 220 представляет собой высокоавтоматизированный прибор, предназначенный для простой и надежной эксплуатации, с которым можно работать как в ручном, так и в автоматическом режиме с применением внутреннего главного компьютера. В автоматическом режиме, управление всеми важными процессами осуществляется внутри. В ручном режиме, оператор получает больший контроль над системой, но при этом внутренняя автоматизация также продолжает работать.

Данный прибор использует ионный источник Фримана для производства необходимых ионов. Пучок получается из источника при вытягивающем напряжении до 40 кВольт, масса анализируется при помощи 100-градусного магнита, пучок сканируется горизонтально одной парой плат электростатического дефлектора. Затем сканирующий ионный пучок проходит через дипольный линзовый магнит, образуя параллельный сканируемый пучок. Происходит ускорение и достигается конечная энергия перед тем, как достигнуть целевой полупроводниковой пластины.

Преимуществами данных имплантеров является: возможность использования низких доз легирования до  $1e11/cm^2$ , высокоточный контроль количества легируемой примеси, низкий уровень привносимых дефектов,

высокая равномерность ( $\leq 1\%$ ) легирования по пластине и от пластины к пластине, надежность, безопасность и удобство эксплуатации.

УДК 666.651.2

## **ТЕРМОСТОЙКАЯ КОРДИЕРИТСОДЕРЖАЩАЯ КЕРАМИКА НА ОСНОВЕ ГЛИНЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «КРУПЕЙСКИЙ САД»**

Студент 9 гр. Кулиш И.А.

Кандидат техн. наук, доцент Попов Р.Ю.

Белорусский государственный технологический университет

В работе изучена возможность применения тугоплавких глин месторождения «Крупейский Сад» для получения термостойкой кордиеритсодержащей керамики.

В качестве сырьевых материалов для изготовления опытных образцов использовали: глину марки «Крупейский Сад», тальк онотский (ГОСТ 21234), технический глинозем марки ГК-1 (ГОСТ 30559), пыль ПГУ. Пыль ПГУ является отходом металлургических сталелитейных производств, содержащая значительное количество полезных для синтеза компонентов, мас. %: 35% FeO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 47% ZnO; 4% CaO; 2% K<sub>2</sub>O; 3% MnO, которые могут положительно влиять на процессы фазообразования кордиерита, а также спекания материала. Все сырьевые материалы измельчали до остатка на сите № 05 до 1–2%, взвешивали в необходимом количестве, перемешивали для лучшего усреднения массы в планетарной мельнице фирмы «Retsch» РМ-100 в течение 20 мин. Приготовленную смесь увлажняли до 6–8%, затем готовый пресс-порошок вылеживался в течение 1 сут. для усреднения по составу и влажности. Формование образцов осуществлялось на гидравлическом прессе при давлении 35–40 МПа. Далее производилась сушка образцов в сушильном шкафу при температуре 100±10 °С в течение 2 ч. После чего осуществлялся однократный обжиг в электрической печи при температурах 1200 °С, 1250 °С и 1300 °С. Скорость подъема температуры в процессе обжига 200–250 °С/ч. Необходимая температура синтеза керамики на основе оптимального состава для достижения требуемых показателей свойств должна составлять 1300 °С. Образец керамики при данных условиях синтеза характеризуется следующими показателями свойств: открытой пористостью 3,6%, водопоглощением 1,5%, кажущейся плотностью 2410 кг/м<sup>3</sup>, ТКЛР  $1,67 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  в интервале температур (50–300) °С. Изучение фазового состава с помощью рентгенофазового анализа позволило установить, что основными кристаллическими фазами в материале являются кордиерит, индиалит (высокотемпературная модификация кордиерита), присутствует муллит и энстатит, в незначительных количествах кристобалит и

корунд. Наличие высокотемпературной гексагональной модификации – индиалита обеспечивает высокую устойчивость материала к термическому удару, химической коррозии, а также воздействию электрического поля. Причиной формирования индиалита могут являться изоморфные замещения в структуре кордиерита, на что указывают авторы. Такие структурные изменения, как правило, вызывают отклонение параметров ячейки от стандартных значений и деформацию решетки вследствие различий в размерах ионов, что, в свою очередь, может вызывать изменение температурных пределов устойчивости (стабильности) некоторых полиморфных форм кристаллической фазы.

УДК 621.3

### **СПОСОБЫ ДОСТИЖЕНИЯ СВЕРХВЫСОКОГО ВАКУУМА**

Студент гр. 11310118 Левчук Д.С.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е.Н.

Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является изучение способов достижения сверхвысокого вакуума (СВВ).

СВВ определяется, когда давление в системе будет ниже  $10^{-8}$  мм рт. ст., получаемый при использовании высоковакуумных насосов.

При выборе насоса для получения СВВ нужно соблюдать несколько правил конструирования системы, при которых СВВ можно достигнуть за 24-48 часов после запуска установки [1].

- Вакуумная установка должна быть термически стойкой до 200 °С.
- Недопустимо использовать пористые материалы.
- Материалы для СВВ не должны быть проницаемы для атмосферных газов.
- Уплотнительные кольца должны быть изготовленные из мягких металлов.

Мною были изучены конструкции насосов, используемых для достижения СВВ.

Выбор насосов для получения сверхвысокого вакуума:

Диффузионные насосы эффективны для всех газов, представляются для систем всех размеров. Требуют водяное или воздушное охлаждение.

Турбомолекулярный насос обеспечивает неселективный, чистый метод откачки до сверхвысокого вакуума. Турбоступень поддерживается молекулярной вакуумной ступенью.

Магнитные электроразрядные насосы из-за отсутствия движущихся деталей высоконадежны, легко дегазируются и обеспечивают практически

бесперебойную эксплуатацию. Один из недостатков данного насоса - длительное время получения СВВ.

Сублимационные насосы обеспечивают откачку химически активных газов с большой быстротой. Они не откачивают редкие газы или высокостабильные органические молекулы. Не имеют подвижных деталей конструкции и используется вместе с другими насосами.

### Литература

1. Системы сверхвысокого вакуума [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://vacuumpro.ru/vakuumnyj-nasos/sverhvysokiy-vakuum/sistemy-sverhvysokogovakuuma>.

УДК 533.5

## ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЙ РЕАКТОР В МИКРО- И НАНОТЕХНИКЕ

Студент гр. 11310118 Левчук Д.С.

Ассистент Козлова Т.А.

Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является изучение плазмохимического реактора.

По функциональности плазменные реакторы в микро и нанотехнике делятся на: плазменные реакторы для особых применений и камеры для научных и технологических применений. На рисунке представлена схема реактора [1].

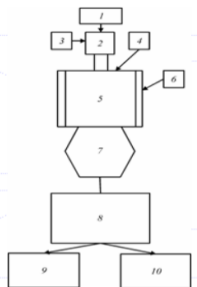


Рис. Схема плазмохимического реактора:

- 1 – источник питания; 2 – плазмотрон; 3 – плазмообразующий газ; 4 – сырье;
- 5 – реакционная камера; 6 – система охлаждения стенок реакционной камеры;
- 7 – система принудительного охлаждения; 8 – разделения продуктов реакции;
- 9 – продукт; 10 – побочные продукты

Плазмохимические установки используют для создания газообразных веществ и порошков специального назначения. Для плазмохимических реакторов характерно очень малое время реакции. В качестве теплоноси-

теля обычно используют низкотемпературную плазму [1]. Существуют различные типы установок: RIE (системы реактивно ионного травления), PECVD (специальные системы, разработанные для производства пленок), ALD (система атомно-слоистых осадков). К преимуществам применения в микро- и наноэлектронике плазмохимического реактора относятся: плазмохимические процессы легко моделируются, управление низкой температурой производят при помощи электродинамических методов, все процессы в реакторе одностадийные.

#### Литература

1. Плазмохимические установки [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://chemanalytica.com/book/novyy\\_spravochnik\\_khimiya\\_i\\_tekhnologiya/10\\_protsessy\\_i\\_apparaty\\_khimicheskikh\\_tekhnologiy\\_chast\\_II/7199](http://chemanalytica.com/book/novyy_spravochnik_khimiya_i_tekhnologiya/10_protsessy_i_apparaty_khimicheskikh_tekhnologiy_chast_II/7199).

УДК 533.58

### ПЛАЗМЕННАЯ ОЧИСТКА И МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Студенты гр. 11310118 Левчук Д.С., Галацевич В.В.  
Ассистент Козлова Т.А.

Белорусский национальный технический университет

Плазменную технологию часто называют «сухой» очисткой с использованием ионизированных газов в вакуумных камерах. Плазма имеет дело с загрязнениями в нанометровом диапазоне на поверхностях подложек и пластин, что придает необходимые физические и химические свойства поверхности [1].

Процессы модификации поверхности можно поделить на четыре категории:

- Удаление загрязнений. Удаление поверхностного загрязнения включает использование физической или химической энергии плазмы для удаления загрязнения микронного уровня. В этом процессе используется абляция, когда положительные ионы бомбардируют поверхность. Процесс абляции может удалить загрязнения с поверхности и сделать поверхность шероховатой в атомном масштабе.

- Активация поверхности. При активации поверхности плазмой используются газы, такие как кислород, азот, аргон, водород, которые при воздействии плазмой, будут диссоциировать и реагировать с поверхностью, создавая различные химические функциональные группы на поверхности. Это способствует улучшению адгезии.

- Травление. Характеризуется химической реакционной способностью разряда. В процессе травления используются исходные газы, которые



диссоциируют в плазме, создавая смесь высокореактивных частиц. Преимущество этой химической плазмы – ее химическая селективность.

•Перекрестное сшивание. В плазменном сшивании используются инертные газы, такие как аргон или гелий для удаления некоторых видов атомов с поверхности, и генерирует реактивные поверхностные радикалы. Эти радикалы вступают в реакцию внутри поверхности, образуя химические связи, что приводит к образованию поперечных связей на поверхности. Такой подход применяется на полимерных подложках [2].

#### Литература

1. L. Wood, C. Fairfield et al. "Plasma Cleaning of Chip Scale Packages for Improvement of Wire Bond Strength," Chip Scale Package Seminar, December 2000.

2. White M. The Removal of Die Bond/Epoxy Bleed Material by Oxygen Plasma," Proceedings 32<sup>nd</sup> IEEE Electronic Components Conference, 1982, p. 262.

УДК 621.382.005

### УСТАНОВКА ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО НАПЫЛЕНИЯ

Студент гр. 11304117 Литвинова А.В.

Кандидат техн. наук, доцент Ковалевская А.В.

Белорусский национальный технический университет

В производстве тонкопленочных и полупроводниковых структур используются группы подложек, которые часто имеют прямоугольную форму размерами 60×48 мм или 120×96 мм и рассчитаны на одновременное изготовление до нескольких десятков идентичных изделий, причем свойства напыляемой пленки должны быть одинаковы на всей площади групповой заготовки.

Электронно-лучевое напыление идеально подходит, когда не требуется высокая производительность, но необходима система для напыления широкого спектра материалов различной толщины на разнообразные подложки.

Метод наиболее универсален для производства изделий большой номенклатуры. Его существенный минус – низкая производительность. Однако установку электронно-лучевого напыления можно оснастить системой перемещения подложек, увеличив этот параметр, но снизив уровень номенклатуры изготавливаемых изделий.

Установка STE EB65G – производственная автоматизированная система электронно-лучевого напыления в высоком вакууме, обеспечивающая нанесение высококачественных многослойных тонкопленочных покрытий одновременно на групповую партию пластин.

Особенностью установки является двухкамерное построение, при котором нижняя камера, в которой установлен испаритель, может герметич-

но отделяться от верхней для обеспечения быстрой откачки верхней камеры после процедуры загрузки следующей партии пластин. Блок электронно-лучевого испарения при этом находится в условиях высокого вакуума и готов к немедленному проведению технологических процессов.

Использование производительного спирального насоса обеспечивает быструю откачку верхней камеры. Прямая откачка верхней камеры, в которой располагается держатель, криосорбционным насосом, обеспечивает максимально эффективную откачку рабочего объема в ходе напыления. Высокий вакуум в камере электронно-лучевого испарителя поддерживается ионным насосом.

В качестве дополнительного усиления откачки, а также для увеличения ресурса крионасоса предусмотрена постанковка на верхнюю камеру безмасляного турбомолекулярного насоса. Максимальное количество напыляемых пластин в одном процессе: 20x3” либо 12x100 мм, которые устанавливаются на держателе со сферическим профилем, учитывающим особенности процесса «lift-off».

### Литература

1. Иванов А. Электронно-лучевое напыление: технология и оборудование / А. Иванов, Б. Смирнов // Наноиндустрия. – 2012. – № 6. – С. 28–34.
2. ostec-micro.ru [Электронный ресурс] / Производственная автоматизированная система электронно-лучевого напыления STE EB65G. Режим доступа: <https://ostec-micro.ru/catalog/equipment/formirovanie-tonkikh-plenok/> proizvodstvennaya-avtomatizirovannaya-sistema-elektronno-luchevogo-napyleniya-ste-eb65g/ - Дата доступа: 1.03.2021.

УДК 543.645

## **БИОСЕНСОР НА ОСНОВЕ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ, СВЯЗАННЫЙ С ЛЕКТИНОМ: ОПТИЧЕСКОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ БАКТЕРИЙ БЕЗ МЕТОК В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ**

Студенты гр. 11304117 Литвинова А.В., Валевич И.А.

Ассистент Люцко К.С.

Белорусский национальный технический университет

Для методов обнаружения бактерий, наряду с технической и инструментальной простотой, необходимы точность и скорость обнаружения. Пористый кремний (PSi) обладает уникальными оптическими и химическими свойствами, что делает его хорошим материалом для применения в биодатчиках.

Лектины обладают специфическими углеводсвязывающими свойствами и недороги по сравнению с популярными антителами. Предложен биосенсор на основе пористого кремния конъюгированного с лектином для

безметочного обнаружения в реальном времени кишечной палочки (*E. coli*) и золотистого стафилококка (*S. aureus*) с помощью рефрактометрической интерференционной спектроскопии с преобразованием Фурье (RIFTS).

Поверхность преобразователя была модифицирована тремя различными лектинами (ConA – Конканавалин А, WGA – Агглютинин зародышей пшеницы и UEA – агглютинин *Ulex europaeus*) в качестве биорецепторов.

Оценка работы биосенсора показала различную реакцию в отношении видов бактерий и типа лектина, для *E. coli* и *S. aureus*, ConA и WGA имеет самую высокую аффинность связывания с линейным диапазоном отклика от  $3 \times 10^3$  до  $3 \times 10^5$  клеток  $\text{мл}^{-1}$ , тогда как UEA показал самые низкие ответы на оба вида бактерий. Кроме того, относительно низкий предел обнаружения около  $10^3$  клеток  $\text{мл}^{-1}$  сообщались для WGA и ConA в их самом высоком профиле аффинности связывания. Дальнейшие оценки с двумя дополнительными видами бактерий *K. aerogenes* и *B. subtilis* выявили аналогичную картину ответа, основанную на типе лектина и типе грамотрицательных бактерий, на основной эксперимент. Кроме того, оценка полученных данных с помощью анализа главных компонентов дополнительно подтверждает значительную закономерность взаимодействия бактерий и лектинов, основанную на типе грамотрицательных бактерий.

Таким образом, с учетом эффективности и рентабельности PSi как преобразователя и лектина как биорецептора, этот метод может быть многообещающим подходом для широкого применения в биосенсорных исследованиях.

УДК 621

## **ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛЯРНЫХ НАНОКРИСТАЛЛОВ**

Студент гр. 11310117 Некрашевич Д.А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е.Н.

Белорусский национальный технический университет

Распределением в органической оптоэлектронике является создание сверхтонких полихромных дисплеев на гибкой полимерной основе и создание твердотельных источников света. Реализацией этих задач является применение органических светоизлучающих диодов. Метод органических светоизлучающих диодов получен на эффекте электролюминесценции в полимерных и низкомолекулярных органических материалах.

Проведенный мною обзор литературных источников по технологии формирования органических нанокристаллов показал, что в числе перспективных находится технология получения полимерных композитов состава полианилина / J-агрегатов. Она заключается в растворении кри-

сталлов цианиновых красителей в смеси этанол/вода, нагревая до полного растворения красителя. Далее раствор цианиновых красителей смешивали с водным раствором полианилина и упаривали, после чего температуру снижали. При этом начинался процесс самосборки J-агрегатов. Рост концентрации J-агрегатов в растворе контролировался спектрофотометрически. На рисунке представлена схема двухслойной светодиодной структуры на основе композита состава полианилина / J-агрегаты. В качестве анода использовали нанесенный на стеклянную подложку прозрачный токопроводящий слой  $\text{In}_2\text{O}_3:\text{SnO}_2$ . Слой композита формировали в пылезащитном боксе методом центрифугирования. Затем полимерный слой, содержащий нанофазу J-агрегатов, сушили в вакууме, после чего методом центрифугирования наносили электронный транспортный слой 2-(4-бифенилил)-5-(4-трет-бутилфенил)-1,3,4-оксадиазола (ФДО) в полистироле (ПС) из раствора в толуоле. Сушку проводили в две стадии: в атмосфере сухого аргона, а затем в вакууме. Далее напыляли металлический катод и покровный слой. Все операции по формированию катодного слоя кальция и защитного слоя алюминия производились в вакуумной камере [1].

Данный метод используется для создания нанокристаллов в водных растворах. Т. к. ционниновые краситель растворяются в воде, что и позволяет создавать J-агрегаты в водных растворах. Также J-агрегаты улучшают физико-химические свойства материала, хорошая прозрачность материала и недостаток рассеяния света, отсюда получили полимерные материал с электролюминесцентными свойствами для органических светоизлучающих диодов.

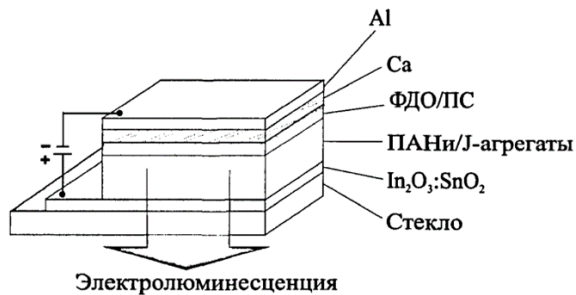


Рис. Строение многослойной светодиодной структуры, включающей светоэмиссионный рабочий слой на основе композита состава полианилина / J-агрегатов и электронный транспортный (ФДО/ПС) слой

В настоящее время органические молекулярные нанокристаллы – очень важное направление для фармакологии, так как нанокристаллы используют для выявления раковых клеток и клеток злокачественных опухолей. А также для получения наноразмерных органических молекуляр-

ных кристаллов в тонких пленках, что позволяет увеличить растворимость препаратов. Из-за того, что нанокристаллы можно уменьшить в размерах, увеличивается скорость растворения препаратов.

### Литература

1. Перельгина О.М. ЭлектрOLUMИнесценция композитов на основе полианилина и наноразмерных органических молекулярных кристаллов / О.М. Перельгина. Диссертация. – Москва, 2009. – 24 с.

УДК 535.317

## ВЛИЯНИЕ ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ НА ОБЪЕМ ВВОДИМОЙ ПРОБЫ В МИКРОФЛЮИДНЫХ УСТРОЙСТВАХ

Студент гр. 11310117 Некрашевич Д.А.

Ст. преподаватель Лапицкая В.А.

Кандидат техн. наук, доцент Кузнецова Т.А.

Белорусский национальный технический университет

Микрофлюидные устройства (МФУ) позволяют управлять микро-, нано- и даже пиколитровыми объемами различных жидкостей. Использование даже простых микрофлюидных устройств существенно повышает эффективность исследований, поскольку дает возможность снизить расходы биоматериалов, ускорить эксперименты [1].

Целью работы было определение объема вводимой пробы в МФУ в зависимости от вязкости жидкости. В качестве исходных параметров расчета мы использовали геометрические параметры (длина и диаметр канала), вязкости жидкости, давление в канале и время инъекции. Модельными жидкостями служили кровь, ацетон, спирты метиловый и этиловый. При расчете объема вводимой пробы важна динамическая вязкость жидкости и диаметр канала, в который будет поступать проба. Чем больше канал, тем больше количества жидкости может поступить за заданное время. Диаметр канала изменялся от 10 до 200 нм.

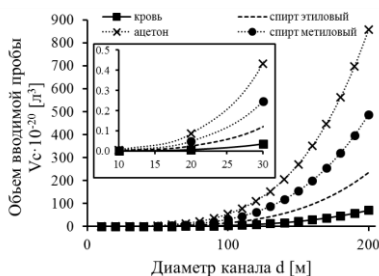


Рис. Зависимость объема вводимой пробы от диаметра канала

Установлено (рисунок), что объем вводимой пробы ацетона в канал в 12 раз больше, чем у крови, а у метилового спирта объем вводимой пробы в канал в 2 раза больше, чем у этилового.

### Литература

1. Попов А.М. Микрофлюидные устройства для исследования структуры белков и механизмов их кристаллизации на источнике синхротронного излучения / А.М. Попов // Москва: Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт». – 2018. – 149 с.

УДК 681.586

### ДАТЧИКИ ДАВЛЕНИЯ ЕМКОСТНОГО ТИПА

Магистрант гр. 61315020 Николаева Т.А.  
Кандидат техн. наук, доцент Таратын И.А.,  
д-р техн. наук, профессор Чижик С.А.  
Белорусский национальный технический университет

Датчик давления – устройство, физические параметры которого изменяются в зависимости от давления измеряемой среды. Датчики давления емкостного типа широко используются в технике, т. к. обладают высокой чувствительностью и точностью измерений, а также линейностью характеристик в широком диапазоне давлений.

Технология изготовления датчиков основана на кремниевой планарной технологии и процессах соединения мембраны и крышки методом пайки или стеклования. По кремниевой планарной технологии изготавливаются мембрана и крышка.

Датчик давления емкостного типа обычно представляет собой кремниевый кристалл с мембраной, посаженный на кремниевую или стеклянную подложку. На мембрану и стекло напыляются обкладки конденсатора.

Конструкция чувствительного элемента емкостного датчика давления представлена на рисунке [1].

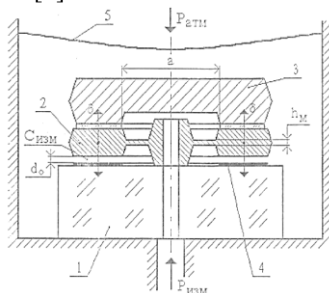


Рис. Чувствительный элемент емкостного датчика давления

Одной из сложных задач создания датчиков является их сборка. В сборке используются следующие процессы: анодная сварка Si-стекло, сварка Si-Si, сварка стекло-ковар, сварка Si-ковар.

#### Литература

1. Лещев В.Т. Интегральный измеритель малых избыточных давлений / В.Т. Лещев, С.Ф. Былинкин, Е.В. Лезин, А.Д. Рогожин // Датчики и системы. – 2001. – № 1. – С. 36–38.

УДК 621

### ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ СО СЦИНТИЛЯЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ

Студент гр. 11304118 Полтавцев К.А.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является исследование технологическое получение свойств материалов со сцинтиляционными свойствами. В работе проведен литературный обзор в области разработки материалов с особыми свойствами.

Сцинтилятор – это материал, при возбуждении ионизирующим излучением, проявляет сцинтилляцию, свойство люминесценции.

Вещества, которые под действием ионизирующего излучения испускают фотоны в видимой или ультрафиолетовой части спектр называются сцинтилляторами.

Все сцинтилляционные вещества делятся на три класса: на основе тех или иных органических соединений, неорганические кристаллы и газы.

Органические сцинтилляторы менее эффективны, чем неорганические сцинтилляторы при регистрации  $\gamma$ -лучей и тяжелых частиц, имеют меньшее энергетическое разрешение и амплитуды импульсов, чем наиболее эффективные неорганические сцинтилляторы. Органические сцинтилляторы обладают большей прозрачностью для спектра собственной флуоресценции.

К сцинтилляторам применяется ряд требований, которые определяют их эксплуатационные свойства: конверсионная эффективность должна быть большой, длительность сцинтилляций должно быть малая, должны иметь большую плотность для регистрации излучений, обладающих большой проникающей способностью, интенсивность сцинтилляций, используемых для измерения энергии частиц и квантов, должна быть пропорциональна их энергии.

Особое внимание в данной работе уделено изучению технологии получения  $\text{Li}_2\text{MoO}_4$  на основе системы.

Так же в ходе работы была рассчитана шихта и составлена технологическая схема. Также были определены основные факторы, влияющие на кристалл со сцинтилляционными свойствами: вынужденный массоперенос, частота вибрации и скорость отбора конденсата.

Материалы со сцинтилляционными свойствами используются для обнаружения гамма-фотонов, а также в медицинских устройствах, содержащих детекторы гамма-фотонов.

УДК 628.9

## СВЕТОДИОДЫ НА КВАНТОВЫХ ТОЧКАХ

Студент гр. 11304118 Полух Д.М.

Кандидат техн. наук Балохонов Д.В.

Белорусский национальный технический университет

Квантовая точка – часть проводника или полупроводника, носители заряда которого ограничены в пространстве по всем трём измерениям. Это представляет собой потенциальную яму для электронов, и электроны в нем имеют дискретный энергетический спектр. Размер квантовой точки должен быть таким, чтобы могли существовать квантовые эффекты. Это возможно, если у электрона кинетическая энергия будет заметно больше всех других, например при больших температурах.

Энергетический спектр квантовой точки прерывистый. Для изменения длины волны испускаемого света необходимо изменить размер квантовой точки, т. е. необходимо переместить электрон на энергетический уровень ниже. При всем при этом переходами легко управлять, изменяя размер кристалла полупроводника.

Светодиоды на квантовых точках базируются на PIN структуре, как и OLED, но вместо органического слоя используется монослой квантовых точек, находящийся между *p*- и *n*-слоями. Принцип работы такого светодиода напоминает ЖК-экраны.

По сравнению с другими видами светодиодов (например, OLED) квантовые светодиоды лучше передают изображения, более насыщенный цвет, а также менее энергоёмкие. При передаче черного и белого цвета изображение менее насыщенное, чем у OLED. У этой технологии есть недостаток, связанный с малым временем жизни светодиода, но идёт работа над улучшением. Квантовые светодиоды лучше всего применять в дисплеях где приоритетом является энергопотребление, а не четкость изображения.

### Литература

1. Квантовые точки и зачем их ставят [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/316810/>. Дата доступа: 20.02.2020.

2. Разновидности QLED-устройств на основе штыревых структур и способ их изготовления: пат. CN106549109A, Китай/ Цянь Лей, Ян Синьян и его группа.



**ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ОКСИДА ЦИНКА**

Студент гр. 11304118 Полух Д.М.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является изучение технологического процесса получения нанопорошков оксида цинка. В работе проведен литературный обзор в области наноматериалов и технологии их производства.

Наноматериалы – природные или искусственные материалы, в которых один или более размеров лежат в диапазоне нанометров. Они различаются в зависимости от их химического состава и физических свойств. Например, по форме кристаллитов их делят на: волокнистые (столбчатые), слоистые (пластинчатые) и равноосные. По химическому составу кристаллитов и их границ можно выделить четыре группы. К первой относят материалы, у которых химический состав кристаллитов и границ раздела одинаковы. Ко второй группе относят материалы, у которых границы раздела по химическому составу одинаковы, а состав кристаллитов различается. Третья группа включает наноматериалы, у которых кристаллиты и границы имеют разный химический состав. Четвертую группу представляют наноматериалы, в которых наноразмерные выделения (частицы, волокна, слои) распределены в матрице, имеющей другой химический состав.

В процессе исследования было установлено, что при разном процентном содержании оксида цинка формируются разные формы кристаллов. Для исследования выбран плазмохимический метод синтеза нанопорошков. Исходными материалами для синтеза нанопорошков являлись цинк и его оксид, спресованные в таблетку (мишень). Можно отметить, что в порошке присутствуют как частички гексагональной и кубической формы с размерами 40–50 нм, так и частицы сложной формы с размерами более 100 нм. Производительность метода при получении нанопорошков ZnO и Zn-ZnO зависит от химического состава и гранулометрического размера порошка испаряемой мишени, увеличивается при добавлении цинка в оксидную матрицу и максимальна при использовании металлической мишени. В результате разработана технологическая схема процесса синтеза нанопорошков оксида цинка. Особое внимание в работе уделено изучению факторов, влияющих на технологический процесс и качество конечного продукта. В работе подробно изучены методы контроля эксплуатационных свойств материала. Также разработаны мероприятия по технике безопасности и защите окружающей среды.

## ПРИМЕНЕНИЕ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ В РАЗРАБОТКЕ БИОДАТЧИКОВ

Магистранты гр. 61315020 Рысик А.Н., Николаева Т.А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е.Н.

Белорусский национальный технический университет

В последнее время растет потребность в высокоэффективных компактных устройствах для широкого спектра применений в нескольких областях. Среди материалов-кандидатов пористый кремний (PSi) привлекает все больший исследовательский интерес.

Пористый кремний представляет собой некоторый объем монокристалла кремния, в котором методом травления сформировано множество мельчайших отверстий – пор. Созданная за счет этого развитая химически активная поверхность с большим количеством нанокристалликов на стенках пор делает его очень перспективным для использования в качестве чувствительного материала биосенсора [1]. В данной работе рассмотрены варианты применения PSi для создания биосенсоров.

В области электрохимических датчиков на основе пористого кремния было проведено очень мало исследований, даже если у электрохимических датчиков есть несколько важных преимуществ: низкая стоимость и высокая чувствительность, а также низкое энергопотребление. Более того, их легче миниатюризировать, чем оптические биосенсоры.

PSi может быть использован для реализации амперометрических и вольтамперометрических биосенсоров. В этом случае иммобилизованный фермент катализирует окислительно-восстановительную реакцию, включающую окисление/восстановление аналита, которая создает поток электронов, измеряемый электродами электрохимической ячейки. В этих системах PSi обычно является одним из задействованных электродов. Фактически, из-за его свойств низкой проводимости поверхность PSi должна быть модифицирована с использованием проводящего материала, такого как золото, платина или проводящий полимер. В этом случае основная функция PSi заключается в том, чтобы действовать как субстрат с большой площадью поверхности для повышения чувствительности биодатчиков. Пористые электроды могут повысить чувствительность биосенсора по сравнению с электродами с плоской поверхностью.

### Литература

1. Белоус А.О. Применение пористого кремния в биомедицине / А.О. Белоус // Молодой ученый. – С. 69–74.

## ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ НА ОСНОВЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ

Студент гр. 11310117 Рябая А.Н.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е.Н.  
Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является изучение технологии формирования полупроводниковых диодов на основе карбида кремния. Мною проведен обзор литературных данных по технологиям создания диодов на основе карбида кремния, который показал, что данная тема является актуальной

Карбид кремния (SiC) – слоистый материал, свойства которого зависят от порядка чередования наноразмерных элементов (слоев). SiC имеет кристаллическую слоистую сверхструктуру, построенную из элементарных слоев трех типов, которые отличаются друг от друга кристаллической упаковкой в пределах одного слоя [1].

SiC отличается от обычного Si возможностью получения более высоких значений рабочего напряжения, меньшим уровнем статических и динамических потерь, а также большей устойчивостью к перегревам и помехам. В данной работе было подробно изучено формирование диода Шоттки на основе SiC. Диод Шоттки – это полупроводниковый диод с низким падением напряжения при прямом подключении, где переход металл-полупроводник используется в качестве барьера Шоттки, в отличие от обычных диодов, в которых используется *p-n*-переход. Диоды Шоттки на основе SiC имеют меньший шум переключения, более высокие рабочие частоты и удельную мощность. Это достигается за счет того, что в этих диодах полностью отсутствует эффект накопления заряда в *n*-области и эффект обратного восстановления.

Технология изготовления диодов Шоттки на основе карбида кремния, включает в себя: окисление поверхности эпитаксиальной структуры, формирование в оксиде кремния контактных окон методом фотолитографии и формирование контакта Шоттки методом напыления металла.

Диоды Шоттки на основе оксида кремния находят применение в импульсной силовой электронике: в схемах корректоров коэффициента мощности, в приводах электродвигателей, а также в других областях электроники.

### Литература

1. Радьков А.В. Карбид кремния – перспективный материал силовой электроники: свойства и характеристики / А.В. Радьков // Молодой ученый. – 2016. – № 7(111). – С. 149–152.

## ПОВЕРХНОСТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ КАК ХАРАКТЕРИСТИКА ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ МЭМС-НАГРЕВАТЕЛЕЙ

Студент гр. 11310117 Рябая А.Н.

Ст. преподаватель Лапицкая В.А.,

кандидат техн. наук, доцент Кузнецова Т.А.

Белорусский национальный технический университет

МЭМС-нагреватели применяются для поддержания оперативного регулирования температуры поверхности, в микросистемных устройствах [1]. Обычно МЭМС-нагреватели изготавливают в виде тонкопленочных резисторов [2]. Распространенная форма таких резисторов – меандр. МЭМС-нагреватели в виде тонкопленочного резистора характеризуются поверхностным сопротивлением (или сопротивлением слоя)  $R_s$ , которое определяется из отношения удельного сопротивления  $\rho$  к толщине резистора.

Целью работы было определить влияние материала резистора в виде меандра и изменения температуры нагревателя на величину его поверхностного сопротивления. В качестве материалов были выбраны: медь, никель, золото и платина. Наибольшее поверхностное сопротивление установлено у золотого нагревателя, а наименьшее – у никелевого (рис.).

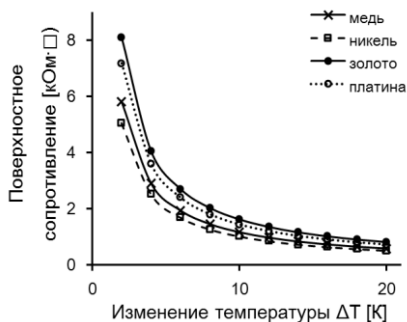


Рис. Зависимость поверхностного сопротивления материалов резистора в виде меандра от изменения температуры

### Литература

1. Корляков А.В. Применение SiC-микронагревательных систем в микросистемной технике / А.В. Корляков, В.В. Лучинин, И.В. Никитин. – Микросистемная техника, 2000. – С. 27–31.
2. Phatthanakun R. Design and fabrication of thin-film aluminum microheater and nickel temperature sensor / R. Phatthanakun, P. Deekla, W. Pummara, C. Sriphung, C. Pantong, N. Chomnawang // 2012 7<sup>th</sup> IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems (NEMS), Kyoto, Japan, 2012, pp. 112–115.

## ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ МОНОСЛОЕВ ЛЕНГМЮРА И ГИББСА

Студент гр. 11310118 Рябов В.Р.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е.Н.

Белорусский национальный технический университет

Амфифилы – химические вещества, обладающие как гидрофильной, так и гидрофобной частью. Классическими примерами амфифильных соединений являются жирные кислоты и их соли (мыла). Ленгмюровский монослой – это толстый слой, состоящий из одной молекулы нерастворимого органического материала, распределенный по водной субфазе [1]. Монослой Гиббса отличается от монослоя Ленгмюра только растворимостью. Монослои, как правило, состоят из полярных молекул – гидрофильной головки и гидрофобного хвоста (рис.).

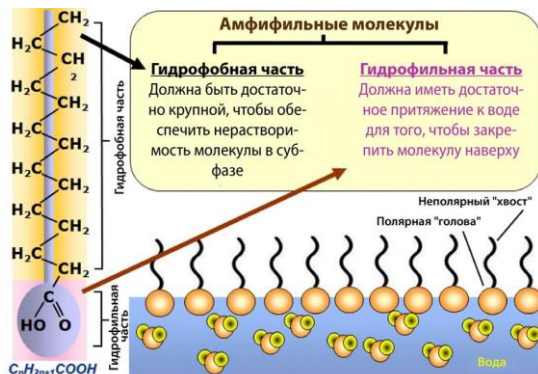


Рис. Амфифильные молекулы

В последнее время наблюдается все возрастающий интерес к белковым ленгмюровским пленкам. Выращивание такой пленки представляет собой существенно более сложную задачу, в сравнение с созданием пленок из простых амфифильных молекул.

Мною был проведен анализ литературы современных как отечественных, так и зарубежных источников литературы по теме «Монослои Ленгмюра-Гиббса», который показал, что данная тема является актуальной и играет важную роль в нанесении пленок.

### Литература

1. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологии: учеб. пособие / под общ. ред. Патрикеева Л.Н. – М.: Бином. Лаб. знаний, 2008. – 431 с.

**ОГНЕПРИПАС НА ОСНОВЕ ВОЛЛАСТОНИТА**

Магистрант Самсонова А.С.

Кандидат техн. наук, доцент Дятлова Е.М.,

кандидат техн. наук, доцент Попов Р.Ю.

Белорусский государственный технологический университет

В качестве сырьевых материалов использовались: волластонит Босагинского месторождения (ТУ 2321–001–17547702–2014), глина огнеупорная Латненского месторождения (ТУ 14–8–152–75), угольная пыль (ГОСТ 57010–2016), сапропель (ГОСТ 54000–2010), кремнегель (ТУ 2123–137–00209645–98), мел Волковыского месторождения (ГОСТ 12085), кварцевый песок марки ОВС–050 Гомельского горно-обогатительного комбината (ГОСТ 22551–77), маршалит (ГОСТ 9077–82). Смесь подвергалась совместному помолу в микрошаровой мельнице до остатка на сите № 0063 не более 2%, далее масса увлажнялась водой до влажности 7–8% и вылеживалась в течении 1–2 сут.

Опытные образцы в виде дисков диаметром 23 мм и высотой 8–9 мм прессовались на гидравлическом прессе марки ПСУ–50 при давлении 20–25 МПа (прессование двухступенчатое). После подвергались сушке при температуре  $100 \pm 5$  °С в сушильном шкафу марки СНОЛ. Далее образцы обжигались в лабораторной печи типа СНОЛ 6,7/1300 при различных температурах (1100 °С, 1150 °С, 1200 °С) с подъемом температуры 5 °С/мин и выдержкой 1 ч. Образцы охлаждались инерционно вместе с печью до комнатной температуры.

В работе исследовались показатели спекания (усадка, кажущаяся плотность, открытая пористость, водопоглощение) образцов, ТКЛР, механическая прочность при сжатии, теплопроводность. Изучена структура и фазовый состав сырьевых материалов и синтезированной керамики; проведена сравнительная характеристика образцов. Для получения огнеупорной волластонитсодержащей керамики оптимальный состав включает следующие компоненты: мел Волковысский, маршалит, глину латненскую. Разработанный керамический материал характеризуется следующим комплексом физико-технических показателей: пористость – 59,57%, водопоглощение – 43,54%, кажущаяся плотность –  $1300 \text{ кг/м}^3$ , ТКЛР –  $5,96 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$  в интервале температур (20–400) °С, механическая прочность при сжатии – 35,2 МПа, огнеупорность – выше 1500 °С, теплопроводность – 0,18 Вт/м·К. Установлена возможность корректирования свойств разработанных материалов путем армирования каолиновым волокном, введение которого в количестве 4% позволяет увеличить в 1,5 раза механическую прочность и на 10–15% снизить теплопроводность, что увеличивает срок эксплуатации огнеприпаса.

Рентгенофазовый анализ показал, что качественный фазовый состав образца оптимального состава представлен волластонитом и незначительным количеством кварца. Электронная микроскопия показала, что структура однородная, кристаллы неизометрической формы. Полученный материал может быть использован для изготовления отечественного огнеприпаса, применяемого при литье в кокиль алюминиевых сплавов.

УДК 539.2

## **ЭКСИТОНЫ. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СПЕКТР ЭКСИТОНОВ В КРИСТАЛЛЕ**

Студент гр. 11304118 Сергута К.Г.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Сернов С.П.

Белорусский национальный технический университет

Цель работы: рассмотреть строение экситона, его энергетический спектр.

Экситон – это передвигающееся в кристаллическом теле электронное возбуждение, несвязанное с переносом электрического заряда и массы. Является связанным состоянием электрона и дырки. Это возбуждение распространяется в кристаллическом теле в виде волны. Спектр поглощения и излучения молекулярных кристаллов определяют молекулярные экситоны. Время жизни частицы ограничено: электрон и дырка, из которых состоит экситон, способны рекомбинировать с испусканием фотона, экситон также может рекомбинировать без испускания при столкновении с дефектами кристаллической решётки [1].

В спектрах поглощения и люминесценции многих кристаллов появляются единственные собственные, не связанные с примесями и дефектами узкие полосы, обусловленные поглощением и излучением экситонов. Экситонные уровни энергии находятся внутри запрещенной зоны вблизи дна зоны проводимости. Спектры поглощения содержат водородоподобную серию линий поглощения. Тепловое движение экситона определяет форму полос люминесценции и показывает то, как они распределены по энергиям. Оно соответствует распределению частиц по энергиям в идеальном ферми-газе.

Вместе с понижением температуры уменьшается и ширина спектра. Существование биэкситонов определяется при появлении новой линии люминесценции, сдвинутой в сторону меньших энергий, чем у экситонов, на значение, равное энергии связи биэкситонов. Широкий максимум при самых малых температурах говорит об образовании электронно-дырочной жидкости.

Экситоны в определенной степени влияют на физические свойства полупроводников и структур на их основе. Важнейшей характеристикой экситона является его энергетический спектр.

### Литература

1. Днепровский В.С. Экситоны перестают быть экзотическими квазичастицами. – Соросовский образовательный журнал, 2000. – Т. 6. – № 8. – С. 88–92.

УДК 537.635793.18

## УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ОПТИЧЕСКИ ПРОЗРАЧНЫХ СВЧ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ $Y_3Fe_5O_{12}/LiNbO_3$

Аспирант Серокурова А.И., аспирант Галенко Е.Н.  
НПЦ НАН Беларуси по материаловедению

В последнее время актуальной является задача разработки материалов для новой области спиновой электроники – магноники [1]. Эксперименты по возбуждению и распространению спиновых волн в магнитных пленках ранее были ограничены только структурами на основе ферромагнитных металлов [2]. Между тем, использование высококачественных пленок железоиттриевого граната  $Y_3Fe_5O_{12}$  (YIG, ЖИГ) для таких задач оказалось более перспективным, это связано с малыми значениями ширины линии ФМР в бытовой полосе частот 2.18 ГГц (~0.1 Э) и параметра затухания Гильберта [3]. Это открывает широкие возможности использования таких структур при создании энергонезависимой памяти, спиновых транзисторов и управляемых СВЧ-устройств.

В работе впервые методом ионно-лучевого распыления – осаждения получены пленки железоиттриевого граната (ЖИГ) толщиной 0.5 мкм на неориентированных монокристаллических подложках ниобата лития  $LiNbO_3$ . Предложена технология, позволяющая формировать слои YIG на подложках керамики, за счёт создания на их поверхности переходного слоя, родственного по химическим свойствам YIG. Это позволит предотвратить взаимодействие ФМ слоя с СЭ подложкой и обеспечить сильную адгезию слоя ЖИГ к подложке. На основании данных рентгеновских исследований и полученных с помощью АСМ изображений поверхности можно судить об улучшении качества полученных слоев ЖИГ в результате применения предложенной модели двухэтапного синтеза. Данные магнитных измерений показали, что насыщение намагниченности слоя ЖИГ достигается в поле 0,2 Тл. Намагниченность насыщения составляет 0,7 значения соответствующей намагниченности насыщения для объёмного YIG. Плёнки YIG характеризуются узкой петлёй гистерезиса с коэрцитивной силой  $H_c = 12$  мТл. Уширение линии поглощения на спектре ФМР



связано с неоднородностью структуры из-за нескольких этапов синтеза и поликристалличностью ЖИГ. Оптические измерения свидетельствуют, что оптическое пропускание полученных структур в максимуме составляет  $\sim 0.99$  значения соответствующего коэффициента для монокристалла  $\text{LiNbO}_3$ . Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что полученная в данной работе структура по свойствам близка к объемным аналогам и может быть использована для изучения распространения спиновых волн, а также разработки СВЧ фильтров с узкой полосой пропускания, линий задержки и магнитооптических устройств хранения и обработки информации.

### Литература

1. Balinskiy M., Ojha Sh., Chiang H., Ranjbar M., Ross C.A., Khitun A. *J. Appl. Phys.*, 2017, vol. 122, p. 123904.
2. Körner M., Lenz K., Gallardo R.A., Fritzsche M., Mücklich A., Facsko S., Lindner J., Landeros P., Fassbender J. *Phys. Rev.*, B 88, 054405
3. Pirro P., Bracher T., Chumak A.V., Lagel B., Dubs C., Surzhenko O., Gornert P., Leven B., Hillebrands B. *Appl. Phys. Lett.*, 2014, vol. 104, p. 012402-4.

УДК 621.382.12

## ФАЗООБРАЗОВАНИЕ В ТОНКИХ ПЛЁНКАХ TI-SI НА КРЕМНИИ

Магистрант гр. 015501 Таласпаев М.А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Шахлевич Г.М.

Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники

Плётки толщиной 100–200 нм на неокисленных подложках кремния марки КДБ-10 с ориентацией  $\langle 111 \rangle$  были получены совместным распылением Ti и Si при температуре 100–250 °С. Соотношение компонентов в плёнке определялось по скорости распыления Ti и Si. После напыления образцы подвергались ИК-отжигу в вакууме в течение 20 мин. при температурах 500, 600, 700, 800 и 900 °С.

Фазообразование в системе  $\text{Ti}_x\text{Si}_y$  изучалось с помощью рентгеноструктурного анализа. Идентифицирование рентгенограмм проводилось по диаграмме состояния системы Ti-Si и таблицам ASTM. Значения постоянных решётки фаз рассчитывались по обычной методике [1] с использованием квадратичных форм для орторомбической и гексагональной сингоний. Степень текстуры плёнок оценивалась по плотности полюса  $P$  [2]:

$$P_{hkl} = \frac{I_{hkl}}{I_{hkl}^0} / \frac{1}{n} \sum \frac{I_{hkl}}{I_{hkl}^0},$$

где  $I_{hkl}^o$  – интенсивность регистрируемых отражений от порошка;  $I_{hkl}$  – интенсивность регистрируемых отражений от текстурированного образца;  $n$  – количество регистрируемых отражений.

Содержание фаз в плёнках оценивалось (с точностью  $\pm 10$  вес.%) по относительным интенсивностям соответствующих рефлексов. При постоянных условиях съемки и обработки рентгенограмм, в приближении равных коэффициентов поглощения излучения компонентами по методике, описанной в [2], строились градуировочные кривые, по которым определялись концентрации фаз.

В системе Ti-Si согласно фазовой диаграмме [3] должны наблюдаться следующие соединения:  $Ti_3Si$ ,  $Ti_5Si_2$ ,  $Ti_5Si_4$ ,  $TiSi$  и  $TiSi_2$ .

Исходные пленки являются рентгеноаморфными. После термообработки в них формируются в последовательности и сочетаниях, зависящих от исходного состава и температуры отжига,  $Ti_5Si_3$ ,  $TiSi$ ,  $TiSi_2$ .

Так, в пленках состава  $Ti/Si = 1/1.35$  фазообразование начинается при  $800^\circ C$ , образуется соединение  $Ti_5Si_3$ , состав которого не соответствует составу исходной пленки. Текстура отсутствует, но решетка сильно деформирована. Отжиг при  $900^\circ C$  не приводит к появлению других фаз, но уменьшается ширина и изменяется интенсивность линий в сторону значительного увеличения рефлекса (210), т. е. происходит рекристаллизация и текстурирование пленок в направлении  $[210]$  ( $P_{hkl}$  возрастает от 1.13 при  $800^\circ C$  до 8.2 при  $900^\circ C$ ). Параметры элементарной ячейки практически соответствуют табличным, что свидетельствует об уменьшении искажений решетки.

Результаты исследования пленок с другими соотношением компонентов  $Ti/Si = 1.67; 1.72; 1.96$  и  $3,1$  позволяют выделить следующие особенности фазообразования в пленках  $Ti_xSi_y$ , полученных на кремнии совместным ионно-лучевым распылением из двух источников и подвергнутых ИК-отжигу в вакууме.

1. Температура начала фазообразования практически не зависит от состава конденсата и лежит в интервале  $600\text{--}800^\circ C$ . Наблюдается тенденция ее увеличения с ростом концентрации кремния в исходной пленке.

2. Первой фазой всегда является  $Ti_5Si_3$ . Это не совсем согласуется с правилом первой фазы в пленках силицидов [3]. В соответствии с фазовой диаграммой системы Ti-Si это правило предсказывает появление первым соединения  $TiSi$ . Это несоответствие объясняется тем, что у нас взаимодействие идет в основном между Ti и Si из состава пленки, а не между пленкой металла и Si-подложкой.

3. Подложка кремния оказывает влияние как на состав образующихся при отжиге пленок, так и на их структуру. Практически все фазы в пленках имеют заметную текстуру, толщина пленки после отжига больше ис-

ходной, на это указывает заметное уменьшение (в 3–5 раз) интенсивности рефлекса (111) Si-подложки.

4. Только пленка с исходным соотношением компонентов  $Ti/Si = 1/1.35$  однофазна. Пленки остальных составов многофазны и температура отжига практически не влияет на концентрацию силицидных фаз. Для более детального изучения этого вопроса необходимо провести исследование влияния времени отжига на фазовый состав и структуру пленок.

#### Литература

1. Анисович А.Г. Рентгеноструктурный анализ в практических вопросах материаловедения. – Минск: Белорусская наука, 2017. – 209 с.
2. Миркин Л.И., Уманский Я.С. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов. – М.: Физматгиз, 1961. – С. 414–417.
3. Самсонов Г.В., Дворина Л.А., Рудь Б.М. Силициды. – М.: Металлургия, 1979. – 327 с.

УДК 620.22

### ПРИМЕНЕНИЕ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ И ЛЕКТИНА В РАЗРАБОТКЕ БИОСЕНСОРОВ

Студенты гр. 11310117 Тонкович А.С., Кубарский М.В.  
Ассистент Люцко К.С.

Белорусский национальный технический университет

Согласно докладам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), опасные водные и пищевые бактерии являются возбудителями заболеваний, ежегодно приводящих к 2 миллионам смертей. Разработка недорогих и работающих в режиме реального времени методов обнаружения данных бактерий в современном мире является актуальным в областях медицины, промышленности и экологии. Особый интерес в последнее время представляют биосенсоры.

Наряду с общими оптическими подходами флуоресценции и поверхностным плазменным резонансом, в последнее время используется рефрактометрическая интерференционная спектроскопия, Биосенсоры на основе пористого кремния открыли новые возможности для проектирования и изготовления более эффективных аналитических устройств. В дополнение к относительной простоте изготовления, биосовместимости и биодegradации, пористый кремния обладает преимуществами, которые делают его отличным выбором в качестве материала для биосенсора. Большая площадь поверхности и множество гидридных и гидроксильных групп позволяют легко модифицировать поверхность.

Наиболее часто используемыми биорецепторами в конструкции биосенсоров являются антитела и зонды на основе нуклеиновой кислоты. Антитела, несмотря на их уникальную специфичность и избирательность, нестабильны и дороги. Зонды на основе нуклеиновой кислоты страдают от длительных, трудоемких и дорогостоящих производственных процессов.

Таким образом, в последние годы в качестве привлекательной альтернативы антителам и нуклеиновым кислотам были введены лектины, опирающейся на значительные свойства, такие как низкая стоимость, желаемая стабильность, приемлемая чувствительность и избирательность. Был предложен биосенсор на основе пористого кремния с конъюгированным лектином для обнаружения бактерий с помощью метода рефрактометрической интерференционной спектроскопии.

### Литература

1. Yaghoubi M., Rahimi F., Negahdari B. A lectin-coupled porous silicon-based biosensor: label-free optical detection of bacteria in a real-time mode. *Journ. Scientific Reports*, 2020, vol. 10, no. 16017, pp. 1–12.

УДК 004.832.34 + 620.178.16

## ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ПОКРЫТИЙ УГЛЕРОДА НАНОИНДЕНТИРОВАНИЕМ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТРИБОПЛЁНОК

Магистрант Трухан Р.Э.<sup>1</sup>

Кандидат техн. наук, доцент Кузнецова Т.А.<sup>1</sup>,  
ст. преподаватель Лапицкая В.А.<sup>1</sup>, мл. научный сотрудник Хабарова А.В.<sup>2</sup>,  
научный сотрудник Муравьёва Т.И.<sup>3</sup>,  
ст. научный сотрудник Мерзин А.М.<sup>3</sup>, аспирант Самардак В.Ю.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси

<sup>3</sup>Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, Москва, Россия

<sup>4</sup>Школа естественных наук, Дальневосточный федеральный округ

Под термином оптимизация понимают процесс максимизации или минимизации некоторой величины, поиск экстремума функции, модификация процесса или объекта с целью улучшения его параметров. Для проведения оптимизации необходимо: выбрать объект или цель оптимизации, параметры оптимизации, иметь возможность количественной оценки оптимизируемой величины и учитывать ограничения обусловленные спецификой объекта оптимизации.

Цель данной работы – определение режимов трибоиспытаний с использованием наноиндентора с двумерным преобразователем, которые

позволят формировать на поверхности углеродных покрытий трибоплёнку и регистрировать её наличие.

Параметрами оптимизации выбраны коэффициент трения и величина износа покрытия. Это обусловлено тем, что появление трибоплёнки на углеродных алмазоподобных покрытиях связано с переходом фазы с  $sp^3$  гибридизацией (алмаз) в фазу с  $sp^2$  гибридизацией (графит) и, как следствие, с уменьшением коэффициента трения.

Двумерный преобразователь для наноиндентора 750 Ubi (Hysitron, USA) позволяет определить коэффициент трения во время наноскретч-теста (испытание царапанием в наномасштабе). Варьируемые факторы при царапании поверхности – скорость и нагрузка.

Для проведения оптимизации применялся эксперимент с использованием разных режимов (комбинаций факторов), для определения коэффициента трения и износа покрытия. Используя метод реляционного анализа, на основании полученных данных даётся оценка режимам испытаний. Построена поверхность отклика, где по осям  $X$  и  $Y$  откладываются факторы, а по оси  $Z$  откладывается оценка. Таким образом, появляется возможность визуальной комплексной оценки, выбора режимов испытаний и распространения их на условия работы реальных поверхностей трения.

УДК 620.178.152.341.4

## **МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛМАЗОПОДОБНЫХ ПОКРЫТИЙ УГЛЕРОДА НА СТАЛИ, ОПРЕДЕЛЁННЫЕ НАНОИНДЕНТИРОВАНИЕМ**

Магистрант Трухан Р.Э.<sup>1</sup>

Кандидат техн. наук, доцент Кузнецова Т.А.<sup>1</sup>,

ст. преподаватель Лапицкая В.А.<sup>1</sup>, мл. научный сотрудник Хабарова А.В.<sup>2</sup>,

научный сотрудник Муравьёва Т.И.<sup>3</sup>,

ст. научный сотрудник Мерзин А.М.<sup>3</sup>, аспирант Самардак В.Ю.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси

<sup>3</sup>Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, Москва, Россия

<sup>4</sup>Школа естественных наук, Дальневосточный федеральный округ

Алмазоподобные покрытия (АПП) могут обладать ценными физическими, механическими, биомедицинскими и трибологическими свойствами. Благодаря возможности варьирования свойств при изменении состава АПП можно применять для упрочнения механических деталей, узлов трения разной степени важности, режущих инструментов.

В данной работе проводится исследование механических свойств АПП нанесённых на сталь ШХ15 методами лазерной абляции и осаждением импульсным дуговым разрядом. Покрытия имеют толщины 100, 300 и

500 нм. С целью повышения адгезии покрытия к стальной подложке для двух образцов с толщинами покрытия 300 и 500 нм предварительно был нанесён подслои титана толщиной 800 нм.

Модуль упругости и микротвёрдость покрытий определялись путём внедрения в покрытия алмазной пирамиды Берковича с непрерывной регистрацией кривых на наноинденторе 750 Ubi (Hysitron, США). Радиус кривизны острого алмазного зонда 60 нм, прикладываемая нагрузка 1000 мкН. Результат приведён на рисунке ниже.

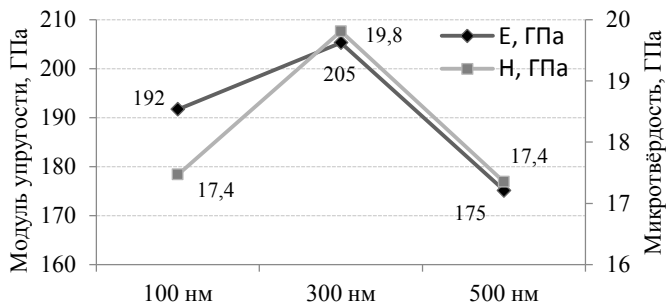


Рис. Механические характеристики алмазоподобных покрытий разной толщины на стали

УДК 621

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОДГОТОВКИ ИСХОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Магистр Шабура М.А.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является сравнительный анализ методов смешения компонентов для последующего синтеза технической керамики.

Смешение в технологии керамики позволяет достичь максимальную степень гомогенности смеси исходного сырья, что непосредственно влияет на эксплуатационные свойства керамических материалов. Формирование структуры многокомпонентных твердых растворов происходит в результате высокотемпературной обработки исходных смесей компонентов, но на стадии подготовки ответственной операцией является смешение компонентов.

Твердый раствор заданного состава получается в результате взаимодействия твердых частиц разных химических веществ в процессе твердофазовых взаимодействий. Анализ литературных источников показал, что

существует два основных метода смешения исходного сырья: механическое смешение твердых веществ и приготовление однородного раствора растворимых компонентов.

