

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Интеллектуальные и мехатронные системы»

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ, СЕНСОРНЫЕ И
МЕХАТРОННЫЕ СИСТЕМЫ-2023**

Сборник научных трудов
(по материалам студенческих научно-технических конференций)

М и н с к
Б Н Т У
2 0 2 3

Редакционная коллегия:

В.М. Зайцев, В.А. Гулай, А.В. Дубовик

Составитель:

Е.А. Богданова

Представлены материалы докладов студенческих научно-технических конференций. Тематика охватывает широкий круг проблем построения интеллектуальных систем обработки информации, сенсорных и мехатронных систем.

© Белорусский национальный
технический университет, 2023

БЕСПИЛОТНАЯ ТЕЛЕЖКА

студент Сидоренко А. А.,

студент Марач М. С.

Научный руководитель - канд. техн. наук Шуть В. Н.

Брестский государственный технический университет

Брест, Беларусь

В последние годы наблюдается рост интереса среди ученых и производителей автотранспорта к беспилотным автомобилям, способным перемещаться по дорогам без участия человека[1-3]. По сравнению с машинами, управляемыми человеком, автономные обладают большей скоростью реакции на изменение дорожной ситуации и не подвержены влиянию человеческого фактора: усталости, психическое состояние и пр. Использование качественных систем автономной навигации позволит уменьшить количество ДТП и человеческих жертв, снизит стоимость транспортировки товаров, позволит экономить время, затрачиваемое сейчас на вождение транспортных средств. Такие системы разрабатываются на основе платформ, конструктивно сходных с современными автомобилями и не свойственных другим робототехническим конструкциям.

Разработка беспилотных автомобилей началась около 40 лет назад. Так в 1980-ых система автономного управления автомобилем, финансируемая Управлением перспективных исследовательских программ DARPA в Соединенных Штатах была апробирована на дороге для управления автономным транспортным средством на скорости до 30 км/ч [4].

Особое место в развитии беспилотного транспорта занимают так называемые беспилотные тележки. Они уже сейчас используются в складских помещениях, заводских цехах, в некоторых крупных портах для автономного перемещения грузов. Перспектива их применения довольно широка: подвоз комплектующих со склада на сборочный участок, отвоз готовых изделий от металлообрабатывающих станков на промежуточный склад хранения и т.д. Многие передовые страны (Германия, Дания, Япония, Россия) производят их серийно. В РБ они не производятся, и это может быть хорошей продукцией, как для государственного предприятия, так и для частного.

Беспилотная тележка (AGV - Automatic guided vehicle) - транспортер с электроприводом, предназначенный для перемещения грузов. Тележка

автоматическая, а это значит, что для ее обслуживания не нужен отдельный оператор - тележки двигаются по заданной траектории в автономном режиме без участия человека.

Беспилотная тележка снабжена всеми необходимыми системами и элементами безопасности, может эксплуатироваться на вредных или опасных производствах, местах скопления людей и других движущихся тележек.

В зависимости от типа, беспилотная тележка работает:

1. буксиром, перевозя другие тележки;
2. перевозчиком, поднимая и перевозя на себе грузы (стеллажи, паллеты и тд).

Основные направления работы:

1. движение по предварительно определенной траектории различной формы, включая развилки
2. поддержание постоянной скорости в случае сопровождения конвейера или других объектов
3. остановки и продолжение движения, как в заранее определенных позициях, так и "по требованию" оператора
4. загрузка и разгрузка перевозимых компонентов
5. беспроводная связь с другими тележками или центральным терминалом для создания сети тележек, движущихся без участия людей
6. картографирование неподвижных препятствий для проезда на минимальном расстоянии
7. распознавание перемещающихся препятствий, ожидание их исчезновения и продолжение работы.

Следуя по маршруту, беспилотная тележка может:

1. останавливаться и снова начинать движение
2. сопровождать конвейер на постоянной скорости
3. выполнять другие запрограммированные действия

В структуру автоматически управляемой тележки входят:

1. блок привода, с 2-мя независимыми электромоторами, обеспечивающий тягу и поворот на маршруте следования
2. блок энергообеспечения, содержащий набор герметичных необслуживаемых аккумуляторов (разрешены для применения в помещениях, где находятся люди, не требуют специальной комнаты для зарядки)

3. блок управления с программируемым контроллером, отвечающий за процесс движения

4. система безопасности и оповещения, включающая в себя свето-звуковую сигнализацию при движении и сертифицированный ультразвуковой дальномер

5. система навигации, позволяющая реализовать движение по заданной траектории

6. пульт управления

Использование этих систем позволяет беспилотной тележке следовать по заданному маршруту, включая развилки и повороты, контролировать препятствия на пути следования, останавливаться при их наличии и продолжать движение при первой возможности.