Каждый из указанных методов имеет свои особенности, преимущества и недостатки. Достоинства керамического метода – его универсальность, он позволяет получать материалы любого химического состава на одном и том же оборудовании. Особенно существенно на свойства сегнетокерамики влияют дисперсность и чистота исходного сырья. Для механического смешивания используют мелющие тела, к которым добавляется жидкая среда (вода). Иногда используют сухой метод

Метод получения пьезокерамики высокого качества с воспроизводимыми электрофизическими свойствами представляет большие трудности, и незначительные отклонения в проведении технологического процесса приводит к изменению свойств керамики. Особенно чувствительны свойства керамики к качеству сырья, что связано с особенностями твердофазных реакций.

Использование механического метода смешения компонентов предусматривает требования к сырью, относящиеся к стабильности химического состава (содержание основного вещества, состав и количество примесей) и физико-химического состояния (кристаллическая структура, дисперсность, однородность, химическая и термическая предыстория).

УДК 621

## **ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СЕГНЕТОКЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ**

Магистр Шабура М.А.

Кандидат техн. наук, доцент Колонтаева Т.В.

Белорусский национальный технический университет

Целью данной научной работы является синтез сегнетокерамических материалов на основе твердых растворов титанатов бария и висмута и исследование структуры образцов. Синтез опытных образцов сегнетокерамики проводился по двум направлениям: одностадийная и двухстадийная технология.

В соответствии с первой технологией титанат бария  $BaTiO_3$  и титанат висмута  $Bi_4Ti_3O_{12}$  синтезируются раздельно. Смеси компонентов готовятся путем помола в микрошаровой мельнице в течение 20 минут. Полученные смеси подвергали высокотемпературной обработке в электрической печи. Температура спекания составляет  $1250\text{ }^\circ\text{C}$ , с выдержкой при максимальной температуре 2 часа. На рисунке представлена структура образцов

сегнетокерамики, полученной по двум направления: одностадийной и двухстадийной технологией

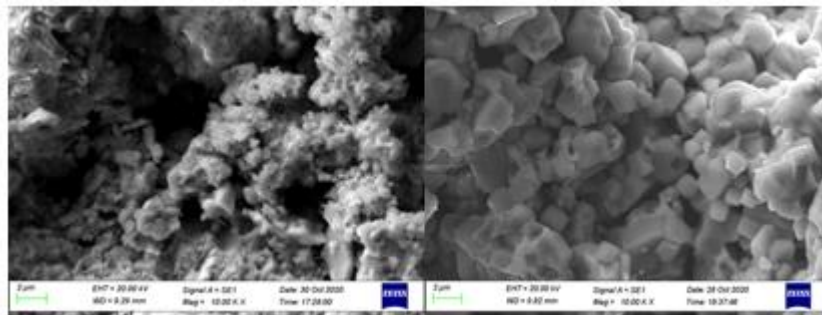


Рис. Структура образцов сегнетокерамики

Как видно из рисунка, более однородная структура керамики формируется по двухстадийной технологии, что объясняется более полным процессом спекания.

Аналогично по описанной выше технологии синтезируется  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ . Температура спекания  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  составила  $1050^\circ\text{C}$ , с выдержкой при максимальной температуре 2 часа. Полученные порошки после измельчения спеков  $\text{BaTiO}_3$  и  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  смешиваются в заданном стехиометрическом соотношении (50:50) для синтеза трехкомпонентной керамики в системе  $\text{BaO-Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ . Температура спекания составляет  $1150^\circ\text{C}$ .

В соответствии со второй технологией, сегнетокерамика на основе твердых растворов титаната бария-висмута синтезируют одностадийным методом. Для синтеза используют карбонат бария, оксид титана и оксид висмута.



## СЕКЦИЯ 4. ОПТОЭЛЕКТРОНИКА, ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 681.787

### ЛАЗЕРНЫЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР

Студент гр. 11302119 Альмухаметов Д.М.

Кандидат техн. наук, доцент Габец В.Л.

Белорусский национальный технический университет

Лазерный интерферометр – это оптический прибор, предназначенный для измерения параметров отклонения формы плоских и сферических поверхностей оптических деталей.

Лазерный интерферометр (рис.) состоит из когерентного источника света 1, полупрозрачного зеркала 2, эталонного зеркала 3, измерительного зеркала 4 и детектора 5.

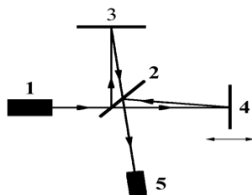


Рис. Ход лучей в интерферометре

Луч выходит из когерентного источника света, проходя через полупрозрачное зеркало, он делится на два луча, которые в свою очередь проходят различные пути, и после отражения в зеркалах объединяются, попадая в детектор [1].

Интерферометры широко используются в технике для измерения малых перемещений, изменений показателя преломления и неровностей поверхности [2]. Точность определения длины волны лазерного интерферометра НРІ-3D составляет  $\pm 0,005$  мкм, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений –  $\pm(0,4 \cdot L)$  мкм, где  $L$  – измеряемая длина, м [3].

### Литература

1. Принцип работы интерферометрических систем [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. дан. – 05.03.2021. – Режим доступа: <https://www.renishaw.ru/ru/how-do-interferometric-systems-work--38612>
2. Интерферометрия – Википедия [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. дан. – 06.03.2021. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Интерферометрия>
3. Лазерная измерительная система от Lasertex – Интерферометр НРІ-3D [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. дан. – 06.03.2021. – Режим доступа: <https://lasertex.eu/каталог/интерферометр-лазерный-hpi-3d/>

## СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ ОПТИЧЕСКОЙ ОСИ

Студентка гр. 121171 Баранкова Е.О.

Кандидат техн. наук, доцент Матвеев В.В.

ФГБОУ ВО «Тюльский государственный университет»

Актуальность данной работы заключается в том, что система стабилизации (СС) оптической оси широко применяется в различных областях науки и техники, в том числе для работы на беспилотных летательных аппаратах (БПЛА) [1]. Функционирование фото-видео аппаратуры в составе БПЛА осложняется действием на неё различных возмущений (вибрации, удары, колебания и т. п.) со стороны корпуса летательного аппарата [2]. Поэтому для достижения устойчивой съёмки БПЛА должен быть оборудован СС, которая реализуется в виде двухосной платформы.

В работе предложена СС с использованием современной микросистемной техники. Стабилизируемая платформа содержит модуль микромеханических гироскопов и акселерометров *MPU6050* (рис.), вырабатывающий сигналы об угловой скорости и ускорениях платформы СС, которые поступают на вычислительное устройство (контроллер *Arduino*). Последнее при помощи драйвера управления двигателем *L293D* управляет моторами для стабилизации платформы.

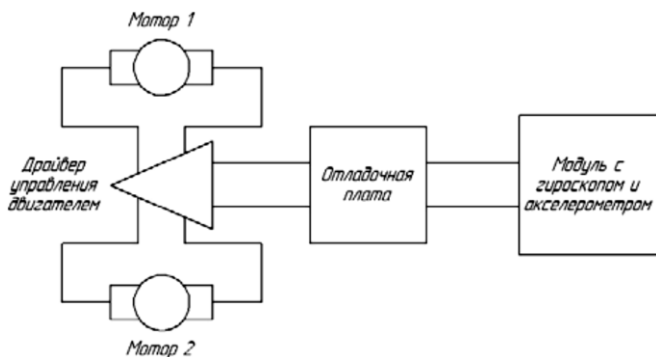


Рис. Система для управления двигателями

Предложенные схематехнические решения показали высокую эффективность СС в составе БПЛА.

### Литература

1. Рэндал У. Биард, Тимоти У. МакЛэйн. Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика. – Москва: Техносфера, 2015. – 312 с. (Мир радиоэлектроники).
2. Бабаев А.А. Стабилизация оптических приборов. Ленинград: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1976. – 188 с.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Студент гр. 11311118 Берёзко В.А.

Кандидат техн. наук, доцент Фёдорцев Р.В.

Белорусский национальный технический университет

Лазерная резка органического стекла (полиметилметакрилата ПММА) имеет ряд технологических особенностей: в связи с тем, что это оптически прозрачный материал, он легко аккумулирует энергию лазерного излучения и начинает быстро плавиться вследствие объёмного поглощения. Время преобразования лазерной энергии в тепло в полимерных материалах составляет  $10^{-12} \dots 10^{-3}$  с, что является высокоинтенсивным источником нагрева. Для лазерных источников ИК – излучения в диапазоне 5–15 мкм коэффициент поглощения полимера составляет  $\alpha(\lambda) = 0,98 \dots 0,86$ ; для видимого и ближнего ИК диапазона ( $\sim 1$  мкм) значения  $\alpha$  гораздо ниже и соответственно их применение является малоэффективным [1]. Для большинства полимеров коэффициент теплопроводности лежит в пределах  $(0,15 \dots 0,50) \times 10^{-2}$  Вт/см $\times$ К. Таким образом получение ровных контурных кромок поверхности возможно только при обеспечении большой скорости перемещения лазерной головки. При этом, технологически допустимая толщина листов находится в пределах от 1 до 24 мм. Качество реза повышается при использовании импульсно-периодического характера излучения. Апертура лазерного пучка составляет 0,1...0,2 мм, а точность раскроя на лазерном оборудовании составляет порядка  $\pm 0,015$  мм.

В качестве источника излучения используется газовый лазер CO<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>-He модели W2 ( $\lambda = 10,6$  мкм, P = 90 Вт) производства компании RECI, работающий в импульсном режиме с частотой следования импульсов XXX. Система доставки излучения в рабочую зону осуществляется посредством трех юстируемых зеркал (одно из зеркал установлено на подвижной каретке). Расстояние от сопла до рабочей поверхности выбирается от 2 до 10 мм и определяется параметрами объектива. Обычно используют три вида фокусирующих линз: короткофокусные (диаметр каустики наименьший, для выполнения тонкой гравировки), длиннофокусные (каустика толще и расходимость меньше, для резки толстых материалов) и среднефокусные (универсальные, параметры находятся на одном уровне).

### Литература

1. Голубенко Ю.В., Бондарев А.В., Пономаренко К.В. Некоторые аспекты лазерной резки полимеров и ПКМ. ООО «Лазер Сервис». 02.09.2009. <https://plastinfo.ru/information/articles/239/>

## ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ БИНОКУЛЯРА ТЕПЛОВИЗИОННОГО

Студент гр. 11311216 Бобко А.Н.<sup>1,2</sup>

Кандидат техн. наук, доцент Фёдорцев Р.В.<sup>1</sup>,

инженер-конструктор Конопляник Е.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>УП «НТЦ «ЛЭМТ»

Задача визуального наблюдения объектов, имеющих температурный контраст с окружающей средой для использования в правоохранительных органах, спецподразделениях и других силовых структурах всегда была актуальна, однако сейчас возрос спрос и на гражданское использование, например, в охоте. Также из-за конкуренции постоянно повышается планка требований к удобству и комфортному использованию даже в гражданском сегменте рынка, не говоря уже о военном. Бинокуляр тепловизионный является улучшенной модификацией монокуляра, который позволяет вести наблюдения двумя глазами, что для многих является принципиальным моментом.

Целью данной оптимизации конструкции служит обеспечение минимально возможных габаритных размеров и веса прибора, что играет важную роль при использовании кронштейна крепления на голову.



В оптическую схему были внесены изменения. Призмный блок, который выводит изображение на окуляры, занимает много места и имеет проблемы с качеством изображения, поэтому вместо них были введены два микродисплея, на которые поступает изображение с тепловизионного модуля.

Микродисплеи, по сравнению с призмным блоком, юстируются проще и быстрее, а также дают возможность настройки межосевого расстояния под пользователя.

Так как основной задачей является уменьшение габаритов и веса бинокуляра, то, за счёт введения микродисплеев мы избавились от призмного блока, что привело к уменьшению габаритов.

### Литература

1. Системы тепловидения / Дж. Ллойд. Перевод с англ. канд. техн. наук Н.В. Васильченко; под ред. канд. техн. наук А.И. Горячева. – М.: Изд-во «Мир», 1978. – 416 с.

## **РАСЧЕТ ОСВЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОМЕЩЕНИЯ ТОЧЕЧНЫМ МЕТОДОМ**

Студенты гр. 11309120 Бобнева В.С., Кравчук А.Е.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Манего С.А.

Белорусский национальный технический университет

Условия освещения на промышленных предприятиях оказывают влияние на зрительную работоспособность, моральное состояние людей, следовательно, на производительность труда, т.е. в результате это сказывается на качестве продукции. Для создания благоприятных условий труда производственное освещение должно отвечать требованиям СН и ТКП-45-2.04-153-2009(02250) «Естественное и искусственное освещение».

Искусственное освещение применяется при отсутствии или недостаточности естественного освещения, осуществляется путем использования таких источников света как газоразрядные лампы, светодиодные лампы, световоды. Искусственное освещение делят по типу системы освещения: местное – концентрируется световой поток непосредственно на рабочих местах и общее, которое делится на равномерное и локализованное. Для расчета искусственного освещения производственного помещения использовалась методика точечной оценки удельной мощности. С помощью данного метода был проведен расчет, светового потока ламп накаливания ДРЛ от каждого светильника (~20000 лм). Создаваемая такими источниками освещенность называют условной. По полученному световому потоку выбираются лампы, световой поток которых должен отличаться от условного светового потока в пределах - (10...+20 %). Расчет проводился для производственного помещения, цеха №1. Габаритные размеры, которого были 14x20x3.5 м, число светильников 12, тип РСР 99-400 с лампой ДРЛ 400. Расчеты показали, что суммарная условная освещенность в контрольной точке была ≈ 300 лк.

Таким образом, общая освещенность при использовании РСР светильников обеспечивает требуемое освещение по СН и ТКП-45-2.04-153-2009(02250), но эффективность энергопотребления данных светильников очень низка. Для улучшения энергоэффективности освещения цеха №1 предлагается использовать светодиодные светильники типа Sveteko 96-18240-200-III-SH.

## ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКЕ

Аспирант гр. ПА-01ф Братова Д.Р.

Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт им. И. Сикорского»

В последние годы при обработке сигналов и изображений широко используется новый математический базис представления сигналов с помощью «коротких всплесков» – вейвлетов. С его помощью можно обрабатывать нестационарные сигналы, сигналы с разрывами и другими особенностями [1]. Некоторые вейвлет-функции имеют аналитическое выражение, другие – алгоритм вычисления связанного с ними вейвлет-преобразования. Вейвлет-преобразования являются математическим средством для анализа сигналов, когда частота сигнала изменяется со временем.

Для определенных классов сигналов и изображений вейвлет-анализ обеспечивает более точные результаты по сравнению с другими методами анализа [2]. Такие преобразования используют для сжатия изображений, выделения функций, уменьшения шума, сжатия данных и анализа временных рядов. Дискретные вейвлет-преобразования являются достаточно эффективными в задачах сжатия сигналов и изображений, задачах очистки сигналов от шумов. Для обработки оптических сигналов использование вейвлетов является перспективным, потому, что оно, в отличие от преобразования Фурье (результатом которого является зависимость амплитуды от частоты), позволяет получить зависимость амплитуды от частоты и времени. С учетом характерных особенностей различных вейвлетов во временном и в частотном пространстве, в сигналах, которые анализируются, можно выявлять те или иные свойства и особенности, которые незаметны в сигналах, особенно в присутствии сильных шумов.

Статистическая обработка, редукция избыточной информации, криптография, обработка оптической информации – это лишь краткий список тех областей, где вейвлеты активно находят применение и несмотря на то, что математический аппарат вейвлет-анализа разработан и теория сформирована – вейвлеты оставляют большое поле для исследований.

### Литература

1. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам / Пер. с англ. Е.В. Мищенко. Под ред. А.П. Петухова // М.: РХД. – 2001. – Т. 42.

## **О ВЛИЯНИИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ КОГЕРЕНТНОСТИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ РАСТИТЕЛЬНЫХ КЛЕТОК**

Аспирант Вершинин М.Н.

Д-р техн. наук, профессор Юран С.И.

ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия»

В большинстве работ, посвященных исследованию эффекта лазерной стимуляции на функциональную активность растительных клеток, не уделяется должного внимания такому параметру, как пространственная когерентность оптического излучения. Пространственная когерентность оптического излучения оказывает серьезное влияние на стимулирование растительных клеток. В некоторых исследованиях, данный параметр является основополагающим для достижения эффекта лазерной стимуляции.

А.В. Будаговский проводил ряд исследований, о влиянии пространственной когерентности лазерного излучения на функциональное состояние растительных клеток. В своем исследовании он сравнил эффект от применения квазимонохроматического излучения высокой и низкой степени когерентности на заражение плодов яблони Антоновка обыкновенная физиологическими болезнями. В результате исследования поражение плодов физиологическими болезнями было в разы меньше у обработанных высококогерентным излучением, чем низкокогерентным.

На основании методики, предложенной А.В. Будаговским, в одной из работ, посвященной лазерной стимуляции растительных клеток, было предложено устройство. Устройство основывалось на использовании матричных облучателей с лазерным диодом, низкокогерентное излучение которого находилось в инфракрасной области спектра. Пользуясь теоремой Винера-Хинчина, автору удалось получить необходимые соотношения пространственной когерентности (радиус и длину корреляции) при сохранении необходимой плотности мощности.

Согласно данной методике, автору удалось увеличить объем когерентности лазерного светодиода с  $\sim 20$  до 80 мкм. Следовательно, на основании условия проявления лазерной стимуляции, согласно которому, растительная клетка (40–50 мкм) должна помещаться в объем когерентности лазерного излучения (80 мкм) для проявления эффекта стимулирования функциональной активности, можно сделать вывод, что устройство способно влиять на функциональную активность растительных клеток. Практическое применение данного устройства также показало свою эффективность, согласно которому удалось увеличить период хранения плодов яблони при минимальных энергозатратах на производственный цикл хранения.

## КОМБИНИРОВАННЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ ПРИБОР УПРАВЛЕНИЯ (КОПУ) 1К118П

Студент гр. 11311116 Глухов А.В.<sup>1</sup>

Д-р физ.-мат. наук Кулешов Н.В.<sup>1</sup>,

Инженер-конструктор 2 кат. Цихович А.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>ОАО «Пеленг»

Любая боевая машина оснащена прицельными наблюдательными комплексами. Наличие КОПУ 1К118П (рис.), разработанного белорусским ОАО «Пеленг», в составе самоходного противотанкового ракетного комплекса «Хризантема-С» обеспечивает поиск, обнаружение, распознавание и сопровождение целей оператором на всех дальностях стрельбы днём и ночью, а также наведение изделия на движущиеся и неподвижные наземные, надводные и малоскоростные низколетящие цели.

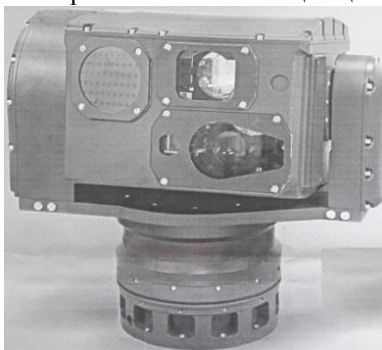


Рис. КОПУ 1К118П

Изделие оснащено тепловизионным каналом (ночной прицел), телевизионным каналом (дневной прицел, узкое и широкое поле зрения), каналом лазерного дальномера, лазерно-лучевым каналом управления (комбинированная система управления ракетами).

Изделие 1К118П по сравнению с украинским теплотелевизионным прибором управления 1К118Т обладает более высокими техническими характеристиками. Так, например, дальность обнаружения цели типа «танк» (бортовая проекция) в узком поле зрения телевизионного канала в нормированных условиях с вероятностью 0,8 составляет не менее 7 км у белорусского варианта, не менее 6 км – у украинского варианта; белорусский вариант обеспечивает большую максимальную скорость наведения. Более подробно с техническими характеристиками изделия украинского варианта можно ознакомиться на сайте «НПК Фотоприбор» (<http://photopribor.ck.ua/ru/products/defense/pks/1k118t/>).



## **ВИЗИРНЫЙ КАНАЛ**

Студент гр. 121171 Данилкина М.А.

Кандидат техн. наук, доцент Дмитриев А.В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

Опτικο-электронными называются приборы, в которых информация об исследуемом или наблюдаемом объекте переносится оптическим излучением, а её первичная обработка сопровождается преобразованием энергии излучения в электрическую энергию. В состав этих приборов входят как оптические, так и электронные звенья, причем и те и другие выполняют основные функции данного прибора, а не являются вспомогательными устройствами [1].

В настоящее время опτικο-электронные приборы используются при решении самых разнообразных гражданских задач: при линейных и угловых измерениях, автоматическом слежении и управлении, исследовании природных ресурсов и окружающей среды, обработке оптических изображений. Их применяют во всех отраслях народного хозяйства, науки, техники, в том числе в геодезии и дистанционном зондировании, и области приложения этих приборов непрерывно расширяются.

Одним из оптических устройств является визирный канал. Он предназначен для наблюдения за изображениями объектов и визирования на них. Визирный канал представляет собой телескопическую систему, состоящую из объектива, сетки, коллектива, оборачивающей системы и окуляра. В представленной работе рассматриваются вопросы расчета и построения данного канала.

### **Литература**

1. Погорельский С.Л. Прикладная оптика. Курс лекций: учеб. пособ. для вузов. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2010. – 253 с.

## **ПРИЦЕЛ ПАНОРАМНЫЙ**

Студенты гр. 11311216 Дегтерёв В.П., гр. 11311119 Али-заде Э.Т.

Д-р техн. наук, профессор Козерук А.С.,

кандидат техн. наук, доцент Кузнечик В.О.

Белорусский национальный технический университет

Прицел предназначен для выполнения следующих задач: панорамного обзора местности, обнаружения, опознавания и выбора цели в дневное и ночное время в условиях естественной освещенности от 5000 до 0,5 лк в сложных погодных условиях; обеспечения стабилизированного наведения

в двух плоскостях и удержания прицельной марки; обеспечения измерения дальности до цели лазерным дальномером на дистанции от 300 до 5000 м с погрешностью не более в 10 м.

Перечисленные функции прицел обеспечивает как в неподвижном состоянии, так и при движении по среднепересеченной местности со скоростью до 30 км/ч.

Прицел обладает стойкостью к воздействию коррозионно-активных агентов атмосферы, специальных сред, паров масла и дизельного топлива, к поражающим факторам ядерного взрыва, а также помехозащищенностью от электромагнитных излучений естественного происхождения.

Прицел герметичен и выдерживает избыточное внутреннее давление воздуха 19,6 кПа (0,2 кгс/см<sup>2</sup>).

Прицел сохраняет прочность при воздействии вибрации на одной частоте в диапазоне частот от 20 до 30 Гц с ускорением 19,6 мс<sup>2</sup>, а в штатной упаковке противостоит разрушающему действию механических нагрузок, возникающих при его транспортировании любым видом транспорта по дорогам с любым покрытием и на любые расстояния.

Прицел сохраняет работоспособность в условиях ударных нагрузок многократного действия с ускорением 196 м/с<sup>2</sup> и длительностью от 5 до 15 мс, после воздействия многократных ударов с ускорением 196 м/с<sup>2</sup> длительностью импульса от 5 до 15 мс, при воздействии вибраций в диапазоне частот от 10 до 40 Гц с амплитудой 0,2 мм от 40 до 120 Гц с ускорением 19,6 мс<sup>2</sup>, при воздействии акустического шума с уровнем звукового давления 135 дБ в диапазоне частот от 50 до 10000 Гц и при статическом и динамическом воздействии песка и пыли, при температуре окружающей среды от -50 до +50 °С, после воздействия предельных температур – пониженной -60 °С и повышенной +70 °С, при повышенной влажности окружающей среды 98 % при температуре 25 °С, при воздействии ударных нагрузок многократного действия с ускорением 196 м/с<sup>2</sup>.

УДК 681.7.08

## **МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНЫХ ДАЛЬНОМЕРОВ**

Аспирант Дейнека Р.В.<sup>1,2</sup>, аспирант Романов Д.В.<sup>1,2</sup>

Д-р физ.-мат. наук, профессор Кулешов Н.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>ОАО «Пеленг»

В настоящее время разработка целевой аппаратуры (ЦА) для космических аппаратов, применяемых для дистанционного зондирования Земли, является одной из перспективных и актуальных задач в области оптико-

электронного приборостроения. Помимо основных съёмочных систем в состав ЦА входят лазерные дальномеры.

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

На предприятии ОАО «Пеленг» был разработан многофункциональный измерительный стенд для контроля параметров лазерных дальномеров, внешний вид которого приведен на рисунке.

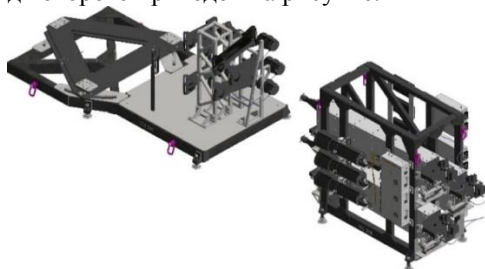


Рис. Внешний вид измерительного стенда

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

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

УДК 535.317

## МОДЕРНИЗАЦИЯ МИКРОСКОПА СОВМЕЩЕНИЯ

Студент Евстрат Я.В.<sup>1</sup>

Д-р техн. наук, профессор Артюхина Н.К.<sup>1</sup>

доцент Клочко Т.Р.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>Национальный технический университет

«Киевский политехнический институт им. И. Сикорского»

Микроскоп – это устройство, предназначенное для увеличения изображения объектов изучения для просмотра скрытых для невооруженного глаза деталей их структуры. Прибор обеспечивает увеличение в десятки или тысячи раз, что позволяет проводить исследования, которые невозможно получить, используя любое другое оборудование или приспособление.

На производстве для изготовления приборов и их компонентов также широко используются микроскопы. Так, например, оптическая микроскопия для микроэлектроники. Это, прежде всего, контроль качества изготовления микросхем, печатных плат, их пайка, ремонт. Для выполнения всех этих операций нужны микроскопы для непосредственного наблюдения с достаточно большим полем зрения и глубиной резкости, и увеличением в десятки, реже до 100–150 раз. Одним из таких микроскопов является микроскоп совмещения [1].

Микроскоп совмещения предназначен для визуального контроля совмещения топологии шаблона с топологией полупроводниковой пластины на установках типа ЭМ-5026В. В основе работы такого микроскопа лежит принцип проецирования увеличенного изображения объекта в отраженном свете по методу светлого поля. И, как правило, используется только один спектральный диапазон длин волн. Этим самым ограничивается использование конкретных пластин из определенных материалов.

Таким образом, сейчас очень актуальна модернизация таких микроскопов, для неограниченной обработки полупроводниковых пластин из различных материалов. Поэтому, чтобы достичь такого результата, необходимо организовать работу прибора так, чтобы микроскоп работал в нескольких диапазонах длин волн. Например, в видимом и инфракрасном диапазонах.

#### Литература

1. Микроскоп совмещения. Руководство по эксплуатации. БРАС.201134.24РЭ, 2017. – 10 листов.

УДК 621.382

### ТЕПЛОЙ АНАЛИЗ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУР

Студент гр. 10903120 Есипович Д.А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Манего С.А.

Белорусский национальный технический университет

Основной проблемой при оценке качества полупроводниковых структур (ПС) используемых для создания полупроводниковых приборов является точное знание температуры  $p$ - $n$ -перехода во время их работы. Поэтому точное измерение температуры активной области работы полупроводниковых приборов является актуальной задачей. При измерении различных параметров светодиодов, мы одновременно разогреваем ПС, другими словами, мы получаем искаженную информацию из-за эффекта самонагрева, вызванного измерением. Поэтому при измерении стремятся использовать короткие токовые импульсы, при этом снижается эффект самонагрева и температура перехода очень близка к температуре,

установленной до измерения. Следует отметить, что для светодиодов, у которых отсутствуют какие либо преобразовательные элементы, измерение температуры активной области ПС может существенно упроститься. В последние годы, существенно возросло число полупроводниковых структур обладающие различными дополнительными устройствами преобразующие выходное излучение (квантовые ямы, люминофор). Рост температуры люминофора вызван нагревом самого люминофора за счет теплопередачи. Кроме того, разогрев люминофора также зависит от количества фотонов (или лучистого потока), т. е. более яркий ПС вызывает больший нагрев люминофора.

В настоящее время для различных условий испытаний светоизлучающих ПС и оценки их основных параметров работы, сформировались так называемые «специальные условия» (короткоимпульсные измерения). Такие измерения позволяют, с определенной точностью, сравнивать характеристики различных светодиодов в «квазистандартизированных» условиях. Сама методика измерений выполнена на постоянном токе с высокой точностью измерения выходного сигнала и описана в CIE TR 225, но стандартизированных условий испытаний полупроводниковых структур, т. е. (входные параметры) отсутствуют.

УДК 681.78

## **ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПРОПУСКАНИЯ ФАЗОВЫХ ЧЕТВЕРТЬВОЛНОВЫХ ПЛАСТИН**

Студент гр. 11311116 Климчук Д.Э.

Д-р физ.-мат. наук, профессор Кулешов Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Целью разработки данного приспособления является проверка на качество изготовления фазовых четвертьволновых пластин [1].

Приспособление для измерения коэффициента пропускания фазовых четвертьволновых пластин представляет собой столик, который состоит из двух переключаемых в автоматическом режиме анализаторов и вращающейся рабочей поверхности, приводимое в движение зубчатой передачей.

Столик разработан как аксессуар к прибору PHOTON RT от компании ООО «ЭссентОптикс». Спектральный диапазон измерения фазовых пластин составляет 220–5200 нм [2].

Принцип работы основан на определении угла, при котором определяется максимальный коэффициент пропускания определённой длины волны. Если фазовая четвертьволновая пластинка является ахроматической или суперахроматической, тогда с помощью столика определяется положение с максимальным коэффициентом пропускания при средней длине

волны диапазона самой пластинки, при котором в дальнейшем проводится измерение для требуемого диапазона длин волн.

### Литература

1. Савич Д.Е., Попова А.В. Практическое применение четвертьволновых и полуволновых фазовых пластинок в современных оптических устройствах // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – 2019. – Т. 2. – С. 83–87

2. Многофункциональные спектрофотометры Photon RT [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.essentoptics.com/>. Дата обращения 27.01.2021.

УДК 681.7.024.2

## ПРИБОР ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТОЧНОСТИ СКЛЕЙКИ ЛИНЗ

Магистрант Кузнецов А.В.<sup>1,2</sup>

Кандидат техн. наук, доцент Фёдорцев Р.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>ОАО «Пеленг»

Качество формируемого изображения сложных оптических систем определяется главным образом точностью сборки и юстировки входящих в них компонентов. Одним из современных направлений развития оптического приборостроения является создание контрольно-измерительных приборов для аттестации изделий, предназначенных для работы в среднем MWIR (3–5 мкм) и дальнем LWIR (8–12 мкм) спектральном диапазоне [1]. Среди существующих измерительных приборов, основанных на автоколлимационном методе, лишь немногие позволяют осуществлять контроль погрешностей центрирования деталей со сферическими поверхностями в инфракрасной области спектра [2–3].

Для повышения точности совмещения оптических осей предложен вариант конструкции прибора с двумя независимыми измерительными головками: одна для контроля в видимой области спектра, а другая – для инфракрасной области спектра. На приборе возможна реализация одной из двух схем контроля: при использовании одного автоколлиматора, осуществляется измерение погрешности центрирования одной или нескольких линз в режиме отраженного света (автоколлимационный метод); при наличии второго дополнительного коллиматора – возможно выполнение измерений в проходящем свете (коллимационный метод).

Предельно достижимые значения пороговой чувствительности измерений обеспечиваются с помощью аппаратных средств (прецизионные линейные направляющие и устройства позиционирования и вращения контролируемых деталей). Для обеспечения плавного вертикального перемещения и точного совмещения осей контролируемой линзы и автокол-

лиматора, предусмотрена система линейного перемещения с зубчатой рейкой.

#### Литература

1. Precise opto-mechanical characterization of assembled infrared optics / Daniel Winters [et al.] // SPIE Proc. – 2013. – Vol. 8704. – P.87042D.
2. Heinisch J. Complete characterization of assembled optics with respect to centering error and lens distances / J. Heinisch, P. Langehanenberg, H. Pannhoff // SPIE Proc. – 2011. – Vol. 8082. – P. 80821M.
3. Способ центрировки линз объектива штабеля конструкции и оправы линз для его осуществления: пат. 2602419 РФ / Латыев С.М. [и др.]; заявл. 17.03.2015; опублик. 10.10.2016, Бюл. № 28. – 9 с.

УДК 681.78

### СТЕНД КОНТРОЛЯ ЛУЧЕВОЙ ПРОЧНОСТИ ОПТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Студент гр. 11311216 Кунц А.В.<sup>1</sup>

Кандидат техн. наук, доцент Кузнечик В.О.<sup>1</sup>

Инженер-исследователь 1 категории Демеш М.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>ОАО «Пеленг»

Целью разработки данной установки является тестирование оптических материалов на длине волны лазерного излучения 1540 нм.

Стенд контроля лучевой прочности оптических материалов позволяет исследовать образцы по методикам из двух групп: первая группа рассматривает лучевую прочность как пороговую величину [1], а вторая использует вероятностный подход [2, 3].

В настоящее время используются стенды, в которых применяются лазеры на основе кристалла Nd:YAG с длиной волны 1064 нм. Излучение на данной длине волны может вызвать серьезное повреждение сетчатки глаза, поскольку оно невидимо и велика вероятность поражения отраженными лучами. Переход к длине волны 1540 нм снизит вероятность поражения, т. к. это излучение оказывает минимальное влияние на органы зрения человека.

Создание данного стенда позволит провести испытания оптических материалов на длине волны, максимально безопасной для органов зрения человека.

#### Литература

1. Алексеев В.П. [и др.] Исследование лучевой прочности поверхности экспериментального лазерного стекла // Оптический журнал, 2002. – № 1. – С. 11–15.
2. International standard ISO 11254-1\_2000 First edition 2000-06-01.
3. International standard ISO 11254-2\_2001 First edition 2001-09-15.

## НЕПРЕРЫВНЫЙ ЛАЗЕР С ПРОДОЛЬНОЙ НАКАЧКОЙ НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛА $\text{Yb}^{3+}:\text{LuAlO}_3$

Студент гр. 11311116 Лазарчук А.И.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Кисель В.Э.,

кандидат физ.-мат. наук Горбаченя К.Н.,

д-р физ.-мат. наук, профессор Кулешов Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Наличие мощных лазерных диодов накачки на основе соединений  $\text{InGaAs}$  в спектральной области поглощения ионов  $\text{Yb}^{3+}$  (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 работе проведено исследование спектроскопических и генерационных характеристик кристаллов  $\text{Yb}^{3+}$  (2 ат. %): $\text{LuAlO}_3$ . Измерены поляризационные спектры поглощения кристалла  $\text{Yb}:\text{LuAlO}_3$ . Оценено время жизни верхнего лазерного состояния  $^2F_{5/7}$  ионов  $\text{Yb}^{3+}$  в кристалле. Рассчитаны спектры сечения поглощения и вынужденного излучения. Исследован режим непрерывной генерации для различных поляризаций излучения в кристалле. На рисунке показаны зависимости выходной мощности от поглощенной мощности накачки для E//b- и E//c- поляризаций излучения в активной среде при пропускании выходных зеркал 5, 10 и 20%. Наибольшее значение выходной мощности 9.6 Вт на длине волны 1041.3 нм получено для поляризации выходного излучения E//b и пропускании выходного зеркала 5% при поглощенной мощности накачки 15.2 Вт. Дифференциальная эффективность достигала 73.5%. Максимальная выходная мощность для поляризации выходного излучения E//c получена при пропускании выходного зеркала 10% и составляет 9.1 Вт на длине волны 1019.5 нм с дифференциальной эффективностью 77.9%.

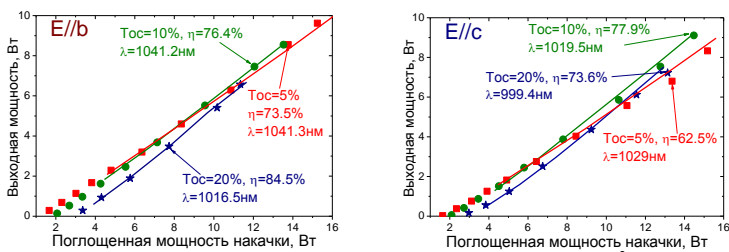


Рис. Выходные характеристики лазера на кристалле  $\text{Yb}^{3+}:\text{LuAlO}_3$ .

Точки – экспериментальные результаты, линии – результаты математического моделирования



## СПЕКТРАЛЬНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ОПТИЧЕСКОЙ КЕРАМИКИ $\text{Er}:\text{Y}_2\text{O}_3$

Студент гр. 11311116 Лазарчук А.И.<sup>1</sup>  
Кандидат физ.-мат. наук, доцент Кисель В.Э.<sup>1</sup>,  
кандидат физ.-мат. наук Горбаченя К.Н.<sup>1</sup>,  
д-р физ.-мат. наук, профессор Кулешов Н.В.<sup>1</sup>  
Лопухин К.В.<sup>2</sup>, Балашов В.В.<sup>2</sup>  
Федин А.В.<sup>3</sup>, Герке М.Н.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет  
<sup>1</sup>Фрязинский филиал института радиотехники и электроники  
<sup>3</sup>Владимирский государственный университет

Появление доступных источников накачки излучающих в области около 1.5 мкм с приемлемыми пространственными и спектральными характеристиками пучка вызвало повышенный интерес к изучению материалов, активированных только ионами  $\text{Er}^{3+}$ , для применения в лазерах с резонансной накачкой непосредственно на верхний лазерный уровень  $^4\text{I}_{13/2}$  и генерацией в спектральном диапазоне около 1.6 мкм.

В работе проведено исследование спектрально-люминесцентных свойств оптической керамики  $\text{Er}(0,5\text{at.}\%):\text{Y}_2\text{O}_3$ . Определены спектры сечений поглощения в спектральной области 1400–1650 нм (рисунок 1). Максимальное сечение поглощения составляет  $2.0 \times 10^{-20} \text{ см}^2$  на длине волны 1535 нм. Изучена кинетика затухания люминесценции ионов  $\text{Er}^{3+}$  на длине волны около 1580 нм (рисунок 2). Временная зависимость затухания люминесценции носила моноэкспоненциальный характер. Время жизни уровня  $^4\text{I}_{13/2}$  составляет  $7.5 \pm 0.5$  мс. При использовании модифицированного метода соответствия рассчитаны спектры сечений стимулированного испускания (рисунок 3). Максимальное сечение стимулированного испускания составляет  $2.1 \times 10^{-20} \text{ см}^2$  на длине волны 1535 нм. Показана перспективность использования оптической керамики  $\text{Er}:\text{Y}_2\text{O}_3$  в качестве активной среды лазеров спектрального диапазона около 1.6 мкм.

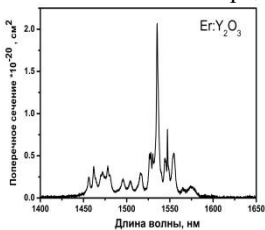


Рис. 1. Спектр сечений поглощения в области 1400–1650 нм

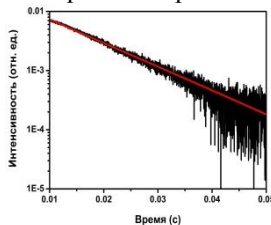


Рис. 2. Кинетика затухания люминесценции

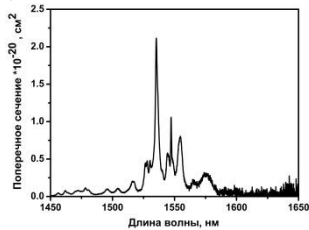


Рис. 3. Спектр сечения стимулированного испускания

## **ИНТЕРФЕЙС ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА СТАБИЛИЗАЦИИ ОПТИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ**

Студент гр. 121171 Лебедев Р.С.

Кандидат техн. наук, доцент Алалуев Р.В.

ФГБОУ ВО «Тулский государственный университет»

В работе представлено программно-алгоритмическое обеспечение, которое позволяет в процессе работы твердотельного волнового гироскопа визуализировать входные и выходные данные в виде графиков и сопровождающего текста. Обеспечен обмен данными предлагаемого программного обеспечения и приложениями.

Одним из основных методов при создании современных измерительно-вычислительных комплексов является моделирование. В ходе процесса моделирования необходимо при проектировании комплекса использовать его графические и математические модели и представлять пользователю данные как о ходе процесса моделирования, так и о полученных результатах. На различных этапах проектирования это могут быть исходные, промежуточные и окончательные данные проекта или его этапа в текстовой, числовой и графической формах, в частности, структурные и электрические схемы комплекса и его блоков, результаты расчетов, в том числе в виде графиков, таблиц и рисунков, которые формируются в процессе моделирования и могут редактироваться.

Предлагается программное обеспечение (ПО) для визуализации результатов работы твердотельного волнового гироскопа по измерению угловой скорости, которая базируется на объектно-ориентированном программировании. Программные средства реализованы в среде программирования Delphi 10 seattle. ПО прошло натурные испытания на реальном образце волнового твердотельного гироскопа с металлическим резонатором. Основными функциями программы являются: калибровка и настройка датчика, определение резонансных частот, визуализация показаний, определение температурных погрешностей.

### **Литература**

1. Распопов В.Я. Волновой твердотельный гироскоп с металлическим резонатором / В.Я. Распопов, И.А. Волчихин, А.И. Волчихин, А.В. Ладонкин, В.В. Лихошерст, В.В. Матвеев // Тула: Издательство ТулГУ. – 2018. – С. 189.

## ГИРОСТАБИЛИЗАТОР ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Студентка гр. 141101/02 Лишун Л.Е.

Кандидат техн. наук, доцент Матвеев В.В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

Объектом исследования является бесплатформенная система ориентации на микромеханических гироскопах и акселерометрах, вырабатывающая углы рыскания, тангажа и крена гражданского беспилотного летательного аппарата. Целью работы является исследование погрешностей бесплатформенной системы ориентации и разработка способов повышенной точности. В процессе исследования анализировалась бесплатформенная система ориентации с применением различных кинематических параметров: углов Эйлера-Крылова, направляющих косинусов, кватернионов [1]. Проведены на базе конструктора *Arduino Nano* экспериментальные исследования бесплатформенной системы ориентации на микромеханических гироскопах компании *Analog Devises*. Предложены алгоритмы коррекции системы ориентации путем привлечения сигналов акселерометров.

Кинематическая схема индикаторного двухосного гиросtabilизатора приведена на рисунке.

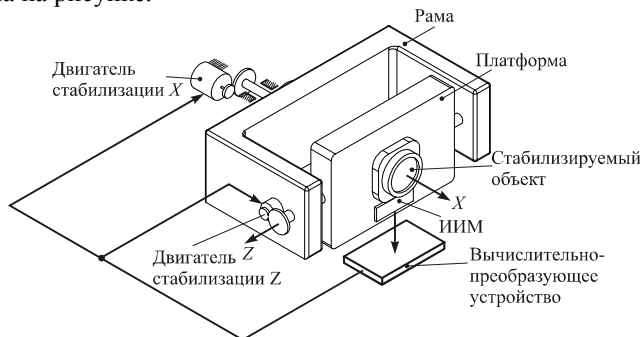


Рис. Схема двухосной системы стабилизации

Платформа имеет две степени свободы относительно подвижного объекта: вращение вместе с рамой вокруг оси  $X$  и собственное вращение относительно оси  $Z$  [2]. Соответственно оси  $X$  и  $Z$  являются осями стабилизации системы стабилизации.

## Литература

1. Карпов В.К., Родионов В.И., Савельева М.А. Системы стабилизации и управления. – Тула, 1983. – 65 с.

2. Бабаев А.А. Стабилизации оптических приборов. – Ленинград: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1976. – 188 с.

## **ЛАЗЕРНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ОЧИСТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЗАГРЯЗНЕНИЙ**

Студент гр. 11311216 Луцкович З.М.  
Кандидат техн. наук, доцент Фёдорцев Р.В.,  
научный сотрудник Лапковский А.С.  
Белорусский национальный технический университет

Мировая промышленность ежедневно встречается с проблемой очистки поверхности металла от оксидных пленок, ржавчин и множества других видов загрязнений. Большинство способов очистки являются токсичными или малопроизводительными и экономически не целесообразными. В настоящее время тенденции мировой промышленности направлены на более экологичное производство. Стандартные методы очистки сменяются более экологичным и более производительным методом – лазерной очисткой поверхностей металла.

Преимущества лазерной обработки по сравнению с другими методами – это: химическая чистота, контролируемый профиль температуры, форма зоны и глубины теплового воздействия; незначительная дополнительная механическая обработка; выполнение действий на расстоянии и простота автоматизации [1].

В качестве источника излучения используется волоконный лазер ( $\lambda = 1,06$  мкм,  $P = 100$  Вт) производства компании RAYCUS, работающий в импульсном режиме. Система доставки излучения в рабочую зону осуществляется посредством двух юстируемых зеркал, устанавливаемых в фокусирующей головке и создающие развертку лазерного пучка в площадку  $100 \times 20$  мм, что позволяет повысить производительность процесса очистки. Оба зеркала устанавливаются на дефлекторы, что позволяет менять размер развертки в зависимости от обрабатываемых поверхностей и получения необходимых мощностей. Мощность лазера позволяет производить воздушное охлаждение вместо водного, что уменьшает габариты и массу системы. Фокусирующая головка представлена в виде пистолета, позволяющего производить очистку деталей, не извлекая их и устанавливая на специальные крепежи для очистки. Глубина воздействия лазерного излучения 0,1 мм. При необходимости производится несколько проходов. Процесс бесконтактный, что позволяет очищать труднодоступные детали.

### **Литература**

1. Вейко В.П., Мутин Т.М., Смирнов В.Н., Шахно Е.А. Лазерная очистка поверхностей металлов: физические процессы и применение. – Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики.

## ГЕНЕРАТОР ОПТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ КОЛЛИМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Студентка гр. 141101/02 Мелихова А.Н.

Кандидат техн. наук, профессор Малютин Д.М.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

Объектом исследования является генератор оптических сигналов коллимационных систем. Коллиматор – оптический прибор, формирующий пучок параллельных лучей, которые создают бесконечно удаленное изображение тест объекта. В устройстве коллиматора создается осветительным элементом изображение и в дальнейшем создается в образе светящейся точки на объективе. Устройство коллиматора применяют, к примеру, для выверки объемных измерительных инструментов и распознавания возникающих у них коллимационных ошибок в астрономии, в спектральных приборах для получения пучков света, направляемых в диспергирующую систему. Данное устройство состоит из тест-объекта и объектива, который находится в задней фокальной плоскости. При использовании коллиматора получается параллельный пучок лучей, выходящих из объектива коллиматора (рис.), если в заднем фокусе его расположить непрозрачный экран с малым отверстием в центре.

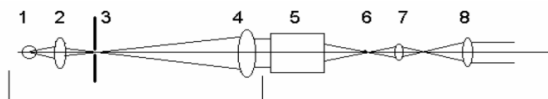


Рис. Коллиматор:

- 1 – лампа; 2 – конденсор; 3 – тест-объект; 4 – объектив коллиматора;  
– исследуемый объектив; 6 – изображение тест- объекта;  
7, 8 – наблюдательный микроскоп

### Литература

1. Малютин Д.М. Оптические измерения: учеб. пособ. // Тула: Изд-во ТулГУ, 2004. – 160 с.
2. Полупроводниковый генератор оптических сигналов для коллимационных систем: статья / Д.М. Малютин, М.Г. Погорелов, М.Р. Харламов, М.Н. Королёв. // Известия ТулГУ (Технические науки), вып. 12(216), 2019 г.

## **ОБРАБОТКА КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В УСЛОВИЯХ СВОБОДНОГО ПРИТИРАНИЯ**

Студент гр. 11311116 Новик К.В.,  
аспирант Диас Гонсалес Рафаэль Орландо  
Д-р техн. наук, профессор Козерук А.С.  
Белорусский национальный технический университет

При изготовлении конических деталей в машиностроении используют, в основном, метод обработки в условиях геометрического замыкания на токарных станках. Такая технология ввиду наличия вибраций не позволяет получить конические поверхности с высокой степенью точности ее образующей (прямолинейности и правильной геометрической формы поперечного сечения по всей высоте конуса. Упомянутых недостатков можно избежать, если использовать метод свободного притирания, в котором контакт инструмента и заготовки обеспечивается их силовым замыканием, причем одна из притирающихся поверхностей в процессе обработки непрерывно самоустанавливается на другой. Согласно этому методу применяют инструмент с плоской рабочей поверхностью, а заготовке сообщают вращение вокруг ее оси симметрии и сложное переносное движение, состоящее из вращательного вокруг оси симметрии инструмента и возвратно-вращательное в направлении, перпендикулярном данной оси, при этом обработку ведут путем регулирования скоростей вращения инструмента, переносного движения заготовки и амплитуды ее возвратно-вращательного перемещения [1].

Недостатками рассмотренной технологии обработки конических поверхностей по методу свободного притирания являются неравномерный износ инструмента и непостоянство скорости вращения заготовки вокруг собственной оси симметрии, поскольку эта скорость обусловлена наличием между обрабатываемой поверхностью и рабочей поверхностью инструмента сил трения, которые носят нестабильный характер из-за неравномерного распределения обрабатывающей абразивной суспензии.

Отмеченное устраняется, если изделию сообщить принудительное вращение, а его образующую расположить в контактирующей с инструментом плоскости сепаратора специальной конструкции, регулированием относительной и переносной скорости которого по инструменту поддерживают необходимую плоскостность рабочей поверхности последнего.

### **Литература**

1. Козерук А.С. и др, Устройство для обработки деталей с коническими поверхностями: пат. 17104 Респ. Беларусь, МПК В 24В 13/00, дата публ. 01.30.2013.

## ПРИЦЕЛ МНОГОКАНАЛЬНЫЙ

Студент гр. 11311116 Поддубный Д.Ю.

Д-р техн. наук, профессор Козерук А.С.,

кандидат техн. наук, доцент Кузнецик В.О.

Белорусский национальный технический университет

Прицел служит для выполнения следующих задач: обзора местности, обеспечивающего оператору обнаружение и выбор цели в любое время суток (дневных и ночных условиях); обеспечения стабилизированного в двух плоскостях наведения и удержания прицельной марки на цели по сигналам с пульта управления; обеспечения измерения дальности до цели лазерным дальномером; формирования управляющих и информационных сигналов для обеспечения совместной работы с аппаратурой других изделий; обеспечения введения служебной информации в поле зрения окуляра и на экранах видеосмотровых устройств тепловизионного канала во всех условиях эксплуатации прибора; решения баллистических задач, выработки угловых поправок и автоматического ввода углов прицеливания и бокового упреждения в привода стабилизатора.

Прицел обеспечивает стабилизацию линии визирования со среднеквадратической ошибкой не более 0,1 мрад в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

При использовании прицела решение баллистической задачи обеспечивается с автоматическим учетом дальности до цели, изменения дальности до цели за счет собственного хода с учетом курсового угла, угловой скорости цели, температуры воздуха, угла места цели от минус 20 до плюс 30°, угла крена оси цапф  $\pm 15^\circ$ , атмосферного давления от 61180 до 110390 Па, а также боковой составляющей скорости ветра до 25 м/с.

Прицел сохраняет работоспособность при температуре окружающего воздуха от минус 50 до плюс 55 °С и после циклического изменения температуры от минус 65 до плюс 70 °С, при воздействии воздушного потока, рабочих растворов, дождя, при статическом воздействии песка и пыли при воздействии паров масла, бензина, керосина, дизельного топлива и низкотемпературных жидкостей, моющих средств, при воздействии акустического шума, а также после воздействия соляного тумана.

Прицел работоспособен при углах наклона корпуса объекта до 35° по тангажу и крену и устойчив к вибрации и перегрузкам, возникающим в реальных условиях.

В поле зрения дневного визирного канала прицела обеспечены индикации дальности, готовности к работе, включения режимов «Целеуказание» и захвата цели при автоматическом её сопровождении.

УДК 621.384.31

## **УЗКОПОЛЬНЫЙ ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ КАНАЛ**

Студент гр. 121171 Пчелкин Г.Н.

Кандидат техн. наук, доцент Дмитриев А.В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

В современном мире все больше возрастает роль научно-технического прогресса. Очень важное место в нем занимает оптико-электронное приборостроение. Оптико-электронными приборами принято называть приборы, в которых обработка информации об излучающем объекте сопровождается преобразованием лучистой энергии и в электрическую [1].

Большую роль оптико-электронные приборы играют в гражданской промышленности. Оптико-электронные приборы могут применяться для решения задач геодезии, картографии, например, для поиска, обнаружения и распознавания удаленных объектов, а также для их визуализации в телевизионном формате. Одним из таких приборов является в виде узкопольный телевизионный канал – это оптический канал, предназначенный для распознавания уже найденного объекта. У такого канала конечной плоскостью для формирования изображения является матрица камеры (ПЗС-матрица).

Основными составными частями телевизионного канала являются объектив и телевизионная камера с матричным приемником излучения. В состав телевизионной камеры входят также схемы обработки сигналов матричного приемника, формирующие на выходе ТВ-канала видеосигнал в заданном формате.

В работе рассматриваются вопросы построения такого узкопольного телевизионного канала.

### **Литература**

1. Погорельский С.Л. Прикладная оптика. Курс лекций: учеб. пособ. для вузов / С.Л. Погорельский; ТулГУ, Тула: Изд-во ТулГУ, 2010. – 253 с.

УДК 0681.7.01 (075.3)

## **КОМПЛЕКСНЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ ПРИБОР**

Студентка гр. 11311216 Роговская М.Г.

Д-р техн. наук, профессор Козерук А.С.,

кандидат техн. наук, доцент Кузнецик В.О.

Белорусский национальный технический университет

Прибор служит для выполнения следующих задач:

– обзора местности, обнаружения, опознавания и выбора цели в любое время суток (дневных и ночных условиях);



– обеспечения стабилизированного в двух плоскостях наведения и удержания прицельной марки;

– измерения дальности до цели лазерным дальномером;

Перечисленные функции прибор обеспечивает как при нахождении в неподвижном состоянии, так и при движении по среднепересеченной местности со скоростью до 40 км/ч.

Прибор предназначен для работы в следующих условиях: при температуре окружающего воздуха от минус 50 °С до плюс 50 °С; при повышенной влажности (98-3) % при температуре 25 °С; при воздействии многократных ударных нагрузок с ускорением до 196 м/с<sup>2</sup> (20 g) и длительностью импульса 5–15 мс; при воздействии вибрации в диапазоне частот от 1 до 500 Гц с ускорением до 19,6 м/с<sup>2</sup> (2 g); при воздействии акустического шума с уровнем звукового давления 135 дБ в диапазоне частот от 50 до 10000 Гц; при пониженном атмосферном давлении 53,3 кПа (400 мм рт.ст.); при воздействии солнечного излучения: интегральное: плотность потока 1125 Вт/м<sup>2</sup>; ультрафиолетовое: плотность потока 68 Вт/м<sup>2</sup>; при воздействии воздушного потока со средним значением скорости 30 м/с и максимальным значением скорости 50 м/с; при воздействии атмосферных конденсированных (роса, иней) осадков, а также статической и динамической пыли (песка); при воздействии паров масла, бензина, керосина, дизельного топлива, низкотемпературных и дегазирующих растворов и жидкостей; при воздействии импульсной проникающей радиации в условиях применения атомного оружия; в условиях применения бактериологического и химического оружия.

Прибор обеспечивает слежение линии визирования в вертикальной и горизонтальной и стабилизацию линии визирования со среднеквадратической ошибкой не более 0,1 мрад при движении объекта применения по стандартной трассе со скоростью до 40 км/ч.

Прибор устойчив к воздействию поражающих факторов ядерного взрыва, а также взрыво- и пожаробезопасен и работоспособен после преодоления препятствий до 35 ° по тангажу и крену.

УДК 621.384.31

## **ДАЛЬНОМЕРНЫЙ КАНАЛ ПО СОВМЕЩЕННОЙ СХЕМЕ**

Студент гр. 121171 Рякин В.С.

Кандидат техн. наук, доцент Дмитриев А.В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

Для решения задач измерения расстояния был изобретен дальномер. В своей работе я рассматриваю лазерный дальномер [1]. Определение расстояния в них осуществляется путем отправки лазерного излучения, которое отражается от объекта и принимается обратно. Лазерные даль-

меры используются в различных промышленных отраслях таких как – гражданское строительство, геодезия.

Лазерные дальномеры (каналы) бывают двух видов:

1) дальномерные каналы по совмещенной схеме – в данной схеме излучатель и приемник излучения находятся в одном корпусе;

2) дальномерные каналы по разделительной схеме – в данной схеме лазер выходит из излучателя, отражается о цель и принимается другим датчиком.

Развитие лазерных дальномеров связано с совершенствованием их основных тактико-технических характеристик. Приоритетными направлениями развития являются повышение точности измерений и дальности действия, улучшение массогабаритных характеристик. В последнее время наблюдается тенденция к переходу на излучатели, позволяющие осуществлять генерацию на безопасной для зрения длине волны на базе импульсного метода измерения дальности. Наиболее массовый тип таких приборов – дальномеры на основе твердотельных лазеров умеренной мощности (от 1 до 10 МВт при длительности импульса от 10 до 20 нс), работающих в режиме импульсного включения добротности.

К достоинствам импульсного метода можно отнести следующее: осуществляется прямое измерение полного расстояния. При этом отсутствует необходимость (как в других методах) знать его приближённое значение. В работе рассматриваются аспекты построения такого лазерного дальномера.

#### **Литература**

1. Погорельский С.Л. Прикладная оптика. Курс лекций: учеб. пособ. для вузов / С.Л. Погорельский // ТулГУ. Тула: Изд-во ТулГУ, 2010. – 253 с.

УДК 531.383

### **ФОТОИМПУЛЬСНЫЙ ДАТЧИК СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ НА БАЗЕ ИНКРЕМЕНТАЛЬНОГО ЭНКОДЕРА**

Студент гр. 121171 Рякин В.С.

Кандидат техн. наук, доцент Погорелов М.Г.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

При автоматизации производственных процессов часто приходится решать задачу точного прямолинейного механического перемещения различных узлов автоматизируемой установки. Оптические энкодеры получили наибольшее распространение в промышленности, станочном оборудовании, производственных линиях, роботизированных механизмах – везде, где требуется контролировать движение или перемещение. Наиболее практичным для малобюджетных проектов датчиком координаты

представляется угловой инкрементальный энкодер с оптическими датчиками. Теоретически принцип работы углового энкодера очень прост. Технология изготовления давно освоена, понятна и хорошо отработана [1].

Энкодер – это устройство для преобразования угловых положений или линейных перемещений. Его также называют датчиком обратной связи, датчиком угловых положений или преобразователь «угол-код». Энкодерный датчик формирует и сообщает устройству управления верхнего уровня код точного положения вала за единицу времени. Главные плюсы оптических энкодеров – цена (затраты на эксплуатацию), надежность работы и хорошее разрешение. Срок службы современного энкодера, при правильной эксплуатации, монтаже и подключении, составляет не менее 50 000 часов – примерно 6 лет работы и более, в зависимости от конкретных условий эксплуатации датчика.

В моей работе использовался фотоимпульсный датчик на основе инкрементального энкодера. Управление и считывание данных осуществлялось с помощью среды программирования Arduino IDE. Работа с проектом состояла из двух этапов: сборки макета и написания программного кода в среде Arduino IDE.

Особенностью предложенной реализации является её доступность, а также возможность работы без глубоких познаний в области физики и программирования. Управление осуществляется с клавиатуры компьютера. Применение позволит проводить измерения с высокой точностью, а также обеспечит долгое и надежное использование системы.

#### **Литература**

1. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники в 2 томах. Пер. с англ. под ред. М.В. Гальперина. – М.: Мир, 1986 г.

УДК 658.562.012.7

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛАЗЕРНОЙ ТЕХНИКИ В МЕДИЦИНЕ**

Студентка гр. 10601118 Серенкова Е.П.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Хорунжий И.А.

Белорусский национальный технический университет

При использовании лазеров для лечения онкологических заболеваний важную роль играет распределение интенсивности лазерного излучения по площади сечения пучка. Клиническая эффективность лазерной гипертермии опухолей значительно возрастает при использовании фотодинамического эффекта. Фотодинамическая терапия основана на использовании способности опухолевых тканей накапливать некоторые введенные в организм вещества – фотосенсибилизаторы (ФС) – в значительно большей

степени по сравнению с окружающими здоровыми. При последующем облучении опухоли светом в видимом диапазоне (400–700 нм), спектральный состав которого соответствует спектру поглощения ФС, развивается флуоресценция, а затем в клетках опухоли индуцируются фотохимические реакции, приводящие к её повреждению.

Другой возможностью воздействия лазерного излучения на опухоль является коагуляция белков вследствие их нагревания, вызванного поглощением лазерного излучения.

Результативность обоих методов зависит от обеспечения с высокой точностью не только необходимой общей энергии лазерного импульса, но и от распределения этой энергии по сечению лазерного пучка.

Для расчета распределения интенсивности излучения по площади сечения пучка можно применить спектральные методы, основанные на преобразовании функции распределения напряженности электрического поля в световой волне в ряд Фурье. Для преобразования функции в ряд Фурье и обратного преобразования использован алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ), высокая эффективность которого продемонстрирована на ряде модельных экспериментов.

Для практической реализации данного алгоритма была написана компьютерная программа в среде Delphi и проведены расчеты дифракции лазерного пучка при различных параметрах. По рассчитанным значениям амплитуды напряженности электрического поля в узлах сетки вычисляется распределение интенсивности излучения в этих узлах.

Разработанная программа представляет интерес для применения лазеров в медицине, а также может быть использована в лабораторном практикуме по физике при изучении дифракции света.

УДК 535.4

## **ЦИФРОВАЯ ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ МИКРОСКОПИЯ В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ**

Студент гр. 11307120 Сеч Р.С.

Д-р физ.-мат. наук, профессор Свирина Л.П.

Белорусский национальный технический университет

Одним из примеров применения лазеров в биологии и медицине является цифровая голографическая микроскопия, в которой используется классический принцип голографии, но в качестве регистрирующего элемента при этом служит не пластинка, а цифровая камера.

Рассмотрим основные элементы и принцип действия цифрового голографического микроскопа (ЦГМ) на примере ЦГМ, разработанного в работе [1] для изучения прозрачных образцов, таких как живые клетки. В качестве источника излучения использовался лазер (вторая гармоника

АИГ:Nd-лазера,  $\lambda = 532$  нм), излучение которого делилось на объектную (освещающую объект) и опорную волны. Для транспортировки когерентного света использовались одномодовые волоконные световоды. Для освещения объекта излучение направлялось через конденсор микроскопа. Опорная волна направлялась прямо в интерференционный блок. Формируемая за счет наложения объектной и опорной волн голограмма регистрировалась цифровой ПЗС-камерой.

В такой камере вместо светочувствительной пленки используется фотоприемник – тонкая кремниевая пластина, содержащая от нескольких тысяч до нескольких миллионов светочувствительных элементов, организованных в регулярную матрицу и хранящих информацию об изображении в виде локализованного электрического заряда, величина которого определяется интенсивностью падающего светового излучения. Переменный электрический сигнал, связанный с каждым элементом изображения (пикселем) фотоприемника, с высокой скоростью считывается как значение интенсивности соответствующего участка изображения, и после преобразования этих значений в цифровую форму из них воссоздается изображение, которое, практически мгновенно (в течение  $\sim 1$  мс) можно отобразить на мониторе компьютера.

В настоящее время создан портативный ЦГМ, способный записывать трехмерные изображения с разрешением около 17 мкм, а также ЦГМ для диагностики кишечных заболеваний.

#### Литература

1. Kemper B., Schnekenburger J. Digital holographic microscopy for quantitative live cell imaging and cytometry, Chapter 8, in *Advanced Optical Cytometry: Methods and Disease Diagnoses* / Ed. by Tuchin V.V. Weinheim, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2010.

УДК 535.361.2:58.087

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОТРАЖЕНИЯ ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ В ВИДИМОМ СПЕКТРАЛЬНОМ ДИАПАЗОНЕ

Аспирант Силие Куэнка Алехандро Рафаэль<sup>1,2</sup>,  
Кандидат техн. наук, доцент Фёдорцев Р.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный центр оптических технологий, Мерида, Венесуэла

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет

Методы оценки содержания хлорофилов в листьях высших растений по спектральным характеристикам находят различные сферы применения [1]. Ожидаемым является результат, при котором коэффициенты отражения будут иметь не большие значения, поскольку значительная часть

солнечной радиации в видимом спектральном диапазоне уходит на поглощение и осуществления процесса фотосинтеза [2].

Образами для исследования являлись листья клёна (*Aceraceae ptalonoides*, *Hippocastanoideae*) (5 экз.), собранные в осенний период (октябрь 2020 г.) в лесном массиве. Средством измерения являлся спектрофотометр PHOTON RT (ООО «ЭссентОптикс»), построенный по оптической схеме Черни-Турнера с рабочим спектральным диапазоном 185...1700 нм и предельным спектральным разрешением до 2,4 нм. В качестве источника подсветки использовались калиброванные галогенная и дейтериевая лампы Hg-Ag. Сканирование поверхности листа осуществлялось при падении лучей в диапазоне от  $-80$  до  $+80^\circ$  с точностью  $0,01^\circ$  и шагом 20 нм.

Результаты измерений коэффициентов отражения внешней стороны листа трёх оттенков: зелёный (1), жёлтый (2) и красный (3) представлены на рисунке.

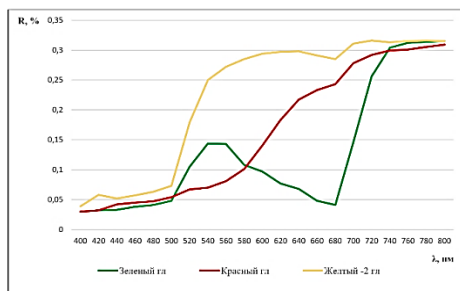


Рис.

### Литература

1. Кочубей С.М. Оценка основных параметров сельскохозяйственных посевов по спектру отражения растительности в оптическом диапазоне // *Космічна наука і технологія*. – 2003. – Т. 9. № 35/6. – С. 185–190.

2. Мерзляк М.Н. Пигменты, оптика листа и состояние растений // *Биология. Соросовский образовательный журнал*. – 1998. – № 4. – С. 19–24.

УДК 628.97:749.25

## ИНТЕРЬЕРНЫЙ СВЕТОВОЙ ДИЗАЙН ЖИЛОГО ПОМЕЩЕНИЯ

Магистрант Соснина Л.А.

Кандидат техн. наук, доцент Фёдорцев Р.В.

Белорусский национальный технический университет

Светодизайн – многоуровневая система комбинирования естественно-го, декоративного, рабочего, локального и общего освещения в помеще-

нии. Современный световой дизайн предусматривает использование световых сценариев – алгоритмов построения света согласно функциональным зонам в помещении. При этом используются различные виды осветительных приборов, что позволяет не только решить основную задачу по освещению в темное время, но также и зонировать пространство, создавая комфортные зоны отдыха.

Для комфортного управления параметрами освещения (интенсивностью, яркостью) используется система управления освещением. Простейшим вариантом исполнения такого рода систем является комбинация источников освещения с разной длиной волны. Такими источниками освещения являются газоразрядные лампы со светофильтрами, светодиоды с разной рабочей длиной волны и лазеры. Для сокращения количества источников освещения применяют световоды, волноводы и светорассеиватели, что позволяет передавать световое излучение по оптическому каналу в необходимые области. Так, например, применяют местное освещение белым светом рабочего пространства, используя ультрафиолетовый лазер, излучение которого передается по оптическому каналу в стеклянную колбу с нанесенным люминофором, который под воздействием УФ излучения начинает светиться.



Рис.

Наиболее современным решением является использование в системах декоративной подсветки интерьеров светодиодов с микропроцессорным управлением, в которых применяется микроконтроллер, управляющий интенсивностью свечения групп светодиодов красного, синего и зеленого цветов. Таким образом, можно получить такие эффекты, как бегущая волна, световые мерцания и т. д. В случае более сложного управления цветом или создания световых эффектов применяют составные светодиоды, состоящие из нескольких источников светового излучения. Применяются адресные светодиоды, главной особенностью которых является возможность цифрового независимого управления, что позволяет объединять их в матрицы и осуществлять независимое управление каждым из них.

## ВЫБОР ИСТОЧНИКА ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ЛАЗЕРНЫХ ЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Студент гр. 11311216 Сташкевич Я.-Т.С.<sup>1</sup>

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Ясюкевич А.С.<sup>1</sup>

Инженер-технолог 2 кат. Астрада А.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>ОАО «Пеленг»

Для управления траекторией полета различных космических аппаратов (КА) применяются лазерные локационные системы (ЛЛС). Дальность и точность работы ЛЛС сильно зависит от типа лазерного источника (ЛИ). В ЛЛС используются несколько типов лазеров: лазерные диоды (ЛД) и твердотельные лазеры (ТТЛ), волоконные лазеры (ВЛ).

Преимущества ЛД, заключаются в высоком КПД, малой массе и габаритах, но ЛД имеет небольшую дальность действия, до 730 м без использования уголкового отражателя (УО), из-за низкой энергии импульса. Применение ТТЛ усложняет конструкцию, так как для получения импульсов с высокой энергией, требуется использование большого числа ЛД накачки что затрудняет эффективный отвод тепла. Устойчивость резонатора ТТЛ к разбюстировкам сложно обеспечить, не усложняя конструкцию ЛЛС.

Устойчивы к разбюстировкам ВЛ, так как резонатор составляют торцы волокна и не требуется дополнительных усложнений конструкции, так, при использовании итербиевого ВЛ дальность действия ЛЛС возрастает до 6 км, без использования УО.

Из литературы известно [1], что для минимальной погрешности изменений радиальной скорости, необходим лазерный источник, обеспечивающий длительность зондирующих импульсов  $\approx 10$  нс и частоту их повторения  $\approx 500$  кГц. Такие параметры на сегодняшний день обеспечивает только ВЛ.

Таким образом, на сегодняшний день ВЛ является предпочтительным типом лазерного источника для ЛЛС, которая может быть использована для решения двух задач: определения ориентации пассивного КА и измерения его скорости с минимальными погрешностями, на небольших дистанциях до 6 км.

### Литература

1. Старовойтов Е.И., Зубов Н.Е. Прикладные вопросы разработки бортовой лазерной локационной аппаратуры. Наука и образование, МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. – 2015. – № 9. – С. 81–105. DOI: 10.7463/0915.0811999



## КОМБИНИРОВАННЫЙ ПРИЦЕЛ НАВОДЧИКА (КПН) БО7К2

Студент гр. 11311216 Тимощенко В.С.<sup>1</sup>

Д-р физ.-мат. наук, профессор Кулешов Н.В.<sup>1</sup>

Ведущий инженер-конструктор Савчик В.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>ОАО «Пеленг»

Комбинированный прицел наводчика (рис.), содержащий визирный канал, включающий оптически связанные объектив, сетку с прицельной маркой и окуляр, лазерный канал наведения (ЛКН), модулятор лазерного излучения, а также спектроделитель и оптический блок для контроля параллельности осей канала наведения и визирного канала (ВК), установленный в пределах рабочей зоны хода лучей указанных каналов с возможностью вывода за ее пределы, отличающийся тем, что содержит передающий канал лазерного дальномера, включающий оптически связанные импульсный лазер и вторую формирующую оптическую систему лазерного дальномера.

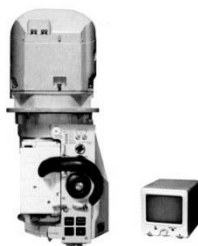


Рис. БО7К2

Изобретение относится к области оптического приборостроения, более конкретно к устройствам прицеливания и наведения управляемых ракет на цель по лазерному лучу.

Задачей изобретения является упрощение оптической системы ЛКН и ВК, упрощение конструкции оптического блока, а также повышение точности наведения управляемых ракет на цель при использовании БО7К2 путем обеспечения возможности осуществления контроля параллельности ВК и ЛКН в случае построения его модулятора на основе акустооптических ячеек, обеспечение возможности измерения дальности до цели.

### Литература

1. Патент Российской Федерации RU 2375665C2, «Комбинированный прицел-прибор наведения» / патентообладатель ОАО «Пеленг» (ВУ).

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ХУДОЖЕСТВЕННО-ПРОМЫШЛЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Аспирант Усольцева А.В.

Д-р техн. наук, профессор Алексеев В.А.

Ижевский государственный технический университет  
им. М.Т. Калашникова

С древнейших времён большой популярностью среди людей пользовались изделия из натуральных материалов, которые окружали их в повседневной жизни. Широкое применение в быту человека находили изделия из материалов органического происхождения (дерево, кожа, кость), отличающихся высокими эксплуатационными характеристиками: высокой прочностью, мягкостью и эластичностью, отсутствием вредных веществ в составе, отсутствием запаха, воздухопроницаемостью. При использовании изделий из материалов органического происхождения наряду с решением бытовых вопросов заметное место во все времена занимали произведения, призванные украшать быт человека, сопутствовать ему в труде и отдыхе. В наше время наряду с органическими материалами огромным спросом пользуются художественно-промышленные изделия из камней (драгоценных и поделочных) стекла (силикатного и органического) и т. д. [1].

Для улучшения качества учебного, научно – педагогического, управленческого процесса, повышения интенсивности и производительности трудовой деятельности в части делопроизводства при письме, черчении и художественных работах разработан прибор письменный настольный, оригинально вписывающийся в интерьер, обладающий хорошей функциональностью и эстетической привлекательностью. Для того, чтобы письменный прибор решал функциональные, практические задачи, украшал интерьер рабочего кабинета, создавал творческую атмосферу, позволяющую создать правильно организованную, продуманную обстановку на рабочем столе проведена разработка и исследование лазерной технологии изготовления прибора письменного настольного, для чего проведен аналитический обзор технологии резки и гравирования материала, выбрано оборудование, изготовлена технологическая оснастка, рассчитаны режимы работы лазерной установки для резки и гравирования, разработан порядок раскроя, изготовления деталей и сборки прибора письменного настольного [2].

Наряду с получением заданного контура обработки большое значение имеют качество поверхности материала в зоне лазерной обработки. В соответствии с требованиями научно-технической документации для шероховатости поверхности определены среднее арифметическое значение отклонения профиля и высота неровностей профиля, снятая в 10 точках. Для задания режимов воздействия лазерного излучения, с учетом оп-

тических, энергетических и технологических характеристик использован СО<sub>2</sub>-лазер, работающий на длине волны 10,6 мкм. Для проведения эксперимента использована лазерная установка Trotec Speedy 300. Эксперимент проводился при мощности лазерного излучения 9,6 Вт для резки и 5,2 Вт для гравирования, при постоянной скорости перемещения лазерного излучения 7,0 см/с, разрешающей способности 500 dpi, частоте импульсов 1000 Гц, диаметре сфокусированного лазерного луча 0,1 мм, вертикальном направлении лазерного луча на материал [3].

В результате проведенных работ выбраны технологические режимы лазерной обработки поверхности из органического стекла, проведено экспериментальное исследование зависимости шероховатости поверхности лазерной резки и гравирования от технологических режимов работы лазерного оборудования. Фотография общего вида в ракурсе 3/4 спереди слева представлена на рисунке. Прибор состоит из основания с установленным макетом рояля, в котором помещаются визитки и на передней части которого крепится круглый часовой механизм, две подставки для авторучек. Размер прибора 250×280×250.



Рис. Фотография внешнего вида прибора письменного настольного в ракурсе 3/4 спереди слева

### Литература

1. Приборостроение – XX век. / Сост. М.С. Шкабардя. – М.: Совершенно секретно, 2004. – 768 с., 16 л. ил.
2. Патент на промышленный образец RUS 109645. Прибор письменный настольный / Усольцева А.В., Усольцев В.П., Черных М.М. Оpubл.16.07.2018.
3. Алексеев В.А., Усольцева А.В., Усольцев В.П., Юран С.И., Морозова Л.Е. Задание режимов лазерной обработки неметаллических материалов. Учеб.-метод. пособ. по дисциплине «Взаимодействие лазерного излучения с веществом». – Ижевск: ИжГТУ, 2020.

## ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА ОРИЕНТИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Студент гр. 121171 Хомячкова А.Н.

Кандидат техн. наук, доцент Матвеев В.В.

ФГБОУ ВО «Тюльский государственный университет»

Оптическая система оптоэлектронной системы ориентирования космического аппарата (КА) размещается внутри концентрической линзы – обтекателя (9), который используется для герметизации. На объектив падает пучок лучей, который в свою очередь отражается от соответствующей грани зеркальной пирамиды (3) и плоских зеркал. Далее излучение каждого пучка попадает на чувствительную площадку фотоэлемента (4). Для улучшения динамики системы наведения на небесные светила устройство снабжается гироскопическими датчиками (6). Блок усилителя (7) формирует аналоговые управляющие сигналы. Контроллер (5) считывает сигнал с фотоэлементов и гироскопических датчиков посредством усилителя мощности вырабатывает управляющее воздействие на органы управления (8). Их вращение происходит через ось цилиндра и ось симметрии оптической системы. В результате КА ориентируется на Солнце. Облик оптоэлектронной системы ориентирования КА приведен на рис.

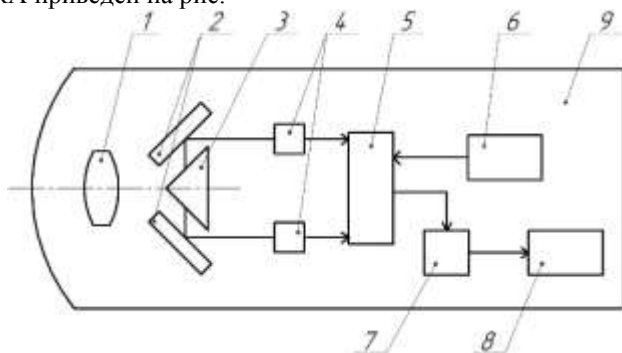


Рис. Облик оптоэлектронной системы ориентирования КА

### Литература

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

## ЛАЗЕРНЫЕ ГИРОСКОПЫ

Студент гр. 11307120 Храмова А.С.

Д-р физ.-мат. наук, профессор Свирина Л.П.

Белорусский национальный технический университет

«Гироскоп» в переводе с греческого означает указатель вращения, поэтому под гироскопом можно понимать любой измеритель, выходной параметр которого зависит от скорости вращения.

В настоящее время в навигационных системах гражданского и военного назначения широкое распространение получили квантовые (лазерные) гироскопы, ориентирующиеся относительно инерциальной системы координат.

Принцип действия лазерного гироскопа основан на эффекте Саньяка и теоретически объясняется с помощью СТО (специальной теории относительности). При распространении луча света в направлении вращения прибора и против направления вращения разница во времени прихода лучей (определяемая интерферометром) позволяет найти разницу оптических путей лучей в инерциальной системе отсчёта, и, следовательно, величину углового поворота прибора за время прохождения луча. Действие лазерного гироскопа основано на зависимости разности собственной частоты кольцевого оптического резонатора для встречных волн от скорости его вращения относительно инерциальной системы отсчёта.

Современный лазерный гироскоп представляет собой сложную взаимосвязанную систему автоматического регулирования, в которую помимо чувствительного модуля (кольцевого лазера) введен целый ряд систем: стабилизации мощности, магнитного поля, частоты, регулировки периметра резонатора. Для создания смещения по частоте, увеличения точности лазерного гироскопа и определения знака вводят систему частотной «подставки», а также систему обработки информации.

Лазерные гироскопы относятся к числу самых наукоемких и уникальных лазерных приборов, производство которых требует решения теоретических и практических задач в различных областях науки и техники. Одним из ведущих предприятий в области лазерной гироскопии является ОАО «НИИ «Полус» им. М.Ф. Стельмаха», где изготавливаются приборы, точность которых лежит в диапазоне от 0,01 град/ч (с линейной поляризацией), резонатором из прецизионных призм и высокочастотным разрядом) до 1 град/ч (малогабаритные лазерные гироскопы с круговой поляризацией, магнитооптической подставкой и прямоточным разрядом).

В настоящей работе рассмотрены способы создания частотной невязки (частотной «подставки») в кольцевых резонаторах.

## АНАЛИЗ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СХЕМНЫХ РЕШЕНИЙ ВАРИООБЪЕКТИВОВ

Магистрант Чергейко С.В.

Д-р техн. наук, доцент, профессор Артюхина Н.К.  
Белорусский национальный технический университет

Вариообъективы (системы с плавным изменением фокусного расстояния) используются в приборах, к которым предъявляются жесткие требования по уменьшению массы. Вариообъективы работают в различных спектральных диапазонах.

Многокомпонентные схемные решения используются для сохранения плоскости изображения в одном положении. К примеру, в системе [1] изменение фокусного расстояния осуществляется при нелинейном перемещении пяти компонентов (рис.), при этом для снижения аберраций и получения высокого качества изображения введены пять асферических поверхностей. Системы на основе таких схемных решений часто используются в видео- и фотокамерах, но не удобны для использования в системах технического зрения из-за большого осевого габарита  $1,25f_{\max}$  и малого изменения фокусного расстояния –  $10,3^{\times}$ .

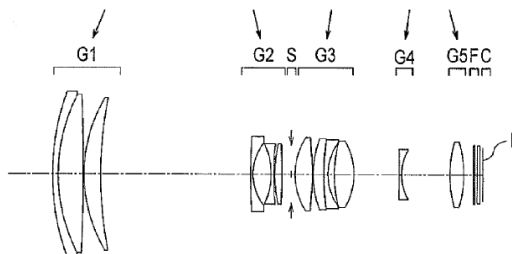


Рис. Схема вариообъектива с нелинейно перемещающимися компонентами

Для работы в ИК области ( $3 \dots 5$  мкм) в основном используются приемники с охлаждаемой диафрагмой, где применяются вариообъективы на основе схемных решений с промежуточным изображением.

С каждым годом перед расчетчиками оптики ставятся более сложные задачи, связанные с необходимостью уменьшать габариты и массу прибора в целом, сохранив, или даже улучшив технические характеристики, что влечет за собой введение в оптическую систему большего количества асферических поверхностей и дифракционных оптических элементов.

### Литература

1. Патент США 9188770B2 G02B 7/04 Zoom lens and image pickup apparatus equipped with same / Akinori Nishio, Tokyo. – Оpubл. 17.11.2015.

## **ОПТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ КОСМИЧЕСКИХ ТЕЛЕСКОПОВ ДЛЯ АППАРАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

Студент гр. 11311116 Шанчук В.А.

Д-р техн. наук, доцент, профессор Артюхина Н.К.  
Белорусский национальный технический университет

В настоящее время активно развиваются области производства и науки, связанные с аппаратами дистанционного зондирования Земли. В их число входит оптическое приборостроение, задачей которого является разработка, расчёт и производство космических телескопов, входящих в состав данных изделий.

В качестве оптических систем телескопов для таких аппаратов в основном выбирают схемы Ричи-Кретьена, Корша или Мерсенна. Они состоят из главного и вторичного зеркал, а также корректора полевых аберраций: линзового в схемах Ричи-Кретьена и Мерсенна, и асферического зеркала в схеме Корша. Оптическая схема Ричи-Кретьена применяется тогда, когда необходимо высокое светопропускание оптической системы, а также при расчёте и проектировании космического телескопа с диаметром главного зеркала более 1 м. Однако в данной системе необходимо наличие светозащитных бленд, а также она работает в ограниченном спектральном диапазоне. Если же требуется, чтобы оптическая система работала в широком спектральном диапазоне, то тогда применяют схему Корша. Однако в ней также присутствуют недостатки в виде наличия экранирования центра поля зрения, наличия промежуточного изображения, формируемого главным и вторичным зеркалами, а также значительное падение качества формируемого оптической системой изображения при работе с большими угловыми полями. В случае необходимости работы космического телескопа с большими угловыми полями, а также при необходимости наличия нескольких каналов для разных спектральных диапазонов, лучше всего применять афокальную схему Мерсенна. Её преимуществами являются: возможность работы с большими угловыми полями, отсутствие промежуточного изображения, а также большой рабочий размер светового пучка, что позволяет использовать наклонную плоскопараллельную пластинку со спектроделительным многослойным покрытием, для разведения каналов в оптической системе, и гораздо более низкими требованиями к чистоте её рабочих поверхностей.

### **Литература**

1. Русинов М.М. Композиция оптических систем. Изд. 2-е. – М.: Книжный дом «ЛИБРКОМ», 2011. – 384 с. (Классика инженерной мысли: оптика и её приложения).

## ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МНОГОЭЛЕМЕНТНОЙ ПРЕЛОМЛЯЮЩЕЙ 3D ЛИНЗЫ

Студент 3 курса Кольчевская И.Н.  
Кандидат техн. наук, доцент Кольчевский Н.Н.,  
инженер-электроник Петров П.В.  
Белорусский государственный университет

Преломляющая оптика для рентгеновского излучения и потоков нейтронов основана на многоэлементных двояковогнутых линзах [1]. Многоэлементная двояковогнутая линза может быть изготовлена методом вспенивания вещества. Структура многоэлементной линзы представляет собой гексагональные, плотно расположенные сферические пузырьки. Целью работы является разработка технологии изготовления многоэлементной преломляющей 3D линзы для рентгеновского излучения и нейтронных потоков.

Технология изготовления многоэлементной преломляющей линзы основывается на последовательном производстве пузырьков воздуха внутри стеклянной трубки. Первым этапом технологии изготовления линзы является заполнение стеклянной трубки оптически прозрачным веществом. В качестве материала линзы использовались канифоль, глицерин, полимеры. Установка содержит нагреватель (рис. 1А), систему подачи воздуха под давлением (рис. 1Б).

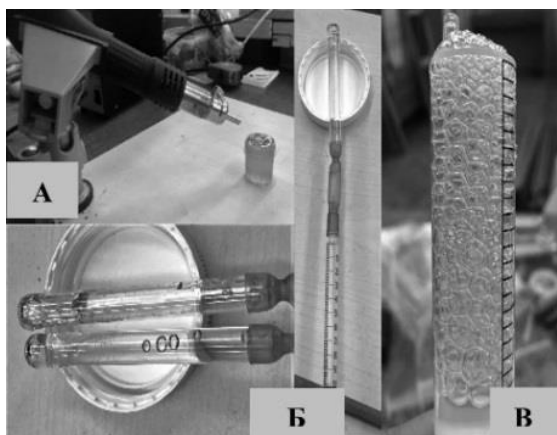


Рис. 1. Этапы изготовления (А- нагрев вещества, Б- заполнение капилляра, В-полученная структура)

Вторым этапом создание вспененной структуры внутри стеклянной трубки и отверждение полученных структур (рис. 1В).



В работе обсуждаются возможности технологии и области практического использования 3D преломляющих линз.

### Литература

1. Yu. I. Dudchik, N.N. Kolchevsky, F.F. Komarov. Microcapillary X-ray lens as a novel design of the refractive lens // SPIE Proceedings. – Vol.4766-2002.

УДК 528.854

## ОСНОВНЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СЪЁМОЧНОЙ АППАРАТУРЫ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Аспиранты Старосотников Н.О.<sup>1,2</sup>, Романов Д.В.<sup>1,2</sup>

Зам. начальника отдела Котов М.Н.<sup>2</sup>,

кандидат техн. наук, доцент Фёдорцев Р.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет, <sup>2</sup>ОАО «Пеленг»

На этапе лётных испытаний съёмочной аппаратуры земной поверхности основными проверками являются: подтверждения линейного разрешения на местности (ЛРМ); геометрическая калибровка; радиометрическая калибровка. Оценивают качество снимков по изображениям естественных или искусственных объектов. Из-за того, что площадь съёмки может быть большой: 1-10000 кв. км существует необходимость автоматического поиска таких объектов. Для этого под каждый вид проверок разработаны алгоритмы учитывающие особенности снимаемых объектов: геометрические размеры, распределения яркостей в соседних пикселях. После предварительного автоматического поиска подходящих объектов они проверяются вручную на предмет возможности их использования.

Для **подтверждения ЛРМ** могут быть использованы естественные или искусственные объекты типа «резкий край» отвечающие следующим критериям: объекты должны иметь прямолинейную границу с максимально возможным перепадом яркостей (отдельные элементы портов, аэропортов, автомагистралей, мостов, искусственных водоёмов, полей, городской застройки); длина прямолинейных участков объектов вдоль границы света и тени должна быть не менее 20 пикселей (здесь и далее имеется ввиду проекция пикселя на Землю), ширина – не менее 5 пикселей; как минимум у одного объекта граница света и тени должна располагаться вдоль полёта и как минимум ещё у одного объекта – поперёк полёта. Причём указанные границы света и тени должны располагаться под углом 3-8° к направлению сторон кадра.

Разработанные алгоритмы для **радиометрической калибровки** используются для определения абсолютной энергетической яркости в каждой спектральной зоне, проверки относительной энергетической яркости

спектральных зон. Снимаемые специальные полигоны обладают высокой степенью равномерности, размер – 12-20×12-20 пикселей.

Для **геометрической калибровки** объектом съёмки должен быть либо специально подготовленный полигон с опорными точками в виде простых геометрических форм (круги, квадраты и др.), либо с естественными объектами, обзорные снимки которых используются предварительно, с следующими требованиями к объектам: объекты должны быть контрастными; размером 2-10 пикселей, либо являться хорошо видимым углом какого-либо объекта с длиной сторон не менее 10 пикселей.

## СЕКЦИЯ 5. ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

UDC 69:004:356:2

### EXPEDIANCY OF DEVELOPMENT OF 3D PRINTING ROBOT IN CONSTRUCTION

Student gr. PB-71 Chyhrin O.V.  
National Technical University of Ukraine  
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

**Introduction.** 3D printing technologies are developing extremely fast and are used in various spheres of human life.

Recently, much attention has been paid to the printing of buildings, and such houses, in recent years, are increasingly appearing in various countries around the world - in the United States, Saudi Arabia, Mexico, France, UAE, and more.

In modern and unstable world, where we face new challenges every day, we have to progress and adapt as fast as we can. One from many problems to solve is lack of dwelling, it is very expensive and building time is too long, and between all of that, materials are polluting the environment. There are so many towns that are suffering from constant natural disasters, such as floods or earthquakes, as well as areas where military actions have taken place, ones need to quickly restore infrastructure, and so on.

**Main Part.** The essence of the development is that the mixture that forms the building will be delivered by the robot through the extruder, to its defined position and thus, layer by layer, the structure will be formed step by step [1–2]. The difference between the old methods of construction and the presented technology is that the process requires much fewer people, or even eliminates the human factor. The ability of the robot to move freely allows to build structures of any scale, limited only by the capabilities of the manipulator. The spectre of development is not limited only by buildings, any construction with a non-standard form can be real thanks to the offered technology.

**Conclusion.** Therefore, the use of an automated system for the construction of buildings is more appropriate than ever. Automation of construction processes makes it possible to reduce the cost and speed them up, and the development of 3D printing technologies increases the range of opportunities in this area.

#### References

1. Hadley Brooks [et al.] Research towards high speed extrusion freeforming//International Journal of Rapid Manufacturing 3:2-3. – 2013, pp. 154–171.
2. Мастенко, И.В. Влияние плотности заполнения 3d печатных моделей на их прочностные характеристики / И.В. Мастенко, Н.В. Стельмах // Материалы МНТК Новые направления развития приборостроения. – БНТУ, Минск, 2019. – С. 138.

## **REVIEWING TRENDS IN INTERNATIONAL MIGRATION INTO EU COUNTRIES VIA RESIDENCE BY INVESTMENT PROGRAMS**

Nikita Savkov, Ph.D. scholar  
Shandong University of Finance and Economics

Immigration investor programs, or investment immigration is a process when countries provide residency or citizenship to foreign nationals in exchange of investment into their economic and cultural projects. For some smaller countries it can become an important way to attract foreign direct investment. Investors can legally live in the host country, and get certain benefits from their new status. Some countries provide tax havens for the holders of their passports, and make it easier for them to travel to other countries with visa-free regime. There are active and passive investment schemes. In active schemes, applicants are required to invest money in existing businesses, provide an effective business plan for the sustainability of the business, and be responsible for the success of the enterprise. It is a way to attract both human and financial capital, and it helps to increase the economic activity in the country and create new jobs in the area. In passive schemes, the participation of the investor is mostly via buying some real estate, government bonds, etc. Unlike active investment when the governments are interested in economic know-hows, passive schemes don't require the applicants to be actively involved in the local economic activity, and become a way for governments to directly get money from the investors. As long as they park money in the country, they can freely reside in the host country. The overall proportion of investor immigrants is relatively small, and they don't compete in the job market with locals. However, they can cause a significant rise in real estate prices, and locals may become upset with the fact that the citizenship and related political and social rights can be easily bought with cash by foreigners.

Among the most popular destinations of residence by investment schemes, are the USA, the UK, EU countries, small tax haven countries like Vanuatu, Dominica, St. Kitts & Nevis, etc., and some others. Many investors choose EU countries, because of their political stability, effective institutions, advanced health care system, and unlimited access to other member countries of the Schengen area. After the 2008 financial crisis, when many EU members struggled with economic problems, some of them like Portugal, Greece, Spain, etc., applied golden visa policies. While in 2010 only 4 EU countries had consistent residence by investment policies, by 2017 about one half of EU members have implemented this policy of getting financial capital through attraction of migrants [1].

Residence by investment scheme usually means that the investor will get the residency rights for their family members too via family reunion policy. Currently it's about 2,6 people getting residence in the host country per one

case of residency by investment. Historical and cultural ties, as well as geographical location often become important factors for choosing the country for residence by investment. In Portugal there are many Brazilian investors, in Greece – Turkish ones, and in Latvia – Russian ones. In EU countries that disclose the nationality of applicants, about 50% of applicants for residence by investment were from Mainland China, and about 27% were from Russia. The majority of Russian investment migrants prefer Latvia with 67% of total applications, and other ex-Soviet countries make up another 17%. Investment migrants from China make about 80% of applicants in Ireland and Hungary, about 70% in Greece, and nearly 50% in Portugal [2].

In recent years, many EU countries have tried to attract human and financial capital via different programs, including residence by investment ones. It seems that in the future the trend may continue to develop. However, there could be some external factors to impact the situation in the future, such as big geopolitical changes like Brexit, regulations against wealthy individuals' migration in their home countries, and some global travel restrictions. Because of COVID-19 there were cases when it was impossible. For example, because of COVID-19 it was difficult for investors to get to their host countries in spite of them having residency rights there.

#### References

1. Surak K. Who wants to buy a visa? Comparing the uptake of residence by investment programs in the European Union. / *Journal of Contemporary European Studies*, 2020.
2. Gaspar S. Buying a Citizenship? Chinese Golden Visa Migrants in Portugal / S. Gaspar, F. Ampudia de Haro // *International Migration*. – 2020.

УДК 531.383

### РЕЗЕРВНЫЙ КУРСОВОЙ ИНДИКАТОР САМОЛЕТА НА МИКРОСИСТЕМНЫХ МАГНИТОМЕТРАХ

Магистрант гр. 140801/15 Ануфриев Д.А.

Кандидат техн. наук, доцент Матвеев В.В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

В работе предлагается вариант резервного курсового индикатора (РКИ) самолета на базе программного обеспечения Processing с применением качества управляющего устройства контроллера *Arduino Uno* [1].

Обновление информации об угловой скорости осуществляется интегрированием кинематического уравнения в кватернионах [2] на основании измерений от измерительного модуля (ИМ). Вследствие того, что угол определяется интегрированием угловой скорости (УС), а УС, измеренная гироскопом, содержит его инструментальные погрешности, при их инте-

гировании возникает дрейф по углу [3]. Дабы сократить погрешности при определении азимута в работе применен магнитометр. Однако он обладает погрешностью, приводящей к постоянному смещению в показаниях. Устранение ее заключается в добавлении к сигналам магнитометров постоянных поправок, смещающих центр эллипса в начало координат и умножению их показаний на коэффициенты, переводящие эллипс в окружность. Система работает следующим образом: данные с ИИМ поступают в последовательный порт компьютера, где вычисляются углы курса, затем визуализируются при помощи виртуального курсового индикатора (рис.).

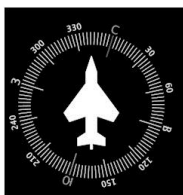


Рис. Визуальное оформление облика резервного курсового индикатора самолета

**Вывод:** применение магнитометра в составе системы РКИ позволяет практически свести к нулю погрешность при определении азимута.

#### Литература

1. <http://www.arduino.cc/enMain/Software>
2. Пельпор Д.С. Гироскопические системы. Гироскопические приборы и системы. 2-е издание. – М., Высш. Шк., 1988. – 424 с.
3. Распопов В.Я., Матвеев В.В., Шведов А.П., Погорелов М.Г. и др. Микросистемы ориентации // Известия ТулГУ, Технические науки. – 2016. – № 10.

УДК 535.21

### ВОЗДЕЙСТВИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА МЕТАЛЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЯХ

Студенты гр. 11309120 Беганская В.Э., Запольская К.В.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Гацкевич Е.И.

Белорусский национальный технический университет

Импульсная лазерная обработка (ИЛО) металлов широко используется в ювелирном производстве. Воздействием лазерного излучения можно сверлить отверстия, проводить гравировку, маркировать изделия, производить сварку. Основные процессы при лазерном воздействии: нагревание, плавление и испарение. В настоящей работе исследованы пороги плавления и испарения при ИЛО некоторых металлов, используемых в ювелирном производстве. Под порогами плавления ( $Q_m$ ) и испарения ( $Q_b$ )

мы понимаем плотности энергии облучения, при которых в обрабатываемом материале достигается температура плавления ( $T_m$ ) и испарения ( $T_b$ ), соответственно. Определены пороги плавления (рис.1,*а*) и испарения (рис.1,*б*) для Al, Ag и Au по формуле, полученной в [1] в диапазоне длительностей импульсов от 100 нс до 10 мкс для лазерного излучения видимого диапазона.

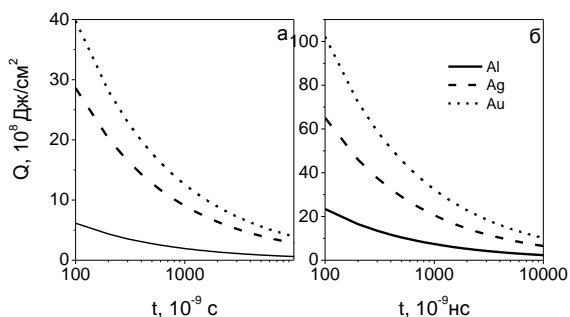


Рис. 1. Пороги плавления (*а*) и испарения (*б*) указанных металлов

Из результатов вычислений следует, что возрастание порога плавления коррелирует с ростом  $T_m$ : 660°C (Al), 962 (Ag), 1063 (Au). Для порога испарения подобной корреляции не наблюдается, так  $Q_b(\text{Ag}) > Q_b(\text{Al})$ , хотя  $T_b$  алюминия (2447 °C) больше  $T_b$  серебра (2162°C), что можно объяснить влиянием других теплофизических параметров.

#### Литература

1. Вейко В.П., Шахно Е.А. Сборник задач по лазерным технологиям. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2007. – 67 с.

УДК 531.383

### МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ИНДИКАТОР ПИЛОТАЖНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПЕРСПЕКТИВНОГО САМОЛЕТА

Студент гр. 140891/15 Белкин В.В.

Кандидат техн. наук, доцент Матвеев В.В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

В работе предлагается облик панели приборов перспективного самолета, который отражает современные тенденции авиационного приборостроения. Панель приборов включает многофункциональный дисплей, на котором визуализируются цифровые модели основных пилотажно-навигационных приборов: авиагоризонт, курсовой индикатор, указатель

поворота, указатель угла атаки и скольжения. Помимо указанных на дисплее отображаются данные радара и другая информация, необходимая для выполнения летных задач.



Рис. Вид разработанной программы

К панели приборов при помощи кабеля подключается модель самолета, в которую встроены микромеханические гироскопы и акселерометры, что позволяет наблюдать на дисплее эволюцию пилотажных параметров в реальном времени.

### Литература

1. Электронный ресурс URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Стеклопанельная\\_кабина](https://ru.wikipedia.org/wiki/Стеклопанельная_кабина)
2. Авиационные приборы и пилотажно-навигационные комплексы: учеб. пособ. В 2 ч. / сост. Е.В. Антонец, В.И. Смирнов, Г.А. Федосеева. – Ч. 1. – Ульяновск: УВАУ ГА, 2007. – 119 с.

УДК 004.021

### **РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «РАСПИСАНИЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ БНТУ» В ПРОГРАММЕ ANDROID STUDIO**

Студент гр. 11302220 Вансович Д.И.

Ст. преподаватель Кондратьева Н.А.,

кандидат физ.-мат. наук, доцент Гундина М.А.

Белорусский национальный технический университет

Одна из глобальных целей реформирования высшего технического образования – научить будущего инженера взаимодействовать с информационно-техническими устройствами и технологиями. Для более комфортной и удобной организации учебного процесса в университете проводится разработка мобильного интерфейса расписания занятий для студентов в



Android Studio – среды разработки мобильных приложений на платформе Android.

Проделаны следующие этапы работы при создании программного продукта: анализ приложений-конкурентов; разработка каркасного мобильного приложения; разработка сервера; проектирование базы данных; разработка специального вебсайта; установление связи между мобильным приложением и сервером; тестирование и отладка ПО.

При проектировании базы данных была четко определена её структура, типы данных. База данных успешно была подключена к серверу и использовалась им для хранения расписания.

На этапе разработки специального вебсайта необходимо было разработать функционал редактирования расписания, его сохранения либо удаления. В специализированном сайте присутствует обязательная авторизация для пользователя. Реализована возможность редактирования расписания для групп. Сайт так же предоставляет возможность изменить язык интерфейса, для будущего подключения групп с иностранными студентами. Специальный вебсайт с возможностью редактирования расписания: <http://176.96.238.141:8080/>.

В результате проделанной работы пользователю предложен следующий функционал: просматривать расписание своей группы; переключаться между неделями учёбы; изменять группу и факультет БНТУ. Каждый раз при открытии расписания программное обеспечение обновляет его, без участия пользователя. Расписание для каждой группы может редактироваться пользователями, имеющими определённые права на специальном вебсайте, который разработан для выполнения данной задачи. Приложение «Расписание для студентов БНТУ» для установки на мобильное устройство с системой Android: <https://vk.cc/bVIR3q>.

УДК 004.896

## **ИННОВАЦИОННАЯ МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ – ВЗГЛЯД СТУДЕНТА**

Студент гр. 11301116 Габец В.А.

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

Д-р техн. наук, профессор Гусев О.К.

Белорусский национальный технический университет

Современные технологии окружают нас везде и студента. Получение знаний с использованием старой техники неудобно и студентов иногда трудно заинтересовать учебой. Они не любят читать книги, а свободную минуту стараются провести вместе со своей любимой техникой. Но если воспользоваться этим и реорганизовать учебный процесс? Представим обычное занятие. Преподаватель что-то рассказывает и показывает кар-

тинки. Возможно, не каждый сможет рассмотреть эти картинки. Иногда бывает трудно представить то, о чем говорит преподаватель. Отсюда появляется непонимание темы и как снежный ком появляется непонимание предмета. Давайте дадим каждому ученику и преподавателю планшет. Поставим интерактивную доску и проектор. Все задания можно сделать в электронном варианте. Ученикам не придется долго ждать, чтобы узнать свою оценку.

Лучшее средство для погружения в учебный процесс – очки виртуальной реальности (Oculus VR). Теперь каждый сможет увидеть и погрузиться внутрь рассматриваемого предмета, процесса. Используя современные средства можно получить компактный и безопасный тренажер для будущих спасателей и инженеров систем безопасности. Oculus VR оснащены гироскопами и датчиками для отслеживания положения головы пользователя в пространстве. Объединив мощный компьютер, специальное программное обеспечение и очки виртуальной реальности, мы можем получить удобный тренажер для подготовки будущих спасателей. Используя очки виртуальной реальности ликвидатора можно безопасно поместить в центр чрезвычайной ситуации. Например, можно смоделировать ситуацию аварии на атомной электростанции – чересчур затратный и опасный для жизни, нереализуемый на реальном объекте тренировочный процесс. Такой опыт несравним с ликвидацией настоящей ЧС, но позволяет экономить бюджет, сократить риск получить травму при тренировочной ликвидации ЧС. Данный метод подготовки позволит существенно сократить риск при анализе развития ЧС и их ликвидации на реальных объектах с использованием смоделированных процессов. Анализ реальных ЧС может производиться при использовании в модели сигналов различных датчиков, входящих в установленные на различных объектах системы обеспечения безопасности. За новыми технологиями – будущее, и в учебном процессе, и никто из студентов от этого не откажется.

УДК 621.382

## **КОЭФФИЦИЕНТ УСИЛЕНИЯ БИПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА**

Студент гр. 11310120 Гайкевич Д.Н.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Черный В.В.

Белорусский национальный технический университет

Усилительные свойства биполярных транзисторов определяет статический коэффициент усиления по току  $\beta$ . Он определяется несколькими факторами: эффективностью эмиттера, коэффициентом переноса в базе и эффективностью коллектора [1, 2]. Для маломощных транзисторов при невысоком уровне инжекции эффективность эмиттера может заметно снижаться вследствие рекомбинации носителей тока в эмиттерном

*p-n*-переходе из-за наличия в нем рекомбинационных центров, вносящих глубокие уровни в запрещенную зону. Аналогично, наличие глубоких центров в области базы снижает коэффициент переноса.

Концентрация легирующей примеси в базе меньше (в 100–1000 раз), чем в эмиттере. Используя кривые релаксации емкости эмиттерного *p-n*-перехода при резком переключении обратного смещения, можно оценить концентрацию рекомбинационных центров в базовой области.

Из вольтамперных характеристик эмиттерного перехода при прямом смещении определяется фактор идеальности перехода. В случае, когда рекомбинационная составляющая тока оказывается малой по сравнению с диффузионной, фактор идеальности близок к единице. Для транзисторов с таким эмиттерным переходом следует ожидать большей величины эффективности эмиттера.

На основании подобных измерений из большой группы однотипных транзисторов были выбраны 2 группы транзисторов, в первой из них концентрация глубоких центров была заметно ниже, чем во второй, а фактор идеальности эмиттерного перехода указывал на преобладание диффузионной составляющей тока эмиттерного перехода над рекомбинационной.

Результаты исследований показали, что величина  $\beta$  для транзисторов первой группы оказалась заметно выше (на 30–40%), что согласуется с общепринятыми положениями для определения  $\beta$ .

#### Литература

1. Морозова И.Г. Физика полупроводниковых приборов. – М.: Атомиздат, 1980. – 392 с.
2. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники. – М.: Сов. Радио, 1980. – 424 с.

УДК 004

### ВОЗМОЖНОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ В СИСТЕМЕ WOLFRAM MATHEMATICA

Студент гр. 11307120 Грузд Н.А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Гундина М.А.

Белорусский национальный технический университет

При решении задачи обнаружения объектов на снимках, полученных промышленным оборудованием, необходимо не только распознать предмет, находящийся на изображении, но и определить его положение в сетке пикселей исходного изображения.

Разработанный нами алгоритм выделения объекта осуществляет следующие задачи: сегментацию изображения и выделение связанных участков на отсегментированном изображении. Результатом работы такого алго-

ритма является выделение области интереса на изображении с помощью графических элементов или же заливки данного сегмента.

```
cells=ComponentMeasurements[Binarize[img,{0,0.3}],{"Centroid","EquivalentDiskRadius"},#AdjacentBorderCount==0&&50<#Area<2200&]  
t=HighlightImage[img,Circle@@@cells2]
```

*Binarize* – функция, позволяющая создать бинарное изображение путём замены пикселей исходного изображения на нули и единицы. *HighlightImage* – функция, выделяющая специфические области интереса в изображении [1].

На рисунке представлен результат работы алгоритма нахождения надписи на кубиках.

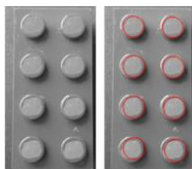


Рис. Исходное и обработанное изображение

Возможность контроля и настраивания бинаризации в системе позволяет выделить объект на изображении, где искомая область слабо контрастирует с фоном или же присутствуют шумы и нежелательные элементы.

Разработанный алгоритм может быть применен на промышленном предприятии для выявления дефектов произведенной продукции.

### Литература

1. Гундина М.А. Обзор функций Wolfram Mathematica, реализующих сегментацию изображений / М.А. Гундина // Механіка та математичні методи. Одеса, 2020. – С. 78–89.

УДК 531

## ОТРАЖЕНИЕ Р-ПОЛЯРИЗОВАННОЙ ЭМ ВОЛНЫ ОТ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА СРЕД ПРИ НАЛИЧИИ ТОКА

Студент гр. 10301220 Гурин М.В.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Бобученко Д.С.

Белорусский национальный технический университет

В данной работе представлен вывод формулы для коэффициента отражения р-поляризованной электромагнитной волны (ЭМ) от границы раздела двух сред с электрическими и магнитными проницаемостями  $\epsilon$ ,  $\mu$  соответственно, при наличии тока на поверхности раздела. Направление векторов напряженностей электрического поля  $E$ , лежащего в плоскости падения (р-поляризация), магнитного поля  $H$ , и направление распростра-

нение волны соответствует правовинтовой системе (рис.). По поверхности протекает ток с поверхностной плотностью  $j$ . Согласно граничным условиям: для тангенциальных составляющих электрического поля:  $E_{1\tau} = E_{2\tau}$  (1); для тангенциальных составляющих магнитного поля:  $H_{1\tau} = H_{2\tau} + j$  (2).

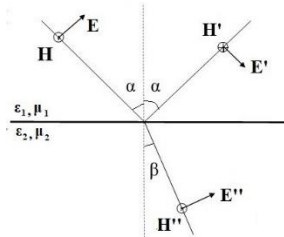


Рис. 1.

Поскольку, напряженность магнитного поля является резко периодической функцией времени по сравнению с плотностью тока, уравнение (2) возвели в квадрат, и усреднили по времени за период колебаний, в результате получили для амплитуд:  $H_{1\tau}^2 = H_{2\tau}^2 + 2j^2$  (3). Согласно направлениям напряженностей полей в р-поляризованной волне, показанным на рис., получили систему уравнений:

$$(E + E') \cos \alpha = E'' \cos \beta \quad (4);$$

$$(H - H')^2 = (H'')^2 + 2j^2 \quad (5),$$

где напряженности без штрихов относятся к амплитуде падающей волны, с одним штрихом – к отраженной, с двумя – к преломленной волнам.

Введя амплитудные коэффициенты отражения:  $r_{\parallel} = \frac{E'}{E}$ , пропускания  $d_{\parallel} = \frac{E''}{E}$ , и используя связь между  $E$ ,  $H$  в электромагнитной волне, из уравнений (4), (5) получили:

$$r_{\parallel} = \frac{-c_2 \pm \sqrt{c_2^2 - c_1(c_1 + 2j_e^2)}}{c_1},$$

$$\text{где } c_1 = \frac{\epsilon_0}{\mu_0} \left\{ \frac{\epsilon_2}{\mu_2} * \frac{\cos^2 \alpha}{1 - \frac{\epsilon_1 \mu_1}{\epsilon_2 \mu_2} \sin^2 \alpha} - \frac{\epsilon_1}{\mu_1} \right\}; c_2 = \frac{\epsilon_0}{\mu_0} \left\{ \frac{\epsilon_2}{\mu_2} * \frac{\cos^2 \alpha}{1 - \frac{\epsilon_1 \mu_1}{\epsilon_2 \mu_2} \sin^2 \alpha} + \frac{\epsilon_1}{\mu_1} \right\}; j_e = \frac{j}{E}.$$

Коэффициент отражения  $r_{\parallel}$  зависит от поверхностной плотности тока, и также от амплитуды напряженности электрического поля в падающей волне. Коэффициент отражения  $R$  интенсивности излучения равен:  $R_{\parallel} = r_{\parallel}^2$ .

## СПОСОБ ИНДИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ ЛИНИЙ ПРИЁМА И ПЕРЕДАЧИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНТЕРФЕЙСА RS-485

Студент гр. 11301118 Ерошеня Т.С., аспирант Безлюдов А.А.

Ст. преподаватель Василевский А.Г.

Белорусский национальный технический университет

Информационный обмен в адресно-аналоговых системах пожарной сигнализации, а также между удалёнными приборами систем пожарной автоматики реализуется на основе полудуплексного дифференциального интерфейса RS-485. Преобразователи и повторители интерфейсов от производителей приборов систем безопасности содержат светодиодный индикатор, индицирующий режимы обмена информацией, и управляемый программно микроконтроллером. Как правило, можно различать два-три режима обмена, в общем случае: идёт обмен (информационный пакет принят), связь в норме (информационный пакет соответствует используемому протоколу обмена), связи нет. В случае возникновения неисправности в канале связи может оказаться полезным, не прибегая к диагностике с использованием программных и(или) технических средств, иметь возможность наблюдать факт присутствия информационного обмена по линиям связи. На рисунке представлена схема, позволяющая визуально наблюдать факт прохождения пакетов данных по информационным линиям между узлом UART микроконтроллера и приёмопередатчиком RS-485.

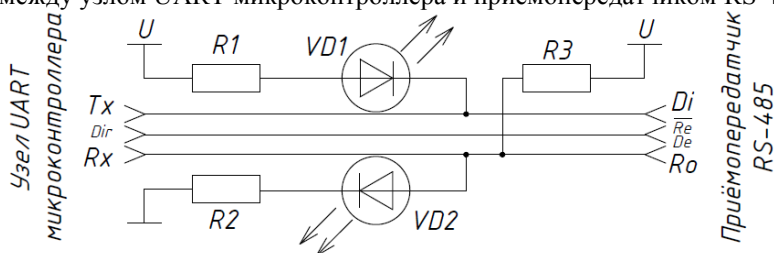


Рис. Электрическая схема индикации информационного обмена

Предлагаемое решение предполагает использование светоизлучающих диодов. Во время передачи данных светодиод VD1 загорается на короткий промежуток времени. При наличии входящих пакетов информации светодиод VD2 гаснет. Недосток предлагаемого решения заключается в использовании элементов, потребляющих ток для своей работы из информационных линий, невозможности наблюдения смены режимов свечения индикаторов при малых размерах пакетов. Работоспособность схемы проверена на скорости 115200 бод/с. Величина тока через светодиоды задавалась 2 мА.

## ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И МАГНИТНОГО ПОЛЕЙ НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА ДВУХ СРЕД

Студент гр. 10303120 Жарков Р.А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Бобученко Д.С.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим изменение электрического и магнитного полей на границе раздела двух сред с диэлектрическими и магнитными проницаемостями  $\epsilon_1, \mu_1, \epsilon_2, \mu_2$  для этих сред при наличии на границе свободных зарядов и тока.

1. *Граничные условия для вектора напряженности электрического поля  $E$ .* Выделим на границе прямоугольный замкнутый контур (длины  $a$ , ширины  $b$ , рис. 1), и используем закон электромагнитной индукции:

$\oint_L \vec{E} d\vec{l} = -\frac{\partial}{\partial t} \int_S \vec{B} d\vec{S}$ . Устремим ширину контура в  $k$  нулю, поток вектора магнитной индукции  $B$  обратится в нуль.  $\oint_L \vec{E} d\vec{l} = 0$  или

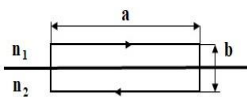


Рис.1.