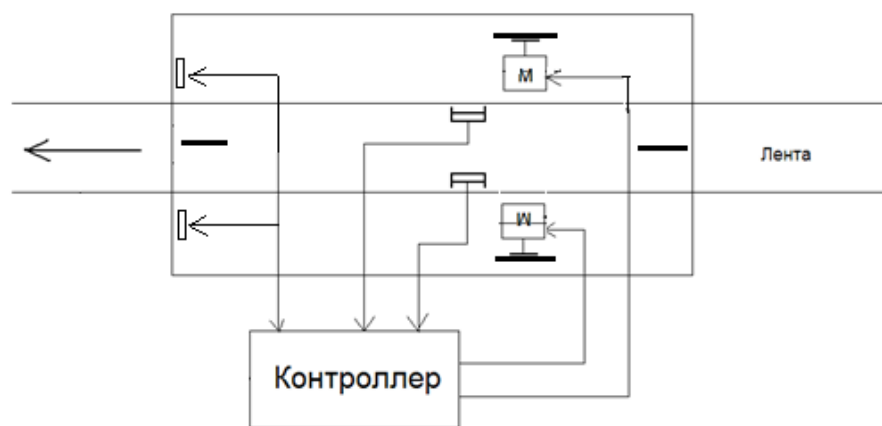


Рисунок 1. Структура беспилотной тележки

Беспилотная тележка имеет четыре колеса: 2 из них ведущие, остальные поддерживающие. Поддерживающие колеса вращаются на 360 градусов, чтобы в случае чего тележка могла развернуться вокруг своей оси и продолжить движение без сторонней помощи. Также тележка имеет три типа датчиков. Индуктивные и инфракрасные датчики, расположенные в самом низу тележки, будут считывать траекторию магнитной ленты или чёрной линии. Датчики, расположенный впереди автоматического транспорта должны предотвращать любое столкновение с препятствием, поэтому применяются ультразвуковые датчики расстояния. Все сигналы, получаемые датчиками, обрабатываются контроллером, который вырабатывает управляющий сигнал для драйверов привода.

Беспилотная тележка следует по предварительно определенной траектории. Старт движения может осуществляться по нажатию кнопки или событию: начало смены, прибытию груза, сигнал оператора.

Три варианта определение маршрута беспилотной тележкой:

1. по металлической ленте - наклеивается на пол, не мешает, легко создавать развилки, остановки и повороты. Дешевый способ, но лента изнашивается механически. При таком режиме работают индуктивные датчики, которые выдают сигнал при наличии магнитного поля.

2. по чёрной линии – рисуется на полу, не мешает, легко создавать развилки, остановки и повороты. Дешёвый способ, но при перестройке маршрута придётся стирать линию. При таком режиме работают ИК-датчики (датчики чёрной линии), которые работают по принципу отражения инфракрасного луча от поверхности пола.

3. комбинированный режим – на пол наклеивается металлическая лента и покрывается чёрным матовым лаком. Более дорогой способ, однако самый надёжный. При этом режиме работают одновременно два типа датчиков.

На панели управления находятся следующие кнопки:

1. кнопка «Питание»
2. кнопка «пуск»
3. переключатели для смены режимов определения маршрута и смены направления движения

Беспилотная тележка получает команды от металлической ленты (чёрной линии), наклеенной на пол. Рассмотрим четыре основные команды: остановка; снижение скорости; поворот направо; поворот налево. Все команды иллюстрированы. Рисунок 2,3,4и 5, соответственно.

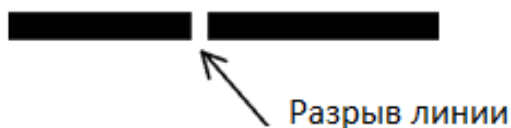


Рисунок 2. Команда для остановки

При кратковременной потере сигнала сразу на обоих датчиках, беспилотная тележка остановится. Для того, чтобы тележка продолжила движение по маршруту, необходимо нажать кнопку «Пуск».



Рисунок 3. Команда на снижение скорости

Для того чтобы тележка снизила скорость на определённом участке маршрута, рядом с основной лентой необходимо сделать метку. При получении сигнала о снижении скорости, включится таймер, и тележка будет двигаться с пониженной скоростью в течение заданного времени. Такая метка ставится перед каждым поворотом.