$E_{1\tau}a - E_{2\tau}a = 0$ . То есть:  $E_{1\tau} = E_{2\tau}$ . На границе раздела двух сред касательная составляющая напряженности электрического поля всегда не изменяется.

2. *Граничные условия для вектора магнитной индукции  $B$ .* Выделим на границе раздела объем в виде симметричного цилиндра (рис. 2). Поток вектора магнитной индукции через любую замкнутую поверхность равен нулю

$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$ . Устремим высоту цилиндра к нулю, получим:  $B_{1n}S - B_{2n}S = 0$ ,  $S$  – площадь основания цилиндра. Тогда:  $B_{1n} = B_{2n}$ . На границе раздела двух сред нормальная составляющая магнитной индукции магнитного поля всегда не изменяется.

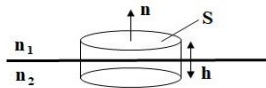


Рис.2.

3. *Граничные условия для вектора электрического смещения  $D$ .*

Опять, выделим на границе раздела объем в виде симметричного цилиндра (рис. 2). По теореме Гаусса:  $\oint_S \vec{D} d\vec{S} = \int_V \rho dV$ ,  $\rho$  – объемная плотность свободных зарядов. Устремим высоту цилиндра  $h$  к нулю, получим:

$D_{1n}S - D_{2n}S = \rho hS$ . Т. к.:  $\lim_{h \rightarrow 0} \rho h = \sigma$ ,  $\sigma$  = поверхностная плотность свободных зарядов. В результате:  $D_{1n} - D_{2n} = \sigma$ . На границе раздела двух сред разность нормальных составляющих электрических смещений равна поверхностной плотности свободных зарядов.

4. *Граничные условия для вектора напряженности магнитного поля  $H$ .* Выделим на границе прямоугольный замкнутый контур (рис. 1), и ис-

пользуем теорему для полного тока:  $\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S \vec{j} d\vec{S}$ ,  $\vec{j}$  – плотность тока,  $A/m^2$ . Устремим ширину контура в  $k$  нулю, получим:  $H_{1\tau}a - H_{2\tau}a = j b a$ . Т. к.:  $\lim_{b \rightarrow 0} j b = j_p$ , получим  $H_{1\tau} - H_{2\tau} = j_p$ ,  $j_p$  – поверхностная плотность тока ( $A/m$ ). На границе раздела двух сред разность касательных составляющих напряженности магнитного поля равна поверхностной плотности тока.

УДК 61

## ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ В АЗАРТНЫХ ИГРАХ

Студент гр. 11312120 Жикин К.Д.

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

Белорусский национальный технический университет

Теорию вероятностей в играх мы будем рассматривать на примере игры «Больше-Меньше» для колоды (36 карт), цель которой угадывать будет ли следующая карта больше или меньше. Равная карта не завершает игру. Так же в данной работе мы будем рассматривать такое явление как “Ошибка игрока” известная как ложный вывод Монте-Карло, основанный на том, что в казино Монте-Карло 26 раз подряд шарик, останавливался на черном поле. Изучение данного когнитивного заблуждения поможет избежать его в дальнейшем.

Формула для 1 задачи:

$$\frac{4 \cdot (9 - I) - D + K}{n_0 - n + 1},$$

где  $n$  – № шага;  $n_0$  – число карт(36);  $I$  – значение, которое выпало в прошлом шаге (если мы хотим сказать, что следующая карта будет меньше и принимает значения (Т-1, К-2, Д-3, В-4, 10-5, 9-6, 8-7, 7-8, 6-9) или если мы хотим сказать, что следующая карта будет больше и принимает значения (Т-9, К-8, Д-7, В-6, 10-5, 9-4, 8-3, 7-2, 6-1)),  $D$  и  $K$  уточняющие числа, отвечающие за точность,  $K$  отвечает за предполагаемый повтор карты  $K = K-k$  (вышедших),  $D$  за уменьшение увеличение шанса на выпадение с учетом количества вышедших карт:

$$D = d_{10} + (d_m \text{ or } d_b),$$

где  $d_m$  – число вышедших карт номиналом меньше предыдущей для варианта если мы выбрали понижение;  $D_b$  – число вышедших карт номиналом больше предыдущей для варианта если мы выбрали понижение.

Ложный вывод Монте-Карло основан из-за того, что закон больших чисел справедлив только для больших чисел.



	Эксперимент 1	Эксперимент 2	Эксперимент 3	Эксперимент С интуицией (укорочен)
А	16	13	12	8
В	2	2	2	2
С	2	2	3	7

А—максимальная серия;

В— минимальная серия;

С— самое частое выпадаемое число.

Исходя из полученных данных, мы смогли сделать вывод, что возможность не угадать на втором шаге – максимальна, особенно если первой картой, которую мы достали из колоды, была 10. Нулевая если достали 6 или Т. С каждой картой, которую мы достали из колоды вероятность угадать возрастает, но шанс сделать победную серию невелик.

### Литература

1. Колмогоров А.Н., Журбенко И.Г., Прохоров А.В. Введение в теорию вероятностей. – М.: Наука, 1982.
2. Боровков А.А. Математическая статистика. – М.: Наука, 1984.
3. Ширяев А.Н. Вероятность. – М.: Наука, 1989.
4. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей. – М.: Наука, 1988. – 406 с.
5. Сайт: <http://ru.wikipedia.org>

УДК 004.94

## РЕШЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ МЕТОДОМ КРАМЕРА В DELPHI

Студент гр. 11302120 Иоффе К.В.

Кандидат техн. наук, доцент Бокуть Л.В.

Белорусский национальный технический университет

Метод Крамера является методом решения систем линейных алгебраических уравнений, в которых число уравнений равно числу неизвестных. Рассматриваются системы, в которых главный определитель матрицы коэффициентов системы не равен нулю, тогда решение системы линейных уравнений существует и единственно.

Целью работы является изучение метода Крамера для решения систем линейных уравнений и разработка соответствующей программы в Delphi.

Идея метода Крамера состоит в следующем. Если дана система линейных уравнений  $AX = B$ , то сначала вычисляем определитель основной матрицы  $A$  системы. Если он оказался равным нулю, то система не имеет решений или имеет бесконечное множество решений. Чтобы найти в таком случае общее или какое-то базисное решение, следует использовать

метод Гаусса. Затем заменим последний столбец основной матрицы столбцом свободных членов В и найдем определитель А1. Аналогичную операцию выполним для всех столбцов, получим определители от А1 до Аn, где n – номер последнего справа столбца. Итак, если найдены все детерминанты А1...Аn, можно вычислить значения неизвестных переменных по формуле:

$$x_i = \frac{A_i}{A}$$

При решении поставленной задачи использовался язык программирования Delphi, который позволяет быстро и эффективно создавать приложения. Delphi располагает простой и удобной средой для разработки приложений. В Delphi также используется довольно простой язык программирования Pascal.

Задача решения системы линейных уравнений сравнительно редко представляет самостоятельный интерес для прикладных задач. Однако от умения эффективно решать данные системы часто зависит возможность математического моделирования с применением компьютера самых разнообразных процессов. Кроме того, значительная часть численных методов решения различных нелинейных задач включает в себя решение систем линейных уравнений как элементарный шаг соответствующего алгоритма. Практической значимостью данной работы является автоматизация расчётов корней линейных уравнений и, значит, экономия времени при решении указанной задачи.

УДК 004.658

## **СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ СТУДЕНЧЕСКОГО ОБЩЕЖИТИЯ**

Студент гр. 11311120 Кирикович В.А.

Ст. преподаватель Кондратьева Н.А.

Белорусский национальный технический университет

MS Access – это функционально полная реляционная система управления базами данных (СУБД), работающая в среде Windows. Access позволяет создавать сложные базы данных, задавая структуру таблиц и определяя связи между ними. MS Access содержит возможности для создания запросов, отчетов и форм любой сложности. В Access можно использовать все возможности Windows обмена данными между приложениями (DDE и OLE), что позволяет включить в базу данных графическую и звуковую информацию [1].

Разработанная база данных «Студенты общежития № 14» в Access состоит из объектов, связанных с хранимыми данными (таблицы,

запросы, формы, отчеты, страницы). Все объекты Access хранятся в одном файле с расширением .mdb. В таблицах хранятся данные о студентах, проживающих в общежитии. Сведения можно добавлять, редактировать, просматривать. Запросы позволяют быстро выбирать необходимую информацию из таблиц. Реализованы запросы: «на выборку» с условием, на создание таблицы, «на обновление» информации, «на удаление» записи, перекрестные запросы и другие. Используя формы, можно вводить данные в таблицы, выводить на экран в удобном виде, просматривать и изменять их. Используя «Инструменты» выполнена установка кнопок для закрытия базы данных, для перехода по формам, для перехода по записям. С помощью отчетов создаются различные виды документов для вывода на печать. В отличие от распечаток таблиц или запросов отчет дает более широкие возможности сортировки и группировки данных, он предоставляет возможность добавлять итоговые значения, а также поясняющие надписи, колонтитулы, номера страниц, стили и различные графические элементы. Опубликованная средствами Access веб-страница, имеющая подключение к базе данных, позволяет просматривать, добавлять, изменять и обрабатывать данные, хранящиеся в базе данных, из обозревателя. Макросы и модули могут быть использованы для автоматизации работы с базой данных.

#### Литература

1. Ковалева М.А. Создание баз данных в Microsoft Access. Учеб.-метод. пособие. – М.: Мир науки, 2019. – С. 44.

УДК 681

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОПУЛЯЦИОННЫХ ВОЛН В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ РЕЖИМАХ

Кодиров О.К., Шукуров Р.

Таджикский технический университет им. академика М.С. Осими

В настоящей исследовательской работе рассматривается волновой процесс физического явления в экстремальных режимах, которое описывается дифференциальным уравнением в частных производных второго порядка с постоянными коэффициентами вида:

$$\left( \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + p \cdot \frac{\partial u}{\partial t} + qu \right)^n = \sum_{j=1}^m \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x_j^2} + p_j \cdot \frac{\partial u}{\partial x_j} + q_j u \right)^n, \quad (1)$$

где  $m, n$  ( $m, n > 1$ ) – натуральные числа,  $t \geq t_0 \geq 0$ ,  
 $x = (x_1, x_2, \dots, x_m) \in R^m$ ,  $p > 0$  и  $p_j > 0$  ( $j = \overline{1, m}$ ) – действительные числа,  
 $u(t, x)$  – искомая функция.

Изучение таких физических процессов приводят к модельному уравнению с экстремальными свойствами:

$$Lu = \max_{\alpha \in A} \left\{ \sum_{j=1}^m \alpha_j (L_j u)^s \right\}^{\frac{1}{s}}, \quad (2)$$

где  $A = \left\{ \alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m) : 0 < \alpha_j < 1, \sum_{j=1}^m \alpha_j^{\frac{n}{n-s}} = 1 \right\}$ ,  $n > s > 0$  – натуральные числа.

В работах профессора М. Юнуса [1] доказано, что уравнение (2) эквивалентно уравнению:

$$(Lu)^n = \sum_{j=1}^m (L_j u)^n. \quad (3)$$

Следствием уравнения (3) при дифференциальных операторах:

$$L = \frac{\partial^2}{\partial t^2} + p \cdot \frac{\partial}{\partial t} + q, \quad L_j = \frac{\partial^2}{\partial x_j^2} + p_j \cdot \frac{\partial}{\partial x_j} + q_j \quad (j = \overline{1, m})$$

является уравнение (1).

Для данного уравнения (1) сначала задаём начальные условия в виде

$$u = (t_0; x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0m}) = u_{01}, \quad \frac{\partial u}{\partial t} = (t_0; x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0m}) = u_{02}. \quad (4)$$

Чтобы найти решения уравнения (1) в экспоненциальном классе используем вспомогательную переопределенную систему уравнений

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + p \frac{\partial u}{\partial t} + qu = C u, \\ \frac{\partial^2 u}{\partial x_j^2} + p_j \frac{\partial u}{\partial x_j} + q_j u = C_j u, \quad (j = \overline{1, m}). \end{cases} \quad (5)$$

В системе уравнений (5)  $C$  и  $C_j$  ( $j = \overline{1, m}$ ) – произвольные действительные числа, которые являются решением уравнения согласования:

$$\sum_{j=1}^m C_j^n = C^n. \quad (6)$$

Находим общее решение переопределенной системы (5), которое является общим решением уравнения (1) в экспоненциальном классе. Решение поставленной задачи состоит из трех случаев. Рассмотрим каждый случай по отдельности и получим соответствующие решения:

а) Рассмотрим случай:

$$p^2 + 4 \cdot (C - q) > 0, \quad p_j^2 + 4 \cdot (C_j - q_j) > 0, \quad (j = \overline{1, m}).$$

В этом случае решение принимает вид:

$$\begin{aligned} u = & \left[ \frac{2u_{0,2} + \left( p + \sqrt{p^2 + 4 \cdot (C - q)} \right) \cdot u_{0,1}}{2^{m+1} \sqrt{p^2 + 4 \cdot (C - q)}} \times \exp \left\{ \frac{-p + \sqrt{p^2 + 4 \cdot (C - q)}}{2} (t - t_0) \right\} - \right. \\ & \left. - \frac{2u_{0,2} + \left( p - \sqrt{p^2 + 4 \cdot (C - q)} \right) \cdot u_{0,1}}{2^{m+1} \sqrt{p^2 + 4 \cdot (C - q)}} \times \exp \left\{ \frac{-p - \sqrt{p^2 + 4 \cdot (C - q)}}{2} (t - t_0) \right\} \right] \times \\ & \times \prod_{j=1}^m \left[ \exp \left\{ \frac{-p_j + \sqrt{p_j^2 + 4 \cdot (C_j - q_j)}}{2} (x_j - x_{0,j}) \right\} + \right. \\ & \left. + \exp \left\{ \frac{-p_j - \sqrt{p_j^2 + 4 \cdot (C_j - q_j)}}{2} (x_j - x_{0,j}) \right\} \right] \end{aligned} \quad (7)$$

б) Второй случай:  $p^2 + 4 \cdot (C - q) = 0, \quad p_j^2 + 4 \cdot (C_j - q_j) = 0, \quad (j = \overline{1, m}).$

Для этого случая решение принимает вид:

$$\begin{aligned} u = & \left[ u_{0,1} + \left( u_{0,2} + \frac{p}{2} u_{0,1} \right) \cdot (t - t_0) \right] \cdot \exp \left\{ -\frac{p}{2} (t - t_0) \right\} \times \\ & \times \prod_{j=1}^m \left[ 1 + x_j - x_{0,j} \right] \cdot \exp \left\{ -\frac{p_j}{2} (x_j - x_{0,j}) \right\}. \end{aligned} \quad (8)$$

в) Третий случай:  $p^2 + 4 \cdot (C - q) < 0, \quad p_j^2 + 4 \cdot (C_j - q_j) < 0, \quad (j = \overline{1, m}).$

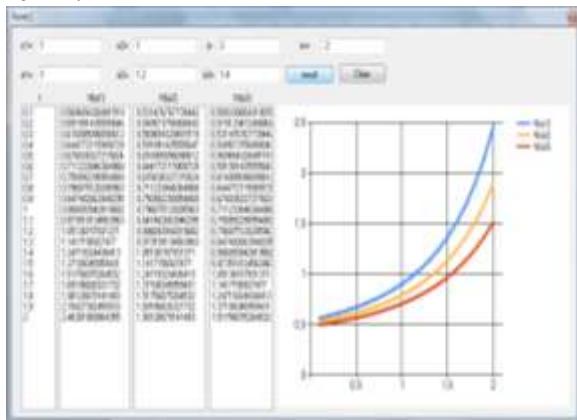
Тогда решение принимает вид:

$$\begin{aligned}
u = & \exp\left\{-\frac{p}{2}(t-t_0)\right\} \cdot \left[ u_{0,1} \cos\left(\frac{\sqrt{p^2+4(C-q)}}{2}(t-t_0)\right) + \right. \\
& + \frac{2u_{0,2} + pu_{0,1}}{\sqrt{p^2+4(C-q)}} \cdot \sin\left(\frac{\sqrt{p^2+4(C-q)}}{2}(t-t_0)\right) \left. \right] \times \\
& \times \prod_{j=1}^m \left[ \exp\left\{-\frac{p_j}{2}(x_j-x_{0,j})\right\} \cdot \left\{ \cos\left(\frac{\sqrt{p_j^2+4(C_j-q_j)}}{2}(x_j-x_{0,j})\right) + \right. \right. \\
& \left. \left. + \sin\left(\frac{\sqrt{p_j^2+4(C_j-q_j)}}{2}(x_j-x_{0,j})\right) \right\} \right]. \tag{9}
\end{aligned}$$

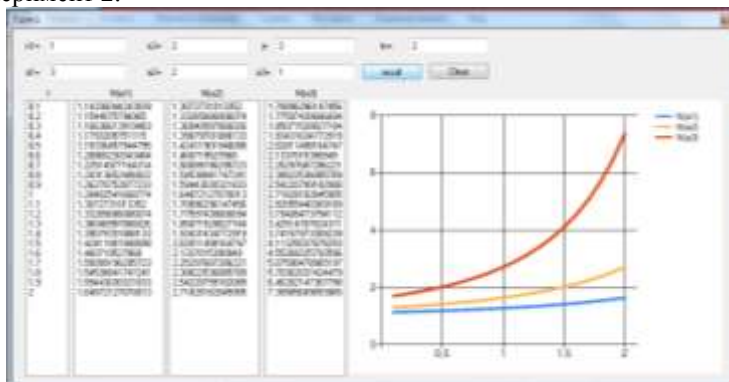
**Теорема.** Решения уравнений (1) и (3), удовлетворяющие начальным условиям (4), соответственно переопределенных систем (5) и (6) представляются в видах (7), (8), (9), если  $C$  и  $C_j$  ( $j = \overline{1, m}$ ) являются решением уравнения согласования.

Теперь приведем численный расчет рассматриваемого волнового процесса, используя язык программирования C++, результатом которого является графическая иллюстрация состояния данного явления.

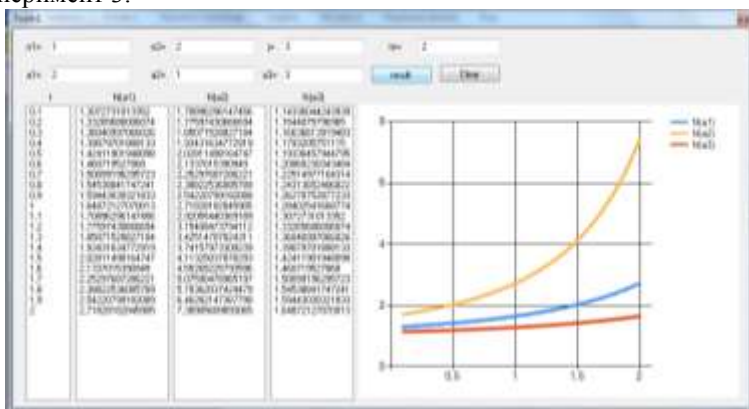
Эксперимент 1.



## Эксперимент 2.



## Эксперимент 3.



## Литература

1. Юнуси М.К. Об одном классе модельных уравнений с экстремальным свойством / М.К. Юнуси // Вестник национального университета, 2004, серия математика. – № 1. – С. 128–135.
2. Юнуси М.К. Теорема о представлении сложных объектов описываемых дифференцированными уравнениями полиномами / М.К. Юнуси // Вестник ТНУ, 2013, серия естественных наук. – № 1(102). – С. 3–12.
3. Кодиров О.К. Об одном классе дифференциальных уравнений в частных производных третьего порядка / М. Гадозода, О.К. Кодиров // Вестник национального университета, серия естественных наук. – Душанбе, 2009. – № 1(49). – С. 49–53.
4. Кодиров О.К. Представления решений одного класса дифференциальных уравнений в частных производных третьего порядка / М. Гадозода, О.К. Кодиров // Вестник технического университета, 2009. – № 4. – С. 5–7.

## УКАЗАТЕЛЬ ПОВОРОТА САМОЛЕТА НА СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЕ

Студент гр. 120891 Колесникова А.Г.

Кандидат техн. наук, доцент Матвеев В.В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

К группе пилотажно-навигационных приборов относится указатель поворота, предназначенный для индикации прямолинейности полета в азимуте и указания разворота летательного аппарата вокруг вертикальной оси. Целью работы является модернизация указателя поворота самолета с применением современной элементной базы.

Бурное развитие в последнее десятилетие микромеханических гироскопов, обладающих малыми массой, габаритами и энергопотреблением, открывает перспективу создания указателя поворота на микромеханических датчиках [1]. Разработана структура и проведено полунатурное моделирование указателя поворота (рис.), при котором использовались реальные показания микромеханического гироскопа, полученные со стенда, а сам указатель моделировался в среде *MatLab*.

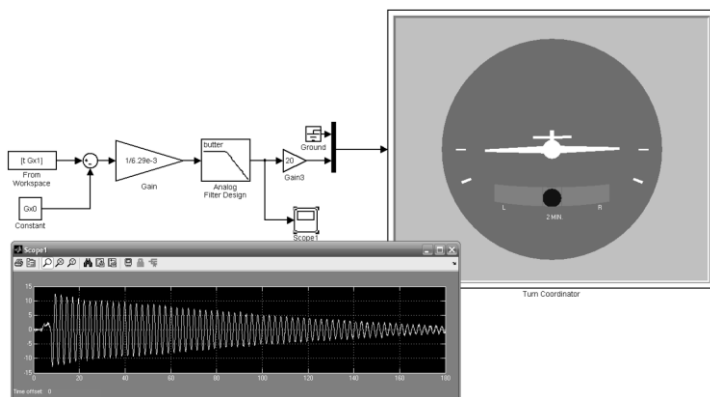


Рис. Схема полунатурного моделирования указателя поворота

### Литература

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



## РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ДИРИХЛЕ В MATHCAD

Студент гр. 31302220 Кудряшов В.Б.

Ст. преподаватель Кондратьева Н.А.,

кандидат физ.-мат. наук, доцент Гундина М.А.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим процесс решения задачи Дирихле для уравнения Лапласа в системе MathCAD. Она находит широкое применение в области вопросов, касающихся теплопроводности различных сред и распределения температуры в них. Реализован алгоритм расчета и построения графика распределения температуры в трубе квадратного сечения в пакете инженерных расчетов MathCAD.

Постановка задачи следующая: необходимо найти непрерывную функцию  $u(x, y)$ , удовлетворяющую внутри заданной прямоугольной области  $D = \{(x, y), 0 \leq x \leq a, 0 \leq y \leq b\}$  уравнению Лапласа.

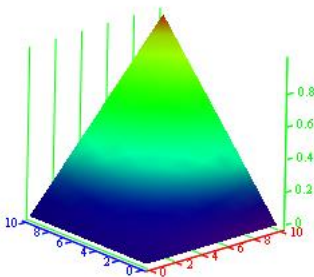
Граничные условия:

$$1. u(0, y) = f_1(y), u(a, y) = f_2(y), y \in [0; b];$$

$$2. u(x, 0) = f_3(x), u(x, b) = f_4(x), x \in [0; a].$$

Условие непрерывности функции  $u(x, y)$  на границе области  $D$ :

$$f_1(0) = f_3(0); f_1(b) = f_4(0); f_2(0) = f_3(a); f_2(b) = f_4(a).$$



Решение задачи производится в следующей последовательности: условное представление области в виде координатной сетки с заданным шагом, задание граничных условий непрерывности функции и, непосредственно, решение уравнения Лапласа в частных производных, что в свою очередь включает в себя задание начального приближения, уточнение решения и проверку окончания итерационного процесса.

Для реализации алгоритма решения данной задачи в пакете инженерных расчетов MathCAD использовался блок инструментов «Программирование» [1]. Результатом решения задачи Дирихле в MathCAD является график распределения температуры в трубе квадратного сечения, который представлен на рисунке.

### Литература

1. Решение дифференциальных уравнений в частных производных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ppt-online.org/197897>

## РЕШЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ МЕТОДОМ НЬЮТОНА В DELPHI

Студент гр. 11302120 Курило Э.В.

Кандидат техн. наук, доцент Бокуть Л.В.

Белорусский национальный технический университет

Метод Ньютона или метод касательных – это итерационный численный метод нахождения корня заданной функции. Метод обладает квадратичной сходимостью (быстрой, по сравнению с другими методами) и может быть использован для решения задач оптимизации, в которых требуется определить ноль первой производной или градиента в случае многомерного пространства.

Целью работы является изучение метода Ньютона для решения нелинейных уравнений и разработка соответствующей программы в Delphi.

Суть метода состоит в следующем: сначала выбираем начальное значение  $x_0$ , достаточно близкое к искомому корню уравнения. Отлично, если бы мы нашли графическим методом отрезок, на котором точно находится хотя бы один корень уравнения. Следовательно, в качестве начального значения могли бы взять один из концов отрезка. Далее производится аппроксимация функции касательной прямой, уравнение которой определяется с помощью дифференциального исчисления. После этого идёт процесс нахождения пересечений касательной прямой с осью абсцисс. Обычно эта точка пересечения является лучшим приближением к корню уравнения. После этого процесс повторяется, пока не будет получена требуемая точность.

Уравнение касательной в точке  $x_0$  имеет вид:

$$y - f(x_0) = f'(x_0)(x - x_0), \text{ где}$$

$$f'(x_0) = \frac{df(x_0)}{dx} = \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0}$$

В качестве языка программирования выбран Delphi. Визуальная среда разработки Delphi позволяет наглядно строить приложение, собирая его из готовых программных блоков, кроме того, внешний вид приложения уже определяется на этапе разработки, что очень ускоряет сам процесс разработки. Файлы, созданные на Delphi, можно легко распространить на другие компьютеры, так как Delphi это среда компилирующего типа. Также Delphi предоставляет готовые компоненты для разработки приложений, например, кнопки, списки, поля редактирования и др.

В качестве среды программирования выбрана Embarcadero Delphi. В дальнейшем разработанная программа будет дополнена для решения системы нелинейных уравнений.

УДК 004.94

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЛА, БРОШЕННОГО ПОД УГЛОМ К ГОРИЗОНТУ В MATHCAD**

Студент гр. 11302120 Лебедев Е.О.

Кандидат техн. наук, доцент Бокуть Л.В.

Белорусский национальный технический университет

Движением тела под углом к горизонту в физике называют сложное криволинейное перемещение, которое состоит из двух независимых движений, включая равномерное прямолинейное движение в горизонтальном направлении и свободное падение по вертикали. Точное описание характера движения тела, брошенного под углом к горизонту возможно только при рассмотрении некоторой идеальной ситуации.

Целью работы является исследование траектории движения тела, брошенного под углом к горизонту, с помощью программы Mathcad.

Считаем, что влиянием воздуха на движение можно пренебречь. Пусть из некоторой точки  $O$ , которую примем за начало отсчета, брошено тело с начальной скоростью  $V_0$ , направленной под углом  $\alpha$  к горизонту.

На тело действует только сила тяжести, поэтому при его движении будет изменяться только проекция скорости  $V_{0y}$ .

$$y = V_{0y} \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2}$$

Проекция скорости  $V_{0x}$  описывается уравнением:  $x = V_{0x} \cdot t$

Чтобы найти траекторию движения тела, подставим в уравнения, описывающие координаты движущегося тела, значения времени  $t$ , которые будем последовательно увеличивать, при известных значениях модуля начальной скорости  $V_0$  и угла  $\alpha$ . Затем находим момент падения тела и выставляем число кадров (fps), которое нам понадобится для создания анимации. Далее находим переменную  $t_1$ , отвечающую за функцию времени, являющуюся элементом анимации:

$$t_1 = \frac{FRAME}{MaxFrame} \cdot (T - t_0) + t_0,$$

где

$$T = \frac{2 \cdot V_0 \cdot \sin(\alpha)}{g}.$$

Для исследования траектории движения тела, брошенного под углом к горизонту, выбран Mathcad, так как в данной программе результаты расчетов мы достаточно наглядно представили с помощью анимационного ролика, который сохранили в видеофайле. Расчеты произведены отдельно для каждого кадра. Формулы и графики, содержащиеся в кадре, являются функцией от номера кадра, который задается системной переменной FRAME.

УДК 628.953.2

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТОВОЛОКНА В МЕДИЦИНЕ**

Студент гр. 11307120 Лещенко Е.Г.

Кандидат физ.-мат. наук Красовский В.В.

Белорусский национальный технический университет

Избрав специальность «Биотехнические и медицинские аппараты и системы», важно уже на первом курсе иметь представление о современных медицинских технических устройствах и связанных с ними методах диагностирования и лечения, а также об основных направлениях развития медицинской техники.

Одной из таких областей является оптоволоконная эндоскопия. Собственно идея эндоскопа возникла не менее 200 лет назад, но практическая ее реализация стала более-менее возможной только после изобретения электрической лампы. Первые эндоскопы были жесткими, что существенно сужало область их применения. По-настоящему широкое применение эндоскопия получила лишь во второй половине XX века благодаря развитию технологии производства качественного оптоволоконна для волоконно-оптических линий связи. Для передачи изображения в эндоскопе используется жгут из оптических волокон, заключенных в гибкую оболочку (катетер). Как правило, жгут содержит не менее 10 тысяч волокон, концы которых жестко фиксированы в строгом соответствии друг с другом. В целом же волокна жестко не связаны между собой, и жгут получается гибким. Каждое волокно несет информацию об освещенности небольшого участка исследуемого объекта размером порядка своего диаметра у входного конца жгута. Соответственно на выходном конце жгута получается мозаичная картина обследуемого участка ткани. Существует целый ряд приемов для уменьшения мозаичности и улучшения контрастности изображения. Для освещения обследуемого участка ткани используют другой жгут, по которому свет вводится в полость тела. В отличие от жгута для передачи изображения осветительный жгут не является упорядоченным. Для ввода в полость тела оба жгута заключены в один общий катетер.

Современные эндоскопы используются не только для наблюдения структуры тканей внутренних органов с целью медицинской диагностики. Они дополнены рядом функциональных устройств, позволяющих проводить ряд анализов, а также осуществлять хирургические операции. Основным инструментом в последнем случае является лазерное излучение, передаваемое по специальному «силовому» волокну и фокусируемое на пораженных участках ткани. В этом отношении «оптоволоконная» медицина не утрачивает своей актуальности. Хотя в плане визуализации оптоволоконные жгуты в последнее время все чаще заменяют миниатюрными видеокамерами (видеоэндоскопы).

УДК 531.383

### **ВОЛНОВОЙ ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ ГИРОСКОП С МЕТАЛЛИЧЕСКИМ РЕЗОНАТОРОМ**

Студент гр. 120871 Лысякова А.А.

Кандидат техн. наук, доцент Матвеев В.В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

В настоящее время волновые твердотельные гироскопы (ВТГ) с металлическим резонатором являются одними из перспективных датчиков первичной информации подвижных объектов по соотношению цена/точность. Производство ВТГ не требуют специальных технологий, таких как фотолитография и травление кремния, как например, при производстве микромеханических гироскопов или объемной обработки кварцевого стекла при изготовлении полусферических резонаторов.

Рассматриваются особенности построения (ВТГ) с металлическим резонатором (рис.).



Рис. Волновой твердотельный гироскоп с металлическим резонатором

Теоретически и экспериментально показана нелинейная зависимость колебаний пучности и узла стоячей волны резонатора от угловой скорости основания ВТГ прямого измерения [1]. Предложен способ формирования выходного сигнала разомкнутого ВТГ, позволяющий расширить линейную зону характеристики. Приведена структурная схема ВТГ для огибающих колебаний узла и пучности, позволяющая анализировать характеристики ВТГ без учета высокочастотной несущей колебаний резонатора. Проанализированы кривые затуханий колебаний резонатора при работе ВТГ в режиме интегрирующего гироскопа.

#### Литература

1. Матвеев В.В., Лихошерст В.В. Влияние перекрестной связи на динамику кориолисового вибрационного гироскопа // Известия ТулГУ. Технические науки, 2019. – № 8. – С. 22–28.

УДК 519.67

#### ЛЕНТА МЁБИУСА: МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

Студенты гр. 11301120 Любинский К.А., Семенова К.В.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Гацкевич Е.И.

Белорусский национальный технический университет

Лента Мёбиуса – это поверхность, которая получается при склеивании двух противоположных сторон АВ и CD прямоугольника ABCD так, что точки А и В совмещаются соответственно с точками С и D. Полученная поверхность является односторонней в трёхмерном пространстве. Её относят к непрерывным (топологическим) объектам. Ленту Мёбиуса можно описать с помощью параметрических уравнений [1]:

$$\begin{cases} x(\lambda, \varphi) = \left(R + \lambda \cos \frac{\varphi}{n}\right) \cos \varphi \\ y(\lambda, \varphi) = \left(R + \lambda \cos \frac{\varphi}{n}\right) \sin \varphi, \\ z(\lambda, \varphi) = \lambda \sin \frac{\varphi}{n} \end{cases} \quad (1)$$

где  $R$  – радиус окружности, построенной в трехмерной декартовой системе координат;  $\lambda$  – действительное число, определяющее положение точки на образующей;  $\varphi$  – принимает значения от 0 до  $2\pi$ ;  $n = 2$ .

Настоящая работа посвящена графическому анализу свойств ленты Мёбиуса в пакете Mathcad. На основе уравнений (1) построены изображения для различных значений параметров (рис.).

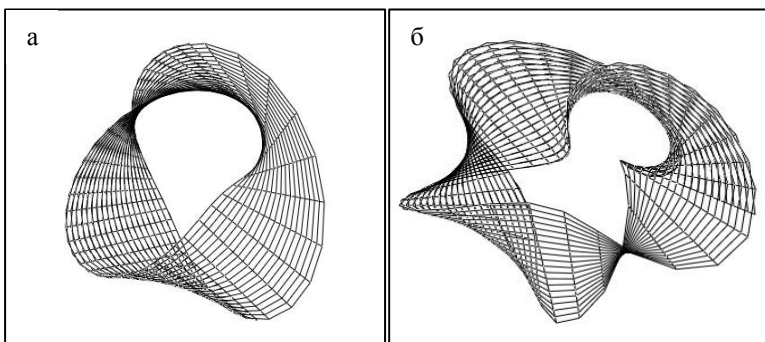


Рис. Лента Мёбиуса при  $n = 1$  (а) и  $n = 1/2$  (б)

Из приведенных рисунков видно, что параметр  $n$  определяет количество скручиваний ленты.

### Литература

1. Таллер А. Сюрпризы ленты Мёбиуса // Квант, 1978. – № 4. – С. 28–31.

УДК 006.9:621.3.08(075.8)

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ВИДОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВЕЛИЧИН

Студент гр. 10705117 Малашонок С.В.

Кандидат техн. наук Савкова Е.Н.

Белорусский национальный технический университет

Измерения электромагнитных величин имеют особенности: 1) скалярный, комплексный и векторный характер входных величин; 2) наличие ковариации между входными и выходными величинами вследствие их взаимодействия в электрической цепи; 3) высокий удельный вес методической погрешности вследствие допущений и взаимодействия средств измерений с объектом измерений. Поэтому с точки зрения концепции неопределенности актуальной задачей также является систематизация информации о видах распределений вероятностей входных величин. Анализ [1–4] показал, что помимо равномерного, треугольного и Гаусса, в области электромагнитных и радиотехнических измерений также применимы распределения:

- 1) логарифмически нормальное (для описания параметров, связанных или с мощностью, или с напряженностью поля, или со временем, выражаемых в децибелах (например, длительность замираний);
- 2) рэлеевское в случае положительной непрерывной переменной,

величина которой не ограничена (например, для реактивных электрических величин);

3) комбинированное логарифмически нормальное и рэлеевское (при комбинировании двух распределений мгновенных значений);

4) Накагами-Райса (распределение длины вектора, который является суммой вектора фиксированной длины и вектора, длина которого подчиняется рэлеевскому распределению);

5)  $m$ -распределение Накагами (применяется к положительной неограниченной по величине переменной);

6) гамма и экспоненциальное (применяется к положительным неограниченным по величине переменным).

#### Литература

1. ГОСТ34100.3.1-2017 / ISO/IEC Guide 98-3/Suppl 1:2008. Неопределенность измерения. Часть 3.

2. Cramer H. Mathematical Methods of Statistics. Princeton University Press, Princeton, 1946.

3. Soong T.T. Probabilistic Modelling and Analysis in Science and Engineering, Wiley, 1981.

УДК 620.1.08

### МЕТОД ЕМКОСТНОЙ РЕЛАКСАЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ САХАРОЗЫ

Студент гр. 11305120 Михович О.С.<sup>1</sup>

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Бумай Ю.А.<sup>1</sup>,

Почкаев А.В., Почкаева Т.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>ООО «Когнитивные БиоТехнологии»

Сахароза широко используется в фармакологии для создания ряда лекарственных препаратов. Она является ярко выраженным диэлектриком, обладающим к тому же электретными свойствами. Сухой сахарозе как в поликристаллическом состоянии, так и в виде монокристаллов присущ протонный характер проводимости с абсолютной величиной порядка  $10^{-14} \text{ См}\cdot\text{см}^{-1}$ . Исследования электрических параметров сахарозы в виде шарообразных гранул диаметром 3 мм производилось разработанным методом емкостной релаксационной дифференциальной спектроскопии, основанным на дифференциальном анализе переходного заряда с помощью зарядовочувствительной схемы (рис.) во временной области, при поляризации образца напряжением в виде ступеньки ( $R_o$ ,  $C_o$  отражают объем образца,  $R_i$ ,  $C_i$  – поверхность).



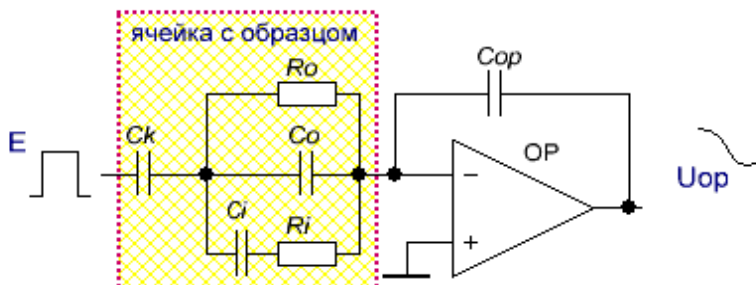


Рис. Схема измерений

Из зависимости емкости измеряемого образца от времени находятся дифференциальный и дискретный емкостные спектры, а также и постоянные времени релаксации, соответствующие элементам структуры образца. Дифференциальный и дискретный спектры определяются на основе производных высшего порядка из анализа переходной емкости образца, в соответствии с его эквивалентной электрической  $RC$  моделью, соответствующей измеряемой структуре. В отличие от традиционных методов диэлектрической спектроскопии, вывод и анализ результатов измерений в методе осуществляется в виде дифференциального и дискретного спектра параметров во временной области, что позволяет получить высокую чувствительность к внутренней структуре образца и достоверность, превосходящие в других методах.

УДК 006.9:621.3.08(075.8)

### **СООТНОШЕНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И ИНТЕРВАЛОВ ДОПУСКОВ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ И РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЯХ**

Студент гр. 10705117 Малашонок С.В., аспирант Чжан Ю.

Кандидат техн. наук Савкова Е.Н.

Белорусский национальный технический университет

Применение неопределенности измерений при принятии решения относительно результата измерения заключается в сопоставлении интервалов охвата (результатов измерений) и интервалов допусков. При этом возможны типовые ситуации согласно ГОСТ ИЕС/TR 61000-1-6-2014, показанные на рисунке.



Рис. Сценарии принятия решений на основе соотношения неопределенности и интервала допуска

УДК 612.13

## ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ИЗМЕРЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

Студенты гр. 11307120 Мишутко К.А., Чугаевская К.В.

Кандидат физ.-мат. наук Красовский В.В.

Белорусский национальный технический университет

Рассматриваемый вопрос относится к области гемодинамики, представляющей собой раздел гидродинамики. Ряд интересных эффектов в этой области связан с особенностями кровеносной сосудистой системы и тем, что кровь есть неньютоновская жидкость.

Неинвазивный метод измерения артериального давления был предложен в конце 19-го века. Методика была усовершенствована в 1905-м году русским врачом Н.С. Коротковым, она используется и по сегодняшний день. Принцип измерения состоит в том, что давление в артериях является пульсирующим. В момент сокращения желудочков сердца в артерии вбрасывается ударный (систолический) объем крови. Давление при этом повышается до максимального значения – систолического давления. В силу эластичности стенок артерий по ним распространяется пульсовая волна, благодаря которой происходит прокачивание крови по всей кровеносной системе. После стадии систолы наступает расслабление сердечной мышцы – давление снижается до минимального значения, диастолического давления. Течение крови по артериям является ламинарным и не сопровождается никакими шумами. Если пережать артерию с помощью надувной манжеты, создав давление выше систолического, то кровь через область сжатия не протекает, и шумы также не возникают. При медленном стравливании воздуха из манжеты до давления ниже систолического возникает просачивание крови через область сжатия, причем движение ее имеет турбулентный характер, и становятся слышны тоны Короткова вплоть до снижения давления до диастолического. Суть метода поясняет рисунок. Ошибки измерения возникают при быстром стравливании воздуха.



Рис.

УДК 004

## ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ЛОГОТИПА МЕДИЦИНСКОГО ЦЕНТРА

Студент гр. 11307120 Москаленко Г.Э.

Ассистент Юхновская О.В.

Белорусский национальный технический университет

Логотип медицинского учреждения должен отражать специфику работы учреждения. Ее следует подбирать, учитывая основные направления

его деятельности. Поэтому наиболее оптимально использовать такие элементы, как картинки зубов (в случае стоматологии), глаза (для офтальмологической клиники), беременной женщины и малыша (для клиники по планированию семьи) и т. п. Изображение должно быть легко «читаемо», чтобы с первого взгляда можно было получить представление о виде медицинских услуг, которые предоставляются в данном учреждении.

Часто в логотипе используется изображение человеческой фигуры. Важно учитывать специализацию клиники. Например, если это детское учреждение, то желательно изобразить на эмблеме детей.

Также важна цветовая палитра будущего логотипа, особенно если речь идет о медицинском учреждении. Желательно выбирать цветовую окраску, которая ассоциируется людьми именно с этой сферой. Оптимальные цвета для медицинского логотипа: красный, синий, зеленый.

Отсутствие линии очертания у фигур помогает воспринимать логотип одним целым, а выполнение его в минималистичном стиле на наш взгляд самый оптимальный вариант, производящий хорошее впечатление на аудиторию, не перегружая ее (рис.).



Рис. Разработанный логотип медицинского назначения

УДК 620.1.08

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЕМКОСТИ САХАРОЗЫ ОТ ВЛАЖНОСТИ МЕТОДОМ ЕМКОСТНОЙ РЕЛАКСАЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ**

Студент гр. 11305120 Орешкевич П.В.<sup>1</sup>

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Бумай Ю.А.<sup>1</sup>,  
Почкаев А.В., Почкаева Т.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>ООО «Когнитивные БиоТехнологии»

В работе исследованы зависимости емкостного отклика сахарозы в виде шарообразных гранул диаметром 3 мм и массой 22 мг, широко используемых в фармакологии. Методика измерений основана на подаче на образец напряжения в виде прямоугольного импульса напряжения (10 мс–

100 с) и исследовании переходных процессов с помощью зарядочувствительной схемы [1]. Интерпретация результатов измерений основывается на представлении образца как комбинации комплексных проводимостей (последовательных и параллельных  $RC$  цепочек), отражающих влияние объема и поверхности гранул.

Данный метод позволяет эффективно исследовать детальную структуру емкостного отклика по объему и слоям различных слоев образцов сахарозы, используемых в фармакологии. Разработанный метод позволяет контролировать наличие воды при наличии малой весовой доли воды (<0.5%) и процесс сушки фармацевтических изделий (рис.).

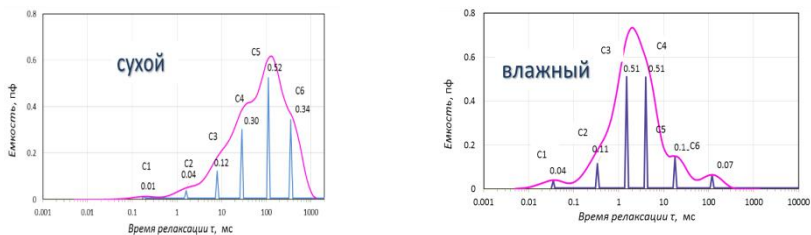


Рис. Дифференциальный (непрерывный) и дискретный (вертикальные линии) емкостные спектры образцов сахарозы с различной степенью влажности

### Литература

1. Бумай Ю.А. Исследование проводимости сахарозы методом низкочастотной дифференциальной релаксационной спектрометрии / Ю.А. Бумай, О.С. Васьков, А.В. Почкаев, Т.В. Почкаева // Приборостроение-2019: материалы 12 Межд. науч.-техн. конф., Минск, 13–15 ноября 2019 г. / Белорус. нац. техн. ун-т; ред. кол.: О.К. Гусев (предс.) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2019. – С. 137–138.

УДК 531.383

## АЛГОРИТМ ОРИЕНТАЦИИ БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПАРАМЕТРОВ КЭЛИ-КЛЕЙНА

Студент гр. 120871 Прокопец С.А.

ФГБОУ ВО «Гульский государственный университет»

Из-за прогресса в области вычислительной техники, приборостроения и микроэлектроники стало возможным создание бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС). Данные системы довольно активно применяются в авиации, космонавтике и ракетостроении. Это обусловлено их потенциальными преимуществами: малой массой, габаритами и потреблением энергии, отсутствии ограничений на угловые маневры.

ры, возможность одновременной работы в нескольких базисах, удобство контроля и резервирования и т. п.

Алгоритм ориентации может быть реализован на основе различных кинематических параметров: углов Эйлера-Крылова, направляющих косинусов, параметров Родрига-Гамильтона, параметров Кэли-Клейна, компонент-вектора Эйлера и других.

В ходе проделанной работы был разработан алгоритм численного интегрирования кинематического уравнения с параметрами Кэли-Клейна, проведено моделирование алгоритма в среде Mathcad. Также было установлено, что точность алгоритма с параметрами Кэли-Клейна не уступает широко применяемого алгоритма с кватернионами. Показана эффективность применения параметров Кэли-Клейна для реализации алгоритмов бесплатформенной системы ориентации.

### Литература

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

УДК 621.384.31

## **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА СТАБИЛИЗАЦИИ ОПТИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ**

Студент гр. 121171 Серков И.В.

Кандидат техн. наук, доцент Алалуев Р.В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

Для решения задач ориентации, стабилизации и навигации подвижных объектов, эксплуатируемых в условиях больших диапазонов измерения параметров климатического и механического воздействий, в наибольшей степени удовлетворяет волновой твердотельный гироскоп (ВТГ) с металлическим резонатором. Резонатор является чувствительным элементом ВТГ. Теория его работы известна и описана в литературе [1].

К настоящему времени принципиальные вопросы построения гироскопических приборов и систем практически решены, а основное внимание разработчиков направлено на оптимизацию их структуры, на оптимальную обработку первичной информации, на комплексирование различных источников информации, на внедрение цифровых измерителей и преобразователей информации, а также на снижение массогабаритных характеристик и энергопотребления систем в целом и их составных частей. Значительная роль в решении этих проблем принадлежит использованию вычислительной техники, как в процессе разработки, так и при испытаниях гироскопической техники.

В работе приводится список основных схем, которые реализует разработанное программное обеспечение (ПО): температурной стабилизации резонатора, представляющей собой двухступенчатую коррекцию; цифровых фильтров, построенных по методу скользящего среднего для отсеечения низких и высоких частот; демодуляции и модуляции отфильтрованного сигнала; формирования амплитуд сигналов компенсации кориолисовой и квадратурной составляющих посредством ПИ-регуляторов; передачи значения измеренной угловой скорости по интерфейсу SPI.

ПО разработано в программном пакете QUARTUS II для программируемых логических интегральных схем (ПЛИС), т. к. они, в отличие от микроконтроллеров, во-первых, решают поставленные задачи быстрее; во-вторых, выполняет команды программы параллельно и независимо друг от друга. ПО написано на языке описания аппаратуры Verilog HDL.

### Литература

1. Распопов В.Я. Волновой твердотельный гироскоп с металлическим резонатором / В.Я. Распопов, И.А. Волчихин, А.И. Волчихин, А.В. Ладонкин, В.В. Лихошерст, В.В. Матвеев // Тула: Издательство ТулГУ. – 2018. – С. 189.

УДК 531

## ОТРАЖЕНИЕ S-ПОЛЯРИЗОВАННОЙ ЭМ ВОЛНЫ ОТ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА СРЕД ПРИ НАЛИЧИИ ТОКА

Студент гр. 10301220 Струков А.А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Бобученко Д.С.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрено падение парализованной в плоскости перпендикулярной плоскости падения (s-поляризация) электромагнитной (ЭМ) волны на границу раздела двух сред с электрическими и магнитными проницаемостями  $\epsilon$ ,  $\mu$  соответственно (рис.). Направление векторов напряженностей электрического поля  $E$ , магнитного поля  $H$ , и направление распространения волны соответствует правовинтовой системе. Пусть на поверхности протекает ток с поверхностной плотностью  $j$ . Согласно граничным условиям: для тангенциальных составляющих электрического поля:  $E_{1\tau} = E_{2\tau}$  (1); для тангенциальных составляющих магнитного поля:  $H_{1\tau} = H_{2\tau} + j$  (2). Поскольку, напряженность магнитного поля является быстро осциллирующей функцией времени по сравнению с плотностью тока, уравнение (2) возвели в квадрат, и усреднили по времени за период колебаний, в результате получили для амплитуд:  $H_{1\tau}^2 = H_{2\tau}^2 + 2j^2$  (3). Согласно направлениям напряженностей полей в s-поляризованной волне, показанным на рис., получили систему уравнений:

$$E + E' = E'' \quad (4);$$

$$(H - H')^2 \cos^2 \alpha = (H'')^2 \cos^2 \beta + 2j^2 \quad (5),$$

где напряженности без штрихов относятся к амплитуде падающей волны, с одним штрихом – к отраженной, с двумя – к преломленной волнам.

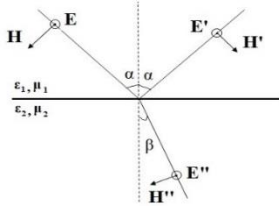


Рис. 1.

Введя амплитудные коэффициенты отражения:  $r_{\perp} = \frac{E'}{E}$ , преломления  $d_{\perp} = \frac{E''}{E}$ , и используя связь между  $E$ ,  $H$  в электромагнитной волне, из уравнений (4), (5) получили:

$$r_{\perp} = \frac{-c_2 \pm \sqrt{c_2^2 - c_1(c_1 + 2j_e^2)}}{c_1},$$

$$\text{где } c_1 = \frac{\varepsilon_0}{\mu_0} \left\{ \frac{\varepsilon_2}{\mu_2} - \frac{\varepsilon_1 \mu_1}{\mu_2^2} \sin^2 \alpha - \frac{\varepsilon_1}{\mu_1} \cos^2 \alpha \right\};$$

$$c_2 = \frac{\varepsilon_0}{\mu_0} \left\{ \frac{\varepsilon_2}{\mu_2} - \frac{\varepsilon_1 \mu_1}{\mu_2^2} \sin^2 \alpha + \frac{\varepsilon_1}{\mu_1} \cos^2 \alpha \right\}; \quad j_e = \frac{j}{E}.$$

Коэффициент отражения  $r_{\perp}$  зависит от поверхностной плотности тока, и также от амплитуды напряженности электрического поля в падающей волне. Коэффициент отражения  $R$  интенсивности излучения равен:  $R_{\perp} = r_{\perp}^2$ .

УДК 004.451

## ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА LINUX

Студент гр. 11307120 Храмова А.С.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Гацкевич Е.И.

Белорусский национальный технический университет

Настоящая работа посвящена анализу семейства операционных систем (ОС) Linux. Главное отличие ОС Linux от других традиционно используемых семейств ОС (Windows, MacOS, Unix и др.) – это бесплатное использование и открытые исходники (коды системы). В большинстве



ОС, например Windows, есть несколько версий, которые различаются годами выпуска (Windows 2000, Windows XP или Windows 2010) или назначением (Windows XP предназначена для персональных компьютеров, а Windows NT – для компьютерных сетей). ОС Linux состоит из ядра системы и набора небольших программ, взаимодействующих с этим ядром. Ядро Linux разработал Линус Торвалдс, будучи студентом Хельсинского университета. Ядро Linux и набор программ, взаимодействующих с этим ядром, называются дистрибутивом. Наиболее известными дистрибутивами являются Ubuntu, Linux Mint, Fedora, CentOS, Debian. Дистрибутивы различаются по назначению.

Основные достоинства ОС Linux можно сформулировать следующим образом: 1) устойчивая работа; 2) надёжность против вирусов; 3) возможность настройки ОС для определенных задач; 4) доступность дистрибутивов и приложений в интернете.

К недостаткам ОС Linux стоит отнести высокие требования к пользователю. Начинающий пользователь вряд ли сможет выбрать нужный дистрибутив и настроить ОС для своих нужд. К недостаткам также следует отнести то, что, если корпорация или организация захотят использовать Linux как бесплатную ОС, им придётся заплатить опытному программисту за настройку и адаптацию системы под собственные нужды. Ещё одним из недостатков является отсутствие некоторого ПО под Linux. Однако, все эти недостатки постепенно преодолеваются благодаря вкладу, который вносит бесчисленная армия программистов и энтузиастов. ОС Linux предоставляет практически неисчерпаемые возможности для программистов и студентов, желающих научиться программировать ОС и разрабатывать приложения к ним.

В октябре 2020 нами был проведен опрос среди студентов 1 курса приборостроительного факультета БНТУ на тему «Какую операционную систему вы используете?». На основе опроса можно сделать вывод, что ОС Linux наименее популярна. Одной из причин является неосведомленность студентов о данной ОС.

УДК 004

## **АНАЛИЗ АУДИОФАЙЛОВ В СИСТЕМЕ WOLFRAM MATHEMATICA**

Студент гр. 11307120 Храмова А.С.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Гундина М.А.

Белорусский национальный технический университет

Компьютерная система Wolfram Mathematica предоставляет возможности, охватывающие аудио синтез, обработку и анализ аудио в сочетании с полной поддержкой обработки звукового сигнала, статистического ана-

лиза и машинного обучения, находят применение в различных областях, в том числе музыке, речи, связи и телекоммуникациях.

`AudioPlot[a, PlotRange->All, ImageSize->Medium]`, где опция `PlotRange` позволяет отобразить всю область сигнала, а `ImageSize` – задать удобный для восприятия размер изображения.

В системе Mathematica предоставляется возможность использовать указанный голос для синтеза речевого сигнала. Воспользуемся функцией `SpeechSynthesize` для воспроизведения фразы “Little red fox with black nose”.

```
u=SpeechSynthesize["Little red fox with black nose","Zira"];
```

Для воспроизведения фразы голосом, выбранным системой, можно воспользуемся функцией `RandomChoice` и представим форму звука с помощью функции `AudioPlot`.

```
m=SpeechSynthesize["Cute cat",RandomChoice[$VoiceStyles]];
AudioPlot[m]
```

Результат выполнения этой команды представлен на рис.

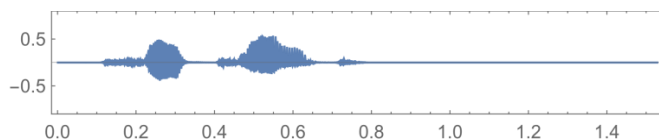


Рис. Графическое представление описанного звукового сигнала

Также для синтеза звука можно выбрать произношение, акцент и гендер используя функцию `VoiceStyleData`. Для выбора языка, на котором будет произноситься фраза, можно выбрать функцию `Language`. Система Mathematica позволяет сначала перевести фразу, применяя функцию `TextTranslation`, перед тем как синтезировать и воспроизводить.

### Литература

1. Гундина М.А. Скалограмма сигнала в Mathematica / М.А. Гундина, П.И. Ширвель // Материалы XVI Всероссийской научно-технической конференции «Приборостроение в XXI веке. Интеграция науки, образования и производства», Ижевск, 2–4 декабря 2020 г. – С. 244–248.

УДК 53.087

## ПРИМЕНЕНИЕ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ В НАУЧНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Студент гр. 121191 Черкасова П.В.

Кандидат техн. наук, доцент Матвеев В.В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

Современные мобильные устройства (планшетные компьютеры, смартфоны) в зависимости от ценовой категории содержат различные

датчики: акселерометры, гироскопы, магнитометры, барометры и т. д., которые можно использовать при проведении научных экспериментов [1]. В работе показаны способы и методы обработки данных с мобильных устройств (МУ) в инженерной практике.

В работе проанализированы приложения для МУ, с помощью которых можно записывать данные с датчиков в текстовый файл. Показано, что наиболее удобным приложением является бесплатная программа *AndroSensor*, предоставляющая пользователю выбирать датчики МУ для съема сигналов, устанавливать период дискретизации и размерность записываемых данных. Формат записанных данных с МУ – *CSV (Comma-Separated Values)* [2], представляющий собой файл текстового формата, который нетрудно обработать средствами компьютерных программ.

Показано, что для обработки данных с МУ целесообразно использовать программу *MatchCad*, имеющую удобный интерфейс, а программирование в ней осуществляется на естественном математическом языке.

В работе показаны примеры совместного использования МУ с программой *MatchCad* для решения следующих инженерных задач: измерение углов отклонения поверхности от плоскости горизонта при помощи акселерометров, измерение угловой скорости основания на основе анализа сигналов гироскопов, оценивание периода колебаний маятника на основе спектрального анализа данных акселерометров и др. Предложенные методики можно с успехом применять для проведения экспериментальных исследований при выполнении курсового и дипломного проектирования.

### Литература

1. Лабораторный практикум по дисциплине «Инерциальные и интегрированные навигационные системы» Ч. 1. Системы ориентации на мобильных устройствах: учеб. пособ. для вузов / под ред. В.В. Матвеева // Тула: Из-во Тулгу, 2014. – 100 с.
2. <https://ru.wikipedia.org/wiki>

УДК 004.089

## ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Студент гр. 11311120 Шевченко В.П.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Гацкевич Е.И.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время проводятся интенсивные исследования искусственного интеллекта (ИИ). Под ИИ обычно понимается [1] система или машина, которая может не только имитировать человеческое поведение

при выполнении задач, но и постепенно обучаться, находя закономерности и общие признаки, содержащиеся в исходных данных.

В представленной работе проанализированы методы создания ИИ, возможности использования ИИ в деятельности человечества, а также угрозы, которые могут намеренно или случайно возникнуть из исследований и использований ИИ.

Прорывной технологией в создании ИИ являются нейросети [2]. Нейросеть – это создание программного и аппаратного обеспечения, а также математических моделей, которые воспроизводят работу человеческого мозга. Искусственная нейросеть основана на математической модели биологического нейрона. Алгоритмы, основанные на нейросетях, не программируются, а обучаются на основе обработки большого количества данных. Особенно эффективными технологии ИИ оказались для распознавания речи, изображений и видео, в медицинской диагностике, для управления маршрутизацией потоков в компьютерных сетях, то есть при решении плохо формализованных задач.

Однако при определённой степени развития ИИ может представлять угрозу для человечества. С. Хокинг [3] предупреждает, что если продвинутый ИИ, когда-нибудь получит способность реконструировать сам себя, то непреодолимый взрыв интеллекта может привести к исчезновению человечества. Большую угрозу для человечества также представляет попадание технологий ИИ в руки злоумышленников, так как злонамеренное использование ИИ может привести к катастрофическим и необратимым последствиям.

### **Литература**

1. Определение искусственного интеллекта [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.oracle.com/ru/artificial-intelligence/what-is-ai/>
2. Нейронные сети [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://bigenc.ru/technology\\_and\\_technique/text/4114009](https://bigenc.ru/technology_and_technique/text/4114009)
3. Хокинг: искусственный интеллект – угроза человечеству [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.bbc.com/russian/science/2014/12/141202\\_hawking\\_ai\\_danger](https://www.bbc.com/russian/science/2014/12/141202_hawking_ai_danger)

УДК 535.21

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В MATHCAD**

Студент гр. 11301120 Якубович Т.С.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Гацкевич Е.И.

Белорусский национальный технический университет

В настоящей работе проведено математическое моделирование отражательной способности системы диэлектрическая пленка на подложке.

В качестве исходных параметров выбирались показатели преломления  $n_2$  и оптическая толщина пленки ( $h_0 = n_2 h$ ), а также показатель преломления подложки  $n_3$ . Среда предполагалась непоглощающими и немагнитными. Световая волна с длиной волны  $\lambda_0$  падала на исследуемую систему из воздушной среды ( $n_1 = 1$ ) под различными углами  $\theta$ . При моделировании оптических свойств использовались формулы Френеля [1]. Расчет проводился в программе Mathcad.

Исследовано влияние показателя преломления пленки на оптические параметры изучаемой системы при фиксированном значении показателя преломления подложки. Данные для коэффициента отражения при различных  $n_2$  показаны на рисунке.

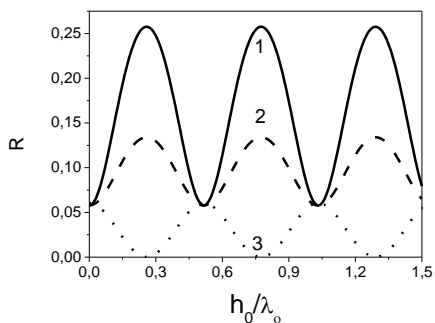


Рис. Отражательная способность системы плёнка/подложка.  
 $n_2 = 2$  (1), 1.7(2), 1.2(3);  $n_3 = 1.5$ ,  $\theta = \pi/6$

В результате моделирования установлено, что при увеличении угла падения происходит смещение максимумов и минимумов вправо, причём максимумам при  $n_2 > n_3$  соответствуют минимумы при  $n_2 < n_3$ .

#### Литература

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. Учебное пособие. – М.: Наука, 1973. – 721 с.

УДК 621.316

### ГРАФЕНОВЫЕ СУПЕРКОНДЕНСАТОРЫ АНОМАЛЬНО БОЛЬШОЙ ЕМКОСТИ

Студентка гр.11301120 Зысковец Ю.М.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Черный В.В.

Белорусский национальный технический университет

Одной из тенденций развития транспорта является переход от двигателей внутреннего сгорания к электродвигателям в качестве приводной системы. Для реализации этой тенденции необходимы источники электри-

ческого тока большой емкости. Традиционные источники тока – аккумуляторы – получили серьезного оппонента в виде конденсаторов большой емкости, называемых суперконденсаторами.

Особенно удачной оказалась идея создания суперконденсаторов на основе графено-гелевой плёнки. Она была реализована компанией *Sunvault Energy Inc.* совместно с *Edison Power Company*. Было заявлено, что емкость созданного суперконденсатора оказалась равной 10 тысячам Фарад.

*Цифра эта кажется фантастической по сравнению даже с ранее созданными конденсаторами емкостью порядка нескольких Фарад, которые казались чудами современной электротехники.*

*Авторы использовали графено-гелевую плёнку в качестве очень маленького электрода. Пространство между листами из графена было заполнено жидким электролитом. Подобный электролит используется и в обычных электролитических конденсаторах, в которых он выполняет роль второй обкладки конденсатора.*

*В суперконденсаторе электролит выполняет не только роль проводника, но также предотвращает возможность соприкосновения соседних графеновых листов. Таким образом, удалось достичь расстояния между листами, составляющее доли нанометра, и достичь более высокой плотности конденсатора с одновременным сохранением пористой структуры.*

Сам компактный электрод был создан по технологии, которая давно и широко используется при производстве обычной бумаги.

Доступность технологии изготовления позволяет надеяться на быстрое освоение производства конденсаторов в промышленных масштабах.

В настоящее время в качестве источников тока повышенной емкости широко используются литий-ионные аккумуляторы. Характеристики графеновых суперконденсаторов сопоставимы с характеристиками данного типа аккумуляторов. Однако суперконденсаторы обладают важным преимуществом – они заряжаются или полностью разряжаются значительно быстрее – за время порядка 15 секунд.

УДК 681.518

## **СИСТЕМА ОТОБРАЖЕНИЯ ПОКАЗАНИЙ ДАТЧИКОВ НА МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ**

Студент 4 курса Удавихин Е.А.  
Кандидат техн. наук, доцент Кольчевский Н.Н.,  
инженер-электроник Петров П.В.  
Белорусский государственный университет

Актуальным направлением развития измерительной техники и IoT являются работы по оптимизации передачи данных в реальном времени и

хранения данных в автоматизированных системах с использованием удаленных датчиков для оперативного определения состояния объекта.

Целью работы является проектирование и реализация системы отображения показаний датчиков и технических приборов на пользовательских устройствах. Для реализации проекта было принято использовать технологию сокетов для возможности полнодуплексной передачи сообщений от клиента к серверу и получения данных в режиме реального времени.

Разработаны следующие программные компоненты:

- Клиентское приложение, с возможностью отображение данных на экране устройства и возможностью подключения к удалённому серверу.
- Программное обеспечение удалённого сервера, с возможностью принимать подключения, как от клиента, так и от измерительного устройства, обеспечивающее передачу сообщений от устройства к клиенту по протоколу веб сокетов.
- Программное обеспечение измерительного устройства, позволяющее установить соединение с удалённым сервером по протоколу веб сокетов и посылать измерительные данные на обработку серверу.

В работе были использованы следующие технологии:

- Node.js для написания ПО сервера.
- Python для написания клиентского приложения.
- Библиотека socket.io для работы с протоколом веб сокетов.

Разработана рабочая версия приложения для приёма и визуализации данных на основе языков JavaScript, Python. Позволяющая установить соединение одного клиента с сервером и отображать показаний датчиков в реальном времени. В работе обсуждаются этапы разработки программно-аппаратного комплекса отображения показаний датчиков на мобильных устройствах. Обсуждаются возможности применения облачных технологий, технологий автоскалирования Kubernetes или Terraform, позволяющих делегировать запуск новых серверов и распределение нагрузки ядру приложения.

УДК 004.42

## **РАЗРАБОТКА ANDROID ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ БИЗНЕС ПОРТАЛА PORTAL.BSU.BY**

Студент 4 курса Ясенко А.С.

Кандидат техн. наук, доцент Кольчевский Н.Н.,  
инженер-электроник Петров П.В.

Белорусский государственный университет

Концепции развития современного университета принято обозначать цифрами. Университет 4.0 – это не только учреждение, где можно полу-

чить качественное образование, но и интернет-площадка, где молодое поколение студентов может получить возможность предоставлять свои товары либо услуги, продавать свои start-up проекты. На текущий момент совместными усилиями компании «Абиатек», Ректората БГУ, ЦИТ БГУ, студентами и преподавателями факультета радиофизики и компьютерных технологий разработан сайт, позволяющий размещать и заказывать товары и услуги для авторизированных пользователей. Сайт доступен по ссылке [portal.bsu.by](http://portal.bsu.by).

Работа сайта требует создание инфраструктуры облегчающей доступ к информации о заказах, формирование статистических отчетов, обеспечивающей оперативный удаленный контроль.

Целью работы является разработка приложения для Android устройств для отображения информации по заказам, совершенным на портале услуг БГУ – [portal.bsu.by](http://portal.bsu.by).

Разработано на фреймворке React Native приложение для ОС Android содержит следующие компоненты:

- Список отображающий данные о заказах, которые получаются приложением из GET запроса к API данного портала.
- Поле для ввода текста, для вывода списка заказов в соответствии с вводимой пользователем строки.
- Всплывающее меню с пунктами: 'Обновить', 'Настройки', 'О программе'.
- Кнопка обновить, для обновления списка заказов при нажатии.
- Меню настроек для отправки нужного id статуса и даты заказов на сервер для последующей обработки и получения заказов с соответствующими датой и статусами.
- Всплывающее сообщение об ошибке. При наличии нескольких ошибок, сообщения автоматически закрываются и появляются с интервалом 5 секунд.

В работе обсуждаются этапы разработки приложения и особенности работы бизнес портала Бгу [portal.bsu.by](http://portal.bsu.by).

УДК 654.9

## **ДАТЧИКИ ОХРАННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ**

Студент гр. 11301120 Климов М.О.

Кандидат физ.-мат. наук Красовский В.В.

Белорусский национальный технический университет

В системах охраны, оповещения, а также таких системах, как «умный дом» (для автоматического включения-выключения освещения и других бытовых приборов и устройств), используют датчики, различные по своему принципу действия и конструкции.



Самыми простыми являются датчики, работающие по принципу замыкания (замыкания) электрической цепи при открывании двери либо окна. В подавляющем большинстве используют герметичные контакты (герконы), которые работают в комплекте с магнитом. При удалении магнита от геркона происходит изменение состояния контакта. Как правило, геркон крепят стационарно, а магнит на открываемую створку двери или окна.

Другим примером являются оптоэлектронные пары, состоящие из излучателя (обычно в инфракрасной области) и фотоприемника. При пересечении каким-либо объектом луча происходит срабатывание датчика. Такие пары установлены в турникетах в метро. Если при входе не было оплаты, то при пересечении луча турникет закрывается. На выходе устанавливаются несколько пар (в принципе, достаточно двух, но для большей надежности используют три), и система отслеживает порядок перекрытия лучей. При движении в противоположном направлении турникет срабатывает. Оптоэлектронные пары также широко используют для автоматического счета штучной продукции на конвейере, исторически им мы обязаны появлением звукового кино.

Наиболее востребованными в настоящее время являются датчики движения (их еще называют объемниками), позволяющие контролировать не одну какую-то линию или одну деталь интерьера, а целый объем охраняемого помещения от несанкционированного вторжения посторонних лиц. Они могут быть акустическими, микроволновыми или оптическими, работающими, как правило, в инфракрасном диапазоне спектра. Последние получили наибольшее распространение. Эти датчики разделяют на активные, содержащие излучатель и принимающие отраженное излучение своего спектрального диапазона, и пассивные, принимающие тепловое излучение живых существ в среднем ИК-диапазоне. Датчики второго типа менее энергозатратны. В состав датчиков движения входит несколько чувствительных фотоэлементов в комплекте с линзами Френеля, на каждый из них проецируется своя картинка. При движении объекта в помещении между этими картинками возникает временной сдвиг, что вызывает срабатывание системы.

УДК 621.316

## **ВОЛЬТФАРАДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ИНТЕНСИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ДЛЯ ГОЛУБЫХ СВЕТОДИОДОВ**

Студент гр.11301120 Климов М.О.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Черный В.В.

Белорусский национальный технический университет

Широкое использование светодиодов вместо традиционных источников обуславливает большой интерес к исследованию их свойств. Подоб-

ным исследованиям посвящен ряд работ, например [1,2]. Было отмечено наличие связи вида вольтфарадных характеристик с интенсивностью излучения света.

В данной работе исследовались вольтфарадные характеристики имеющих в широком ассортименте голубых светодиодов и мощность излучения. Для емкостных исследований использовался высокоточный измеритель емкости Е7-12.

Для диодных структур с несимметричным легированием контактирующих *p*- и *n*-областей характерна линейная зависимость обратной емкости  $1/C^2$  от обратного напряжения [3].

Однако для исследованных светодиодов данная зависимость оказалась нелинейной, что согласуется с данными, полученными в работе [2]. Показатель степени *n* в зависимости  $1/C^n$  изменялся в пределах 2,5–3.

Мощность излучения измерялась с помощью фотодиода. Она вначале возрастала с ростом прямого смещения, а затем начинала снижаться. Максимального значения мощность излучения достигала при прямых смещениях вблизи 3,5 В.

Оказалось, что имеется корреляция в значении отмеченного показателя степени *n* и мощности излучения – с ростом *n* мощность излучения несколько падала. Согласно данным работы [2] это можно связать с наличием заряженных состояний на границе *p*- и *n*-областей.

#### Литература

1. Шуберт Ф.Е. Светодиоды / Пер. с англ. под ред. А.Э Юновича. – М.: Физматлит, 2008. – 496 с.
2. Бочкарева Н.И. Влияние состояний на границах раздела на емкость и эффективность электролюминесценции InGaN/GaN светодиодов // Н.И. Бочкарева, Е.А. Жиров, А.А. Ефремов и др. // Физика и техника полупроводников. – 2005. – Т 39, № 7. – С. 829–833.
3. Зи С. Физика полупроводниковых приборов / Пер. с англ. В 2-х книгах. Кн. 1. – М.: Мир, 1984. – 456 с.

UDC 681

**THE EFFECTS OF FISCAL DECENTRALIZATION ON ECONOMIC DEVELOPMENT: LIMITATIONS OF EMPIRICAL RESEARCH**

Ph.D. Student Kovalchuk A.

School of Economics, Shandong University, China

In the dissertation analysis, we catch sight of fiscal decentralization (FD) to be popular area of modern research. The circumstantial evidence is that FD is suggested to have the potential to improve the performance of the public sector; the common evidence is that FD is considered to have the potential to foster economic development and institutional advancement. However, numerous studies adhere to the conventional argument that FD may raise economic efficiency in the public sector has a possibility not to be suitable in developing countries. Moreover, the conventional argument regarding functional revenue assignment and expenditure responsibilities has been challenged on repeated occasions.

The dissertation research brings up following matters of FD. First, Oates's decentralization hypothesis, FD contributes to economic growth? Second, productivity enhancement hypothesis, where business environment, technology advancement and institutional factors affected economic growth? Third, real population and the ratio of rural citizens in total population as the measures of human capital quality influence the economic growth after the onset of FD? Forth, the ability-to-pay approach, FD differently impacts economic growth in regions depending on the level of economic development. Fifth, convergence hypothesis, balance between expenditure and revenue on lower levels is positively related to economic growth prospects.

The study employs various regression techniques analysis to scrutiny these issues, reveals an up-to-date situation on FD in Ukraine. Controlling for other alongside reforms and multidimensionality of FD the research checks the relationship between FD and the regional economic growth in a panel of 24 regions in a unitary state for the period between 2011 and 2018. Additionally, a survey research method was utilized to collect supplementary questionnaire data. Most importantly, the findings provide evidence that FD has an ambiguous statistically significant impact on regional economic growth in Ukraine. We found out the alongside reforms on business environment as well as social factors, also showed ambiguous effect on regional economic growth; institutional factor caused by the vertical and horizontal fiscal imbalance does matter; technology advancement variable represented in the study appeared to be a weak explanation for reforms in Ukraine; local government

in “developed” regions have more tendency to fiscal autonomy and have more fiscal power than in “not- developed” regions. In Ukraine, local budget revenues are more centralized than expenditures, and local governments are heavily dependent upon intergovernmental transfers to finance local public goods and services, which is detrimental to economic development.

Thus, findings eventually depend on the methods applied, definitions, dependent and independent variables, etc. The slightly detrimental effect of FD indicators on gross regional product (GRP) may be explained by spontaneous decentralization reform accompanied by inefficiency and difficulties in capturing the results of tax decentralization, and because of a time lag between the implementation period and first gains on obtaining an economic effect in the form of an increase in economic growth. That might be an issue of the limitations of our research. Consequently, model uncertainty is arguably the most significant limitation of exploring data procedures. Besides, our study has several more limitations.

First of all, because we cannot obtain any proper data to capture technology advancement by local government, the regression estimations may be to some extent limited. Second, because of the relatively short period of FD launching (since 2014), we have a limited number of time points in the estimation. Third, the issue with the employment of fiscal measures for decentralization has to do primarily with the effects of transfers. This is a typical phenomenon in developing countries. The study supports the idea that conditional transfers are counted as central government expenditures and unconditional transfers are counted as local revenue. Fourth, in order to reinforce the research, we begun to recognize the necessity of accurate and consistent data supported by survey analysis, and the ascertaining of the effects of FD policies as perceived by local officials. So, we have utilized the supplementary data by using survey research, which has limitations due to small sample size and spatial interval in observations. The other weaknesses lay in the data output and additional restrictions in the statistical observations of individual regions, relatively short time-horizon, data availability, and restrictions on the variables, which data missing, and frequent substitutes in data-recording techniques make consistent data collection arguable.

Hence, FD is referred to more effective innovation policy, investment policy, technology advancement, transparency, and local governments’ proficiency to meet local needs, adopt budgetary policies. But, in countries lacking the institutional development, legal systems, all these determinants are ruled out as factors to connect to economic performance. Thus, the degree of regional economic growth in Ukraine is hard to specify as a direct result of FD. Finally, having identified an ambiguous causal relationship, from a policy perspective, we assume that policymakers should be aware of the economic compromises when pushing ahead hasty administrative and fiscal reforms towards more decentralization. In addition, the following findings provide interest for the

future research in unitary developing countries in transitioning processes to decentralization. By that, further analysis is most desirable.

### References

1. Kovalchuk A. Fiscal decentralization and economic growth: The case of Ukraine. Journ. of Bus. Econ. Manag., 2020, vol. 8, no. 11, pp. 406–414.

УДК 796.028

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ VAR ДЛЯ ФУТБОЛЬНОГО СТАДИОНА

Студент гр. 11902117 Абрамчук А.А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время футбол является самым популярным и массовым видом спорта в мире. Что касается правильных решений в спорте, то нельзя с абсолютной уверенностью сказать, что тот или иной судья всегда будет работать без ошибок. В таких случаях на помощь приходила система видеоповтора VAR.

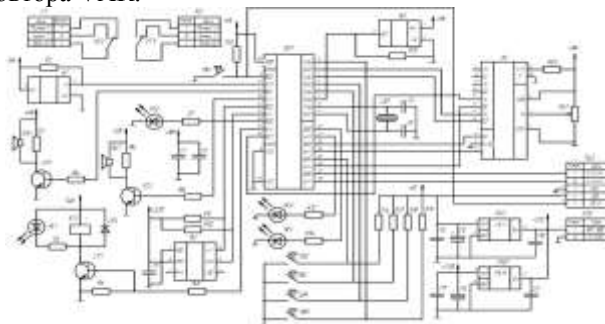


Рис. Принципиальная схема VAR

Система видеопомощи арбитрам сокращенно VAR или видеопомощник арбитра – это технология в футболе, которая позволяет главному судье принимать решения в спорные моменты матча с помощью видеоповторов. Она официально включена в правила игры в футбол в 2018 году после серии испытаний на международных турнирах. Система VAR позволяет просмотреть четыре типа спорных моментов и помочь судье принять правильное решение: нарушение правил при забивании голов, эпизоды с назначением пенальти, ошибочное предъявление красной карточки (эпизоды со второй желтой карточкой не учитываются) и ошибки в идентификации наказанных игроков (помогает определить, кто именно совершил фол). Таким образом, система видеопомощи позволяет официально выявить и подтвердить «очевидные ошибки» судьи во время матча.

Проектирование мобильной системы позволяет перемещать оборудование на конкретный стадион страны, что дает возможность экономить на стационарных системах. На рисунке представлена принципиальная схема системы видеопомощи арбитра VAR.

УДК 681

## **НОВАЯ МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСДЕРМАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОФОРЕЗА**

Магистрант гр. 915501 Бекмурадов Х.Н.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Шахлевич Г.М.

Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники

**Электрофорез** – это физиотерапевтическая процедура, при которой организм человека подвергается воздействию импульсов электрического импульсов с целью оказания общего и местного терапевтического эффекта. Также с помощью электрофореза производится введение лекарственных средств через кожу и слизистые оболочки. Данный путь введения препаратов обладает следующими преимуществами:

- безболезненность процедуры;
- практически не наблюдаются побочные эффекты и аллергические реакции;
- терапевтическое действие введенного лекарственного средства может сохраняться от одного до двадцати дней;
- возможность введения лекарственного препарата непосредственно в очаг воспаления;
- при введении, лекарственное вещество не проходит через желудочно-кишечный тракт и не разрушается в нем.

К недостаткам относят то, что не все лекарственные препараты можно вводить данным методом и противопоказания электропроцедур, сложность контроля дозы введенного препарата.

Один из методов эффективного косвенного контроля степени насыщения ткани лекарственным препаратом является исследования электрической проводимости кожных покровов. Для оценки возможности определения состояния кожных покровов при внешних воздействиях по этому параметру было проведено исследование влияния внешних воздействий на проводимость кожи человека в диапазоне частот от 25 Hz до 100 kHz.

Эксперимент проводился с помощью измерителя иммитанса E7-20. На руку испытуемого прикреплялось два металлических электрода, аналогичные применяемым при электрофорезе. Электропроводность участка кожи между электродами измерялась при различных температурах, влаж-

ности и состоянии кожных покровов (на кожу наносился солевой раствор). Измерения показали существенное изменение проводимости, зависящее, в том числе, и от частоты токовых импульсов. Это позволяет сделать вывод о возможности применения метода для оценки эффективности электрофореза при введении лекарственных средств через кожу и слизистые оболочки.

УДК 796.022

## **СПОРТИВНЫЙ ТРЕНАЖЁР ДЛЯ ТРЕНИРОВКИ МЫШЦ ПРЕДПЛЕЧИЙ**

Студент гр. 11904116 Бесан А.В.

Ст. преподаватель Барановская Д.И.

Белорусский национальный технический университет

Многие виды спорта предполагают проявление силовых способностей в процессе соревновательной деятельности. С этой целью используют тренировочные средства, предполагающие использование отягощений. Применение данного технического устройства позволяет повысить эффективность развития силы мышц кистей и предплечий спортсменов за счет регулирования величины нагрузки с учетом индивидуальных физических возможностей спортсмена и, следовательно, повысить силовые способности спортсмена.

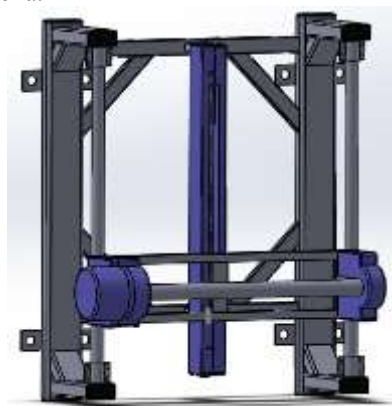


Рис. Тренажёр для развития силы мышц кистей и предплечий

Конструкция тренажера для тренировки мышц предплечья состоит из стальной рамы, ШВП, направляющих, электромагнитного тормоза, вала, кожуха ШВП, кожуха вала (рисунок). Нагрузку определяет сам спортсмен при помощи пульта.

Принцип работы тренажёра заключается в преодолении атлетом сопротивления, создаваемого магнитной системой. Спортсмен силой мышц кисти и предплечья вращает вокруг своей оси гриф, преодолевая усилие электромагнитного тормоза, которое может изменяться с помощью пульта.

УДК 796.028

## **ВЕНТИЛЯЦИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА ЗАЛА ТЯЖЕЛОЙ АТЛЕТИКИ**

Студент гр. 11902116 Вавулова П.М.

Белорусский национальный технический университет

Зал тяжелой атлетики – это ограниченное помещение, в котором в одно время может находиться десятки человек, занятых выполнением тренировочных заданий с максимальной и субмаксимальной интенсивностью. Уровень нагрузок, концентрация большого числа людей, которые занимаются, создают обстановку, часто превышающую норму по количеству и уровню негативных факторов.

Атмосфера зала тяжелой атлетики обладает испарениями тел, углекислым газом. Упражнения вызывают учащенное и глубокое дыхание, если не производить своевременный воздухообмен, то вместо пользы от упражнений организму будет нанесен большой вред.

Правильно организованный комплекс кондиционирования воздуха и вентиляции должен обеспечивать зал тяжелой атлетики притоком свежего воздуха, чистить его, поддерживать постоянную температуру и удалять воздух, который уже отработан.

При проектировании комплекса необходимо организовать расположение вентиляционного оборудования, а именно решеток таким образом, чтобы в помещении зала тяжелой атлетики отсутствовал сквозной поток воздуха, возникающий через отверстия. Для залов тяжелой атлетики в основном используют каналный комплекс кондиционирования воздуха и вентиляции, которые позволяют наилучшим образом распределить воздушные потоки и подать приточный воздух во всем объеме. Если при организации подачи приточного воздуха возникли проблемы с разрешенной мощностью электроэнергии, то устанавливают консольные приточно-вытяжные установки с рекуператором или биоклиматизатор. Для достижения необходимого комплекса необходимых физических факторов в помещении зала тяжелой атлетики летом устанавливают мультizonальные кондиционеры. Эти системы позволяют в самые небольшие сроки сделать помещение холоднее и поддержать нужную температуру.



Для формирования качественного воздухообмена необходимо наличие подходящего оборудования, обеспечивающего нормальный режим поступления и вывода воздушных потоков.

Правильно спроектированный комплекс вентиляции важен для комфорта и здоровья спортсменов. Она контролирует влажность и может помочь предотвратить распространение болезни.

УДК 796.028

### СИСТЕМА ВИДЕОПОВТОРОВ «FOXTENN»

Студент группы 11902119 Голуб К.А.

Белорусский национальный технический университет

Теннис является одним из самых консервативных видов спорта, правила в котором в последний раз менялись в 1970 году, когда в игру ради ограничения ее продолжительности ввели тай-брейки. Однако постепенно в тактику и технику тенниса вносятся изменения. Одним из таких нововведений являются системы видеоповторов. Теннисный мяч после удара в среднем достигает скорости 200 км/ч и более. Поскольку человеческий глаз не в состоянии точно зафиксировать точку приземления мяча на таких скоростях, в теннисе резко возросло количество судейских ошибок. В связи с этим начали вводиться системы видеоповторов, с помощью которых можно зафиксировать координаты мяча в пространстве. «FOXTENN» – высокотехнологическая система, состоящая из 44-х сверхскоростных HD-камер (22 на земле и 22 на определенной высоте) и 10 лазеров (рисунок). Каждая камера захватывает 2500 изображений в секунду.

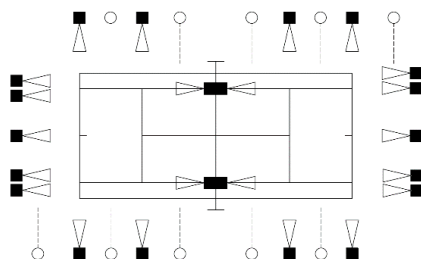


Рис. Схема расположения лазеров и камер системы FOXTENN на теннисном корте

Система синхронизируется работой десяти лазеров, определяет координаты мяча с погрешностью 3 мм и дает информацию о скорости бега и ударов теннисистов, траектории их передвижения на корте, среднем и макси-

мальном ускорении и т.д. Лазеры расположены по горизонтали вдоль обеих сторон корта. Когда теннисист или мяч попадают в активную зону лазера, то автоматически информация об их местоположении на корте поступает в основной судейский штаб. Информация, полученная с камер и лазеров, обрабатывается пятью серверами и благодаря аналитической системе «Diamond Data System» на внешний монитор (или в телевизионную сеть) выдается статистическая информация в реальном времени.

УДК 796.022

## **ОРГАНИЗАЦИЯ НАГРУЗКИ В СИСТЕМЕ ТРЕНАЖЕРА «БЕГОВАЯ ДОРОЖКА»**

Студент гр. 11904118 Дарануца К.С.

Ст. преподаватель Барановская Д.И.

Белорусский национальный технический университет

На сегодняшний день существует огромное количество беговых тренажёров. Тренировочный эффект основан на ходьбе или беге с разной скоростью по движущейся поверхности. Движение и скорость последней могут задаваться как самим человеком за счёт мускульной силы, так и с применением технических средств.

Из-за разнообразия технического обеспечения (двигателей, микроконтроллеров, датчиков и т.д.) эффективность и качество работы тренажера не могут быть однозначны, следовательно, дать полноценную оценку системе организации нагрузки беговой дорожки невозможно. В связи с этим, задача по организации этой системы является актуальной.

Изменение нагрузки тренажера зависит от правильно подобранных электромеханических элементов, которые не просто исполняют свои функции, но и взаимодополняют друг друга.

Беговая дорожка применяется в подготовке профессиональных спортсменов и фитнес-тренировках любителей в следующих целях:

- совершенствование общей выносливости;
- совершенствование аэробных способностей;
- контроль общей и специальной работоспособности;
- регуляция обмена веществ за счет выбора интенсивности нагрузки.

Важным фактором для организации нагрузки является мощность используемого двигателя и энкодер, который задает скорость, изменяет ее и, тем самым, изменяет нагрузку при эксплуатации тренажера.

Рабочая мощность двигателей беговых дорожек подразделяется на три основные категории:

- слабая (до 1,1 л.с.);
- средняя (от 1,5 до 2,0 л.с.);
- высокая (от 2,0 до 4,0 л.с.).

В свою очередь, выбор мощности двигателя зависит от массы тренирующегося:

- 1) масса 50–70 кг – требуемая мощность двигателя от 2,00 до 2,75 л.с.;
- 2) масса 80–100 кг – требуемая мощность двигателя от 3,00 до 3,50 л.с.;
- 3) масса 110–160 кг – требуемая мощность двигателя от 3,50 до 4,00 л.с.

Для профессиональных спортсменов существуют дорожки, способные развивать скорость до 45 км/ч.

УДК 796.028

### **МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ, ОБЩЕЙ АНТЕННЫ И ВИДЕОСЪЕМОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В МКСК «МИНСК-АРЕНА»**

Студент гр. 11902116 Денисик А.С.

Ст. преподаватель Барановская Д.И.

Белорусский национальный технический университет

Увеличение объема спортивных программ в ТВ-вещании делает актуальной задачу специализированной подготовки спортивных объектов и оснащения их видео- и аудиооборудованием. Одним из главных ТВ-объектов на спортивном сооружении является полустационарный телевизионный транспункт (ПСТТП), предназначенный для подключения передвижной телевизионной станции (ПТС) к коммутационной инфраструктуре сооружения. Сигналы с коммутационных шкафов, расположенных на территории объекта, по кабельным линиям поступают на ПСТТП для дальнейшей коммутации и выдачи сигнала на ПТС или в любую из аппаратных. ПСТТП обычно имеет коммутационные связи со следующими аппаратными: аппаратной систем телевидения (ПТС); аппаратной интершума; звукоаппаратной; технической аппаратной субцентра; комментаторскими местами; аппаратной волоконно-оптической линии связи; точками подключения камер и микрофонов (шкафы коммутации по всему сооружению); аппаратной систем мультимедиа (управления светодиодными экранами); конференц-залом; аппаратной системы «общей антенны». ПСТТП может быть выполнен как в виде внутренней аппаратной, так и в виде внешнего, расположенного вне здания, коммутационного шкафа. Аппаратная ПСТТП включает в себя оборудование коммутации и распределения сигналов с видеокамер, контрольных и программных видео-аудиосигналов, линий связи, сигналов синхронизации, управления и электропитания внешней ПТС.

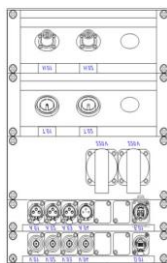


Рис. Схема ШВ

Дополнительно в состав стационарного ПСТТП может входить контрольно-измерительное оборудование для мониторинга сигнальных линий спортивного объекта. Объем транспункта определяется исходя из назначения данного спортивного сооружения. Оборудование помещения ПСТТП: площадки размещения ТВ операторов; комплект коммутационных шкафов (ШВ). Схема коммутационного шкафа с усилителями-распределителями, преобразователями сигнала, устройствами передачи сигнала представлена на рисунке.

УДК 551.508.54

## **ФИКСАЦИЯ УДАРОВ И УКОЛОВ В ФЕХТОВАНИИ**

Студент гр. 11902117 Заяц В.В.

Ст. преподаватель Ломтев А.А.

Белорусский национальный технический университет

На протяжении долгого времени фиксация ударов и укулов в фехтовании осуществлялась визуально. Четыре ассистента главного арбитра располагались по разные стороны дорожки. Так как укулы (удары) происходят в один миг, то зачастую судьи могли не всегда справедливо оценить борьбу. Для более точного судейства стали вводиться правила, по которым укулы (удары) в борьбе регистрировались с помощью электрофиксатора.

На соревнованиях электрофиксаторы эксплуатируются с проводами, связывающие центральный аппарат с курткой фехтовальщика и имеющие при этом световую и звуковую сигнализации. Индикаторные лампы на приборе свидетельствует о том, что они находятся под напряжением. Укол и удар считается зафиксированным, если давление на наконечниках оружия составляет минимум 4,9Н (500 г.) для рапиры и 7,35 Н (750 г.) для шпаги.

В данной работе рассматривается электрофиксатор, предназначенный для фиксации укулов (ударов) в фехтовании.

Принцип работы электрофиксатора для различных видов оружия: для рапиры – ток постоянно движется в цепи и прерывается в момент прикосновения оружия к электроконтактной одежде, вызывая при этом срабатывание сигнала; для шпаги – контакты в электроцепи замыкаются и аппарат регистрирует сигнал; для сабли – аппарат работает в результате контакта между электропроводящей курткой соперника и сабли.

Устройство представляет собой единый контрольно-измерительный комплекс, которым можно управлять как с ИК-пульта удаленно, так и с помощью сенсорного экрана, на который и выводится необходимая информация. Для использования беспроводной аппаратуры предусмотрен беспроводной режим работы устройства.

Всего лишь укол (удар), нанесенный первым, будет зарегистрирован прибором. Устройство сигнализирует взаимные уколы, в случае если промежуток времени между двумя уколами меньше 40 мс, и сигнализирует только об одном уколе, если промежуток времени находится за пределами 50 мс.

В работе проведен анализ источников методических и инструментальных погрешностей при определении момента фиксации уколов и ударов с помощью рассматриваемого устройства.

УДК 796.028

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНФЕРЕНЦ-ЗАЛА АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ ГУ «ХОККЕЙНЫЙ КЛУБ «ЮНОСТЬ-МИНСК»**

Студент гр. 11902116 Емельянов А.А.

Белорусский национальный технический университет

Конференц-зал определяется как нежилое помещение, предназначенное для проведения публичных мероприятий, показов, просмотров аудио- и видеозаписей, предоставляемое вместе с технологическим оборудованием и оснащением, необходимым для использования помещения по прямому назначению.

В комплекс современных мультимедийных систем, обеспечивающих определённый набор функциональности для проведения конференций, совещаний, тренингов и презентаций, входит различное оборудование для отображения визуальной информации, синхронного перевода, звукового и звукоусиливающего оборудования. Также для полноценного функционирования конференц-зала, необходимо наличие коммутационного и вспомогательного оборудования мультимедийной системы, систем синхронного перевода и интегрированной системы управления всем комплексом оборудования системы и техническим оснащением.

Основные функциональные возможности проектируемой конференц-

системы – это визуализация информации из источников разного рода, голосование в режиме реального времени, обработка и передача звуковой информации, а также сопровождение ее синхронным переводом; контроль работы дисплея, выбор входов и настройки громкости с единого контроллера.

Согласно проекту в состав системы входит: интегрированная система управления, дискуссионная система, звукоусиливающее и микширующее оборудование, система синхронного перевода, проекционное и коммутационное оборудование.

На основании рассчитанного энергопотребления оборудованием конференц-системы был выбран источник бесперебойного питания, что позволяет обеспечить непрерывность и качество электропитания, а также стабилизировать его параметры в установленных пределах.

Исходя из выше сказанного, спроектированный конференц-зал позволяет проводить различные мероприятия на высоком уровне благодаря мультимедийной системе, обеспечивающей получение качественного аудио и видео сопровождения, удобное управление комплексом через единый интуитивно понятный интерфейс, а также поддержку различных форм индивидуальной и коллективной работы зала.

УДК 796.028

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ ОСВЕЩЕНИЯ КРЫТОГО КАТКА**

Студент гр. 11902116 Зданчук А.В.

Ст. преподаватель Барановская Д.И.

Белорусский национальный технический университет

Новые эргономические и экологические стандарты, борьба за энергоэффективность, прогресс элементной базы – все это требует своевременной модернизации.

Если в структуре коммунальных расходов счета за электричество составляют 40% и более – это повод для неотложного анализа эффективности освещения. Не менее тревожные сигналы – аварии, несанкционированное использование сотрудниками дополнительного осветительного оборудования и рост стоимости технического обслуживания системы. Наличие перечисленных факторов предполагает проведение модернизации системы освещения. В первую очередь это замена ламп накаливания на светодиодные. Если учесть, что свет на ледовой арене горит около 15 часов в день, мы получаем примерно такие энергозатраты при использовании вышеупомянутых ламп (таблица).

Табл. Энергозатраты ламп

Период времени	Лампа накаливания, Лк	Светодиодная лампа, Лк
1 день	0,9	0,15
1 неделя	27	3,15
1 год	324	37,8

Преимущества светодиодных ламп перекрывают недостатки, вызванные их стоимостью. Постоянное развитие и совершенствование технологий в изготовлении LED-ламп способствует повышению эффективности и снижению стоимости. Высокая степень энергоэффективности – актуальный аспект в условиях постоянного повышения цен на энергоносители, включая электроэнергию.

Широкое использование светодиодного освещения оказывает наибольшее потенциальное влияние на экономию энергии в Республике Беларусь.

При цене электроэнергии 0,32 рубля за кВт\*ч и режиме работы объекта 15 часов в день, экономия на электроэнергии составляет от 18 тыс. до 32 тыс. долларов в год.

УДК 796.022

### **СПОРТИВНЫЙ ТРЕНАЖЁР ДЛЯ ТРЕНИРОВКИ НИЗКОГО СТАРТА В СПРИНТЕ**

Студент гр. 11904116 Коротчя У.Д.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Кривицкий П.Г.

Белорусский национальный технический университет

Целью проекта являлась разработка тренажёра для тренировки оттачивания из низкого старта. Задачей проекта является усовершенствование тренажёра для тренировки ног с целью улучшения качества тренировок спортсменов.

Данный тренажёр поможет ускорить рост мышечной массы в области ног. Он укрепляет и развивает мышцы нижних конечностей, улучшает скоростно-силовые способности спортсмена, а также его координацию.

Конструкция тренажера для тренировки мышц ног состоит из стальной рамы, защитного кожуха, барабана с тросом, соединенным с мотором-редуктором, пояса, карабина, а также блока микросхемы (рисунок). Нагрузку определяет тренер или сам спортсмен при помощи пульта.

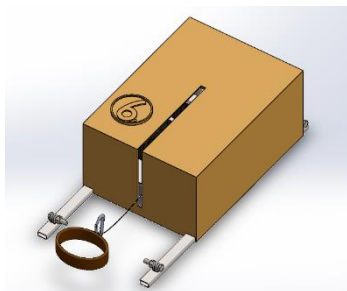


Рис. Устройство для тренировки рывка из низкого старта

Тренажёр устанавливается в заранее подготовленное место и закрепляется болтами для большей устойчивости, после чего спортсмен надевает на себя пояс, присоединённый к тросу при помощи карабина, который намотан на барабан. При подаче сигнала от пульта мотор-редуктор начинает вращать барабан, сматывая трос, что начинает оказывать нагрузку на спортсмена, которой он должен сопротивляться при отталкивании из низкого старта.

Применение данного технического устройства позволяет повысить эффективность развития силы мышц ног спортсменов за счет регулирования величины нагрузки с учетом их индивидуальных физических возможностей.

УДК 796.028

### **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ В ЗДАНИИ КРЫТОГО КАТКА ГУ «ХОККЕЙНЫЙ КЛУБ «ЮНОСТЬ-МИНСК»**

Студент гр. 11902116 Ладесов П.И.

Ст. преподаватель Барановская Д.И.

Белорусский национальный технический университет

Система контроля и управления доступом (СКУД) – это комплекс технических и программных средств, основной задачей которых является ограничение и регистрацию входа-выхода людей или транспорта на какую-либо территорию.

СКУД состоит из следующих компонентов: контроллер, считыватель, коммутатор, кнопка аварийного выхода, кнопка блокировки всех дверей, преграждающее устройство, источник бесперебойного питания (рисунок).

Для получения максимальной пользы от СКУД возможна интеграция с различными системами безопасности, такими как системы видеонаблюдения, системы пожарной и охранной сигнализации.



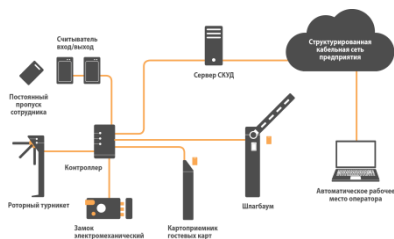


Рис. Используемое в системе оборудование

Принцип работы СКУД: сотрудник или рабочий, подходя к считывателю, подносит идентификатор к контроллеру. Он же, в свою очередь, обрабатывая данные с идентификатора, решает открывать преграждающее устройство или нет.

Нами была разработана СКУД в здании крытого катка ГУ «Хоккейный клуб "Юность-Минск"». Проанализировав текущий рынок было решено использовать оборудование системы контроля и управления доступом компании PERCo. Оборудование полностью соответствует требованиям, а именно, доступной ценой, качеством и подходит под нужные характеристики. Также рассчитаны затраты на приобретение нужных материалов. Предлагается использовать программное обеспечение фирмы PERCo.

УДК 796.022

## СПОРТИВНЫЙ ТРЕНАЖЁР ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УДАРОВ В БОЛЬШОМ ТЕННИСЕ

Студент гр. 11904116 Литовченко В.А.

Снарская Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Конструкция тренажера для совершенствования ударов в большом теннисе состоит из стального каркаса, одной направляющей, на которой расположена каретка, двух шарикоподшипниковых механизмов, храпового механизма и стержня, на котором расположен теннисный мяч.

Упражнения на тренажере для совершенствования ударов в большом теннисе включает в себя два вида упражнений:

- отработка ударов справа и слева (форхенд и бэкхенд) – высота направляющей регулируется в зависимости от антропометрических данных спортсмена;

- отработка подачи – высота направляющей увеличивается, по сравнению с упражнениями по отработке ударов справа и слева и регулируется в зависимости от антропометрических данных спортсмена.

Принцип работы тренажёра заключается в том, что при соприкосновении струн теннисной ракетки с мячом, мяч по инерции направляется вперёд, но за счет храпового механизма, соединенного со стержнем, на котором крепится теннисный мяч, происходит возвращение в исходную позицию. Если же тренер либо спортсмен сочтет необходимым поменять высоту нахождения теннисного мяча на стержне и скорость перемещения каретки, на которой крепится весь узел (храповой механизм, стержень и мяч), то это можно сделать в любой момент времени с помощью блока управления. Посредством переключателя на пульте управления спортсмен (или тренер) устанавливает необходимую исходную высоту нахождения теннисного мяча и скорость перемещения каретки направляющей.

Применение данного технического устройства позволяет совершенствовать технику и качество подачи в теннисе, повысить эффективность ударов справа и слева, а также развивать силу мышц верхних конечностей спортсменов.

Тренажёр для ударов в большом теннисе безопасен в работе и отвечает требованиям, предъявляемым к спортивным тренажерам.

УДК 796.028

## **СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ СТВОРА ВОРОТ ФУТБОЛЬНЫМ МЯЧОМ**

Студент гр. 11902119 Лукашевич В.А.

Ст. преподаватель Барановская Д.И.

Белорусский национальный технический университет

Футбол – игра, в которой победитель определяется по наибольшему количеству мячей, забитых в ворота соперника. Однако, бывают моменты, когда возникает необходимость в уточнении сложившейся у ворот спорной ситуации и правильности принятия решения арбитром о засчитанном голе. С этой целью используются различные системы видеорегистрации. Одна из них – Hawk-Eye. Это система, которую используют в футболе для объективизации судейства. Ее основа – несколько высокоскоростных камер (500 кадров в секунду), стоящих по периметру поля. В футболе их 14 (семь с одной стороны ворот и семь с другой) (рисунок).

Эти камеры устанавливаются на крыше или непосредственно под крышей. Если крыши нет, то их ставят в других местах, но очень важно, чтобы у камер был свободный обзор. Hawk-Eye постоянно моделирует на компьютере все, что происходит в штрафной и вычисляет положение мяча относительно ворот. Для идентификации гола достаточно и двух камер, остальные пять помогают определить местонахождение мяча. Если он пересек линию, то главный арбитр получает сигнал на свои часы в

течение 10 секунд. Этот сигнал устойчив к помехам, а значит и вероятность погрешности очень мала.

Использование систем видеорегистрации позволяет повысить объективность судейства.



Рис. Схема расположения камер на футбольном поле

УДК 796.022

## **ТРЕНАЖЁР ДЛЯ ОТРАБОТКИ НАПАДАЮЩЕГО УДАРА В ВОЛЕЙБОЛЕ**

Студент гр. 11904116 Лютынский С.Ю.  
Снарская Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Тренажёр для отработки нападающего удара в волейболе (ТОУ) (рисунок) предназначен для тренировки спортсменов, занимающихся волейболом.

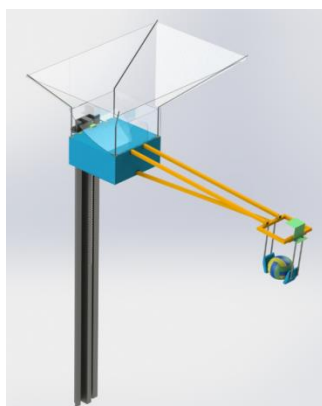


Рис. Твердотельная модель конструкции тренажёра для отработки нападающего удара в волейболе

Область применения ГОУ – тренировочный процесс. Данная конструкция может использоваться в тренировочном процессе волейболистов различной квалификации. Устройство состоит из следующих основных элементов: стойка (состоящая из швеллера и зубчатой рейки), каркасная рама, направляющие и механизм для скатывания мячей, корзина с фиксаторами мяча. Вертикальное перемещение каркасной рамы относительно стойки управляется двигателем.

Тренажёр служит для формирования и закрепления двигательного навыка спортсменов и получения максимального результата в тренировочном и соревновательном процессе.

УДК 621.396

### **БЛОК УПРАВЛЕНИЯ ТРЕНАЖЕРОМ ДЛЯ БОКСЁРОВ**

Студент гр. 11303117 Маргуж М.А.

Кандидат техн. наук, доцент Савёлов И.Н.

Белорусский национальный технический университет

Благодаря тренажёрам в наши дни возможно развивать разнообразные двигательные качества и способности, а также создавать необходимые условия для точного контроля и управления важнейшими параметрами тренировочной нагрузки.

Целью работы является разработка конструкции блока управления интегрированного с тренажёром Cardio boxer климатического исполнения ВЗ и степени защиты конструкции IP 44.

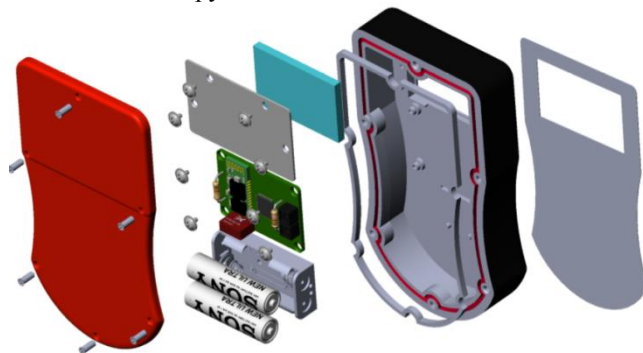


Рис. Блок управления тренажером для боксёров

Для обеспечения требуемой степени защиты между сопрягаемыми частями корпуса применяется прокладка уплотнения из силиконовой резиновой смеси марки ИРП-1338 НТА. Рассчитана необходимая сила сжатия уплотнительной прокладки, которая составляет не более 700 Н.

В качестве панели управления применяется плёночная панель с 4-х ножковыми клавишами с металлической мембраной для создания чётко ощущаемого тактильного эффекта со щелчком.

Длина шлейфа коммутации плёночной панели составляет 40 мм.

В ходе выполнения данной работы при помощи САПР SolidWorks разработаны твердотельные модели всех деталей и конструкции блока управления (рис.) в целом, а также сборочный чертёж конструкции и рабочие чертежи деталей.

УДК 681

## **ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ТРЕНИРОВКИ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ**

Магистранты гр. 915441 Михнюк В.А., Ращинский О.Д.

Кандидат техн. наук, доцент Давыдов М.В.

Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники

По оценкам ВОЗ, в настоящее время 2,4 миллиарда человек в мире имеют такие нарушения здоровья, облегчению которых может способствовать реабилитация. Актуальным направлением является двигательная реабилитация. Реабилитацию можно проводить как с применением технических средств, так и без их применения.

Современное развитие науки и робототехнике формирует новый тренд медицинской реабилитации, обозначенной как роботизированная реабилитация. За последнюю декаду в мире разработано много реабилитационных роботов. Каждое техническое решение имеет как положительные, так и отрицательные стороны.

Целью исследования является описание общих принципов устройства реабилитации. Устройство должно соответствовать 4 принципам:

**Принцип безопасности.** Устройство должно соответствовать требованиям безопасности при применении в реабилитации.

**Принцип методологии.** Устройство должно реализовывать определенный метод реабилитации. Примером может служить методика персонализированной адаптивной кинезитерапии. Применение методики позволяет достигать лучших результатов восстановления.[1]

**Принцип физиологической направленности.** Устройство должно воздействовать на физиологические процессы: биомеханика, нейромышечная активация, нейросенсорная активация.

**Принцип обратной связи.** Устройство должно предоставлять информацию пользователю о изменении собственных физиологических процессов.

Таким образом, адаптивная кинезитерапия с применением роботизированных систем является неотъемлемой частью современной медицинской реабилитации.

### Литература

1. Лукашевич В.А. Адаптивная кинезитерапия в коррекции дефектов пространственного ориентирования у постинсультных пациентов / Лукашевич В.А., Пономарев В.В., Тарасевич М.И. // Наука и здравоохранение. – 2019. – № 3(21). – С. 108–115.

УДК 621.396

## БЛОК УПРАВЛЕНИЯ ТРЕНАЖЁРОМ ДЛЯ ГРЕБЦОВ

Студент гр. 11904116 Нурсахадов Н.М.

Кандидат техн. наук, доцент Савёлов И.Н.

Белорусский национальный технический университет

Освоение техники гребли и её совершенствование является основной задачей задачи тренировки. Блок управления предназначен для контроля и управления работой гребного тренажёра, для динамичного изменения параметров воздействия нагрузки.

Цель данной работы является разработка конструкции блока управления для дистанционного изменения параметров работы тренажёра для гребцов.

Разработано техническое задание на проектирование конструкции блока управления климатического исполнения Т2 и степени защиты конструкции IP55.

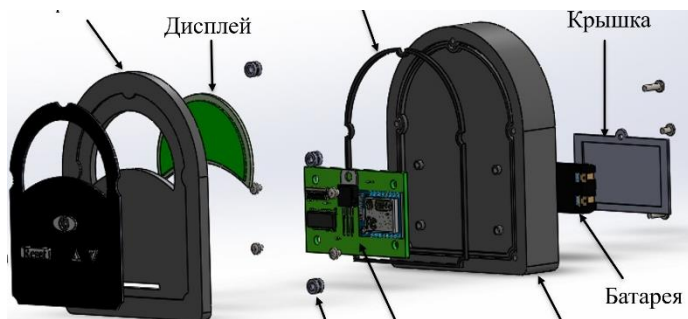


Рис. Блок управления тренажёром для гребцов

Для обеспечения технологичности и ремонтпригодности конструкции, защитный корпус выполнен разъёмным. Требуемый уровень герметичности обеспечивается прокладкой уплотнения из силиконовой резины

марки ИРП-1338. Применение в качестве панели управления – плёночной панели, обеспечивает дополнительный уровень герметизации.

При помощи расчётов установлено, что максимальное усилие сжатие прокладки уплотнения составляет не более 340 Н. Определён тип оптимальной посадки для сопряжения печатного узла и ступенчатой опоры – Н9/е10. Данная посадка обеспечит безопасное функционирование соединения. Твердотельная модель блока управления (рис.) тренажёром для тренировки гребцов и рабочие чертежи деталей конструкции разработаны при помощи САПР SolidWorks.

УДК 621

## **СИСТЕМА ХРОНОМЕТРАЖА В ПЛАВАНИИ**

Студент гр. 11902117 Презов И.А.

Ст. преподаватель Ломтев А.А.

Белорусский национальный технический университет

Спорт (в любом виде) – это соревнование. Одним из главных атрибутов любых соревнований является судейство, и систему хронометража в плавании можно отнести к подобным. На соревнованиях высокого уровня крайне сложно определить победителя и установить точный результат заплыва. Сложность заключается в том, что спортсмены, как правило, одного уровня, а в случае международных соревнований, таких как ЧМ, ЧЕ или ОГ, то уровень спортсменов – мировой. Разница между первым и вторым местом минимальна и очень часто составляет сотые доли секунды. Для решения проблемы судейства применяются различные технические средства.

Существует два основных способа замерять время в плавании. Первый – использование простого хронометра (секундомера). Способ простой и экономичный. Но подходит он только для соревнований школьного уровня, так как имеет ряд недостатков: малая точность и большая погрешность. Для соревнований высокого уровня такое устройство не подходит.

Второй вариант – система хронометража. Эта специальное оборудование, которое позволяет точно определять победителя заплыва, распределять участников по результатам и выводить результаты заплыва на электронное табло. Система имеет панели касания, которые прикреплены к бортику бассейна. Стартовые sireны подают сигнал старта и с ними начинается отсчёт времени. При касании панели спортсменом цепь замыкается и время передаётся на компьютер.

Система имеет ручной и автоматический режимы определение дистанции. В ручном режиме система управляется с пульта управления или с компьютера.

Основные технические характеристики системы: система может обслуживать до 10 дорожек; автоматическое тестирование всех компонентов системы хронометража, финишных панелей; система фальстарта; кнопки секундометристов А, В, С; встроенный усилитель для динамиков на каждой дорожке; до 20 динамиков мощностью 45 Вт каждый; автоматическое определение номера дорожки; встроенный LED стробоскоп; подключение 2-х стартовых микрофонов; ручное и автоматическое выставление параметров бассейна; автоматическое и ручное выставление дистанции; встроенный цветной дисплей для отображения параметров дистанции; вывод на встроенный дисплей бегущего времени, времени реакции, сплитов, пройденной дистанции, результатов, места; тип хронометра – циклический; диапазон измерения времени от 0 до 23 ч 59 мин 59.99 сек; точность измерения результатов до 0.001 сек.; питание от внешнего источника питания 24 В; встроенный аккумулятор 24 В; диапазон рабочих температур от 0 °С до 50 °С.

Конструкция всех блоков устройства обеспечивает их простое и надежное крепление к конструктивным элементам, простой доступ к регулировочным элементам. Конструкция крепления элементов устройства предусматривает возможность быстрой и легкой замены.

УДК 57.087.1

## **АНАЛИЗ ДАННЫХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ФИТНЕС-ТЕСТОВ**

Магистранты гр. 915441 Ращинский О.Д., Михнюк В.А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Шахлевич Г.М.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Предлагается способ снятия и анализ данных во время проведения фитнес-теста, при котором пользователь может свободно тренироваться (бегать и ездить на велосипеде, велоэргометре, гребном велоэргометре, беговой дорожке) и который обеспечивает оценку физической формы пользователя во время и / или после упражнения. Анализ может быть выполнен как в режиме реального времени, так и в виде постанализа [1].

Оценка физического состояния человека может быть дана на основе одного сеанса, если имеется уверенность в надежности данных. В иных случаях и для повышения точности оценки можно использовать несколько сеансов упражнений.