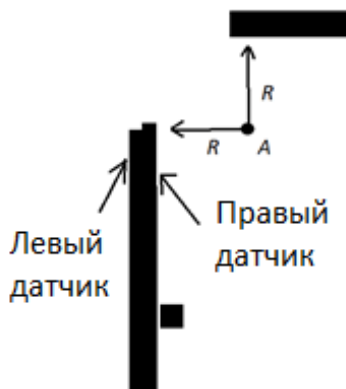


Рисунок 4. Команда для поворота направо

Для того, чтобы беспилотная тележка повернула направо необходимо наклеить ленту так, как показано на рисунке. В этом случае сперва потеряет сигнал левый датчик, затем правый. Таким образом тележка повернёт направо. Поворот будет осуществляться относительно неподвижного колеса (точка А). Радиус поворота R равен расстоянию от колеса до датчика. Перед поворотом в обязательном порядке ставится метка.

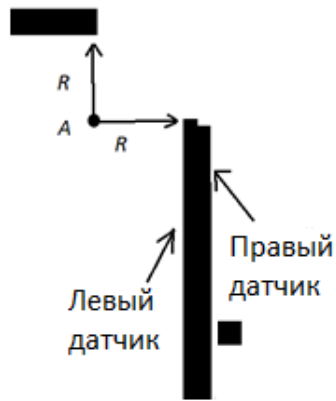


Рисунок. 5. Команда для поворота налево

Для того, чтобы беспилотная тележка повернула налево необходимо наклеить ленту так, как показано на рисунке. В этом случае сперва потеряет сигнал правый датчик, затем левый. Таким образом тележка повернёт налево. Поворот будет осуществляться относительно неподвижного колеса (точка А). Радиус поворота R равен расстоянию от колеса до датчика. Перед поворотом в обязательном порядке ставится метка. Рассмотрим две дополнительные команды: выезд на общую ленту; съезд с общей ленты.

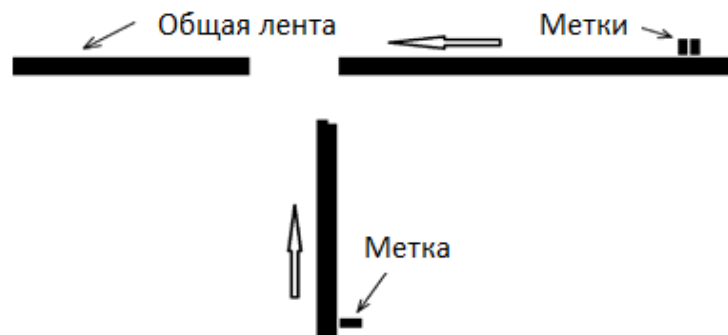


Рисунок 6. Команда для выезда на общую ленту

На данном примере показан выезд тележки на общую ленту. В этом случае перед развилкой на основной ленте необходимо поставить две метки, чтобы тележка, движущаяся по общей ленте, во время разрыва ленты продолжила движение в прямом направлении. Стрелками указано направление движения.

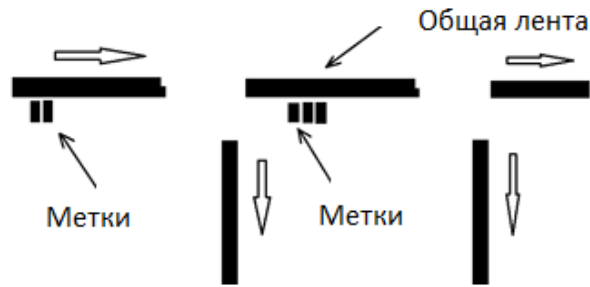


Рисунок 7. Команда для съезда с общей ленты

На данном примере показан съезд тележки с общей ленты. Команда – где именно нужно съехать с общей ленты, задаётся количеством меток перед съездом. Таким образом для каждой тележки можно проложить отдельный маршрут. Стрелками указано направление движения.

В управлении тележки заложен останов в случае обнаружения препятствия. Для этого в бампере тележки с обеих сторон находится по два ультразвуковых датчика. Такой датчик работает по принципу сонара, посылая пучок ультразвука, и получая его отражение с задержкой. Этим устройство управления определяет наличие объектов и расстояние до них. Ультразвуковые сигналы, генерируемые приёмником, отражаясь ото препятствия, возвращаются к нему через определённый промежуток времени. Именно этот временной интервал становится характеристикой, помогающей определить расстояние до объекта.