Определение кардиореспираторной пригодности человека означает определение способности к аэробной нагрузке, обычно измеряемой как  $VO_{2max}$  или  $MET_{max}$  ( $MET$ -метаболический эквивалент, 1  $MET$  = уровень метаболизма человека в состоянии покоя) [2]. Определение кардиореспираторной пригодности также может быть выполнено путем масшта-



бирования измеренного  $VO_{2max}$  или  $MEТmax$  в зависимости от возраста и пола человека, в зависимости класс фитнеса. Предпочтительный метод состоит из следующих этапов:

1. Пользователь выбирает тип упражнения и вводит свои личные параметры (как минимум возраст, желательно максимальную частоту пульса). Позже максимальная частота пульса может быть определена во время сеансов упражнений, выполняемых пользователем, и при необходимости обновлена.

2. Сбор данных сердцебиения и данных о производительности во время сеансов упражнений, выполняемых пользователем. Пользователь может свободно выполнять упражнения, но также можно дать пользователю общие рекомендации о том, как получить наиболее точные результаты.

3. Сегментация собранных данных по разным диапазонам частоты пульса

4. Расчет надежности различных сегментов данных

5. Расчет весовых коэффициентов для различных сегментов данных на основе их надежности или исключения сегментов данных с низкой надежностью из дальнейшего анализа, где низкая надежность характеризуется следующими факторами:

Сегменты данных в самом начале каждой тренировки (например, первые 3 минуты)

Сегменты данных со значительными изменениями определяемых параметров интенсивности сердечных сокращений или внешней рабочей нагрузки. Если выходная мощность не измеряется напрямую, сегменты с крутыми спусками должны быть исключены.

6. Выбор наиболее надежных сегментов данных для дальнейшего анализа; или выбор всех сегментов данных для дальнейшего анализа, в которых сегменты данных с высокой надежностью имеют высокие весовые коэффициенты.

7. Формирование оценки уровня физической подготовки человека путем использования либо линейной, либо нелинейной зависимости между одним или несколькими определяемыми параметрами сердечного ритма и данными о производительности человека или с использованием только данных о производительности.

8. Предоставление человеку плана тренировок, оптимального с учетом его/ее уровня физической подготовки.

Использование информации о физической форме пользователя в автоматическом управлении одной тренировкой, при этом цель автоматического руководства состоит в том, чтобы заставить пользователя достичь заранее установленной физиологической цели. Предварительно установленная физиологическая цель может быть установлена пользователем или системой автоматического планирования тренировок.

Для измерения частоты дыхания или вентиляции можно использовать расходомер воздуха. Анализ, сегментирование и расчет выполняются программным обеспечением, таким как Microsoft Excel или специализированным, которое можно интегрировать в приложения для фитнес-тестов на различных устройствах, включая, например: пульсометры, смартфоны, планшеты и фитнес-браслеты, где подходящее устройство имеет процессор, память и программное обеспечение, а также пользовательский интерфейс.

### **Литература**

1. Михайлов В.М. Нагрузочное тестирование под контролем ЭКГ: велоэргометрия, тредмилл-тест. – Иваново, 2018. – 545 с.
2. Фитнес: [учеб. пособие] / О.В. Сапожникова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 144 с.

УДК 796.022

## **ТРЕНАЖЁР ДЛЯ ТРЕНИРОВКИ ВОЛЕЙБОЛИСТОВ**

Студент гр. 11904116 Рутковский А.В.

Кандидат пед. наук, доцент Васюк В.Е.

Белорусский национальный технический университет

Тренажёр для тренировки волейболистов предназначен для развития скоростно-силовых и координационных способностей волейболистов. Общий вид тренажёра представлен на рисунке.

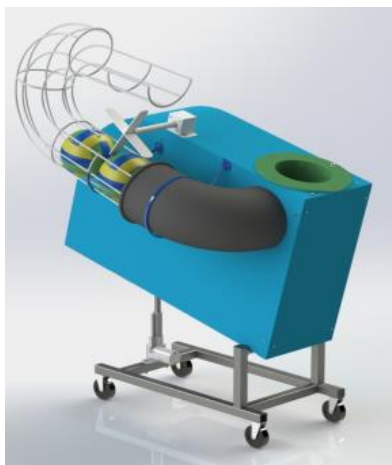


Рис. Общий вид тренажёра для тренировки волейболистов

Устройство состоит из следующих основных элементов: рама основания, каркас, компрессор, шаговый двигатель, линейный актуатор, подшипниковые узлы, ролики.

В раме предусмотрены отверстия для установки четырёх роликов, позволяющих перемещать конструкцию в пространстве, и отверстия для установки линейного актуатора и подшипниковых узлов. В каркасе предусмотрены отверстия под болт для установки подшипниковых узлов, компрессора, ресивера, направляющих для актуатора, держателей для направляющей мячей, трубы с вырезом для мячей и декоративных крышек. В подшипниковые узлы рамы основания и каркаса устанавливается вал для создания оси вращения. В вал линейного актуатора вставляется ступенчатый вал, который сопряжён с направляющими. Приведение в движение вала линейного актуатора перемещает ступенчатый вал вдоль предусмотренной прорези в направляющих, что позволяет вращать каркас тренажера и регулировать угол вылета мяча. Ресивер компрессора сопряжён с трубой для мячей с помощью Г-образных труб и соединительных муфт. Подача мячей в трубу осуществляется с помощью лопасти, установленной на валу шагового двигателя. «Выстрел» мяча из трубы осуществляется ударом сжатого воздуха.

С помощью тренажёра для тренировки волейболистов тренирующийся получает возможность задавать скорость и угол вылета мяча.

УДК 796.022

## **СПОРТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ДРИБЛИНГУ В ХОККЕЕ**

Студент гр. 11904116 Савось В.Г.

Кандидат техн. наук, доцент Савёлов И.Н.

Белорусский национальный технический университет

Устройство для обучения дриблингу в хоккее способно заменить тренировку ведения шайбы без реального соперника, развивает навык владения шайбой во время занятий в зале без использования устройства на льду.

Конструкция устройства для обучения дриблингу состоит из стального каркаса на колёсиках, в котором находится механизм для поворота клюшки, двигатели отвечающие за передвижение устройства и сам механизм (рисунок). Скорость поворота клюшки и всего устройства осуществляется с помощью пульта управления.

Данное устройство может работать в двух режимах:

- движения клюшки при неподвижном устройстве;
- движения клюшки при перемещающемся устройстве.

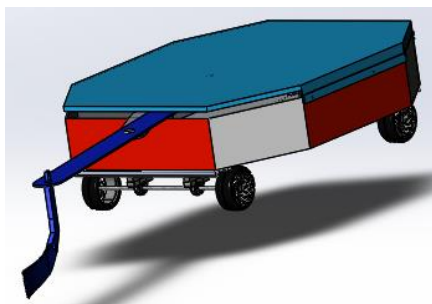


Рис. Устройство для обучения дриблингу

Данное устройство передвигается на 4 колёсиках, задняя ось вращается за счёт ремённой передачи, она же связана напрямую с двигателем, отвечающим за передвижение. Благодаря пульта управления, устройство дистанционно получает команду передвижения вперёд или назад. Данная скорость передвижения напрямую зависит от встроенного двигателя. За передвижение клюшки отвечает кривошипно-шатунный механизм.

Устройство для обучения дриблингу в хоккее безопасно в работе и отвечает требованиям, предъявляемым к спортивным устройствам.

УДК 796.028

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЗВУКОУСИЛЕНИЯ  
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КОНЦЕРТНОГО МЕРОПРИЯТИЯ  
НА ГУ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ОЛИМПИЙСКИЙ СТАДИОН  
«ДИНАМО»**

Студент гр. 11902116 Сидорчик А.В.

Ст. преподаватель Барановская Д.И.

Белорусский национальный технический университет

Система звукоусиления – это совокупность устройств, которая включает в себя акустические системы, процессоры обработки звука, усилители звука и контролируется микшерным пультом, который делает звуки громче, а также может распространять их на большую или более удаленную территорию. Также система звукоусиления используется для улучшения или изменения звука, получаемого от источников на сцене, обычно с использованием электронных эффектов.

Система звукоусиления разрабатывается и проектируется так, чтобы улавливать и усиливать звук и доставлять его аудитории. Главной ролью

системы звукоусиления является равномерное распределение звука по областям, где находятся слушатели.

В процессе проектирования было выполнено электроакустическое трехмерное моделирование линейных массивов и коаксиальных акустических систем в программе SOUNDVISION. В данной программе была построена трехмерная модель ГУ «Национальный олимпийский стадион «Динамо». Также были введены координаты озвучиваемых плоскостей, что позволило получить наиболее оптимальное количество акустических систем, а также предельно эффективное размещение и направление их в пространстве. Для воспроизведения низких частот и придания звучанию объема было рассчитано необходимое количество сабвуферов фирмы L-Acoustics.

Были разработаны структурная схема акустической системы, структурная схема подключения микшерного пульта, схема устройства колонки, схема подвеса, а также схема подключения электрического питания.

Для подключения элементов сценического оборудования был выбран акустический кабель. Для питания звукового оборудования был произведен выбор распределительных устройств и электрического кабеля с разъёмами типа СЕЕ.

Данная система является универсальной и может быть использована при проведении культурно-зрелищных мероприятий, а также для проведения спортивных мероприятий любого уровня.

УДК 796.028

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОЗДУХООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ УСТАНОВКИ КРЫТОГО СЛАЛОМА**

Студент гр.11902117 Скрипко В.С.

Белорусский национальный технический университет

В работе исследовались параметры внутренней среды крытого слалома, которые воздействуют на сооружение и людей, находящихся в нем. Внутри данного спортивного объекта существует искусственная среда, пригодная для создания и круглогодичного поддержания устойчивого снежного покрова. В зависимости от проводимого мероприятия необходимо поддерживать различные температурные режимы внутри здания при помощи воздухообрабатывающей установки. Был осуществлён расчёт толщины слоя утеплителя, расчёт тепловлажностного режима, расчёт теплоступлений и теплопотерь, расчёт влагоступлений, расчёт поступлений  $\text{CO}_2$ . По режимам работы были рассчитаны воздухообмен и воздухораспределение сооружения крытого слалома. Расход воздуха определяется по формуле:

$$L = \frac{L_{max} \cdot (L \cdot W)}{F_{\text{потолка}}}$$

Также построены графики обработки воздуха на i-d диаграммах для каждого из режимов работы с отображёнными на них процессами подготовки воздуха. Для каждого режима работы здания по i-d диаграммам были выбраны схемы установок обработки приточного воздуха, посредством которых удалось составить общую схему установки, изображённую на рисунке.

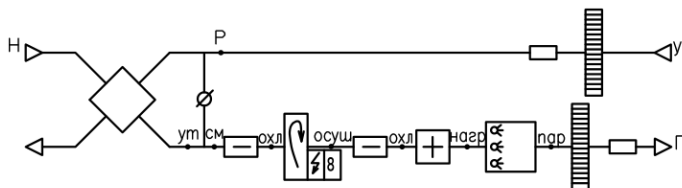


Рис. Воздухообрабатывающая установка

Для обслуживания здания крытого слалома необходимо 15 таких установок, мощность каждой 34 810 м<sup>3</sup>/ч. В настоящее время остаётся актуальной проблема выявления особенностей проектирования спортивных комплексов для всесезонных занятий зимними видами спорта.

УДК 796.322

## МОДЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УПРАЖДЕНИЯ «БРОСОК МЯЧА В ГАНДБОЛЕ» (НА ПРИМЕРЕ ШТРАФНОГО БРОСКА)

Студент гр. 11904117 Траханов А.П.

Белорусский национальный технический университет

Гандбол – атлетическая игра, предъявляющая высокие требования к двигательным и функциональным возможностям спортсмена. Сила и координация игроков – главные составляющие победы. Передвижение на высокой скорости сочетается с ловлей, передачей и броском мяча в ворота. Двигательная деятельность включает ходьбу, бег, прыжки, рывки, ловлю и передачу мяча, броски мяча в ворота, точность которых определяется умением поражать мячом неподвижную и движущуюся цель с места или в движении и зависит от позиции игрока по отношению к воротам противника и от действий вратаря противника. Умение выполнить точный бросок является составным компонентом временно-пространственной координации (способности оценить ситуацию и предугадать ее продолжение), межмышечной и внутримышечной координации, определяемой конкретной двигательной активностью и траекторией перемещения игрока.

Бросок – прием, позволяющий забросить мяч в ворота или осуществить его передачу, который можно выполнить в опорном положении, в падении, в прыжке, с места, с разбега. Основные составляющие броска – мощность, скорость, сила, правильность выполнения. Штрафной бросок – это бросок, который производится с места с обязательной опорой на впереди стоящую ногу.

Нами изучены модельные характеристики техники выполнения штрафного броска мяча с места. Для получения количественных данных использовалось спидографическое устройство Tendo и аппаратно-программный комплекс Qualisys. В Tendo были рассмотрены графики трех попыток с определением лучшей с точки зрения характеристик броска. В Qualisys была выбрана определенная точка, отмеченная на правой кисти спортсмена, так как скорость и вращение, с которыми был выпущен мяч, полностью зависели от движения в кистевом суставе. Проанализированы результаты составляющих броска, разобраны основные ошибки его выполнения, худшее и лучшее повторения, проведен их сравнительный анализ. Выявлено, что основным аспектом правильного и четкого выполнения штрафного броска является его резкость. При максимальной резкости достигаются максимальные значения. Для достижения лучшего результата необходимо больше времени на тренировках отрабатывать штрафные броски, разбирать основные ошибки при его выполнении для того, чтобы в последствии избежать их.

УДК 621.1

## **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КАДЕНСА**

Студент гр. 11904117 Цинкевич С.В.

Ст. преподаватель Ломтев А.А.

Белорусский национальный технический университет

В современном велоспорте необходимо отслеживать такой важный параметр как каденс (число оборотов педалей в минуту).

Для этого применяются различные устройства. Самыми распространенными из них являются следующие:

- велосипедные навигаторы, к которым можно подключить самые различные датчики, в том числе датчик для измерения каденса;
- мобильные телефоны, которые имеют возможность подключения датчика со встроенным модулем Bluetooth;
- велокомпьютеры, которые могут иметь как встроенный датчик, так и отдельно подключаемый.

В данной работе был рассмотрен цикловой велокомпьютер с возможностью измерения каденса, функциональная схема которого представлена на рисунке 1.

Измерение параметра производится путем закрепления магнита на шатун велосипеда и закреплением геркон-датчика на раме велосипеда. В момент прохождения шатуна рядом с рамой велосипеда происходит замыкание контактов геркона 1 и сигнал поступает в блок предварительной обработки сигнала датчика каденса по линиям 2. После, в параллельном формате, сигнал поступает на схему параллельно-последовательного преобразования сигнала. В схеме происходит его преобразование в последовательный формат.

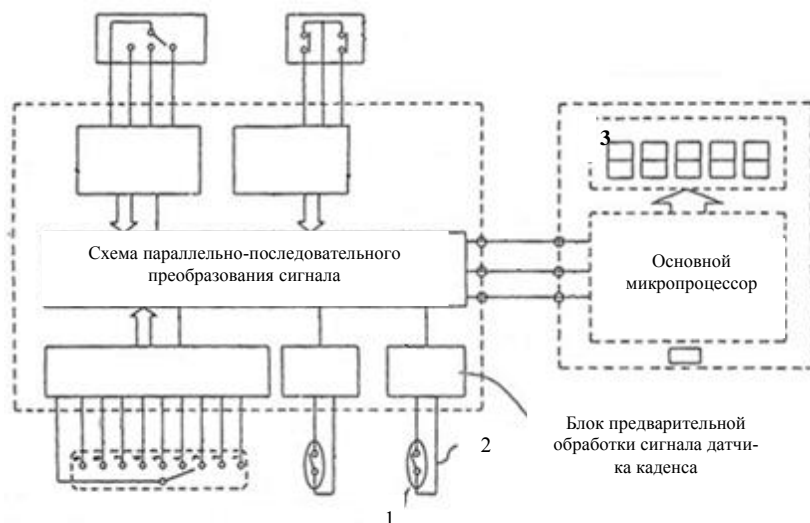


Рис. Цикловой велокомпьютер

Далее сигнал поступает в основной микропроцессор, где происходит идентификация сигнала и другие операции обработки, после чего данные выводятся на дисплей 3.

УДК 796.028

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КЛИМАТИЗАЦИИ ЛЕДОВОЙ АРЕНЫ НА ПРИМЕРЕ ЛЕДОВОГО ДВОРЦА Г. ЛИДА

Студент гр. 11902116 Шешко В.В.

Ст. преподаватель Ливанский Д.Г.

Белорусский национальный технический университет

Роль спорта в современном ритме жизни очень высока. В любом крупном городе располагается большое количество спортивных объектов.



Большой популярностью пользуются ледовые дворцы, на сегодняшний день в Республике Беларусь насчитывается более 30 ледовых арен.

Климатизация – комплекс климатического оборудования и системы автоматизации, обеспечивающих создание искусственного климата во всём помещении.

Спортивные сооружения формата ледового дворца имеют две уникальные особенности: во-первых, требуется обеспечить и поддерживать две разные по температурно-влажностным показателям зоны – оптимальные условия для болельщиков и спортсменов, а также условия оптимального функционирования ледового поля; во-вторых, требуется задать требуемую холодильную мощность для намораживания и сохранения ледового покрытия в разные периоды года и для различных режимов эксплуатации льда.

Объектом разработки был выбран ледовый дворец спорта г. Лида, который используется для массового катания людей, проведения хоккейных матчей, тренировочной деятельности спортсменов, а также проведения различных мероприятий.

Ледовый дворец включает в себя ледовое поле размером 30×60 метров, оборудованное трибунами на тысячу зрительских мест. В ходе проектирования были проведены расчеты толщины слоя утеплителя (0,1 м), тепловлажностный режим наружной стены (3,741 м<sup>2</sup>×ч×Па/м), теплопоступления (от людей – 155 кВт), от освещения и электрооборудования – 36,75 кВт, от табло – 27,84 кВт, от солнца – 15,89 кВт), теплопотерь (холодный период года – 81,635 кВт, переходный период года – 10 кВт), влагопоступлений от людей (61,5 кг/ч), поступлений CO<sub>2</sub> (36 кг/ч), воздухообмена по тепловлажностному режиму и по CO<sub>2</sub>, воздухораспределения.

Также был осуществлен подбор воздухообрабатывающей установки с определенными характеристиками, которая позволяет корректно выполнять свои задачи, поддерживать благоприятный микроклимат внутри ледовой арены для проведения как тренировочной, соревновательной деятельности, так и для проведения различного рода мероприятий.

УДК 796.028

## **ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМЫ КЛИМАТИЗАЦИИ ДЛЯ ЛЕДОВОГО ДВОРЦА Г. ЛИДА**

Студент гр. 11902116 Шешко В.В.

Ст. преподаватель Ливанский Д.Г.

Белорусский национальный технический университет

Для создания требуемых климатических условий была задана цель спроектировать и реализовать надежную и эффективную систему вентили-

ляции, как самих спортивно-зрелищных залов, так и имеющих вспомогательных помещений.

В соответствии с требованиями к поверхности льда и воздуха ледового дворца, а также с полученными в ходе исследования данными с помощью программы CLIMATSIAT была сконпанована конечная система климатизации для ледового дворца г. Лида (рисунок).

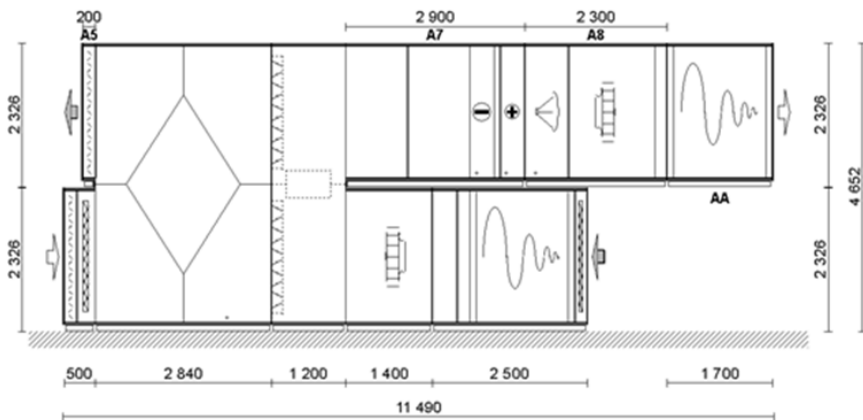


Рис. Схема установки для обработки воздуха ледового дворца г. Лида

Устройство спроектировано так, чтобы соответствовать ряду требуемых функций, таких как смешение, фильтрация, нагрев, охлаждение, осушение, увлажнение, воздухообмен, рекуперация и шумоглушение. Длину и высоту устройства можно увидеть на рисунке, ширина составила 2172 мм, а масса – 7098 кг ( $\pm 10\%$ ).

По итоговым расчетам было выявлено, что расход воздуха при максимальной загрузке объекта составил  $116322 \text{ м}^3/\text{ч}$ , и для его подготовки и доставки в помещение понадобится 3 установки с расходом не менее  $38774 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

УДК 796.028

## АВТОМАТИЗАЦИЯ УСТАНОВОК КЛИМАТИЗАЦИИ ЛЕДОВОГО ДВОРЦА Г. ЛИДА

Студент гр. 11902116 Шешко В.В.

Ст. преподаватель Ливанский Д.Г.

Белорусский национальный технический университет

Системы климатизации воздуха предназначены для создания и автоматического поддержания необходимых параметров воздуха в помещениях.

В ходе проекта была сконпирована схема автоматизации системы климатизации для ледового дворца г. Лида, которая изображена на рисунке.

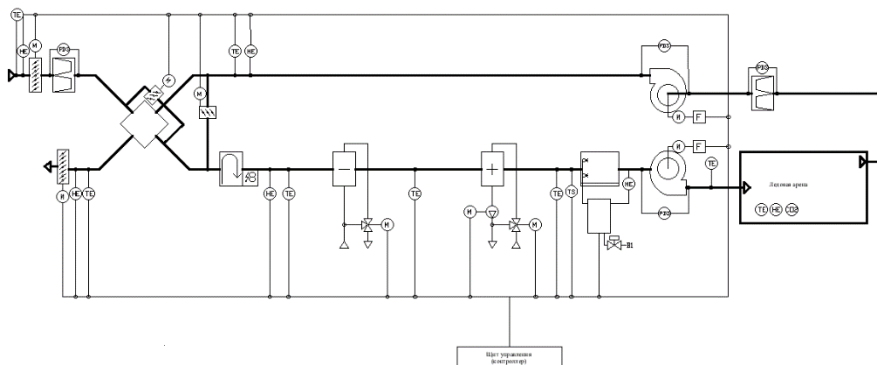


Рис. Схема автоматизации системы климатизации ледового дворца г. Лида

Основные элементы, которые используются для автоматизации системы климатизации ледового дворца: контроллер (щит автоматизации), датчики, терморегуляторы, приводы исполнительных устройств. Управление установкой осуществляется контроллером, установленным в щит управления. После пуска установки контроллер, получая сигнал от датчиков температуры, управляет степенью рекуперации, а также нагревом воздуха в воздухонагревателе. Поддержание заданной влажности в помещении осуществляется путем регулирования рециркуляции и выбора режима работы установки. Если подключить датчики к щиту автоматизации системы кондиционирования, который, в свою очередь, учитывает тип сигнала (аналоговый, дискретный или пороговый), передаваемого преобразователем, то после программирования контроллер может вывести систему на заданные параметры работы, а система за счет этого способна функционировать в полностью автоматическом режиме.

УДК 796.022

## ТРЕНАЖЁР ДЛЯ ТРЕНИРОВКИ УЧАЩИХСЯ БНТУ

Студент гр. 11904116 Яцевич А.А.

Кандидат пед. наук, доцент Васюк В.Е.

Белорусский национальный технический университет

Тренажёр для тренировки учащихся БНТУ предназначен для развития силовых способностей мышц верхних конечностей и туловища. Общий вид тренажёра представлен на рисунке.



Рис. Общий вид тренажёра для тренировки учащихся БНТУ

Принцип действия тренажёра состоит в следующем. До выполнения упражнения настраивается сила сопротивления электродвигателя для создания необходимой нагрузки. Спортсмен садится на сидение, колени при этом упираются в предназначенный для этого упор. Исходное положение – хват за перекладину, ширина хвата и положение рук выбирается индивидуально в зависимости от целевого упражнения. Сгибанием рук в локтях спортсмен тянет перекладину к груди либо за голову в зависимости от задания. Далее следует разгибание рук и возврат в исходное положение. Если тренер, зная индивидуальные особенности спортсмена и наблюдая за выполнением упражнения, сочтет необходимым изменить силу сопротивления электродвигателя при выполнении упражнения, то, изменяя силу сопротивления посредством переключателя, он устанавливает в любой момент времени нужную величину нагрузки, не прерывая выполнение спортсменом заданного упражнения.

УДК 796.028

## **ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ БАСКЕТБОЛЬНОЙ АРЕНЫ**

Студенты гр.11902117 Яцко Н.А., Долгачева Д.О.

Беляева А.А.

Белорусский национальный технический университет

В спортивных сооружениях предъявляются повышенные требования к инженерным системам и их оборудованию. Комфортность пребывания в спортивных и физкультурно-оздоровительных объектах должна быть на

самом высоком уровне, так как посетители находятся в них длительное время.

Целью является выявление всех параметров внутренней среды арены, которые воздействуют на сооружение и людей, находящихся в нем.

Назначение и план здания – баскетбольная арена. Здание расположено в городе – Брест (Республика Беларусь). Ориентация главного фасада – юг.

Для создания требуемых климатических условий необходимо проектировать и реализовать надежную и эффективную систему вентиляции, как самих спортивно-зрелищных залов, так и имеющихся вспомогательных помещений.

Температура воздуха на арене – от 12 до 18°C. Для зрителей в холодный период года оптимальной температурой воздуха является 18°C, а в теплый период – не выше 25°C.

Влажность воздуха в служебных помещениях должна составлять от 30 до 60 %. Такие же показатели влажности поддерживаются и для зрителей.

Следуя из всего вышеперечисленного, раздача воздуха на арене осуществляется вертикальными регулируемыми струями через инъекционные воздухораспределители, в зону зрителей (трибуны) – через сопловые распределители.

Система вентиляции и воздухораспределения должна обеспечивать подачу не менее 80 м<sup>3</sup>/ч наружного воздуха на одного занимающегося и не менее 20 м<sup>3</sup>/ч на одного зрителя. Подвижность воздуха в зонах нахождения занимающихся должна быть не более 0,5 м/с.

По режимам работы были выявлены температура и влажность воздуха на арене для зрителей в холодный и теплый период года.

Анализируя все параметры внешних и внутренних сред, способных негативно влиять на конструктивные компоненты спортивного сооружения, а также на здоровье людей, непосредственно находящихся в данном здании, учитывались данные факторы: теплопоступления, теплотери, влагопоступления, поступления CO<sub>2</sub>.

## СЕКЦИЯ 7. СТАНДАРТИЗАЦИЯ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 616.71.3

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОТОСЪЕМКИ В ОЦЕНКЕ КИНЕМАТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИ ОСАНКИ ЧЕЛОВЕКА

Студенты гр. 11305118 Алешевич Д.Д., гр. 11305119 Кошель И.В.  
Магистр техн. наук Самохвал П.М.

Белорусский национальный технический университет

Нарушение осанки с каждым годом становится все более и более распространенным явлением, причем оно очень сильно «молодеет». Согласно современной статистике нарушение осанки наблюдается у 28% детей в возрасте 7–9 лет, у 36% детей 10–14 лет, а в возрасте 15–17 лет – уже более, чем у 41%. Среди студентов вузов этот показатель достигает 90% [1].

Для раннего выявления нарушений осанки используют различные средства диагностики, позволяющие осуществлять контроль в динамике. Контроль за нарушениями осанки осуществляется при помощи визуальной оценки, тестирования, рентгенографии, КТ, МРТ, ЭМГ, термографии.

В ходе эксперимента, мы проводили фотосъемку испытуемого с четырёх сторон. Испытуемый был помещен в центре кадра, для того чтобы максимально минимизировать дисторсию. Затем полученные фотографии обрабатывались в программе Adobe Photoshop. Полный процесс проведения эксперимента представлен на рис.

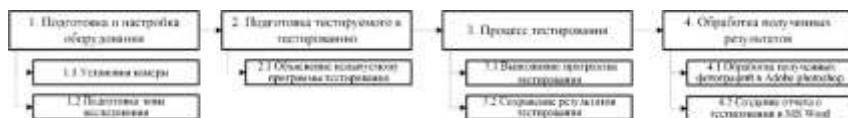


Рис. Функциональная схема оценки кинематического состояния осанки по фотографии

Разработанный нами метод позволяет оценить состояние осанки в четырех плоскостях: фронтальной (вид спереди), фронтальной (вид сзади), сагитальной (вид справа), сагитальной (вид слева). Данная методика позволяет определить кинематические отклонения изгибов позвоночника, асимметрию тела человека в целом, а также определить положение различных ориентиров на теле человека, характеризующих состояние осанки.

Данный метод является трудоемким и требует внимательности от исследователя. Для повышений точности и продуктивности работы требуется разработки программных макросов, которые сократили бы трудоемкость и увеличили бы точность выполнения расчетов.

## Литература

1. Скиндер Л.А. Физическая реабилитация детей с нарушениями осанки и сколиозом: учеб.-метод. пособие / Л.А. Скиндер [и др.]; под общ. ред. Л.А. Скиндер. – Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина. – Брест: БрГУ, 2012. – 210 с.

УДК 616.71.3

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СМАРТФОНОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ КИНЕМАТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОСАНКИ ЧЕЛОВЕКА**

Студент гр. 11305118 Алешевич Д.Д.

Магистр техн. наук Самохвал П.М.

Белорусский национальный технический университет

В связи с ростом популяризации здорового образа жизни у населения появилась заинтересованность в фитнесе. Большой интерес, как для тренера, так и для клиента, представляет возможность сравнения прогресса. В данной работе мы рассматриваем приложение, позволяющие, как тренеру, так и клиенту, оценить антропометрию тела, в частности состояние осанки. В этом могут помочь приложения для смартфонов на Android операционная система от Google и iOS от Apple. Данные операционные системы обладают своими магазинами приложений, в которых присутствуют приложения для контроля нарушений осанки. Среди которые можно выделить: PostureScreen Mobile; SAM Posture Print; APECS: AI Posture Evaluation and Correction System.

Приложение PostureScreen Mobile рассчитано для врачей, специалистов, которые занимаются осанкой, а также для фитнес-тренеров. Позволяет оценивать осанку не только в положении основной стойки, но и в процессе выполнения тестовых упражнений, которые заложены в приложении.

Приложение SAM Posture Print рассчитано на врачей и специалистов, которые занимаются осанкой. Для корректной работы требуется измерительная стойка, которая позволяет оценивать асимметрию осанки.

Приложения APECS: AI Posture Evaluation and Correction System рассчитано на врачей и специалистов, которые занимаются нарушениями осанки, фитнес-тренеров и представляет собой очень многофункциональный инструмент, который позволяет контролировать состояние осанки, как в положении основной позы, так и в процессе выполнения функциональных тестов. Позволяет отдельно оценивать положение шеи, головы и плечей.

Но у этих приложений есть свои недостатки, а именно они не предлагают программу для решения проблемы с осанкой, не отслеживают динамику искривления, не все параметры понятны обычному пользователю, то

есть нужно дополнительное разъяснение. Для решения данной проблемы необходима разработки новых средств, которые были бы универсальными, позволяли бы тренеру или спортсменам-любителям оценивать состояние осанки и выдавали рекомендации по устранению нарушений.

#### Литература

1. Приложения в Google Play [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://play.google.com/store/apps?hl=ru&gl=US> .– Дата доступа:07.03.2021.

УДК 303.222

### ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АТРИБУТИВНОГО КОНТРОЛЯ В СОВРЕМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПРОЦЕССЕ

Андрейковец А.С., Булышко В.Ю., Ильинчик И.В.

Д-р техн. наук, профессор Соломахо В.Л.

Белорусский национальный технический университет

Важным вопросом современного производства является обеспечение качества выпускаемой продукции, которое формируется на этапе её изготовления. При этом контроль, в ходе которого продукцию разделяют на «пригодную» и «непригодную», определяет выходной уровень её качества.

В серийном и массовом производстве традиционным, наиболее удобными и широко распространенными является контроль калибрами. В отличие от контроля с использованием универсальных или специальных средств измерений, позволяющих получать действительное значение контролируемого параметра, результатом контроля калибрами является заключением годности по типу: «да» или «нет». Такая методика оценивания относится к атрибутивному контролю

Следует отметить, что любой контроль по своей сути является атрибутивным потому, что конечным его результатом является ответ на вопрос – соответствует продукция заданному уровню качества либо нет.

С помощью предельных калибров изначально решались две основные задачи:

- разбраковка продукции непосредственно в ходе её изготовления;
- снижение затрат на контроль за счет привлечения операторов низкой квалификации или же совмещения в одном лице исполнителя и контролера.

Простота и очевидность такого подхода привели к практическому отсутствию исследований, связанных с развитием атрибутивных методов контроля.

По мере повышения качества процессов изменяется соотношение полной изменчивости процесса и допуска контролируемого параметра (из-



менчивость процесса становится меньше, процессы становятся статистически управляемыми, увеличиваются индексы воспроизводимости и пригодности). В этих условиях применение калибров для целей разбраковки теряет практический смысл. В то же время по результатам атрибутивного контроля, мы не получаем статистических характеристик процесса, а значит, не можем в полной мере осуществлять его управление.

Важнейшей задачей, определяющей перспективы дальнейшего применения калибров, является его адаптация для целей управления процессами и оценка рисков, возникающих при применении контроля по атрибутивным признакам.

УДК 006.91:681.2

## **ПОВЫШЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ЗА СЧЕТ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Студент гр. 11305117 Бабанюк Д.С.

Кандидат техн. наук, доцент Соколовский С.С.

Белорусский национальный технический университет

Согласно Закону Республики Беларусь «О радиационной безопасности» от 18 июня 2019 г. № 198-3, радиационная безопасность – состояние защищенности населения, персонала и окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения.

На объектах с источниками ионизирующего излучения, например, атомной электростанции (далее АЭС), в плане обеспечения радиационной безопасности персонала определяющее значение имеет уровень метрологического обеспечения радиационного контроля.

Ссылаясь на ГОСТ 8.638-2013, метрологическое обеспечение радиационного контроля – установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для получения достоверной измерительной информации о значениях радиационных характеристик контролируемых объектов.

Учитывая специфику данной области измерений, необходимо использовать особый подход к организации метрологического контроля применяемых здесь средств измерений. В качестве вида их метрологического контроля должна использоваться государственная поверка в органах государственной метрологической службы. Причем в основу организации такого вида метрологического контроля и разработки соответствующего методического обеспечения необходимо положить риск-ориентированный подход, позволяющий свести к минимуму риск принятия неверного решения в отношении поверяемых средств измерений. Чтобы свести к минимуму риск, связанный с принятием негодного средства измерения,

необходимо сместить внутрь приемочную границу на величину расширенной неопределенности измерений, выполняемых при поверке средств измерений (поверка с введением защитной полосы). При этом практически сводится к нулю риск принятия в качестве годного средства измерений, у которого погрешность выходит за приемочную границу. В то же время увеличивается риск отбраковывания годных средств измерений, что ведет к увеличению финансовых затрат. Для снижения такого риска необходимо уменьшить неопределенность измерений при поверке средств измерений и в основу этого следует положить оптимизацию схемы передачи размера единицы от эталонов рабочим средствам измерений, направленную на рациональное сокращение ступеней такой передачи.

УДК 621.4

## **АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫХ К МАШИНАМ СТИРАЛЬНЫМ ПО ПАРАМЕТРАМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ**

Магистрант Белов П.С.

Д-р техн. наук, профессор Серенков П.С.

Белорусский национальный технический университет

На сегодняшний день на территории стран ЕС разработаны требования (Регламент ЕС 2019/2023) к стиральным машинам по параметрам энергетической эффективности. С 1 марта 2021 года Регламент ЕС 2019/2023 вступает в силу и становится обязательным для соблюдения.

Регламент требует определение следующих показателей: 1) Индекс энергетической эффективности ( $EEL_w$ ); 2) Индекс эффективности стирки; 3) Индекс эффективности полоскания; 4) Максимальная температура белья, достигаемая в течение 5 минут цикла стирки; 5) Взвешенное потребление воды ( $W_w$ ); 6) Содержание остаточной влаги ( $D$ ); 7) Потребление электроэнергии в режиме Выключено, режиме ожидания, режиме отложенного старта.

Изменениям подверглись и расчеты различных показателей. Взвешенное потребление электроэнергии бытовой стиральной машины рассчитывается при помощи весовых коэффициентов  $A$ ,  $B$ ,  $C$ . Формула расчета содержит энергопотребление бытовой стиральной машины при четвертичной загрузке. Весовые коэффициенты присутствуют так же и в формулах расчета взвешенного потребления воды и взвешенного содержания влаги. Индекс эффективности стирки теперь рассчитывается из наименьших численных показателей полной, половинчатой и четвертичной загрузки.

Особое внимание уделено требованиям, установленных в новом Регламенте и отсутствующих в старом:

1) Индекс энергоэффективности ( $EEl_w$ ) для бытовых стиральных машин и цикл стирки бытовых стиральных машин должны быть ниже 105 (после 1 марта 2024 должен быть менее 91);

2) Эффективности стирки ( $I_w$ ) программы есо 40–60 должен составлять: больше 1,03 для бытовых стиральных машин загрузкой больше 3 кг, и меньшей или равной 3 кг индекс эффективности стирки ( $I_w$ ) программы есо 40–60 должна быть больше 1,00 при номинальной вместимости белья.

3) Для бытовых стиральных машин с номинальной вместимостью белья более 3 кг эффективность полоскания ( $I_R$ ) программы есо 40–60 должна быть не более 5,0 г/кг;

4) Продолжительность программы есо 40-60 ( $t_w$ ), выраженная в часах и минутах, должна быть меньше или равна предельному значению  $t_{cap}$ , которое зависит от номинальной вместимости белья.

Для номинальной вместимости белья ограничение по времени определяется как

$$t_{cap} \text{ (в мин)} = 137 + c \times 10,2 \text{ (максимум 240 минут).}$$

Для половины номинальной вместимости белья и четверти номинальной вместимости белья ограничение по времени определяется как

$$t_{cap} \text{ (в мин)} = 120 + c \times 6 \text{ (максимум 180 минут),}$$

где  $c$  – номинальная вместимость белья бытовой стиральной машины для программы есо 40–60.

5) Для бытовых стиральных машин взвешенный расход воды ( $W_w$ , в литрах/цикл) для программы есо 40-60 должен составлять  $W_w \leq 2,25 \times c + 30$ .

6) Бытовые стиральные машины должны иметь режимы выключения, ожидания или оба режима. Потребляемая мощность этих режимов не должна превышать 0,50 Вт, если режим ожидания включает отображение информации или статуса, потребляемая мощность этого режима не должна превышать 1,00 Вт.

Если режим ожидания предусматривает подключение к сети и обеспечивает сетевой режим ожидания, потребляемая мощность в этом режиме не должна превышать 2,00 Вт. Бытовая стиральная машина предусматривает задержку запуска, потребляемая мощность этого условия, включая любой режим ожидания, не должна превышать 4,00 Вт. Задержка запуска не должна программироваться пользователем на время более, чем 24 ч. Бытовая стиральная машина, которая может быть подключена к сети, должна обеспечивать возможность активировать и деактивировать сетевое соединение (я). Сетевое соединение (я) должно быть деактивировано по умолчанию.

Классы энергетической эффективности изменились в сторону ужесточения. В новом Регламенте максимальный класс энергетической эффективности А, минимальный – G. Полностью изменился дизайн энергетической маркировки. Параметры, наносимые на маркировку, практически не изменились, за исключением времени работы стандартной программы стирки, которое теперь будет наноситься на энергомаркировку.

УДК 658.5

## **МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТАНДАРТЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

Магистрант специальности 1-54 80 01 Белова Е.А.

Кандидат техн. наук, доцент Гуревич В.Л.

Белорусский государственный институт метрологии

На сегодняшний день запущена «Четвертая промышленная революция», результатом которой должен стать переход к новому технологическому укладу и новому типу промышленного производства.

«Индустрия 4.0» предполагает рациональное использование природных и технических ресурсов, максимально эффективное энергосбережение, вторичную переработку всех отходов и получение из них новых товаров, сырья или энергии. Очевидно, что ни одна организация не может существовать без ресурсов, в то время как их управление является достаточно сложным и трудоемким процессом. Однако, в рамках развития «Индустрии 4.0» широкое распространение получили такие стандарты, как ERP и MRP.

MRP (Material Requirements Planning) – методология планирования потребности в материалах. Сущность заключается в определении конечной потребности в ресурсах по данным объемно-календарного плана производства. Такая методология, позволяет оптимально управлять заказами на готовую продукцию, производством и запасами сырья и материалов, автоматически создавать проекты заказов на закупку и/или внутреннее производство необходимых материалов – комплектующих. Она оптимизирует загрузку производственных мощностей, количество и время поставки комплектующих, уменьшает затраты на хранение, повышая эффективность производства.

ERP-стандарт (Enterprise Resource Planning) – планирование ресурсов предприятия, который позволяет объединить все ресурсы предприятия, таким образом, добавляя возможности по учету остальных затрат предприятия, управление заказами, финансами и т. д. Основная цель оптимизации организации производства и управления предприятием – максимальный уровень сервиса для потребителей, минимальные вложения в

основные фонды и эффективная, с точки зрения низкого уровня издержек, работа предприятия.

Таким образом, внедрение MRP/ERP системы – это показатель качественного рывка компании в будущее, резкое повышение степени зрелости компании, ее нацеленность на модернизацию, повышение конкурентоспособности и экспансивное развитие.

УДК 001.893.65.011.56

## **ТЕХНОЛОГИЯ БЛОКЧЕЙН В ОБЕСПЕЧЕНИИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ**

Студент гр. 11305117 Бочан К.Ю.

Д-р техн. наук, профессор Серенков П.С.

Белорусский национальный технический университет

На основании анализа достоинств, стремительно набирающей в последнее время популярность технологии блокчейн предлагаются возможные варианты её использования в сфере государственного обеспечения единства измерений.

Блокчейн представляет собой последовательную и децентрализованную базу данных. Отличительной чертой такой организации базы данных является высокая защита информации и исключение возможности ее подмены. Данная технология способна обеспечивать подлинность информации с помощью нового блока информации, связанного с блоками, записанными в базу данных до него. Предлагаемая технология для обеспечения единства измерений, в частности, способна реализовать дистанционный вариант калибровок с целью обеспечения метрологической прослеживаемости. Данный метод калибровок способен значительно снизить материальные и временные затраты потребителей. Актуальность предлагаемого метода дистанционной передачи единицы физической величины обусловлена постоянным увеличением количества используемых средств измерений, а также повышением конкуренции на рынке. В результате проведенного анализа определены условия реализации данного метода, необходимое для этого оборудование, а также роль блокчейн-технологии в обеспечении достоверности информации, получаемой в процессе «калибровки в удаленном доступе». На сегодняшний день существуют специальные технологии и комплексы, которые предоставляют возможность удаленно сравнивать показания средств измерений, подвергаемых метрологическому контролю, со значениями величин, воспроизводимых эталонами.

Так, например, американская компания National Instrument занимается разработкой и созданием различного аппаратного и программного обеспечения для систем автоматизированного тестирования. Их програм-

мируемые платы позволяют преобразовывать значения эталонов физических величин в специальный код, передающийся на такую же плату заказчика, которая, в свою очередь, преобразует полученный код в аналоговый сигнал для передачи его средству измерения, что делает дистанционную калибровку возможной [1].

#### Литература

1. Ершов И.А. Технология блокчейн в обеспечении метрологической прослеживаемости / И.А. Ершов, Р.Ж. Аймагамбетова, О.В. Стукач // Динамика систем, механизмов и машин. – Томск: Томский политехнический университет, 2017. – С. 57–61.

УДК 681.518

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЗАДАННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РИСКА**

Студент гр. 11305117 Бочан К.Ю.

Кандидат техн. наук, доцент Нефедов С.Н.

Белорусский национальный технический университет

Международной организацией по стандартизации ISO 30 ноября 2017 года опубликована новая версия стандарта ISO/IEC 17025 и в соответствии с резолюцией № 15 Генеральной ассамблеи Международной организации по аккредитации лабораторий (ILAC) от 2016 года переходный период составляет 3 года. Данный документ был кардинально пересмотрен, поэтому был установлен достаточно большой срок перехода на его новую версию. Соответствующий межгосударственный стандарт был принят в 2019 году [1]. А срок перехода в Республике Беларусь продлен до 01.06.2021.

Одним из важных нововведений стандарта является введение специального подраздела «Представление заключений о соответствии», в котором установлено требование, что в лаборатории должно быть установлено правило принятия решения о соответствии. Это правило должно описывать, как неопределенность измерения будет учитываться при решении о соответствии установленному требованию. Лаборатория должна документировать и указывать свое правило принятия решений и применять его при определении соответствия результатов испытаний стандарту или спецификации (любому документу, устанавливающему требования). Правило принятия решения должно учитывать уровень риска ложного принятия или отклонения результата, а также неопределенность измерения результата, прежде чем сообщать, соответствует ли он требованиям.

Однако данный подраздел очень краткий и не содержит развернутых требований. Соответствующее руководство ILAC [2] носит достаточно

общий характер. Поэтому в [1] и [2] для дополнительной информации рекомендуется обращаться к Руководству ISO/IEC 98-4 [3].

В докладе анализируются основные правила принятия решения о соответствии, рекомендованные в [3].

#### **Литература**

1. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.
2. ILAC-G8:09/2019 Guidelines on Decision Rules and Statements of Conformity (Руководство по правилам принятия решения и декларациям соответствия).
3. ISO/IEC Guide 98-4 Uncertainty of measurement - Part 4: Role of measurement uncertainty in conformity assessment (Неопределенность измерений. Часть 4. Роль неопределенности измерения в оценке соответствия).

УДК 681

### **ВАЖНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНТЕКСТА ОРГАНИЗАЦИИ**

Студент гр. 11305317 Вечерская Л.А.

Д-р техн. наук, профессор Серенков П.С.

Белорусский национальный технический университет

В современном мире развитие организации, ее конкурентоспособность зависят от ее внутренней и внешней среды, от правильной постановки целей самой организации. Именно поэтому одним из наиболее важных разделов в СТБ ISO 9001:2015 является «Понимание организации и ее контекста» (п. 4.1). Основная идея данного раздела состоит во внедрении системы менеджмента качества в повседневную оперативную деятельность организации. Сам контекст организации представляет собой комбинацию внутренних и внешних факторов, которые могут оказать влияние на подход организации к разработке и достижению своих целей. Систематизация данной информации позволяет не только определить и показать реальную картину, в которой сейчас находится организация, но также выявить какие возможности и риски существуют для ее бизнеса. Это поможет организациям правильно определить область применения СМК и те задачи, которые она должна решать, и разработать уникальные, рабочие системы менеджмента качества, которые будут отвечать их реальным потребностям и возможностям.

На практике многие организации испытывают трудности с определением контекста организации, не знают, с чего начать, как задокументировать всю полученную информацию и что с ней делать в дальнейшем. В самом же стандарте не предусматривается конкретный метод идентификации контекста организации.

Рекомендуемым методом для определения контекста организации является SWOT–анализ. Данный метод обладает рядом преимуществ, основными из которых являются простота метода и широкий спектр применения. Также с привлечением экспертной группы для выполнения анализа, можно определить границы рисков для наиболее весомых факторов, оказывающих влияние на деятельность организации в целом или на её отдельные подразделения.

Информация, собранная в результате SWOT-анализа, является очень полезной для поиска возможностей улучшения компании, и к ним элементарно невыгодно относиться формально. Понимание среды, в которой работает компания, и учет мнений заинтересованных сторон даст возможность внести необходимые улучшения и сделать предприятие лучше.

УДК 658.5

## **ОПТИМИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ИЗГОТАВЛИВАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ ЗАО «АЛТИМЕД»**

Магистрант Герасимчик Е.Е.

Д-р техн. наук, профессор Серенков П.С.

Белорусский национальный технический университет

При производстве медицинских имплантов выпуск некачественной, бракованной продукции не допустим. Ведь установка некачественно изготовленного импланта может привести к нежелательным пост операционным последствиям.

С целью исключения попадания несоответствующей продукции потребителю, изготавливаемые импланты ЗАО «АЛТИМЕД» проходят проверку качества на всех этапах производственного процесса – от входного контроля качества закупаемого сырья в собственных лабораториях отдела технического контроля, до проверки готовых изделий в работе на испытательных установках.

На предприятии применяться сплошной контроль качества изготавливаемой продукции – проверка каждого изделия в изготовленной партии, осуществляется после операций, имеющих решающее значение для качества готовых изделий. Применении сплошного контроля требует больших трудозатрат, также формирование достаточно большого фонда средств измерения, а в связи с специфичностью производства изготовления дополнительной вспомогательной оснастки.

С целью оптимизации фонда средств измерений принято решение оснастить производство координатной измерительной машиной (КИМ) Carl Zeiss DuraMax с программным обеспечением Calypso. Данная КИМ имеет относительно небольшие размеры, при этом диапазон измерений по осям X, Y, Z составляет 500 мм. Это, в свою очередь, позволят произво-



дить линейно-геометрические измерения всей выпускаемой продукции на предприятии. Построение плана контроля сразу по нескольким геометрическим параметрам детали, возможно с применением 3D моделей изделий, что значительно сокращает время к подготовке и процессу контроля необходимых показателей.

В докладе приведено обоснование, план и реализация метрологического подтверждения пригодности КИМ Carl Zeiss DuraMax для решения задач контроля линейно – угловых параметров медицинских имплантов.

УДК 658.5

## **МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ**

Магистрант Герасимчик Е.Е.

Д-р техн. наук, профессор Серенков П.С.

Белорусский национальный технический университет

В медицинской промышленности особое внимание уделяется чистоте и стерильности на производственных участках, устанавливаются специальные требования к чистоте воздуха в помещениях. Эти требования выполняются за счет применения чистых помещений, в которых концентрация аэрозольных частиц не должна превышать установленных пределов.

Класс чистоты воздуха по концентрации частиц обозначается классификационным числом (1,2..9) в соответствии с ГОСТ Р ИСО 14644-1-2017 «Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 1. Классификация чистоты воздуха по концентрации частиц»

На территории предприятия ЗАО «АЛТИМЕД» созданы чистые помещения 7-ого и 8-ого класса чистоты. В связи с спецификой производства на данном предприятии важным критерием в чистой зоне – температура и влажность воздуха.

Для подтверждения класса чистоты и контроля числа аэрозольных частиц в воздухе, а также контроля температуры и влажности воздуха в чистых помещениях, в соответствии с требованиями, приобретен ручной счетчик аэрозольных частиц Handheld 3016 IAQ с возможностью измерения массовой концентрации частиц.

Портативный счетчик частиц Handheld 3016 IAQ оснащен цветным сенсорным экраном, позволяет измерять количество частиц в воздухе, а также температуру и влажность. Применение этого счетчика уменьшает количество измерительных приборов (потенциальных источников загрязнения) в чистых помещениях, его портативные свойства позволяют производить замеры в любой точке чистого помещения. Возможность выгрузки данных на ПК позволяет проводить анализ данных, формировать отчеты и вести статистику по произведенным измерениям.

В докладе приведено обоснование метрологического подтверждения пригодности счетчика частиц Handheld 3016 IAQ для решения всего комплекса задач контроля в чистых помещениях 7-ого и 8-ого класса чистоты ЗАО «АЛТИМЕД».

УДК 682.62.018.012

## **АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МАССЫ**

Студент гр. 11305117 Гордейко В.Г.

Кандидат техн. наук, доцент Соколовский С.С.

Белорусский национальный технический университет

В основе повышения точности измерений той или иной физической величины, выполняемых в любой сфере, лежит в первую очередь повышение точности воспроизведения единицы данной величины с помощью эталонов. На современном этапе развития метрологического обеспечения измерений ключевым направлением совершенствования эталонной базы считается направление, базирующееся на использовании фундаментальных физических констант и атомных постоянных, характеризующихся высокой стабильностью, в качестве основы новых, более совершенных эталонов. Это можно проиллюстрировать на примере эволюции эталона массы – килограмма.

На протяжении многих лет в качестве Международного прототипа (эталона) килограмма выступал цилиндр, выполненный из сплава платины и иридия, который хранится в городе Севр, Франция. Было изготовлено 40 копий данного эталона, которые в своё время отправили в национальные бюро мер и весов разных стран. Периодически их сверяли с оригиналом, в результате чего ученые пришли к выводу, что массы копий меняются относительно главного эталона в диапазоне  $\pm 50$  микрограммов за 100 лет. При этом неизвестно, как изменялась масса главного эталона, так как его не с чем сравнивать. Для многих типов измерений такое отклонение может приводить к недостоверным результатам.

16 ноября 2018 года участники 26-й Генеральной конференции по мерам и весам в Париже приняли решение о воспроизведении единицы массы на основе одной из базовых физических констант-постоянной Планка. Для создания нового эталона массы было предложено использовать так называемый баланс Киббла – устройство, напоминающее весы, которое с высокой точностью позволяет определить, какой ток нужен для того, чтобы создать электромагнитное поле, способное уравновесить чашу с тестируемым эталоном. Таким образом, массу объекта можно найти за счет равенства электрической и механической сил, что позволяет воспроизвести постоянную Планка с беспрецедентной точностью. Следовательно, для воспроизведе-

ния нового килограмма даже не нужно ничего взвешивать, благодаря чему каждая страна может воспроизвести эталонную установку самостоятельно в любое время, не сверяя с главным эталоном. Преимущество нового эталона состоит в том, что баланс Киббла всегда можно изготовить заново и провести с помощью него необходимое эталонирование единицы.

УДК 621.31

## **ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ КАТУШЕК РОГОВСКОГО В ТОКОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ДАТЧИКАХ**

Студент Дмитрук И.А.

Кандидат техн. наук, доцент Коробко Ю.С.

Белорусский национальный технический университет

Тенденция к повышению быстродействия современной аппаратуры, привели к тому, что в настоящее время возникла потребность в точных и достаточно широкополосных измерителях тока, применяемых в разнообразных технологических операциях и лабораторных исследованиях.

В рамках доклада рассмотрены преимущества использования современных датчиков на основе катушки Роговского в сравнении с датчиками Холла.

Катушка Роговского – это тороидальная катушка, расположенная вокруг первичного провода точно так, как вторичная обмотка в обычном трансформаторе тока, но только без ферромагнитного сердечника.

Напряжение сигнала на выходе датчика пропорционально производной тока:

$$U = M \cdot d_i / d_t$$

где  $M$  – взаимная индуктивность между проводником тока и катушкой.

Выходное напряжение, будучи проинтегрированным по времени, с точностью до константы соответствует току в измеряемой цепи.

На ряду, с датчиками, основанными на принципе Холла, катушка в сумме с компенсаторами имеют намного более низкую стоимость.

До настоящего времени датчики на основе катушек Роговского обеспечивали погрешность измерения не лучше 2%. При смещении проводника в область замка петли погрешность могла достигать 6%. В настоящее время точность датчиков зависит от качества намотки самих катушек, а погрешность, обусловленная несимметричностью их обмотки, может быть менее 0,75%, что может конкурировать с датчиками Холла (1,5%), при этом не сильно увеличивая стоимость датчика.

Современные датчики Роговского по комплексу параметров успешно могут конкурировать с лучшими токовыми трансформаторными датчиками. Их основные преимущества – высокие токи, дешевизна, малые размеры, вес, гибкость и легкость монтажа.

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ В ОБЛАСТИ ИСПЫТАНИЙ ЭМС

Магистрант Евсюк Е.А.

Кандидат техн. наук, доцент Гуревич В.Л.

Белорусский государственный институт метрологии

Электромагнитная совместимость – это способность технического средства функционировать с заданным качеством в заданной электромагнитной обстановке и не создавать недопустимых электромагнитных помех другим техническим средствам. Данный термин устанавливается техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС № 20 «Электромагнитная совместимость технических средств». Проведение испытаний напряженности поля от технического средства является очень важной частью испытаний на электромагнитную совместимость. Для обеспечения правильности и повторяемости результатов таких измерений применяют полубезэховые экранированные камеры (БЭК).

До настоящего времени, для контроля метрологических характеристик БЭК, раз в три года проводилась их аттестация. В соответствии с обновленным стандартом ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 все испытательное оборудование подлежит калибровке поэтому появилась необходимость в разработке методики калибровки безэховых камер.

За основу методики калибровки взят действующий метод аттестации в соответствии с ГОСТ CISPR 16-1-4-2013 «Совместимость технических средств электромагнитная. Требования к аппаратуре для измерения параметров промышленных радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Часть 1–4. Аппаратура для измерения радиопомех и помехоустойчивости. Антенны и испытательные площадки для измерения излучаемых помех». В соответствии с которым для контроля метрологических характеристик БЭК в диапазоне частот 30–1000 МГц проводят измерения затухания измерительной площадки. В диапазоне частот 1–18 ГГц проводят измерения КСВН.

В докладе рассмотрены существующие методы аттестации БЭК, средства измерения необходимые для проведения аттестации. Приведены результаты измерений при аттестации БЭК. Рассмотрены основные источники неисключенной систематической погрешности.

## **НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И НОРМИРОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ**

Студенты гр. 11305217 Заступневич Д.А., Качановская В.Ю.

Д-р техн. наук, профессор Соломахо В.Л.

Белорусский национальный технический университет

Контроль и испытания – главные составляющие технологического процесса современного производства при обеспечении качества продукции. При контроле и испытаниях широко используются измерения параметров технологических процессов, а также объектов производства (изделий или процессов).

Можно заметить, что процессы контроля могут быть основаны на использовании результатов, как испытаний, так и измерений (включая измерения нефизических величин). Иногда отдельные элементы этих процессов или даже процессы в целом (в неявной форме) путают между собой, хотя эти процессы в некоторых элементах несопоставимы, например испытание в целом и метрологическое обеспечение испытаний. Названные выше процессы часто проникают друг в друга с ростом сложности продукции и процессов ей оценивания, в результате чего происходит ненужное дублирование операций и путаница в сути процессов.

Вместе с увеличением объемов производства и требований к качеству обработки поверхностей все более возрастают требования к правильному нормированию параметров текстуры поверхности и методам их измерений. За последние годы накоплен огромный опыт в использовании связи качества поверхности с функциональным назначением детали.

На протяжении длительного времени формообразование изделий осуществлялось по двум направлениям: с удалением материала, без удаления материала. К технологии обработки с удалением материала относят все виды обработки резанием, электрохимическую, электроэрозионную обработку, плазменную, лазерную резку и т. п. Для реализации этой технологии и достижения требуемой точности требуется наличие большого количества инструментов, форма которых, как правило, определяет геометрию получаемых поверхностей.

К технологиям обработки без удаления материала относят обработку давлением, литейные технологии и термообработку. Данные технологии применяются в промышленном производстве заготовок и готовых изделий с использованием литейных форм, штампов и ковочных инструментов. Появление систем автоматизации проектирования (CAD/CAM/CAE) повлияло на развитие новой технологии формообразования – аддитивной. Аддитивные технологии направлены на создание сложных объемных изделий путем последовательного добавления материала (или материалов). К данным способам относятся – напыление, наплавка, осаждение, быстрое

прототипирование. Изготовление сложных изделий с помощью этих методов не требует сложной формообразующей оснастки.

Процессы формообразования оставляют на обработанной поверхности следы всех операций технологического процесса. Эти следы формируют на поверхности детали текстуру, состоящую из неровностей. Текстура включает шероховатость, волнистость, направление неровностей, изъёмы поверхности и отклонение формы в пределах ограниченной поверхности. Из множества показателей качества в настоящее время самым сложным в нормировании, измерении и метрологическом обеспечении является шероховатость поверхности.

Отличительная особенность микрорельефа «новых» поверхностей – отсутствие взаимной зависимости между шаговыми и высотными параметрами шероховатости поверхности. Из этого следует, что каждый параметр можно выбирать автономно и нормировать их, исходя из требований к функционированию деталей.

Согласно действующему стандарту ГОСТ 2789 «Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики» микрогеометрию поверхности нормируют с использованием шести параметров шероховатости (три высотных, два шаговых и показатель относительной опорной длины профиля) с использованием характеристики «направление неровностей», что обеспечивает удобство управления микрогеометрией нормируемой поверхности. Стандарт также позволяет целесообразно назначать базовую длину для любой из выбранных норм, что увеличивает возможности управления микрогеометрией поверхности. Активно проводимые теоретические и экспериментальные исследования роли микрогеометрии поверхностей в разнотипных сопряжениях позволяют сделать вывод о том, что параметры шероховатости можно использовать не только для оценки качества поверхностей, но и как инструмент управления качеством.

Ограниченность информации о шероховатости, предоставляемой параметрами  $R_a$  и  $R_z$ , не дает возможности использовать ее полностью как средство улучшения эксплуатационных свойств деталей. Наиболее целесообразным путем получения полной характеристики шероховатости является введение нескольких критериев оценки в зависимости от эксплуатационных свойств данной детали.

#### Литература

1. Ворошилов В.В. Методы формообразования изделий послойным синтезом // Обработка материалов: современные проблемы и пути решения: Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – С. 216–218.
2. Табенкин А.Н. Шероховатость, волнистость, профиль. Международный опыт / Табенкин А.Н., Тарасов С.Б., Степанов С.Н.; под ред. Н.А. Табачниковой. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. – 136 с.

3. Хусу А.П. Шероховатость поверхностей: теоретико-вероятностный подход / А.П. Хусу, Ю.Р. Витенберг, В.А. Пальмов; под ред. А.А. Первозваноского. – М.: Наука, 1975. – 344 с.

УДК 005.64

## **СИСТЕМА СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ КАК РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПА ПРИВЛЕЧЁННОСТИ ПЕРСОНАЛА**

Студент гр. 11305217 Зданович Е.С.

Ст. преподаватель Ленкевич О.А.

Белорусский национальный технический университет

Принципы менеджмента качества лежат в основе руководства организацией, а также ее деятельности, цель которых – долгосрочная непрерывная работа, ориентированная на удовлетворение нужд потребителей и учет потребностей всех заинтересованных сторон.

При рассмотрении общесистемных основ менеджмента качества нужно понимать, что основополагающий исходный принцип состоит в том, что целевая система управления качеством должен выступать как органичная составная часть системы управления предприятием [1].

Одним из принципов менеджмента качества, который изложен в серии стандартов ISO 9000, является привлечённость персонала.

Для того, чтобы результативно и эффективно осуществить менеджмент организации, важно уважать и вовлекать весь персонал на всех уровнях. В этом может помочь правильная организация системы сбора и анализа данных о качестве [2]. Вовлечение персонала может осуществляться путем участия его в сборе данных о качестве функционирования процесса, например, с помощью контрольных листков, регистрации данных на контрольных картах. Кроме того, приветствуется привлечение их к самостоятельной оценке и анализу собственных показателей, а также соотнесению их с поставленными целями и задачами.

### **Литература**

1. Общесистемные принципы менеджмента качества [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://spravochnik.ru/medzhment/medzhment\\_kachestva/principy\\_menedzhmenta\\_kachestva/](https://spravochnik.ru/medzhment/medzhment_kachestva/principy_menedzhmenta_kachestva/).

2. СТБ ISO 9000-2015 Система менеджмента качества. Основные положения и словарь.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОСТЕЙШИХ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

Студент гр. 11305217 Казаченко В.А.

Ст. преподаватель Ленкевич О.А.

Белорусский национальный технический университет

Смысл статистических методов контроля качества заключается в значительном снижении затрат на его проведение по сравнению с контролем, с одной стороны, и в исключении случайных изменений качества продукции – с другой.

В данной работе рассматриваются простейшие статистические методы контроля качества. К ним относятся те, которые отвечают следующим условиям: минимально использую математический аппарат; допускают простую инженерную интерпретацию; графическое отображение.

1. Диаграмма «причины–результат». Позволяет вывить факторы, потенциально влияющие на качество. К числу достоинств следует отнести: наглядность представления анализа; достаточно независимая классификация факторов, позволяющая избежать их пересечения; возможность вовлечения большого числа факторов для анализа.

2. Корреляционный анализ. Цель применения – определить и оценить линейную связь между фактором и показателем качества, т. е. решает задачи выявления наиболее влияющих факторов. Обнаружение связи или доказательство ее отсутствия между фактором  $X$  и показателем качества  $Y$  дает возможность объективно оценить проверку элементов системы качества. Визуализацию данного метода осуществляют с использованием диаграмм рассеяния.

3. Диаграмма Парето. Цель построения – выделение главных однородных факторов, влияющих на качество. Эффективность данного метода состоит в том, что с его помощью из большего числа факторов просто и в наглядной форме выделяется часть, наиболее влияющих непосредственно на качество.

4. Индексы воспроизводимости производственных процессов. Можно использовать для мониторинга и анализа поведения процесса. В свою очередь он соотносит допуск на параметр детали с фактическим разбросом.

5. Выборки. Особенность статистического приемочного контроля – исследование, как правило, не всей партии продукции, а только ограниченной по количеству выборки.

### Литература

1. Литвинов О.В. Знаки соответствия в СССР, России и странах СНГ // Стандарты и качество, 1998. – № 1.



## НОВОЕ В ОЦЕНКЕ ВЫСОТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ

Студенты гр. 11305217 Качановская В.Ю., Заступневич Д.А.

Д-р техн. наук, профессор Соломахо В.Л.

Белорусский национальный технический университет

В современном производстве серийно выпускаемые изделия машиностроения и приборостроения имеют сходные конструктивные решения, базирующиеся на хорошо отработанной конструкции. Конкурентоспособность изделий зависит от уровня их качества, которое определяется комплексом характеристик функционально важных сопрягаемых поверхностей деталей. К ним относятся физико-механические свойства материала и микрогеометрия поверхности. Эти свойства формируются технологией создания материала и особенностями формообразования поверхностного слоя. В настоящее время необходимо уделять повышенное внимание проблеме формирования микрогеометрии и нормированию ее параметров.

Изначально параметры устанавливали через требования к шероховатости поверхности, при этом обращалось внимание исключительно на высоту микронеровностей.

Стандарт устанавливал 14 «классов чистоты поверхностей», в каждом из которых нормировались только параметры  $R_a$  – для средних «классов чистоты» и  $R_z$  – для грубых и особо высоких «классов чистоты», при фиксированных значениях базовых длин. Для контроля любого «класса чистоты» хватало одного из высотных параметров шероховатости.

Большинство технологических процессов изготовления деталей связывали окончательную обработку сопрягаемых поверхностей с использованием лезвийного или абразивного инструмента. Такие технологии обеспечивали достаточно устойчивые взаимосвязи между высотой и шагами микронеровностей с представительной базовой длиной. В таком случае выбор высотного параметра шероховатости был практически равноценен одновременному назначению базовой длины и косвенно определял шаговые параметры профиля.

Принятая концепция нормирования ограничивала возможности управления микрогеометрии поверхности.

Повышение требований к точности и надежности привели к переоценке роли микрогеометрии сопрягаемых поверхностей, что привело к разработке и внедрению нового стандарта ГОСТ 2789 «Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики». Стали обращать внимание на связь микрорельефа с несущей способностью и износом поверхностей, констатировали роль микровпадин в удержании смазки и «потенциальных ям» для твердых частиц, включая продукты износа трущихся поверхностей.

В новой версии стандарта все так же присутствуют три высотных параметра, но изменены их термины, определения и методики расчетов ( $R_a$  – среднеарифметическое отклонение профиля;  $R_z$  – наибольшая высота профиля;  $R_{max}$  – полная высота профиля).

Развитие формообразования поверхностей привело к развитию новых технологий обработки, например, прогрессивные методы пластического деформирования, порошковая металлургия, точное литьё, электрофизические и физико-химические технологии, наплавка, напыление, а также аддитивные технологии.

Особенностью микро рельефа «новых» поверхностей является отсутствие взаимной зависимости. Это означает, что каждый параметр можно выбирать и нормировать автономно, исходя из требований к функционированию деталей. Появилась необходимость обновления подхода к нормированию микрогеометрии поверхности.

В соответствии с действующим стандартом микрогеометрию поверхности можно нормировать с использованием 6 параметров. Также стандарт позволяет рационально назначать базовую длину для любых норм, если есть необходимость.

Параметры шероховатости можно использовать не только для оценки качества поверхностей, но и в качестве инструмента управления качеством.

Таким образом, применение устаревших рекомендаций ограничивает возможность повышения уровня качества.

Выходом из данной ситуации является планирование исследовательских работ по разработке рекомендаций по нормированию шероховатости поверхностей.

### Литература

1. ГОСТ 2789 «Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики».
2. Табенкин А.Н. Шероховатость, волнистость, профиль. Международный опыт/ Табенкин А.Н., Тарасов С.Б., Степанов С.Н.; под ред. Н.А. Табачниковой. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. – 136 с.
3. Хусу А.П. Шероховатость поверхностей: теоретико-вероятностный подход / А.П. Хусу, Ю.Р. Витенберг, В.А. Пальмов; под ред. А.А. Первозваноского. – М.: Наука, 1975. – 344 с.

## ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИДЕОФАЙЛА В КАЧЕСТВЕ КОНТЕЙНЕРА

Ст. преподаватель Ковынёв Н.В.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

В современном мире наблюдается рост объемов информации, передаваемой путем цифрового видео. Пропускная способность различных видео сервисов стремительно увеличивается, а передача информации путем видео сообщения стала обыденным событием. Увеличение пропускной способности видео сервисов повышает актуальность сокрытия информации в цифровом видеоряде.

При использовании видеофайла в качестве стегоконтейнера присутствует особенность – отсутствие статической закономерности. Несмотря на указанную особенность, поддержание необнаружимости статической закономерности является ключевой задачей даже в данном случае. Данная задача актуальна, если известен факт сокрытия информации в видео, например, демонстрация фильма в кинотеатре с защитой от незаконной съемки.

В области применения стеганографии к видеофайлам довольно много стеганографических алгоритмов, которые, в свою очередь, основаны на LSB в фреймах (заметны искажения в видео), либо на добавлении шума к аудио, также используются искажения ДКП коэффициентов в видео, что приводит к потере скрытой информации при перекодировании видеозаписи.

Ввиду большого объема видеофайла, по сравнению с изображением и звуком, он способен вместить в себя большое количество скрытой информации. Однако встраивание скрытой информации в видео вызывает искажение самого видео. Искажения происходят в результате того, что чаще всего видео передается или хранится в сжатом формате, параметры сжатого домена: движение вектора частиц, прогнозируемые коэффициенты шума часто используются для встраивания скрытой информации. При движении векторная информация передается без потерь при сжатии видео. При сокрытии на основе вектора движения главным аспектом является выбор подходящего вектора движения частиц для встраивания при смене кадров.

Исходя из особенностей стеганографии с видеофайлами, можно выделить следующие преимущества данных методов. А именно:

- большие размеры видеофайлов, что позволяет скрыть больше информации;
- различные варианты сокрытия информации, например, комбинирование звуковых дорожек и видео фреймами. Информацию можно передать при помощи встраивания её с определенной кадровой частотой;

- сложность статического стегоанализа, что позволяет считать стеганографию с видеофайлами достаточно безопасной, потому что большинство известных стегоалгоритмов встраивает информацию в случайные кадры видеозаписи, что затрудняет стегоанализ контейнера для информации;

- слабая чувствительность (заметность) для человеческого глаза, ввиду использования быстрой смены кадров (примерно 24 кадра/с);

- большой объём встраиваемых данных, что позволяет обеспечить запас избыточности информации для внедрения кодов исправляющих ошибки;

- непродолжительное время извлечения информации из стегоконтейнера, так как можно оперировать кадрами.

Среди недостатков при использовании видеофайлов в качестве стегоконтейнеров можно выделить следующие аспекты:

- появление артефактов в видеозаписи из-за случайной выборки для встраивания информации;

- неприменимость сжатия информации при встраивании в видео высокого качества, потому что информация, встроенная в кадры, будет безвозвратно утеряна;

- большое количество зависимых параметров кодирования, ввиду усложнения стегоконтейнера растет число эмпирически подбираемых параметров, которые используются при инициализации стеганографической системы, что создает большие трудности при отладке;

- заметность при использовании в качестве водяных знаков, если использовать типичные системы преобразования, например, изменение яркости;

- уменьшение емкости носителя для достижения устойчивости встраиваемой информации.

Видеофайлы являются довольно сложными контейнерами, потому что информацию можно скрывать не только в видеопотоке, но и в звуковых дорожках, как в аудиофайлах. Несмотря на указанные недостатки, в видеофайлах можно передавать большие объемы информации комбинированными методами стеганографии, которые будут практически незаметны при проведении статических стегоанализов, что позволяет рассчитывать на высокую необнаружимость факта передачи скрытой информации.

### Литература

1. Лайнос С.Г. Цифровая обработка сигналов. / С.Г. Лайнос. – Москва: Бино, 2006. – С. 130–138.

2. Молоденцова О.В. Стеганография и стегоанализ в видеофайлах / О.В. Молоденцова // КиберЛенинка: научн. электрон. библиотека, 2017.

3. Смит С. Цифровая обработка сигналов. – Москва: ДМК Пресс, Додэка, 2016 – С. 219–245.

**ОБЪЕКТИВНЫЕ И СУБЪЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ**

Студент гр. 11305118 Краевская У.И.

Магистр техн. наук Самохвал П.М.

Белорусский национальный технический университет

Термин *осанка* обозначает привычное положение тела человека в положении стоя и определяется развитием мышечной системы и положением, и формой естественных физиологических изгибов позвоночника. *Нарушение осанки* – это устойчивое отклонение туловища от нормального положения. Сопровождается усилением или сглаживанием физиологических изгибов позвоночника.

Программа исследования осанки строится в зависимости от поставленных задач и подразделяется на объективные и субъективные методы диагностики деформации.

К объективным методам оценки относят измерительный и графический.

*Измерительные методы* основаны на определении изгибов позвоночника в линейных и угловых величинах. К ним относятся: измерения размеров позвоночника сантиметровой лентой, отвес на нити, скользящий циркуль.

*Графические методы*: рентгенологическое исследование; магнитно-резонансная томография (МРТ); компьютерная томография (КТ); компьютерная оптическая топография.

К субъективным методам оценки можно отнести: контроль осанки у стены, тест зеленой линии, тест отвесной линии, осмотр у врача, определяющий на каком уровне находится поясница, визуальный осмотр (соматоскопия).

Исходя из вышеописанного, можно выделить следующие достоинства и недостатки методов диагностики, приведенные в табл.

Табл.1. Достоинства и недостатки методик

Достоинства	Недостатки
Превосходная визуализация	Высокая стоимость оборудования и его эксплуатации
Исследование проходит быстро, легко и безболезненно	Наличие высококвалифицированного персонала
	Большие энергозатраты
Неинвазивность	Специальные требования к помещениям, в которых находятся приборы

**Литература**

1. Скиндер Л.А. Физическая реабилитация детей с нарушениями осанки и сколиозом: учеб.-метод. пособие / Л.А. Скиндер [и др.]; под общ. ред. Л.А. Скиндер. – Брест. гос. ун-т имени А.С. Пушкина. – Брест: БрГУ, 2012. – 210 с

## СИСТЕМНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ В РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ «УМНОГО ГОРОДА»

Студент гр. 11305317 Лавринович М.В.

Ст. преподаватель Ленкевич О.А.

Белорусский национальный технический университет

Термин «умный город» (smart city) был впервые использован в 1994 г., когда основное внимание уделялось использованию новых информационно-коммуникационных технологий применительно к современной городской инфраструктуре.

Одним из важнейших принципов концепции умного города является системный подход. Он объединяет в себе несколько систем менеджмента, такие как система менеджмента информационной безопасности, система менеджмента окружающей среды, система менеджмента борьбы со взяточничеством, система менеджмента событий с учетом уровня устойчивого развития, система менеджмента качества.

Система менеджмента информационной безопасности особенно важна в реализации «умного города», так как она подразумевает, что город будет оснащён огромным количеством датчиков, видеокамер, анализирующих и измерительных устройств. Все это необходимо для создания безбарьерной среды во всех сферах городского хозяйства [1]. Областью применения системы информационной безопасности также является принцип реализации концепции преобладания электронного документа над бумажным аналогом.

Система экологического менеджмента направлена на сокращение негативного воздействия на окружающую среду. В рамках продвигаемой низкоуглеродной экономики в городскую среду внедряются такие технологии, как: умная мобильность (электромобили, беспилотный транспорт); умная энергетика; умное планирование и строительство и др. [2].

Не менее важна система менеджмента борьбы со взяточничеством в реализации данной концепции. Ведь основной принцип «умного города» – информационная открытость власти перед жителями, их коммуникация, а также активность обеих сторон.

Все системы взаимосвязаны между собой, а сама концепция «умного города» является сложной структурой, которая нуждается в четкой проработке, что невозможно реализовать без системного подхода.

### Литература

1. Лысенко Э.А. Развитие умных сервисов в столице: настоящее и будущее / Э.А. Лысенко // Вестник Университета Правительства Москвы. – 2019. – № 4(46) – С. 3–64.
2. Города будущего – к проблеме умной среды. Официальный сайт Санкт-Петербургский союз дизайнеров. – 2019. [https://www.designspb.ru/news/articles/problem\\_of\\_smart\\_environment/](https://www.designspb.ru/news/articles/problem_of_smart_environment/)

## **ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЕТИ ПРОЦЕССОВ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА ЭТАПЕ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ**

Магистрант Михейчик А.В.

Д-р техн. наук, профессор Серенков П.С.

Белорусский национальный технический университет

Классический вариант построения сети процессов в организации, непосредственно связанный с действующей системой управления, воплощенной в виде организационной структуры, поэтому выделение процессов в этом случае происходит с учетом границ структурных подразделений. Данный подход не позволяет нарушать существующую практику планирования, выделения ресурсов, отчетности, усложнять систему взаимосвязей подразделений и создавать дублирующие функции, но при этом все недостатки имеющейся структуры отразятся на формируемой процессной модели. Следует отметить, что структурную организацию можно представить в виде простой совокупности способов, посредством которых процесс сперва разделяется на отдельные задачи, а затем достигается координация действий по решению этих задач; или же набор служебных, стандартизированных рабочих взаимоотношений, построенных вокруг строгой системы формальных полномочий.

Повторим, что модель сети процессов СМК организации может быть представлена в виде организационной структуры, которая в свою очередь описывает процессы в виде ролевых отношений. Можно сказать, что данная модель управления в виде органиграммы является наиболее удобным, и на сегодняшний день присуща многим развивающимся организациям. Организационная структура, как правило, должна отражать взаимодействие и взаимосвязь основных и обеспечивающих процессов с управляющими процессами организации.

Основной процесс представлен в виде потока работ, а управляющий - совокупность различных процессов в зависимости от количества этапов жизненного цикла продукции. Для того, чтобы организационная структура не влияла на результативность организации, а наоборот, влияла только на эффективность и ее построение, следует синхронизировать бизнес-процессы организации с организационной структурой.

Формирование организационной структуры на этапе применения СМК организации должно производиться правильным распределением функций, разработанных с помощью функциональной модели на этапе разработки и проектирования СМК.

## ОЦЕНКА СОГЛАСОВАННОСТИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ АТРИБУТИВНОМ КОНТРОЛЕ

Магистрант Михейчик А.В.

Д-р техн. наук, профессор Соломахо В.Л.

Белорусский национальный технический университет

Повышение качества продукции, связанное с повышением качества данных, получаемых с помощью измерительных приборов. Все измерительные системы и оборудование имеют некоторую степень погрешности и неопределенности измерений. В таких условиях становится важным понять величину изменчивости, которую вызывает данный инструмент, и то, как привести неопределенность в разумные пределы. В этом случае подтверждение пригодности процесса измерения сводится к подтверждению пригодности используемого измерительного прибора. Рассматривая атрибутивный процесс контроля измеряемого параметра, влияние на неопределенность результатов измерения и принятие решение о годности контролируемого параметра оказывают в первую очередь операторы. Существуют два способа оценки пригодности атрибутивных контрольно-измерительных приборов. Первый способ относится к проценту согласия между операторами и референтными значениями. Второй способ касается статистики Карра. Поскольку первый указывает на наблюдаемое согласие, которое можно рассчитать на основе того, какое значение генерирует измерительный прибор, последний в свою очередь учитывает, что согласие может возникнуть случайным образом.

В некоторых источниках MSA атрибутивные данные трактуют как анализ согласования атрибутов (AAA). В этом случае, как и переменные данные, атрибутивные данные рассматриваются в условиях правильности и прецизионности. Правильность относится к степени близости результата измерения к референтному значению, в то время как прецизионность рассматривается в условиях повторяемости и воспроизводимости.

В соответствии с первым методом пригодность атрибутивного процесса контроля и пригодность средства измерения подтверждается посредством оценки повторяемости и воспроизводимости, используя критерий приемлемости %GR&R. Статистика Карра показывает степень согласия результатов оценок между операторами при атрибутивном процессе контроля. На основании результатов можно сделать вывод об адекватности атрибутивного процесса контроля.



## **АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РОБАСТНОСТИ ПРОЦЕССОВ**

Студент гр. 11305317 Песляк И.Е.

Д-р техн. наук, профессор Серенков П.С.

Белорусский национальный технический университет

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. Соответственно возникает проблема обеспечения устойчивости (робастности) процессов производства, в частности обеспечения качества продукции, что называется с «первого изделия».

На входы (ресурсы) процесса производства воздействует множество факторов, что вызывает вариацию выхода (параметра качества продукции). Для оценки устойчивости (робастности) выхода к влиянию различных факторов на входе в 1980-х годах профессор Г. Тагути разработал методы робастного проектирования, которые используются и сейчас. Эти методы имеют свои ограничения, такие как активные эксперименты с жесткими планами, исследования факторов по отдельности, что приводит к продолжительным испытаниям процессов перед поставкой продукции на производство. В свою очередь, продукция еще до выхода на рынок может потерять свою актуальность.

Наиболее широко анализ робастности рассмотрен в процессах измерений и оценивается с помощью таких характеристик положения и рассеяния как селективность, устойчивость, стабильность, изменчивость, правильность, прецизионность, линейность и др. В процессах измерения и проверки квалификации также применяются робастные методы анализа данных: алгоритм A и S, Q-методов и оценка Хампеля и др.

В свою очередь, мы предлагаем разработать универсальную методологию робастного проектирования для оценки робастности производственных процессов на стадии квалификационных испытаний, которая призвана решить проблему активного эксперимента и жестких планов, была бы более автоматизирована. В результате применения которой, выход продукции на рынок будет происходить быстрее без потери ее качества в начале производства.

Поскольку положения методологии максимально универсальны, ее применение не ограничивается спецификой отраслей промышленности и позволяет адаптировать и переработать методологию под необходимый вид продукции; позволит уменьшить расходы, связанные с производством некачественной продукции, повысить результативность и эффективность предприятия.

## АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ВАРИАЦИИ ВЫХОДОВ ПРОЦЕССОВ

Студент гр. 11305317 Песляк И.Е.

Д-р техн. наук, профессор Серенков П.С.

Белорусский национальный технический университет

В докладе сделана попытка решения проблемы обеспечения устойчивости (робастности) процессов производства, В силу влияния различных факторов на процесс производства, параметры выхода процесса имеют естественную вариацию. Собственно основная задача менеджмента качества и сводится к снижению этой вариации.

Соответственно на важные (ключевые) параметры устанавливают допуски, в пределах которых должна находиться вариация выхода процесса. В свою очередь, изменения параметров оценивают, чтобы определить выход за пределы допуска, что позволяет контролировать процесс и предотвратить брак.

Для оценки вариации разработано множество документов, устанавливающих характеристики и порядок оценки вариации. Например, серия стандартов СТБ ГОСТ Р 50779, которые описывают статистические методы контроля процессов, включающие показатели возможностей процессов, контрольные карты, приемочный контроль, процедуры и планы выборочного контроля по альтернативным признакам и другие ПНСТ 144-2016 предлагает применение статистических методов оптимизации на основе методов Г. Тагути, который позволяет уменьшить вариабельность выхода продукции. Измерение как процесс так же имеет вариацию выхода, методы ее оценки устанавливаются, например, серией стандартов СТБ ИСО 5725, которая устанавливает методы оценки правильности и прецизионности измерений.

В данном исследовании проведены анализ и классификация характеристик вариации по двум признакам: по условиям, в которых проводится оценка, и по мерам, которые они характеризуют.

По условиям реализации процесса выделены следующие характеристики:

- характеристики, применяющиеся в условиях повторяемости (условия процесса неизменны);
- характеристики промежуточной воспроизводимости процесса (часть условий процесса меняется);
- характеристики полной воспроизводимости (условия процесса максимально изменены).

По мерам: меры положения; меры рассеяния; суммарные (оценки, учитывающие как меры рассеяния, так и меры положения).

УДК 616.71.3

## **ДИАГНОСТИКА НАРУШЕНИЙ ОСАНКИ ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ**

Студент гр. 11305118 Русакович К.А.  
Магистр техн. наук Самохвал П.М.

Белорусский национальный технический университет

Травмы позвоночника составляют до 17% травм опорно-двигательного аппарата. Что же касается дегенеративных заболеваний позвонков и межпозвонковых дисков, то они в той или иной степени наблюдаются у большинства взрослых людей вне зависимости от пола и возраста. На сегодняшний день разработано множество методик лечения различных травм и заболеваний позвоночного столба. При этом часто возникает необходимость выбора того или иного метода диагностики или лечения. В этом случае могут быть учтены биомеханические факторы, влияющие на исследуемый объект, что, в свою очередь, позволит дать рекомендации по выбору наиболее оптимального с механической точки зрения варианта.

Для раннего выявления нарушений осанки необходимо использовать различные средства диагностики, позволяющие осуществлять контроль, как в статике, так и в динамике

Диагностика может быть проведена при помощи различных средств, таких как: рентгенография, КТ, МРТ, технологий использующих «Motion capture» или программных продуктов.

Программные продукты, которые позволяют контролировать состояние осанки, представлены следующими приложениями: ACP Core2 Posture Measurement, APECS: AI Posture Evaluation and Correction System, SAM Posture Print, PostureScreen Mobile. Данные приложения в общих чертах очень похожи и имеют ряд отличий, но это не позволяет простому человеку понять, что нужно делать, чтобы осанка была правильной. Разработка программного решения, которое позволило бы не только объединить в себе компонент контроля и диагностики, совместно с коррекцией позволило дать ответы обычному человеку, что делать при нарушении осанки.

УДК 006.91.531

## **ИССЛЕДОВАНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ ПОМОЩИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ КОМПАС-3D**

Студенты гр. 11305118 Русакович К.А., Рутковский С.В.  
Кандидат техн. наук, доцент Лысенко В.Г.

Белорусский национальный технический университет

В ходе образовательной деятельности кафедры «Стандартизация, метрология и информационные системы» Белорусского национального тех-

нического университета активно использует на лабораторных и практических занятиях мультимедийные средства обучения в виде мультипликаций с использованием программного обеспечения, либо в виде интерактивных моделей реальных систем. КОМПАС-3D в свою очередь представляет шаблоны объектов, приближенные к реальному виду технических устройств.

Эффективные программные средства могут оказаться полезными не только в учебном процессе, но и при реальном проектировании новых средств измерений

Системы КОМПАС-3D предназначены для создания двух- и трехмерных ассоциативных моделей отдельных деталей и сборочных единиц, содержащих как оригинальные, так и стандартизованные конструктивные элементы. Параметрическая технология системы позволяет быстро получать модели типовых изделий на основе однажды спроектированного прототипа. Ключевой особенностью «Компас-3D» является использование собственного математического ядра и параметрических технологий, разработанных компанией АСКОН.

Модели СИ и деталей, смоделированных в КОМПАС-3D, позволяют отобразить численное значение погрешности, возникающей из-за различных отклонений формы и расположения поверхностей реальных деталей СИ при линейно-угловых измерениях, а также отобразить численное значение этой погрешности.

Использование программного обеспечения в процессе обучения обеспечивает вовлеченность пользователя в процесс исследования погрешностей, так как сам может участвовать в этом процессе, изменяя численные значения параметров геометрической модели и наблюдая изменениями погрешности системы в результате изменения параметров.

УДК 006.91

## **ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ**

Студенты гр. 11305118 Рутковский С.В., Русакович К.А.

Кандидат техн. наук, доцент Лысенко В.Г.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время в учебный процесс активно внедряются современные информационные технологии, создающие принципиально новые средства обучения и позволяющие повысить эффективность обучения.

Примером применения современных информационных технологий на кафедре «Стандартизация, метрология и информационные системы» Белорусского национального технического университета является использование программного обеспечения 3d Max для создания мультипликаций

и программного обеспечения Macromedia-Flash для создания интерактивных моделей реальных систем и применение их в электронном учебно-методическом комплексе по курсу «Проектирование контрольных приспособлений». При этом участие в создании таких мультипликаций и интерактивных моделей принимают не только преподаватели, но и сами учащиеся. Программное обеспечение 3d Max позволяет создавать объекты, которые с достаточно высокой степенью точности повторяют реальные технические устройства и обеспечивает высокую наглядность процесса возникновения погрешности. Однако данное программное обеспечение не предоставляет учащемуся каких-либо возможностей взаимодействия.

Программное обеспечение Macromedia-Flash в отличие от программного обеспечения 3d Max предоставляет учащемуся возможность не только наблюдать за процессом возникновения погрешности, но и вносить изменения в числовые значения параметров модели и наблюдать за изменениями в функционировании системы, вызванными изменением параметров. Применение современных информационных технологий в учебном процессе позволяет в наглядной форме представить учащимся сложные теоретические концепции, практические примеры, решение которых предполагает усвоение теоретического материала. Применение таких технологий позволяет повысить заинтересованность учащихся к изучаемой дисциплине, повысить их мотивацию к обучению, а также повысить степень усвоения материала, что в свою очередь упрощает подготовку учащегося к сессии. Участие преподавателей и учащихся в создании таких мультипликаций и интерактивных моделей совершенствует их навыки работы с современными информационными технологиями.

УДК 621.396

## **ПОРТАТИВНЫЕ СМАРТ-УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ОСАНКИ**

Студент гр. 11305118 Рутковский С.В.

Магистр техн. наук Самохвал П.М.

Белорусский национальный технический университет

Проблема нарушения осанки является одной из проблем современности. С целью решения данной проблемы на рынке представлен ряд устройств, предназначенных для коррекции осанки.

Одним из первых и наиболее успешных устройств является Lumo Lift. Данное устройство представляет собой небольшой датчик овальной формы, который крепится на одежду. После включения устройство запоминает положение тела и подает вибросигнал в случае, если пользователь отклоняется от данного положения. Недостатком устройства является

необходимость задания правильного положения осанки, но если этого не сделать, то устройство будет возвращать тело в изначально неправильное положение.

Еще одним устройством для коррекции осанки является Jins Meme. Данное устройство представляет из себя смарт-очки, одной из функций которых является контроль осанки. Устройство контролирует осанку с помощью акселерометров на дужках, следящих за положением головы относительно трехмерной оси координат.

Другое устройство Zikto Arki представляет собой смарт-браслет, который также следит за осанкой. Устройство контролирует осанку при помощи множества датчиков, которые определяют скорость и угол поворота туловища вокруг вертикальной оси при ходьбе, вибрации от стоп и множество других значений.

Все рассмотренные устройства имеют свои достоинства и недостатки. Общим недостатком всех рассмотренных устройств является их сомнительная точность и необъективность оценки. Для решения данной проблемы необходима разработки новых средств, которые были бы универсальны, позволяли бы точнее оценивать положение тела человека, за счет использования не одного, а нескольких показателей, что позволило бы увеличить точность считывания положения тела в пространстве.

#### **Литература**

1. Arki: Your Walking Coach by ZIKTO – Kickstarter. – [www.kickstarter.com/projects/862818642/arki-your-walking-coach](http://www.kickstarter.com/projects/862818642/arki-your-walking-coach).
2. JINS MEME: The world's first wearable eyewear that lets you see yourself. – <https://jins-meme.com/en/>.
3. Lumo Lift – Designed to Improve Your Posture. – [www.lumobodytech.com/lumo-lift](http://www.lumobodytech.com/lumo-lift).

УДК 658.562.012.7

### **УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ НА КАЧЕСТВЕННОМ УРОВНЕ**

Студент гр. 11305217 Сенюта О.А.

Ст. преподаватель Ленкевич О.А.

Белорусский национальный технический университет

Для того чтобы своевременно выявлять брак и вызвавшие его причины, на предприятии необходимо осуществлять систематический контроль параметров продукции, получать и обрабатывать данные о контролируемых параметрах. В этом случае применяются статистические методы. Типичные статистические методы, применяемые на качественном уровне: «семь простых методов», специальные методы, методы высокого уровня,

которые позволяют дать ответы на вопросы качественного характера. Управление на качественном уровне включает в себя три этапа: выявление факторов потенциально влияющих на качество; выявление наиболее влияющих факторов; ранжирование наиболее влияющих факторов.

Контрольный листок является инструментом первичной регистрации данных о продукции или производственном процессе. Данные, собранные с помощью контрольного листка, можно структурировать с помощью причинно-следственной диаграммы.

После того, как все факторы, влияющие на качество продукции, были выявлены необходимо отсеять наименее влияющие и оставить только значимые факторы. Одним из наиболее распространённых методов является метод корреляционного анализа (диаграмма разброса). Диаграмма разброса применяется для исследования зависимости между двумя видами данных.

Третий этап управления на качественном уровне предполагает ранжирование выделенных на предыдущем этапе наиболее влияющих факторов и представление их в удобном виде для принятия дальнейших решений. Для этих целей применяется диаграмма Парето. Она позволяет отделить ключевые факторы от малозначимых и несущественных.

УДК 006.9:621.3.08(075.8)

## ИНФОРМАТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЧАСТНЫХ И ГЛОБАЛЬНЫХ РИСКОВ В ИЗМЕРЕНИЯХ

Студент гр. 10609119 Сипачев И.В.

Кандидат техн. наук, доцент Савкова Е.Н.

Белорусский национальный технический университет

Риски в измерениях, определяемые степенью перекрытия результатов измерений (интервалов охвата) с интервалами недопустимых (допустимых) значений, делятся на частные и глобальные (соотносимые с результатами измерений, получаемыми в будущем); поставщика  $R_p^*$  (ложная браковка) и потребителя  $R_c^*$  (ложная приемка), формулы для расчета которых приведены в таблице.

Табл. Виды рисков в измерениях

Вид риска	Частный	Глобальный
Ложная браковка	$R_p^* = p_c$ (1)	$R_p = \int_c \int_{\bar{c}} g_0(\eta)h(\eta_m \eta)d\eta_m d\eta$ (3)
Ложная приемка	$R_c^* = 1 - p_c$ (2)	$R_p = \int_{\bar{c}} \int_c g_0(\eta)h(\eta_m \eta)d\eta_m d\eta$ (4)

Исходя из приведенных формул, можно установить группы информативных параметров рисков:

1) Параметры точечных значений:  $\eta$  - заданное истинное значение выходной величины  $Y$ ,  $\eta_m$  – возможные значения выходной величины  $Y$ .

2) Интервальные параметры:  $T_L$ ,  $T_U$  – нижняя и верхняя границы интервала допуска;  $C$  и  $\check{C}$  – интервалы соответствующих и несоответствующих значений  $Y$ ;  $A$  и  $\check{A}$  – интервалы приемлемых и неприемлемых значений  $Y_m$ ;  $u$  – неопределенность измеряемой величины  $Y$ .

3) Вероятностные параметры:  
вероятность соответствия требованиям:

$$p_c = \int_{T_L}^{T_U} g(\eta|\eta_m) d\eta$$

Для нормального распределения:

$$p_c = \Phi\left(\frac{T_U - y}{u}\right) - \Phi\left(\frac{T_L - y}{u}\right),$$

$g_0$  – плотность распределения (вероятностей) измеряемой величины  $Y$ , известная перед выполнением измерения;  $h$  – условная плотность распределения вероятностей для наблюдаемой случайной величины  $Y_m$  [5].

#### Литература

1. ISO/IEC GUIDE 98-4:2012(E) Uncertainty of measurement. Part 4: Role of measurement uncertainty in conformity assessment.

УДК 006.9:621.3.08(075.8)

### ФОРМАЛИЗАЦИЯ ТОЧНОСНОГО ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ РИСКАМИ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ

Студент гр. 10609119 Сипачев И.В., аспирант Чжан Юнь

Кандидат техн. наук, доцент Савкова Е.Н.

Белорусский национальный технический университет

Точностный подход к управлению рисками в измерениях, описанный в ISO Guide 15 и ISO/IEC GUIDE 98-4:2012, основан на минимизации источников неопределенности, когда интервал неопределенности был существенно меньше, чем приемочный интервал, и риски для данной измерительной задачи принимаются незначительными. Показатель измерительных возможностей  $C_m$ , рекомендованный ISO Guide 25:

$$c_m = \frac{E_m}{U}. \quad (1)$$




где  $E_m$  – максимальная допускаемая погрешность средства измерений;  $U$  – расширенная неопределенность калибровки на поверяемой (калибруемой) точке диапазона измерений средства измерений.

При точностном подходе  $c_m \geq \frac{10}{1}$ . Разработаны рекомендации по применению точностного подхода к управлению рисками в электромаг-



нитных измерениях в виде правил принятия решений, показанных в таблице 1 для различных видов интервалов допусков ( $T_L$  и  $T_U$  – нижняя и верхняя границы допуска;  $Y$  – измеряемая величина).

Таб. 1. Формализация точностного подхода

Односторонний допуск с нижней границей	Односторонний допуск с верхней границей	Двусторонний допуск
Графическая интерпретация		
		
Измеренное значение величины – точечная оценка $\hat{x} = Y (U \rightarrow 0)$		
Зона соответствия		
$[T_L; \infty[$	$]- \infty; T_U]$ или $[0; T_U]$	$[T_L; T_U]$
Зона несоответствия		
$]- \infty; T_L[$ или $[0; T_L[$	$]- \infty; T_U]$ или $[0; T_U]$	$]- \infty; T_U]$ и $[T_U; \infty[$
Критерий соответствия		
$Y \geq T_L$	$Y \leq T_U$	$Y \geq T_L; \text{ и } Y \leq T_U$
Критерий несоответствия		
$Y < T_L$	$Y > T_U$	$Y < T_L$ или $Y > T_U$

УДК 616-071.3

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КОМПЬЮТЕРНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОПОГРАФИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ НАРУШЕНИЙ ОСАНКИ

Студент гр. 11305118 Сорокина А.А.

Магистр техн. наук Самохвал П.М.

Белорусский национальный технический университет

В БНТУ учится более 3000 студентов и более половины учащихся имеют проблемы с осанкой. Университет имеет специальную программу для учащихся с подготовительной группой, но этого мало, так как физкультура у студентов 2 раза в неделю и тренер не контролирует параметры улучшения или ухудшения состояния осанки, поэтому может дать не правильные нагрузки и рекомендации, что может привести к ухудшению осанки.

Одним из современных инструментальных методов исследования осанки является метод компьютерной оптической топографии компании Diers. DIERS formetric – это светооптический метод сканирования, основанный на видео-растровой стереографии. Соответственно, система состоит из проектора, проецирующего сетку из линий на спину пациента,

которую записывает томограф. Компьютерная программа анализирует кривизну линий и с помощью метода фотограмметрии формирует трёхмерную модель поверхности спины, сравнимую с гипсовой моделью. По сравнению с рентгеном система выдает полную информацию о статике тела и осанки (например, о кривизне позвоночника (сбоку и спереди), ротации позвонков и положении таза). На основании изображения кривизны поверхности спины можно определить мышечный дисбаланс. Также система позволяет воссоздать 3D модель позвоночника, сканирование поверхности туловища производится без облучения и без нанесения маркеров на тело пациента. Во время данной диагностики воссоздается модель позвоночника в 3D на основании математической модели.

Достоинства метода:

- не используется потенциально опасная радиация;
- эта диагностика особенно эффективна в выявлении патологий позвоночника и осанки;
- позволяет создать индивидуальную карту позвоночника пациента.

Недостатки метода: стоимость установки; построенная модель является математической, что не в полной мере дает представление о реальном состоянии позвоночника.

#### Литература

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://diers.eu/en/products/spine-posture-analysis/diers-formetric-4d/>. – Дата доступа: 08.03.2021.

УДК 621.317.732

### **МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОСТОЯННОМУ ТОКУ**

Магистрант Станкевич М.А.

Кандидат техн. наук, доцент Гуревич В.Л.

Белорусский государственный институт метрологии

Одним из важнейших элементов в производстве является точность изготовления деталей. В большом количестве современных устройств присутствует некоторая электрическая часть, которая, как и физические параметры, для обеспечения конкурентоспособности изготавливаемого продукта должна быть выполнена с наивысшей точностью. Одним из основных параметров компонентов электрических цепей является сопротивление току. Для контроля их точностных характеристик необходимы специальные средства измерения, прецизионные измерители сопротивления, которые должны обладать высокими метрологическими характеристиками.

В Белорусском государственном институте метрологии создано рабочее место для обеспечения метрологического контроля таких средств измерений, которое содержит в себе Resistance Measure System 6242/100 из состава Национального эталона единицы электрического сопротивления НЭ РБ 29-16.

При проведении измерений используется метод компарирования. Преимуществом данного рабочего места является то, что Resistance Measure System 6242/100 оснащен сканером, который определяет параметры подключенной однозначной меры сопротивления и работает в полностью автоматическом режиме.

Недостатком является то, что из-за длительного цикла уравнивания сопротивлений, проведение метрологического контроля многозначных мер электрического сопротивления является очень трудоемким процессом, т. к. оператор должен постоянно переключать декады многозначной меры.

Для решения данной проблемы рабочее место было оснащено мультиметром Fluke 8508A – многофункциональным прецизионным измерительным инструментом, изготавливаемый для калибровочных лабораторий, в которых требуется соблюдение все более возрастающих требований по анализу погрешностей согласно стандарту ISO 17025, а также растущих требований к производительности.

Это позволило проводить измерения методом замещения, а, следовательно, и повысить скорость и точность проведения метрологического контроля средств измерений сопротивления постоянному току.

УДК 621.317

## **ПРИМЕНЕНИЕ ВОЛЬТМЕТРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГАРМОНИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ**

Студент гр. 11305118 Ткачѳв Д.Д.

Кандидат техн. наук, доцент Коробко Ю.С.

Белорусский национальный технический университет

При эксплуатации и обслуживании радиотехнических устройств часто стоит задача измерения и контроля амплитудных и временных параметров гармонических сигналов (амплитуду, периода повторения, средневыпрямленного значения и т. п.). Для измерения этих параметров обычно используют осциллографы. Как альтернативу осциллографу для оперативного измерения некоторых параметров можно использовать вольтметры переменного напряжения. Кроме того, в некоторых случаях точность измерения с помощью вольтметра оказывается выше.

Покажем на примере возможность измерений амплитуды гармонического сигнала при использовании универсального осциллографа С1-65 и цифрового электронного вольтметра В7-22.

Осциллограф С1-65 имеет 2 класс точности и измеряет показания с относительной погрешностью ( $\delta_{Um}$ ) не более 5%. [1]

Для вольтметра В7-22, например, при измерении амплитуды синусоидального напряжения ( $K_y = 1,57$ , частота 100 Гц): показания вольтметра  $U = 15$  В. Предел измерения  $U_k = 20$  В.

Найдём амплитуду напряжения:

$$U_m = 0,9 \times K_y \times U = 0,9 \times 1,57 \times 15 = 21,2 \text{ В.} \quad (1)$$

Относительная погрешность вольтметра (паспорт) [2]:

$$\delta = \pm(0,5 + 0,1 \times U_k / U_{\text{изм}}) = \pm(0,5 + 0,1 \times 20 / 15) \approx \pm 0,63\% \approx 1,26\%. \quad (2)$$

Относительная погрешность косвенного измерения вольтметром:

$$\delta_{Um} = 0,9 \times K_y \times \delta = 0,9 \times 1,57 \times 1,26 \approx 1,78\%. \quad (3)$$

Вывод: преимущества использования вольтметра: простота в использовании, удобнее и быстрее в длительности измерения, дешевле. Недостатки: необходимо учитывать искажения формы измеряемых сигналов. Искажения формы увеличивают погрешность измерения, но всё равно, применяя вольтметр, можно добиться более точных результатов.

#### Литература

1. Технические характеристики и документация к осциллографу С1-96 [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.astena.ru> (5 марта 2021).
2. ИП. Пособие – 19 / В.А. Жагата [и др.]; под общ. ред. В.А. Жагаты. – 32 с.

УДК 658.51

### СИСТЕМА СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ КАК РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ, ОСНОВАННОГО НА ФАКТАХ

Студент гр. 11305217 Хвистик М.Д.

Ст. преподаватель Ленкевич О.А.

Белорусский национальный технический университет

Существующие принципы системы менеджмента качества, сформулированные экспертами технического комитета ISO/TC 176, существуют для организации работы таким образом, чтобы продукция или услуги соответствовали ожиданиям потребителя.

Одним из семи принципов является принятие решений, основанное на фактах. Решения, основанные на анализе и оценке данных и информации,

с большей вероятностью приведут к желаемым результатам. Принятие решений является сложным процессом, и всегда подразумевает под собой некоторую неопределенность. Такой процесс включает множество типов и источников входов, а также их интерпретацию, что является субъективной оценкой. Нужно понимать причинно-следственные связи и предполагаемые последствия. Факты, свидетельства и анализ данных ведут к большей объективности и достоверности принятия решений.

Реализация данного принципа может привести к улучшению процессов принятия решений, оценки пригодности и способности процессов для достижения целей, результативности и эффективности деятельности, повышению способности анализировать, подвергать критике и изменять мнения и решения, а также повышению способности демонстрировать результативность принятых в прошлом решений [1].

Для реализации данного принципа на практике необходимо определять и отслеживать ключевые показатели, чтобы продемонстрировать достигнутые организацией результаты, обеспечить достаточную точность и защиту информации, анализировать и оценивать информацию, используя подходящие методы, убедиться в компетентности персонала и принимать решения на основе фактов, опираясь на опыт [2].

#### **Литература**

1. СТБ ISO 9000-2015 (ISO 9000:2015, IDT). Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. - Взамен СТБ ИСО 9000-2006; введ. 01.03.2016. – Минск: Госстандарт: БелГИСС, 2015. – IV, с. 5–6.

2. ISO quality [Электронный ресурс]: ISO quality management principles. – Режим доступа: <https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/store/en/PUB100080.pdf>

УДК 681

### **АКТУАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ЗАЩИТЫ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТИ**

Студент гр. 11305317 Хомиченко А.В.

Ст. преподаватель Ленкевич О.А.

Белорусский национальный технический университет

Облачные вычисления, Интернет вещей, мобильные сети и искусственный интеллект – это лишь некоторые из инструментов, которые города используют для повышения эффективности и качества жизни своих граждан, но они также подвергают нас рискам и уязвимостям, связанным с личной конфиденциальностью и безопасностью.

Решения и стандарты имеются в большом количестве, но по ним не всегда легко ориентироваться, когда системы и взаимосвязи весьма слож-

ны. Недавно была опубликована новая техническая спецификация, которая призвана помочь в решении данной проблемы.

ISO/IEC TS 27570 «Защита конфиденциальности. Руководство по обеспечению конфиденциальности для умных городов» содержит рекомендации и руководство по управлению конфиденциальностью и использованию поддерживающих стандартов. Эти рекомендации применимы ко всем типам и размерам организаций, включая государственные и частные компании, заинтересованные в предоставлении, использовании или доступности услуг в экосистеме «умного города», где многие технологии, системы и заинтересованные стороны взаимодействуют различными и сложными способами.

Профессор Кай Ранненберг, руководитель группы экспертов [1], которая разработала техническую спецификацию, отметил: «Такая сложность может создать проблемы для защиты конфиденциальности, но существует множество различных стандартов, которые могут быть использованы, в том числе стандарты для больших данных, облачных вычислений, управления ИТ и многого другого. Главное – знать, какой из них наиболее подходит и как. ISO/IEC TS 27570 дает руководство о том, как извлечь пользу из имеющихся стандартов наиболее эффективным образом».

Документ представляет собой точку зрения многих учреждений, а также ориентирован на граждан и содержит рекомендации о том, как стандарты конфиденциальности могут быть использованы на глобальном и на организационном уровнях на благо граждан.

Более того, техническая спецификация проложит путь к будущим стандартам конфиденциальности для «умных городов», в том числе для коммуникаций, планов управления конфиденциальностью и разработки политики, а также управления согласием.

#### **Литература**

1. Experts of ISO/IEC JTC 1/SC 27's working group WG 5, Identity management and privacy technologies.

УДК 681

### **АНАЛИЗ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ISO ОБ АДАПТАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА**

Студент гр. 11305317 Хомиченко А.В.

Ст. преподаватель Ленкевич О.А.

Белорусский национальный технический университет

Изменение климата – одна из самых серьезных проблем для многих предприятий, в результате чего экстремальные погодные условия, потеря биоразнообразия и экологические катастрофы возглавляют список гло-

бальных рисков Всемирного экономического форума, о которых мы должны беспокоиться.

Хотя осуществление действий по смягчению последствий изменения климата имеет большое значение, организациям все же необходимо предпринять шаги по адаптации. Ключевым элементом этого является понимание и оценка их рисков и уязвимости.

ISO 14091 «Адаптация к изменению климата. Руководство по оценке уязвимости, последствий и рисков» описывает, как понять уязвимость организации, а также как разработать и внедрить обоснованную оценку рисков в контексте изменения климата. Его можно использовать для оценки как настоящих, так и будущих рисков, связанных с изменением климата.

Стандарт представляет собой руководство по использованию скрининговых оценок и цепочек воздействия, позволяющих проводить качественный и количественный анализ. Наличие такой информации и возможность документировать ее согласованным на международном уровне способом помогает организациям любого типа и размера принимать более обоснованные бизнес-решения.

ISO 14091 является последним в развивающемся семействе стандартов по адаптации к изменению климата, которые находятся под эгидой ISO 14090 «Адаптация к изменениям климата. Принципы, требования и руководящие указания». ISO 14090 описывает многие элементы адаптации к изменению климата, включая предварительное планирование, адаптационное планирование, мониторинг и оценку, а также отчетность и коммуникации.

Другие стандарты серии включают техническую спецификацию ISO/TS 14092 «Адаптация к изменению климата. Требования и руководство по планированию адаптации для местных органов власти и сообществ», будущие стандарты ISO 14093 «Механизм финансирования адаптации к изменению климата на местном уровне: гранты на обеспечение устойчивости к изменению климата на основе результатов деятельности» и стандарт ISO 14097 «Основа для оценки и представления отчетности об инвестициях и финансовой деятельности, связанной с изменением климата».

Все эти стандарты являются результатом работы подкомитета ISO SC 7, «Управление парниковыми газами и связанной с ними деятельности» технического комитета ISO / TC 207 «Экологический менеджмент».

## **АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ ДЛЯ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ ОБУЧЕНИИ ПО ВОПРОСАМ СИСТЕМНОГО МЕНЕДЖМЕНТА**

Магистрант Чурак Н.В.

Д-р техн. наук, профессор Серенков П.С.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время различного рода обстоятельства, в том числе и сложившейся эпидемиологической обстановкой в мире, вынуждают общество создавать новые средства для решения разнородных проблем в различных сферах деятельности, в том числе и в сфере образования. Актуальным вопросом является применение информационных систем контроля и оценки знаний.

Информационная система – организационно упорядоченная совокупность документов (массива данных) и информационных технологий, в том числе с использованием средств вычислительной техники и связи, реализующих информационные процессы [1].

Кратко рассмотрим некоторые из существующих информационных систем контроля и оценки знаний [2].

Система тестирования «INDIGO» – позволяет автоматизировать процесс проведения тестирования и обработки результатов.

Конструктор тестов (keepsoft) – это универсальная система проверки знаний.

Система тестирования «OpenTest» – независимая Web-система измерения знаний и компетенций.

Интерактивная система голосования VOTUM – система предназначена для проведения тестирования, анкетирования, голосования и др.

eTest – программный комплекс, предназначенный для подготовки и проведения тестов на компьютере (состоит из редактора тестов (рабочее место преподавателя) и программы тестирования (рабочее место учащегося)).

Таким образом использование информационных систем контроля и оценки знаний предоставляет многочисленные преимущества: возможность дистанционного проведения тестирования; тестирование можно провести по разным дисциплинам; электронная обработка результатов тестирования, их накопление, учет, анализ и др. Все это свидетельствует о эффективности применения информационных систем контроля и оценки знаний в процессе обучения, в том числе и по вопросам системного менеджмента.

### **Литература**

1. Информационные технологии: учебник / Ю.Ю. Громов [и др.]. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 260 с.
2. Цифровое образование [Эл. ресурс]. – <http://digital-edu.ru/issh/152/>.



## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЕЙ СТРУКТУРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Магистрант Чурак Н.В.

Д-р техн. наук, профессор Серенков П.С.

Белорусский национальный технический университет

Доклад посвящен решению задачи согласования моделей оценки результативности СМК на этапах ее разработки и применения. Согласно [1] результативность – степень реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов.

Допустим, результативность  $i$ -ого структурного подразделения будем оценивать по формуле:

$$R_i = \sum K_i \cdot X_i, \quad (1)$$

где  $X_i$  – показатель результативности  $i$ -ого процесса, отведенного для выполнения данным структурным подразделением, характеризующегося степенью полноты и степенью достижения цели данного процесса;  $K_i$  – коэффициент весомости вклада  $X_i$ .

С целью сравнения результативностей структурных подразделений между собой припишем каждой формуле расчета результативности приведенный коэффициент,  $10/R_{\max i}$ , означающий приведение значений рассчитанных результативностей к 10-ти бальной шкале, где  $R_{\max i}$  – максимально возможное значение результативности  $i$ -ого структурного подразделения.

С учетом приведения к 10-ти бальной шкале формула расчета результативности структурного подразделения будет выглядеть следующим образом:

$$R_{i \text{ ш}} = \frac{10}{R_{\max i}} \sum K_i \cdot X_i, \quad (2)$$

где  $R_{\max i}$  – максимально возможное значение результативности  $i$ -ого структурного подразделения.

Таким образом, по результатам расчета можно сравнить рассчитанные результативности структурных подразделений по 10-ти бальной шкале. Это позволит определить результативность какого структурного подразделения либо выше, либо ниже результативности другого структурного подразделения по бальной шкале от 0 до 10. Методика расчета позволит сравнить результативности структурных подразделений в случае, если в каждом структурном подразделении установлена своя шкала оценки результативности.

### Литература

1. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь: СТБ ISO 9000-2015. – Введ. 01.03.16. – Минск: Госстандарт, 2015. – 60 с.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ ТЕНЗОМЕТРИИ

Студенты гр. 11305118 Шулаков Ю.В., Дейко Е.А.

Магистр техн. наук Рудая А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Тензометрия является неотъемлемой частью испытаний макетов и экспериментальных образцов, проектируемых ответственных строительных конструкций. Актуальность метода тензометрии заключается в том, что с помощью тензодатчиков исследуемый объект измеряется во многих точках, что обеспечивает высокую точность. С развитием новых технологий стало возможно не только регистрировать сигналы тензодатчиков, но и их цифровая обработка в реальном времени, визуализация деформаций на экранах и автоматическая выдача управляющих сигналов для изменения режима работы тестируемой конструкции.

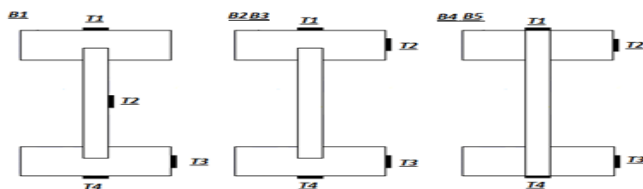


Рис. 1. Схема размещения тензорезисторов

Анализ развития деформаций показал (рис. 2), что интенсивность развития деформаций в сжатой зоне у всех образцов была практически одинаковой. В растянутой зоне интенсивность была выше у образца B5 (виден резкий скачок при нагрузке 0,5 кН) и образца B2 (видно резкое увеличение деформации при нагрузке 1,5–2,5 кН).

В процессе испытания при помощи тензорезисторов типа КФ 5П1-20-100-А-12 замеряли относительные деформации. Для измерения использовали измерительно-управляемое устройство УИУ 2002. Применение метода тензометрии позволило выявить влияние на напряженно-деформированное состояние, несущую способность и жесткость изгибаемых деревянных элементов. Применение монолитного поликарбоната вместо сотового увеличивает несущую способность изгибаемых комбинированных балок в среднем на 80%. Вид соединения стенки с поясом влияет на несущую способность: балки, в которых соединение стенки с поясами выполнялось «в кромку», имели несущую способность больше на 62% для серии 1 (с монолитным поликарбонатом) и на 68% для серии 2 (с сотовым поликарбонатом). Наибольшую жесткость имела экспериментальная балка со стенкой из монолитного поликарбоната при соедине-

нии с деревянным поясом «в кромку», соединение «в паз» понижает жесткость балки на 35–36%. Балки со стенками из сотового поликарбоната имели жесткость на всех этапах нагружения в 1,5–1,9 ниже, чем в экспериментальных балках с монолитным поликарбонатом, что указывает на необходимость разработки дополнительных конструктивных решений для увеличения жесткости балок с сотовым поликарбонатом.

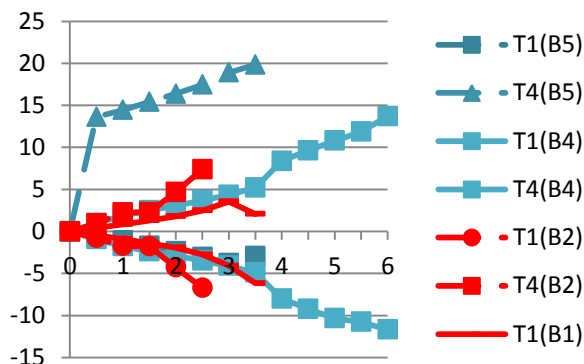


Рис. 2. Развитие средних относительных деформаций в сжатой и растянутой полках экспериментальных балок

Метод тензометрических испытаний позволил проанализировать влияние стенки из поликарбоната на напряженно-деформированное состояние, несущую способность и жесткость изгибаемых деревянных элементов.

### Литература

1. Cruz, H. Bond repair of cracked beams. High Performance Structures and Materials. III WIT Transactions on The Built Environment / H. Cruz, J. Custodio, D. Smedley. – Vol 85. – WIT Press. – 2006.

УДК 531.781.2.087.92.

### МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Студенты гр. 11305118 Шулаков Ю.В., Сильчук В.А.

Магистр техн. наук Рудая А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Актуальность древесины как строительного материала заставляет заниматься исследованием работы различных конструкций из дерева. Современные технологии позволяют воплощать различные проекты в

жизнь. В процессе использования натуральных материалов в совокупности с композитными открывается возможность создания строительной конструкции с качественно новыми характеристиками. При разработке экспериментальных образцов, испытания являются одним из важнейших этапов. Для исследования комбинированных балок с деревянными поясами с поперечной стенкой из поликарбоната была применена методика тензометрии.

Испытания экспериментальных балок производили по балочной схеме с приложением сосредоточенных усилий в третях пролета в соответствии с рисунком.

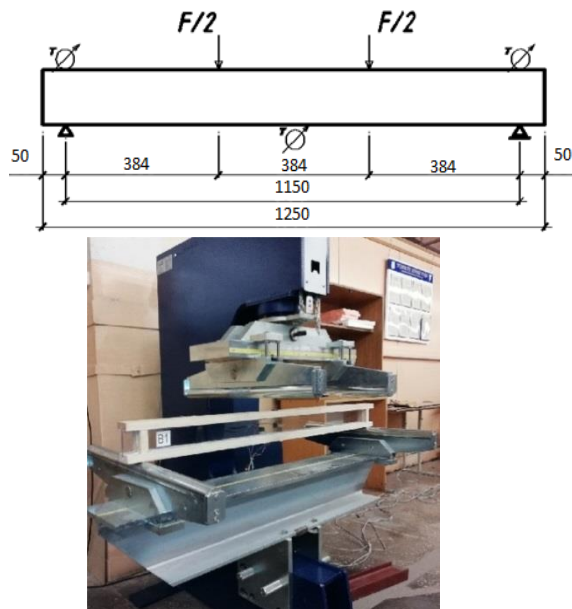


Рис. Схема установки для нагружения и стенд для испытания опытных образцов

Нагружение осуществлялось ступенями с помощью испытательной машины на изгиб типа «Matest Treviolo C091PN103» через распределительную траверсу с фиксированием значений прогибов и деформаций на каждом этапе.

Для измерения прогибов на балку были установлены два электронных индикатора в местах опирания балки и один индикатор часового типа – в центре пролета.

В процессе испытания при помощи тензорезисторов типа КФ 5П1-20-100-А-12 замеряли относительные деформации. Для измерения использовали измерительно-управляемое устройство УИУ 2002.

Испытательная машина «Matest Treviolo C091PN103» позволяет проводить метрологический контроль прогибов и деформаций балок для прослеживаемости повышения качества совокупности натуральной древесины и композитов. Метод испытаний позволил произвести исследование комбинированные балки со стенкой из поликарбоната.

#### Литература

1. СТБ EN 408-2012. Конструкции деревянные. Древесина конструкционная цельная и клееная многослойная. Определение некоторых физических и механических свойств. – введ. 2012-04-20. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь: Минстройархитектуры, 2013. – 23 с.
2. Дикевич К.В. Влияние характеристик материала стенки на напряженно-деформированное состояние комбинированных балок с деревянными поясами / К.В. Дикевич, П.А. Андреев // Традиции, современные проблемы и перспективы развития строительства: сб. науч. ст. / ГрГУ им. Я. Купалы; ред.кол. А.Р. Волик (гл. ред.) [и др.]. – Гродно: ГрГУ, 2019. – 244 с.
3. Калинин С.В. Особенности напряжённо-деформированного состояния деревометаллических балок со стенкой из стальных профилированных листов / С.В. Калинин, В.И. Жданов, Д.А. Украинченко, С.В. Лисов // Вестник ОГУ. – 2012. – № 9. – С. 184.
4. Premrov M. Experimental analysis of load-bearing timber-glass I-beam / M. Premrov, M. Zlatinek, A. Strukelj // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. – № 4. – С. 11–20.

УДК 001.893:65.011.56

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫБОРА МЕТОДИК ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ МЕТОДАМИ КВАЛИМЕТРИИ**

Студент гр. 11305117 Янчиленко А.С.

Кандидат техн. наук, доцент Соколовский С.С.

Белорусский национальный технический университет

При выборе методики выполнения измерений (МВИ) для решения конкретной измерительной задачи проектировщику, как правило, приходится сталкиваться с необходимостью выбора наилучшего варианта из некоторого набора конкурирующих вариантов МВИ. Все эти варианты по своим точностным характеристикам могут считаться равноценными с точки зрения решаемой измерительной задачи, но будут отличаться по некоторым другим свойствам, важным с точки зрения обеспечения требуемого качества измерений. В такой ситуации для выбора наиболее эффективного варианта МВИ предлагается проводить комплексное оценивание их качества по специальной методике. Первым и наиболее важным этапом такого оценивания является моделирование качества МВИ в виде иерархической структуры свойств, его определяющих. Для удобства представ-

ления предлагаемой такой структуры обозначим включаемые в неё свойства как  $C_{ij}$ , где  $j$ -номер свойства, лежащего на  $i$ -том уровне иерархии. Предлагается следующий вариант декомпозиции качества МВИ и соответствующей структуры свойств («дерева свойств»):

$C_0$  – качество МВИ в целом;

$C_{11}$  – качество получаемой измерительной информации;  $C_{12}$  – качество измерительной процедуры;  $C_{13}$  – экономичность МВИ;  $C_{14}$  – безопасность измерений;  $C_{15}$  – стандартизованность МВИ;

$C_{11}[C_{21}$  – точность результатов измерений;  $C_{22}$  – диапазон измерений];

$C_{12}[C_{23}$  – удобство настройки средств измерений;  $C_{24}$  – удобство считывания измерительной информации;  $C_{25}$  – удобство манипулирования объектом измерений при реализации измерительной процедуры;  $C_{26}$  – удобство манипулирования средством измерений при реализации измерительной процедуры;  $C_{27}$  – операционная сложность измерительной процедуры];

$C_{13}[C_{28}$  – стоимость применяемых средств измерений;  $C_{29}$  – требуемая квалификация персонала и время, необходимое для реализации измерительной процедуры;  $C_{210}$  – время, необходимое для реализации измерительной процедуры];

$C_{14}[C_{211}$  – безопасность объекта измерений;  $C_{212}$  – безопасность средства измерений];

$C_{15}[C_{213}$  – стандартизованность применяемых средств измерений;  $C_{214}$  – стандартизованность методики измерений].

УДК 001.893:65.011.56

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ КООРДИНАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ, ВЫПОЛНЯЕМЫХ НА БАЗЕ ЦИФРОВОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТОРА**

Студент гр. 11305117 Янчиленко А.С.

Кандидат техн. наук, доцент Соколовский С.С.

Белорусский национальный технический университет

Измерительные проекторы наиболее широко используются в часовой промышленности при контроле геометрических параметров корпусных деталей часов (платин, мостов и пр.), содержащих большое количество высокоточных функциональных элементов, как простой, так и сложной формы (криволинейных элементов). При решении измерительных задач такого типа наиболее эффективным считается метод, основанный на использовании так называемых проекторных чертежей, которые, по сути, моделируют контроль деталей комплексными калибрами. Очевидным недостатком такого метода является невозможность получения измерительной информации в числовом виде о действительных значениях кон-

тролируемых параметров деталей. При этом весьма часто возникает необходимость в использовании такой информации, например, при отладке технологических процессов, статистическом исследовании их точности и стабильности и др. Для получения необходимой измерительной информации в таких случаях требуется выполнение соответствующих координатных измерений. Учитывая большой объём таких измерений, приходится выдерживать объекты измерений на измерительной позиции достаточно длительное время. Как показали результаты экспериментальных исследований, весьма существенное влияние на результаты измерений в этой ситуации оказывает температурная составляющая погрешности измерений, связанная с весьма быстрым нагревом таких мелких деталей от осветительной системы самого прибора. При этом наибольший тренд результатов измерений наблюдается в некотором начальном периоде таких измерений, а затем наступает их определённая стабилизация. Исходя из этого, для минимизации воздействия данного источника погрешности измерений предлагается предварительно провести координатные измерения соответствующих параметров некоторой аттестованной детали, приняв за окончательные результаты её измерений те, которые были получены после достижения приемлемой стабилизации экспериментальных данных. На основании получаемой таким образом измерительной информации становится возможным определение поправок для компенсации имеющих место температурных составляющих погрешностей измерений. Кроме этого, при таких измерениях существенное влияние может оказывать и погрешность наведения.

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕКЦИЯ 1. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

<i>Yukhymenko Y.A., Stelmakh N.V.</i> Analysis of programming languages for development of software in medical engineering.....	3
<i>Аксютенко И.С., Гераимчук М.Д.</i> Концепция цифровых двойников в умном производстве.....	4
<i>Андронов К.М., Погорелов М.Г.</i> Поплавковый интегрирующий гироскоп.....	5
<i>Ардашев Д.С., Савёлов И.Н.</i> Электромагнитный клапан сброса избыточного давления среды.....	6
<i>Баранов К.Д., Исаев А.В.</i> Адресный пассивный объемный инфракрасный извещатель.....	7
<i>Величко Д.В., Сивак В.И., Корнеева И.Б.</i> Измерение деформаций при испытаниях многопустотных плит перекрытия.....	8
<i>Веренич М.С., Савёлов И.Н.</i> Измеритель плотности асфальтобетона.....	10
<i>Габец В.А., Василевский А.Г.</i> Инфракрасный приемопередатчик для линии связи охранной сигнализации на расстояния 100–2000 м.....	11
<i>Головня К.Ч., Сопряков В.И.</i> Фотоэлектрический метод измерения времени жизни носителей заряда в <i>p-n</i> -структурах.....	12
<i>Гришковец И.А., Лисенков Б.Н.</i> Особенности конструкции матричного коммутатора.....	13
<i>Грищенко А.С., Погорелов М.Г.</i> Гироскоп с электростатическим подвесом.....	14
<i>Гусеников Е.Н., Юран С.И.</i> Лабораторный стенд для исследования систем автоматического регулирования.....	15
<i>Данильчук К.В., Ломтев А.А.</i> Датчик температуры и влажности снега.....	16
<i>Дешко Д.О., Тявловский К.Л., Гусев О.К.</i> Измеритель параметров цветности RGB-METER.....	17
<i>Евженко А.А., Савёлов И.Н.</i> Ультразвуковой дефектоскоп.....	18
<i>Каликанов А.В., Погорелов М.Г.</i> Датчик угла крена подвижного объекта на базе волнового твердотельного гироскопа.....	19
<i>Кальчев И.К., Лыхва М.В., Неутов С.Ф.</i> Натурные испытания железобетонных многопустотных плит перекрытия.....	20
<i>Кастевич А.Е., Савёлов И.Н.</i> Автоматический калибратор давления.....	21
<i>Касьмин В.Ю., Ризноокая Н.Н.</i> Особенности применения 3D-печати.....	22
<i>Киль И.А., Погорелов М.Г.</i> Оценка одновременного применения каналов оптико-электронных систем с коротковолновым инфракрасным каналом.....	23



<i>Ключеня Я.В., Савёлов И.Н.</i> Ультразвуковой тестер железобетонных конструкций.....	24
<i>Ключеня Я.В., Свистун А.И.</i> Цифровой самописец.....	25
<i>Ключеня Я.В., Лукашевич А.С., Куклицкая А.Г.</i> Вихретоковый контроль авиационных колес.....	26
<i>Красневский Д.Ю., Савёлов И.Н.</i> Тумблер взрывозащищённый.....	27
<i>Красневский Д.Ю., Ключеня Я.В., Пантелеев К.В., Исаев А.В.</i> Модернизация системы управления станком абразивной резки камня армированным тросом.....	28
<i>Кузнецов В.Ю., Мисюкевич Н.С.</i> Система пожарной сигнализации, оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре трехэтажного общежития.....	29
<i>Кулагин И.В., Есьман Г.А.</i> Стенд контроля радиального зазора в подшипниках.....	30
<i>Кучура Е.А., Исаев А.В.</i> Разработка линейного дымового пожарного извещателя.....	31
<i>Кучура Е.А., Безлюдов А.А., Антошин А.А.</i> Анализ динамики изменения пропускающей способности среды при пламенном горении и пиролизе поролона в помещении.....	33
<i>Логун Т.Т., Погорелов М.Г.</i> Динамически настраиваемый гироскоп.....	34
<i>Лодято А.П., Антошин А.А.</i> Неопределенность порога срабатывания газовых пожарных извещателей.....	35
<i>Лозюк М.М., Сикорская К.В., Куклицкая А.Г.</i> Ультразвуковая дефектоскопия сварных соединений на арктическом атомном ледоколе.....	36
<i>Лозюк М.М., Сикорская К.В., Гусев О.К.</i> DDS-генератор ARDUINO.....	37
<i>Лозюк М.М., Хомич Е.М., Шадурская Л.И.</i> Разработка лабораторной работы «Изучение топографии магнитных полей миниатюрными датчиками Холла» по курсу «Методы контроля».....	38
<i>Матвиевич В.Г., Ризноокая Н.Н.</i> Устройство и методика измерения давления контактной адгезии маятниковым методом.....	39
<i>Микитевич В.А., Жарин А.Л.</i> Источник светового излучения для фотостимулированной зондовой электрометрии.....	40
<i>Микитевич В.А., Жарин А.Л.</i> Методы реализации модуляции светового излучения для фотостимулированной зондовой электрометрии.....	41
<i>Милевич А.С., Есьман Г.А.</i> Стенд определения остроты кромки детской игрушки.....	42
<i>Мороз А.С., Тявловский А.К.</i> Нормирующий преобразователь для термопары.....	43
<i>Морозов Д.А., Полещук П.А., Асадчая М.В.</i> Устройство для структуроскопии чугуна.....	44

<i>Москалёва А.В., Савёлов И.Н.</i> Виброметр.....	45
<i>Москалёва А.В., Шадурская Л.И.</i> Способы удаления льда из водостоков с помощью свч-излучения .....	47
<i>Назарчук С.В., Погуляев М.Н.</i> Измерительно-управляющий комплекс для стенда нагружения резервных электрогенераторов.....	48
<i>Пантелеев П.В., Жарин И.А., Свистун А.И., Гусев О.К.</i> Диагностика измерительной системы на основе измерительных данных.....	49
<i>Пантелеев П.В., Жарин И.А., Свистун А.И., Воробей Р.И.</i> Методология архитектурного решения диагностического модуля измерительной системы.....	50
<i>Париза И.А., Шадурская Л.И.</i> Разработка лабораторной работы «Определение точки Кюри ферромагнетика из температурной зависимости магнитной проницаемости» по курсу «Методы контроля».....	51
<i>Пермяков И.А., Погорелов М.Г.</i> Волоконно-оптический гироскоп.....	51
<i>Прончак А.Н., Исаев А.В.</i> Источник бесперебойного питания для системы безопасности с микроконтроллерным управлением.....	52
<i>Пузовиков Д.А., Погорелов М.Г.</i> Кольцевой лазерный гироскоп.....	54
<i>Савлевич В.А., Москалева А.В., Шадурская Л.И.</i> Удаление льда из водостоков с помощью терморезистивного метода .....	55
<i>Сикорская К.В., Лозюк М.М., Куклицкая А.Г.</i> Ультразвуковой контроль сварных тавровых соединений фазированными решетками при низких температурах.....	56
<i>Скрипка И.Н., Ризноокая Н.Н.</i> Ультразвуковой контроль сварных швов магистральных трубопроводов.....	57
<i>Скрипка И.Н., Шадурская Л.И.</i> Магнитный контроль рельсов и рельсовых соединений.....	58
<i>Скрипка И.Н., Воробей Р.И.</i> Термометр-часы.....	59
<i>Скрипка И.Н., Москалёва А.В., Куклицкая А.Г.</i> Ультразвуковой контроль рельсов и рельсовых соединений в условиях низких температур.....	60
<i>Снытков М.А., Ломтев А.А.</i> Микропроцессорный цифровой фазометр.....	61
<i>Стрельцов Д.С., Матвеев В.В.</i> Использование программ с трёхмерной графикой для отладки гироскопических систем.....	62
<i>Точило П.М., Савёлов И.Н.</i> Портативный LCR-метр.....	63
<i>Точило П.М., Воробей Р.И.</i> Метеостанция.....	64
<i>Хомич Е.М., Станкевич Д.Г., Куклицкая А.Г.</i> Ультразвуковой контроль качества сварных соединений методами TOFD и PAA.....	66
<i>Черняк А.С., Исаев А.В., Василевский А.Г.</i> Панель индикации состояния зон охранной сигнализации с проводным интерфейсом обмена.....	67

<i>Шабан Е.И., Василевский А.Г.</i> Цифровое зарядное устройство приемно-контрольного прибора охранной сигнализации.....	68
<i>Шабан Е.И., Ерошеня Т.С., Исаев А.В.</i> Организация работы современных акустических датчиков.....	69
<i>Якимович И.В., Ломтев А.А.</i> Цифровой омметр.....	70
<i>Якимович С.С., Ломтев А.А.</i> Измерительный генератор пилообразного напряжения.....	71
<i>Яловик О.Н., Зуёнок А.П., Фёдорцев Р.В.</i> Открытая архитектура RISC-V для реализации на устройстве ULTRASCALE™ FPGAS.....	72
<i>Ясько Н.Е., Савёлов И.Н.</i> Анализатор качества электроэнергии .....	73
<i>Ясько Н.Е., Тявловский К.Л., Исаев А.В.</i> Реверсивный счетчик с энкодером .....	74
<i>Плевако Е.И., Кольчевский Н.Н., Петров П.В.</i> Программное обеспечение для расчета концентраций газов на основе датчиков серии MQ.....	74
<i>Цедик В.А., Шахлевич Г.М.</i> Импульсные высоковольтные источники.....	75
<i>Galaszkiwicz P.</i> Measurements and analysis of electrical properties of Ti-Zr-C nanocomposite .....	76

## **СЕКЦИЯ 2. КОНСТРУИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ПРИБОРОВ**

<i>Belman O.I., Stelmakh N.V.</i> Automated waste sorting system.....	78
<i>Haidai V.A., Stelmakh N.V.</i> Selection of elementary base to provide technical characteristics of building robot.....	79
<i>Matoshyn O.V., Stelmakh N.V.</i> Analysis of softprom delmia as part of process planning automation.....	80
<i>Андрюшко Р.А., Филонова М.И.</i> Разработка и обоснование дизайна медальона «Венера» в стиле романтизм.....	81
<i>Анейчик А.Л., Митилович А.С., Минченя В.Т.</i> Установка для испытаний биологических тканей.....	82
<i>Аникевич Р.В., Монич С.Г.</i> Комплекс встряхивателей пробирок.....	83
<i>Анищиц А.А., Савченко А.Л.</i> Устройство для кремпирования и загрузки стентов с электрическим приводом.....	84
<i>Беглик В.В., Кривошеев П.Д., Охрименко И.П., Кольчевский Н.Н., Петров П.В.</i> Космический детектор гравитационных волн на основе геостационарных спутников «S-LIGO-E4R-G2».....	85
<i>Благодатских И.А., Юран С.И.</i> Электролизёр для униполярной электрохимической активации (эха) воды.....	86
<i>Бобоев Х., Монич С.Г.</i> Устройство для контроля расхода выдыхаемого воздуха.....	87

<i>Бодяк Д.А., Минченя В.Т.</i> Анализ напряжений при расширении нитинолового саморасширяющегося стента с применением пакета ANSYS .....	88
<i>Бородавкин А.Ю., Минченя В.Т.</i> Оптимизация конструкции клапан-содержащего стента .....	90
<i>Валевич И.А., Ковалевская А.В.</i> Диффузионные печи .....	91
<i>Варакса В.Л., Габец В.Л.</i> Электролобзик .....	91
<i>Васюкевич А.А., Габец В.Л.</i> Устройство для измерения ионизирующих излучений .....	92
<i>Верич А.В., Марков В.О.</i> Конструктор из модуль реле и цифровых датчиков .....	93
<i>Воднева М.Г., Савченко А.Л.</i> Исследование жесткости элементов проволочных эндопротезов сосудов .....	94
<i>Гавриленко В.В., Нисс В.С.</i> Производство коронарных стентов с применением лазерной резки и электрохимической обработки .....	95
<i>Декевич Е.Ю., Старовойтова В.Г., Филонова М.И.</i> Технология производства средств из силикона .....	97
<i>Денис А., Луговой В.П.</i> Абстракцианизм в дизайне ювелирных украшений .....	98
<i>Дерман А.А., Ланин В.Л.</i> Формирование клеевых и паяных соединений при сборке магнитоотрицательных преобразователей .....	99
<i>Дешко Д.О., Савёлов И.Н.</i> Детектор утечек и электрических разрядов .....	100
<i>Аль Дулаими Х., Монич С.Г.</i> Устройство ударно-волновой терапии позвоночника .....	101
<i>Егоров С.В., Распопов В.Я.</i> Методы замера параметров резонатора волнового твердотельного гироскопа для актуализации конечно-элементной модели .....	102
<i>Жарун М.Н., Савченко А.Л.</i> Стенд для дозиметрической оценки параметров изображений с применением радиофармацевтических препаратов .....	103
<i>Житкевич Д.А., Зайцева Е.Г., Суровой С.Н.</i> Функционирование входной двери в рамках концепции «Умный дом» .....	104
<i>Житкевич Д.А., Зайцева Е.Г., Суровой С.Н.</i> Контролирующий дозатор лекарств в рамках концепции «Умный дом» .....	105
<i>Житкевич Д.А., Богдан П.С.</i> К вопросу о перспективах развития систем «Умный дом» .....	106
<i>Зайцева А.А., Медведева Д.А., Зуева А.В., Филонова М.И.</i> Особенности изготовления двояковыпуклых линз .....	107
<i>Занько В.В., Суровой С.Н.</i> Стенд испытания компьютерной клавиатуры на надежность .....	108

<i>Карамышев А.Е., Альмухаметов Д.М., Габец В.Л.</i> Стенд для испытаний шаровых шарниров.....	109
<i>Кирсанов М.Д., Алалуев Р.В.</i> Устройство металлического цилиндрического резонатора волнового твердотельного гироскопа.....	110
<i>Кисель Е.А., Савёлов И.Н.</i> Измеритель освещённости.....	111
<i>Козляковский А.Б., Минченя В.Т.</i> 3-х осевое опорно-поворотное устройство.....	112
<i>Коцур В.С., Минченя В.Т.</i> Затвор дисковый автоматический.....	113
<i>Кравцова В.С., Габец В.Л.</i> Обзор технических средств определения сатурации.....	114
<i>Кравцова В.С., Габец В.Л.</i> Сатурация как способ диагностики COVID-19.....	115
<i>Кравцова В.С., Габец В.Л.</i> Погрешности при определении сатурации.....	116
<i>Кузнецов И.Д., Матвеев В.В.</i> Бескарданная гировертикаль.....	117
<i>Левчук М.М., Габец В.Л.</i> Кресло-коляска для детей, больных ДЦП.....	118
<i>Матюшев М., Королинский Р., Степаненко Д.А.</i> Применение ультрафиолетового излучения в средствах индивидуальной защиты органов дыхания.....	119
<i>Мудинов И., Зайцева Е.Г.</i> Применение закона энергетической проводимости для модернизации рентгеновской трубки.....	120
<i>Мудинов И., Зайцева Е.Г.</i> Применение закона согласования ритмики для совершенствования узла рентгеновской трубки.....	121
<i>Мудинов И., Зайцева Е.Г.</i> Автоматизация назначения экспозиции в рентгеновской установке.....	122
<i>Наббина О., Луговой В.П.</i> Особенности композиции шейных украшений.....	123
<i>Резанович В.А., Монич С.Г.</i> Штатив передвижного рентгеновского аппарата типа «С-дуга».....	124
<i>Роговцова А.С., Савченко А.Л.</i> Приспособление для лазерной сварки нитиноловых элементов эндопротезов.....	125
<i>Сатторов С., Зайцева Е.Г.</i> Снижение дозы облучения при рентгенодиагностических исследованиях за счет применения перовскитных детекторов.....	126
<i>Сатторов С., Зайцева Е.Г.</i> Анализ полей в потоке энергии преобразователя рентгеновского излучения.....	127
<i>Сатторов С., Зайцева Е.Г.</i> Совершенствование преобразователя рентгеновского излучения с использованием законов согласования ритмики и вытеснения человека из технической системы.....	128
<i>Соколов М.В., Погорелов М.Г.</i> Гиромагнитный компас.....	129
<i>Троцкин В.В., Савченко А.Л.</i> Устройство для контроля физико-механических свойств зубной эмали и стоматологических материалов.....	130

<i>Уласевич А.О., Савченко А.Л.</i> Совершенствование технологического процесса создания эндопротезов.....	131
<i>Чудецкий Д.В., Есьман Г.А.</i> Стенд испытания тележки покупательской на долговечность.....	132
<i>Шетилов С.И.</i> Гироскоп со сферическим шарикоподшипниковым подвесом системы стабилизации и управления оптико-электронной аппаратуры.....	133
<i>Шик Д.В., Помогаев В.Е., Стриго Н.А., Филонова М.И.</i> Двояковыпуклая линза.....	134
<i>Шпак А., Луговой В.П.</i> Материалы драгоценных украшений Африки.....	135
<i>Янкина Я.В., Минченя В.Т.</i> Аппарат сшивающий хирургический.....	136
<i>Янкойть А.Н., Луговой В.П.</i> Перспективы применения IT-технологий в ювелирном деле.....	137
<i>Жуков В.И., Степаненко Д.А.</i> Устройство для удаления зубных отложений.....	138
<i>Давлатов И., Степаненко Д.А.</i> Неинвазивный глюкометр.....	139

### **СЕКЦИЯ 3. МИКРО- И НАНОТЕХНИКА**

<i>Амельянович К.С., Колонтаева Т.В.</i> Молекулярные механизмы работы «умных» материалов.....	141
<i>Андрусенко Н.Л., Люцко К.С.</i> Биосенсоры на основе ионных жидкостей для детектирования вирусов.....	142
<i>Антонов М.С., Колонтаева Т.В.</i> Применение электрохимических методов для исследования химических систем.....	143
<i>Бородин А.Н., Люцко К.С.</i> Построение кривой кислотно-основного титрования.....	144
<i>Бородин А.Н., Люцко К.С.</i> Обнаружение селекционных признаков в пшенице с использованием подхода картирования с поправкой на неравновесие по сцеплению.....	145
<i>Бородин А.Н., Щербакова Е.Н.</i> Неопределенное поведение интегральных схем для улучшения производительности вычислений.....	146
<i>Бука А.В., Дятлова Е.М.</i> Синтез и исследование композиционных материалов на основе ортоферрита висмута и полимеров.....	147
<i>Венскевич Н.Н., Колонтаева Т.В.</i> Использование поверхностно-активных веществ в золь-гель технологии.....	148
<i>Галацевич В.В., Колонтаева Т.В.</i> Наноструктурированные плёнки аморфного гидрогенизированного кремния.....	149
<i>Галацевич В.В., Сернов С.П.</i> Эффект Ганна и его применение.....	150
<i>Галацевич В.В., Щербакова Е.Н.</i> Трёхмерная кремниевая технология. Преимущества применения технологии в миро- и нанотехнике.....	151

<i>Жовнерик Е.И., Колонтаева Т.В.</i> Термодинамическое моделирование систем.....	152
<i>Заблоцкая Ю.Д., Лапицкая В.А., Кузнецова Т.А.</i> Оптоволоконные биосенсоры на основе поверхностного плазмонного резонанса .....	153
<i>Заблоцкая Ю.Д., Щербакова Е.Н.</i> Технология интеграции оптических и металлических межсоединений на кремниевых подложках .....	154
<i>Зубелик Д.Т., Колонтаева Т.В.</i> Технологический процесс получения ферритов.....	155
<i>Карамян А.В., Мазуренко В.А., Люцко К.С.</i> Перспективные биосенсоры для обнаружения SARS-COV-2.....	156
<i>Климович Т.А., Колонтаева Т.В.</i> Особенности синтеза прозрачной стеклокерамики .....	157
<i>Климович Т.А., Сернов С.П.</i> Квантовый эффект Холла.....	158
<i>Козлова Е.С., Маркевич М.И., Щербакова Е.Н.</i> Технология формирования приборов на поверхностных акустических волнах.....	159
<i>Козлова Е.С., Лапицкая В.А., Кузнецова Т.А.</i> Изменение емкости тонкопленочного сенсора в зависимости от влажности воздуха.....	160
<i>Козуля А.А., Колонтаева Т.В.</i> Физико-химические основы формирования структуры адсорбентов.....	162
<i>Комар Л.В., Щербакова Е.Н.</i> Технологии тканевой инженерии и регенеративной медицины.....	163
<i>Кораневский А.Г., Ковалевская А.В.</i> Установки для ионной имплантации .....	164
<i>Кулиш И.А., Попов Р.Ю.</i> Термостойкая кордиеритсодержащая керамика на основе глины месторождения «Крупейский сад».....	165
<i>Левчук Д.С., Щербакова Е.Н.</i> Способы достижения сверхвысокого вакуума.....	166
<i>Левчук Д.С., Козлова Т.А.</i> Плазмохимический реактор в микро- и нанотехнике.....	167
<i>Левчук Д.С., Галацевич В.В., Козлова Т.А.</i> Плазменная очистка и модификация поверхности для микроэлектроники.....	168
<i>Литвинова А.В., Ковалевская А.В.</i> Установка электронно-лучевого напыления.....	169
<i>Литвинова А.В., Валевиц И.А., Люцко К.С.</i> Биосенсор на основе пористого кремния, связанный с лектином: оптическое обнаружение бактерий без меток в режиме реального времени.....	170
<i>Некрашевич Д.А., Щербакова Е.Н.</i> Технология формирования органических молекулярных нанокристаллов .....	171
<i>Некрашевич Д.А., Лапицкая В.А., Кузнецова Т.А.</i> Влияние вязкости жидкости на объем вводимой пробы в микрофлюидных устройствах.....	173
<i>Николаева Т.А., Таратын И.А., Чижик С.А.</i> Датчики давления емкостного типа.....	174

<i>Полтавцев К.А., Колонтаева Т.В.</i> Изучение технологии получения материалов со сцинтилляционными свойствами.....	175
<i>Полох Д.М., Балохонов Д.В.</i> Светодиоды на квантовых точках.....	176
<i>Полох Д.М., Колонтаева Т.В.</i> Пазмохимический синтез оксида цинка.....	177
<i>Рысик А.Н., Николаева Т.А., Щербакова Е.Н.</i> Применение пористого кремния в разработке биодатчиков.....	178
<i>Рябая А.Н., Щербакова Е.Н.</i> Технология формирования полупроводниковых диодов на основе карбида кремния.....	179
<i>Рябая А.Н., Лапицкая В.А., Кузнецова Т.А.</i> Поверхностное сопротивление как характеристика тонкопленочных мэмс-нагревателей.....	180
<i>Рябов В.Р., Щербакова Е.Н.</i> Технологии создания монослоев Ленгмюра И Гиббса.....	181
<i>Самсонова А.С., Дятлова Е.М., Попов Р.Ю.</i> Огнеприпас на основе волластонита.....	182
<i>Сергута К.Г., Сернов С.П.</i> Экситоны. Энергетический спектр экситонов в кристалле.....	183
<i>Серокурова А.И., Галенко Е.Н.</i> Условия формирования и исследование свойств оптически прозрачных свч структур на основе $Y_3Fe_5O_{12}/LiNbO_3$ .....	184
<i>Таласпаев М.А., Шахлевич Г.М.</i> Фазообразование в тонких плёнках TI-SI на кремнии.....	185
<i>Тонкович А.С., Кубарский М.В., Люцко К.С.</i> Применение пористого кремния и лектина в разработке биосенсоров.....	187
<i>Трухан Р.Э., Кузнецова Т.А., Лапицкая В.А., Хабарова А.В., Муравьёва Т.И., Мерзин А.М., Самардак В.Ю.</i> Оптимизация режимов трибологических испытаний покрытий углерода наноиндентированием для получения трибоплёнок.....	188
<i>Трухан Р.Э., Кузнецова Т.А., Лапицкая В.А., Хабарова А.В., Муравьёва Т.И., Мерзин А.М., Самардак В.Ю.</i> Механические свойства алмазоподобных покрытий углерода на стали, определённые нано-индентированием.....	189
<i>Шабурова М.А., Колонтаева Т.В.</i> Анализ методов подготовки исходных компонентов.....	190
<i>Шабурова М.А., Колонтаева Т.В.</i> Формирование структуры сегнетокерамики на основе твердых растворов.....	191

#### **СЕКЦИЯ 4. ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ**

<i>Альмухаметов Д.М., Габеев В.Л.</i> Лазерный интерферометр.....	193
<i>Баранкова Е.О., Матвеев В.В.</i> Система стабилизации оптической оси.....	194



<i>Берёзко В.А., Фёдорцев Р.В.</i> Технологические режимы лазерной резки полимерных материалов.....	195
<i>Бобко А.Н., Фёдорцев Р.В., Конопляник Е.И.</i> Оптимизация конструкции бинокля тепловизионного .....	196
<i>Бобнева В.С., Кравчук А.Е., Манего С.А.</i> Расчет освещения производственного помещения точечным методом.....	197
<i>Братова Д.Р.</i> Вейвлет-преобразования в цифровой обработке.....	198
<i>Вершинин М.Н., Юран С.И.</i> О влиянии пространственной когерентности на функциональную активность растительных клеток.....	199
<i>Глухов А.В., Кулешов Н.В., Цихович А.И.</i> Комбинированный оптический прибор управления (КОПУ) 1К118П.....	200
<i>Данилкина М.А., Дмитриев А.В.</i> Визирный канал.....	201
<i>Дегтерёв В.П., Али-заде Э.Т., Козерук А.С., Кузнечик В.О.</i> Прицел панорамный .....	201
<i>Дейнека Р.В., Романов Д.В., Кулешов Н.В.</i> Многофункциональный измерительный стенд для контроля параметров лазерных дальномеров.....	202
<i>Евстрат Я.В., Артюхина Н.К., Ключко Т.Р.</i> Модернизация микроскопа совмещения.....	203
<i>Есипович Д.А., Манего С.А.</i> Тепловой анализ полупроводниковых структур.....	204
<i>Климчук Д.Э., Кулешов Н.В.</i> Приспособление для измерения коэффициента пропускания фазовых четвертьволновых пластин.....	205
<i>Кузнецов А.В., Фёдорцев Р.В.</i> Прибор для контроля точности склейки линз.....	206
<i>Кунц А.В., Кузнечик В.О., Демеш М.П.</i> Стенд контроля лучевой прочности оптических материалов.....	207
<i>Лазарчук А.И., Кисель В.Э., Горбаченя К.Н., Кулешов Н.В.</i> Непрерывный лазер с продольной накачкой на основе кристалла $\text{Yb}^{3+}:\text{LuAlO}_3$ .....	208
<i>Лазарчук А.И., Кисель В.Э., Горбаченя К.Н., Кулешов Н.В., Лопухин К.В., Балашов В.В., Федин А.В., Герке М.Н.</i> Спектрально-люминесцентные свойства оптической керамики $\text{Er}:\text{Y}_2\text{O}_3$ .....	209
<i>Лебедев Р.С., Алагуев Р.В.</i> Интерфейс программного обеспечения для чувствительного элемента стабилизации оптической аппаратуры.....	210
<i>Лишун Л.Е., Матвеев В.В.</i> Гиросtabilизатор оптико-электронной аппаратуры.....	211
<i>Луцкович З.М., Фёдорцев Р.В., Лапковский А.С.</i> Лазерный модуль для очистки металлических поверхностей от различных видов загрязнений.....	212

<i>Мелихова А.Н., Малютин Д.М.</i> Генератор оптических сигналов коллимационных систем.....	213
<i>Новик К.В., Диас Гонсалес Рафаэль Орландо, Козерук А.С.</i> Обработка конических поверхностей в условиях свободного притирания.....	214
<i>Поддубный Д.Ю., Козерук А.С., Кузнечик В.О.</i> Прицел многоканальный.....	215
<i>Пчелкин Г.Н., Дмитриев А.В.</i> Узкопольный телевизионный канал.....	216
<i>Роговская М.Г., Козерук А.С., Кузнечик В.О.</i> Комплексный оптический прибор.....	216
<i>Рякин В.С., Дмитриев А.В.</i> Дальномерный канал по совмещенной схеме.....	217
<i>Рякин В.С., Погорелов М.Г.</i> Фотоимпульсный датчик скорости вращения двигателя на базе инкрементального энкодера.....	218
<i>Серенкова Е.П., Хорунжий И.А.</i> Повышение эффективности лазерной техники в медицине.....	219
<i>Сеч Р.С., Свирина Л.П.</i> Цифровая голографическая микроскопия в биологии и медицине.....	220
<i>Силие Куэнка Алехандро Рафаэль, Фёдорцев Р.В.</i> Сравнительный анализ коэффициентов отражения листьев растений в видимом спектральном диапазоне.....	221
<i>Соснина Л.А., Фёдорцев Р.В.</i> Интерьерный световой дизайн жилого помещения.....	222
<i>Сташкевич Я.Т.С., Ясюкевич А.С., Астраух А.Н.</i> Выбор источника излучения для лазерных локационных систем космических аппаратов.....	224
<i>Тимощенко В.С., Кулешов Н.В., Савчик В.И.</i> Комбинированный прицел наводчика (КПН) БО7К2.....	225
<i>Усольцева А.В., Алексеев В.А.</i> Исследование режимов лазерной обработки художественно-промышленных изделий.....	226
<i>Хомячкова А.Н., Матвеев В.В.</i> Оптико–электронная система ориентирования космического аппарата.....	228
<i>Храмкова А.С., Свирина Л.П.</i> Лазерные гироскопы.....	229
<i>Чергейко С.В., Артюхина Н.К.</i> Анализ многокомпонентных схемных решений вариообъективов.....	230
<i>Шанчук В.А., Артюхина Н.К.</i> Оптические схемы космических телескопов для аппаратов дистанционного зондирования Земли.....	231
<i>Кольчевская И.Н., Кольчевский Н.Н., Петров П.В.</i> Технология изготовления многоэлементной преломляющей 3D линзы.....	232
<i>Старосотников Н.О., Романов Д.В., Котов М.Н., Фёдорцев Р.В.</i> Основные оценочные параметры съёмочной аппаратуры при формировании космических снимков земной поверхности.....	233

## СЕКЦИЯ 5. ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

<i>Chyhrin O.V.</i> Expediency of development of 3D printing robot in construction.....	235
<i>Nikita Savkov</i> Reviewing trends in international migration into EU countries via residence by investment programs.....	236
<i>Ануфриев Д.А., Матвеев В.В.</i> Резервный курсовой индикатор самолета на микросистемных магнитометрах.....	237
<i>Беганская В.Э., Запольская К.В., Гацкевич Е.И.</i> Воздействие лазерного излучения на металлы, используемые в ювелирных изделиях.....	238
<i>Белкин В.В., Матвеев В.В.</i> Многофункциональный индикатор пилотажной информации перспективного самолета.....	239
<i>Вансович Д.И., Кондратьева Н.А., Гундина М.А.</i> Разработка мобильного приложения «Расписание для студентов БНТУ» в программе ANDROID STUDIO.....	240
<i>Габеев В.А., Тявловский К.Л., Гусев О.К.</i> Инновационная методика обучения – взгляд студента.....	241
<i>Гайкевич Д.Н., Черный В.В.</i> Коэффициент усиления биполярного транзистора.....	242
<i>Грузд Н.А., Гундина М.А.</i> Возможности распознавания объектов в системе WOLFRAM MATHEMATICA.....	243
<i>Гурин М.В., Бобученко Д.С.</i> Отражение $p$ -поляризованной электромагнитной волны от границы раздела сред при наличии тока.....	244
<i>Ерошеня Т.С., Безлюдов А.А., Василевский А.Г.</i> Способ индикации состояния линий приёма и передачи при использовании интерфейса RS-485.....	246
<i>Жарков Р.А., Бобученко Д.С.</i> Изменения электрического и магнитного полей на границе раздела двух сред.....	247
<i>Жикин К.Д., Прусова И.В.</i> Теория вероятностей в азартных играх.....	248
<i>Иоффе К.В., Бокуть Л.В.</i> Решение линейных уравнений методом крамера в DELPHI.....	249
<i>Кирикович В.А., Кондратьева Н.А.</i> Создание базы данных для студенческого общежития.....	250
<i>Кодиров О.К., Шукуров Р.</i> Математическое моделирование процесса распространения популяционных волн в экстремальных режимах.....	251
<i>Колесникова А.Г., Матвеев В.В.</i> Указатель поворота самолета на современной элементной базе.....	256
<i>Кудряшов В.Б., Кондратьева Н.А., Гундина М.А.</i> Реализация задачи Дирихле в MATHCAD.....	257
<i>Курило Э.В., Бокуть Л.В.</i> Решение нелинейных уравнений методом Ньютона в DELPHI.....	258
	379

<i>Лебедев Е.О., Бокуть Л.В.</i> Моделирование тела, брошенного под углом к горизонту в MATHCAD	259
<i>Леценко Е.Г., Красовский В.В.</i> Использование оптоволокна в медицине	260
<i>Лысякова А.А., Матвеев В.В.</i> Волновой твердотельный гироскоп с металлическим резонатором	261
<i>Любинский К.А., Семенова К.В., Гацкевич Е.И.</i> Лента Мёбиуса: математическое описание	262
<i>Малашонок С.В., Савкова Е.Н.</i> Рекомендации по применению видов распределений вероятностей электромагнитных величин	263
<i>Михович О.С., Бумай Ю.А., Почкаев А.В., Почкаева Т.В.</i> Метод емкостной релаксационной спектрометрии для исследования электрических свойств сахарозы	264
<i>Малашонок С.В., Чжан Ю., Савкова Е.Н.</i> Соотношение неопределенности и интервалов допусков в электромагнитных и радиотехнических измерениях	265
<i>Мишуто К.А., Чугаевская К.В., Красовский В.В.</i> Физические принципы измерения артериального давления	266
<i>Москаленко Г.Э., Юхновская О.В.</i> Особенности разработки логотипа медицинского центра	267
<i>Орешкевич П.В., Бумай Ю.А., Почкаев А.В., Почкаева Т.В.</i> Исследование зависимости емкости сахарозы от влажности методом емкостной релаксационной спектрометрии	268
<i>Проконец С.А.</i> Алгоритм ориентации бесплатформенной инерциальной навигационной системы для параметров Кэли-Клейна	269
<i>Серков И.В., Алалуев Р.В.</i> Программное обеспечение для чувствительного элемента стабилизации оптической аппаратуры	270
<i>Струков А.А., Бобученко Д.С.</i> отражение S-поляризованной ЭМ волны от границы раздела сред при наличии тока	271
<i>Храмкова А.С., Гацкевич Е.И.</i> Операционная система LINUX	272
<i>Храмкова А.С., Гундина М.А.</i> Анализ аудиофайлов в системе WOLFRAM MATHEMATICA	273
<i>Черкасова П.В., Матвеев В.В.</i> Применение мобильных устройств в научном эксперименте	274
<i>Шевченко В.П., Гацкевич Е.И.</i> Проблемы использования искусственного интеллекта	275
<i>Якубович Т.С., Гацкевич Е.И.</i> Моделирование оптических явлений в MATHCAD	276
<i>Зысковец Ю.М., Черный В.В.</i> Графеновые суперконденсаторы аномально большой емкости	277
<i>Удавихин Е.А., Кольчевский Н.Н., Петров П.В.</i> Система отображения показаний датчиков на мобильных устройствах	278

<i>Ясенко А.С., Кольчевский Н.Н., Петров П.В.</i> Разработка ANDROID приложения для бизнес портала PORTAL.BSU.BY.....	279
<i>Климов М.О., Красовский В.В.</i> Датчики охранной сигнализации.....	280
<i>Климов М.О., Черный В.В.</i> Вольтфарадные характеристики и интенсивность электролюминесценции для голубых светодиодов...	281

## СЕКЦИЯ 6. ТЕХНОСФЕРА И МЕНЕДЖМЕНТ СПОРТА

<i>Kovalchuk A.</i> The effects of fiscal decentralization on economic development: limitations of empirical research.....	283
<i>Абрамчук А.А.</i> Проектирование системы VAR для футбольного стадиона.....	285
<i>Бекмуратов Х.Н., Шахлевич Г.М.</i> Новая методика оценки эффективности трансдермального электрофореза.....	286
<i>Бесан А.В., Барановская Д.И.</i> Спортивный тренажёр для тренировки мышц предплечий.....	287
<i>Вавулова П.М.</i> Вентиляция и кондиционирование воздуха зала тяжелой атлетики.....	288
<i>Голуб К.А.</i> Система видеоповторов «FOXTENN».....	289
<i>Дарануца К.С., Барановская Д.И.</i> Организация нагрузки в системе тренажера «Беговая дорожка».....	290
<i>Денисик А.С., Барановская Д.И.</i> Модернизация системы телекоммуникаций, общей антенны и видеосъемочного оборудования в МКСК «МИНСК-АРЕНА».....	291
<i>Заяц В.В., Ломтев А.А.</i> Фиксация ударов и укулов в фехтовании .....	292
<i>Емельянов А.А.</i> Проектирование конференц-зала административного здания ГУ «Хоккейный клуб «ЮНОСТЬ-МИНСК».....	293
<i>Зданчук А.В., Барановская Д.И.</i> Модернизация освещения крытого катка.....	294
<i>Коротченя У.Д., Кривицкий П.Г.</i> Спортивный тренажёр для тренировки низкого старта в спринте.....	295
<i>Ладесов П.И., Барановская Д.И.</i> Разработка системы контроля и управления доступом в здании крытого катка ГУ «Хоккейный клуб «ЮНОСТЬ-МИНСК».....	296
<i>Литовченко В.А., Снарская Е.А.</i> Спортивный тренажёр для совершенствования ударов в большом теннисе.....	297
<i>Лукашевич В.А., Барановская Д.И.</i> Система регистрации пересечения створа ворот футбольным мячом.....	298
<i>Лютынский С.Ю., Снарская Е.А.</i> Тренажёр для отработки нападающего удара в волейболе.....	299
<i>Маргуж М.А., Савёлов И.Н.</i> Блок управления тренажером для боксёров.....	300
	381

<i>Михнюк В.А., Ращинский О.Д., Давыдов М.В.</i> Общие принципы устройства для тренировки лиц с ограниченными возможностями.....	301
<i>Нурсахадов Н.М., Савёлов И.Н.</i> Блок управления тренажёром для гребцов .....	302
<i>Презов И.А., Ломтев А.А.</i> Система хронометража в плавании.....	303
<i>Ращинский О.Д., Михнюк В.А., Шахлевич Г.М.</i> Анализ данных при проведении фитнес-тестов.....	304
<i>Рутковский А.В., Васюк В.Е.</i> Тренажёр для тренировки волейболистов.....	306
<i>Савось В.Г., Савёлов И.Н.</i> Спортивное устройство для обучения дриблингу в хоккее .....	307
<i>Сидорчик А.В., Барановская Д.И.</i> Проектирование системы звукоусиления при проведении концертного мероприятия на ГУ «Национальный олимпийский стадион «ДИНАМО».....	308
<i>Скрипко В.С.</i> Проектирование воздухообрабатывающей установки крытого слалома.....	309
<i>Траханов А.П.</i> Модельные характеристики упражнения «Бросок мяча в гандболе» (на примере штрафного броска).....	310
<i>Цинкевич С.В., Ломтев А.А.</i> Устройство для измерения каденса.....	311
<i>Шешко В.В., Ливанский Д.Г.</i> Проектирование системы климатизации ледовой арены на примере ледового дворца г. Лида.....	312
<i>Шешко В.В., Ливанский Д.Г.</i> Подбор оборудования системы климатизации для ледового дворца г. Лида.....	313
<i>Шешко В.В., Ливанский Д.Г.</i> Автоматизация установок климатизации ледового дворца г. Лида.....	314
<i>Яцевич А.А., Васюк В.Е.</i> Тренажёр для тренировки учащихся БНТУ... ..	315
<i>Яцко Н.А., Долгачева Д.О., Беляева А.А.</i> Инженерные системы баскетбольной арены.....	316

## **СЕКЦИЯ 7. СТАНДАРТИЗАЦИЯ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ**

<i>Алешевич Д.Д., Кошель И.В., Самохвал П.М.</i> Использование фотосъемки в оценке кинематического состояния осанки человека.....	318
<i>Алешевич Д.Д., Самохвал П.М.</i> Использование возможностей смартфонов для оценки кинематического состояния осанки человека .....	319
<i>Андрейковец А.С., Булышко В.Ю., Ильинчик И.В., Соломахо В.Л.</i> Перспективы применения атрибутивного контроля в современном производственном процессе.....	320
<i>Бабанюк Д.С., Соколовский С.С.</i> Повышение радиационной безопасности на атомной электростанции за счет повышения качества метрологического обеспечения.....	321

<i>Белов П.С., Серенков П.С.</i> Анализ требований, предъявляемых к машинам стиральным по параметрам энергоэффективности.....	322
<i>Белова Е.А., Гуревич В.Л.</i> Международные стандарты планирования производственных процессов.....	324
<i>Бочан К.Ю., Серенков П.С.</i> Технология блокчейн в обеспечении метрологической прослеживаемости.....	325
<i>Бочан К.Ю., Нефедов С.Н.</i> Определение допустимой неопределенности измерений на основе заданных показателей риска.....	326
<i>Вечерская Л.А., Серенков П.С.</i> Важность определения контекста организации.....	327
<i>Герасимчик Е.Е., Серенков П.С.</i> Оптимизация контроля качества изготавливаемой продукции ЗАО «АЛТИМЕД».....	328
<i>Герасимчик Е.Е., Серенков П.С.</i> Метрологический контроль окружающей среды в чистых помещениях.....	329
<i>Гордейко В.Г., Соколовский С.С.</i> Анализ современного состояния в области обеспечения единства измерений массы.....	330
<i>Дмитрук И.А., Коробко Ю.С.</i> Преимущества применения катушек роговского в токовых трансформаторных датчиках.....	331
<i>Евсюк Е.А., Гуревич В.Л.</i> Современные тенденции развития в области испытаний ЭМС.....	332
<i>Заступневич Д.А., Качановская В.Ю., Соломахо В.Л.</i> Новые технологии и нормирование шероховатости поверхности.....	333
<i>Зданович Е.С., Ленкевич О.А.</i> Система сбора и анализа данных как реализация принципа привлечённости персонала.....	335
<i>Казаченко В.А., Ленкевич О.А.</i> Использование простейших статистических методов как инструмент управления качеством.....	336
<i>Качановская В.Ю., Заступневич Д.А., Соломахо В.Л.</i> Новое в оценке высотных параметров шероховатости поверхности.....	337
<i>Ковыньёв Н.В.</i> Оценка применения стеганографических алгоритмов с использованием видеофайла в качестве контейнера.....	339
<i>Краевская У.И., Самохвал П.М.</i> Объективные и субъективные методы.....	341
<i>Лавринович М.В., Ленкевич О.А.</i> Системный менеджмент в реализации концепции «Умного города».....	342
<i>Михейчик А.В., Серенков П.С.</i> Особенности моделирования сети процессов системы менеджмента качества на этапе ее применения.....	343
<i>Михейчик А.В., Соломахо В.Л.</i> Оценка согласованности принятия решения при атрибутивном контроле.....	344
<i>Песляк И.Е., Серенков П.С.</i> Анализ потенциальных возможностей обеспечения робастности процессов.....	345
<i>Песляк И.Е., Серенков П.С.</i> Анализ характеристик вариации выходов процессов.....	346

<i>Русакович К.А., Самохвал П.М.</i> Диагностика нарушений осанки при помощи программных продуктов.....	347
<i>Русакович К.А., Рутковский С.В., Лысенко В.Г.</i> Исследования погрешностей при помощи Использования систем Компас-3d.....	347
<i>Рутковский С.В., Русакович К.А., Лысенко В.Г.</i> Визуализация процесса возникновения погрешностей измерений.....	348
<i>Рутковский С.В., Самохвал П.М.</i> Портативные смарт-устройства для коррекции осанки.....	349
<i>Сенюта О.А., Ленкевич О.А.</i> Управление качеством продукции на качественном уровне.....	350
<i>Сипачев И.В., Савкова Е.Н.</i> Информативные параметры частных и глобальных рисков в измерениях.....	351
<i>Сипачев И.В., Чжан Юнь, Савкова Е.Н.</i> Формализация точного подхода к управлению рисками в электромагнитных измерениях.....	352
<i>Сорокина А.А., Самохвал П.М.</i> Использование метода компьютерной оптической топографии для оценки нарушений осанки.....	353
<i>Станкевич М.А., Гуревич В.Л.</i> Метрологический контроль средств измерений сопротивления постоянному току.....	354
<i>Ткачёв Д.Д., Коробко Ю.С.</i> Применение вольтметров для измерения параметров гармонических сигналов.....	355
<i>Хвистик М.Д., Ленкевич О.А.</i> Система сбора и анализа данных как реализация принципа принятия решений, основанного на фактах.....	356
<i>Хомиченко А.В., Ленкевич О.А.</i> Актуальные требования в области защиты конфиденциальности.....	357
<i>Хомиченко А.В., Ленкевич О.А.</i> Анализ заключительного стандарта ISO об адаптации к изменению климата.....	358
<i>Чурак Н.В., Серенков П.С.</i> Анализ информационных систем контроля и оценки знаний для их применения при обучении по вопросам системного менеджмента.....	360
<i>Чурак Н.В., Серенков П.С.</i> Сравнительный анализ результативностей структурных подразделений.....	361
<i>Шулаков Ю.В., Дейко Е.А., Рудая А.Н.</i> Результаты исследования строительных конструкций методом тензометрии.....	362
<i>Шулаков Ю.В., Сильчук В.А., Рудая А.Н.</i> Метрологическое обеспечение испытаний строительных конструкций.....	363
<i>Янчиленко А.С., Соколовский С.С.</i> Повышение эффективности выбора методик выполнения измерений методами квалитметрии.....	365
<i>Янчиленко А.С., Соколовский С.С.</i> Исследование погрешностей координатных измерений, выполняемых на базе цифрового измерительного проектора.....	366



Научное издание

**НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ  
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ**

Материалы

14-й Международной научно-технической конференции  
молодых ученых и студентов

Ответственный за выпуск *Н. Н. Ризноокая*

Оформление и компьютерная верстка *Н. Н. Ризнооккой, О. Л. Чабаровой*

Подписано в печать 07.04.2021. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 22,38. Уч.-изд. л. 17,50. Тираж 100. Заказ 182.

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.