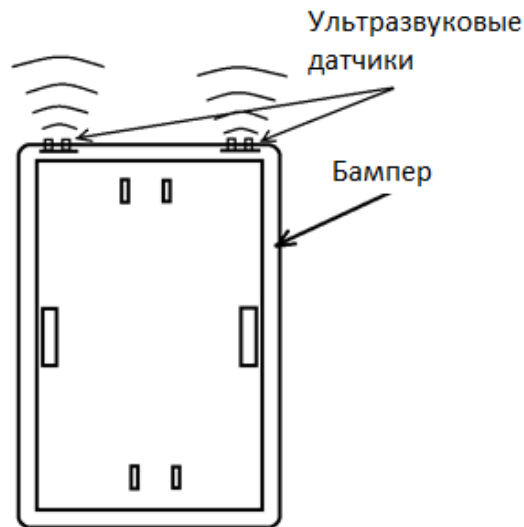


Рисунок 8. Схема тележки с ультразвуковыми датчиками

Таким образом при обнаружении препятствия на расстоянии менее 2 метров, беспилотная тележка снизит скорость. При обнаружении препятствия на расстоянии менее 1,2 метра, тележка остановится. Беспилотная тележка продолжит движение только после исчезновения препятствия. Перед поворотами, когда поступает команда о снижении скорости, тележка остановится только в том случае, если расстояние до препятствия будет менее 0.8 метра, поскольку маршрут тележки может быть проложен таким образом, что необходимо осуществить поворот сразу перед стеной, либо каким-нибудь другим препятствием.

Литература

1. Vasili Shuts, Valery Kasyanik. Mobile Autonomous robots – a new type of city public transport. // Transport and Telecommunication. – 2011. – V. 12, No 4. – P. 52-60.

2. Пролиско Е.Е., Шуть В.Н. Высокопроизводительный вид городского пассажирского транспорта на базе современных информационных технологий / Сб. научн. трудов по мат. междунар. заочной научно-практич конф. «Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика», Воронеж, 2016 г. – Воронеж : «ВГЛТУ», 2016, т. 4, № 5, ч. 3 – с. 336-341.

3. Пролиско Е.Е., Шуть В.Н. Динамическая модель работы транспортной системы «ИНФОБУС» / Материалы научно-технической конференции «Искусственный интеллект. Интеллектуальные транспортные системы». Брест, Беларусь, 25-28 мая 2016 г. – Брест : «БрГТУ», 2016 – с. 49-54.

4. Шуть В.Н., Персия Лука. Интеллектуальные робототехнические транспортные системы / В.Н.Шуть, Л.Персия -Брест: Издательство УО «БрГТУ», 2017.-230с.- ISBN 978-985-6744-41-2.

УДК 621.97; 004.042; 004.93'12

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПАДЕНИЯ УСТРОЙСТВ

студент гр. 913802 Русак И. В.

Научный руководитель - канд. техн. наук Ролич О. Ч.

Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Аннотация. Создано устройство детектирования падения и произведен анализ характера падения в зависимости от показателей и внешних воздействий. В результате установлены оптимальные параметры работы датчика детектирования падения.

Ключевые слова: датчик падения, графический анализ, микроконтроллеры.

Введение. В настоящее время одним из важных критериев современных устройств является возможность определения состояния падения и внешних воздействий на устройства. Данное явление является незаменимым для качественного хранения данных на всех современных жестких дисках. Технология детектирования падения также находит свое применение в современных ноутбуках, телефонах и планшетах, позволяя определить характер воздействия внешних факторов на устройство. Также данная технология используется при перевозке грузов, в процессе которой может повредиться груз. Важной частью в создании датчиков детектирования падения является настройка и калибровка. Проанализировать внешние воздействия и состояние падения можно при помощи спектрального анализа [1].

Основная часть. В качестве устройства детектирования падения применяется микроконтроллер STM32F407VGT6 и акселерометр LIS3DSH [2]. При помощи данного акселерометра можно определять коэффициент тяжести и угол наклона устройства. В качестве интерфейса взаимодействия акселерометра и микроконтроллера используется SPI. Для настройки акселерометра необходимо задать необходимые параметры и условия, при достижении которых будет создано прерывания, позволяющее определить, что было совершено падение. В качестве параметров детектирования падения следует задать временной интервал, в котором положение акселерометра будет находиться в невесомости. Также следует учитывать пороговое значение изменения силы

тяжести. При исследовании состояния падения следует проанализировать изменение коэффициентов силы тяжести устройства. Для определения и представления показателей силы тяжести устройства следует отобразить динамику изменения значений на графиках в виде зависимости силы тяжести от времени. В качестве среды моделирования графиков и диаграмм используется MathCAD. Для более детального определения поведения устройства при падении необходимо произвести тестирование с различной высоты: один метр и полметра. Таким образом на рисунках 1 и 2 отображены зависимости силы тяжести каждой оси при падении с различных высот.

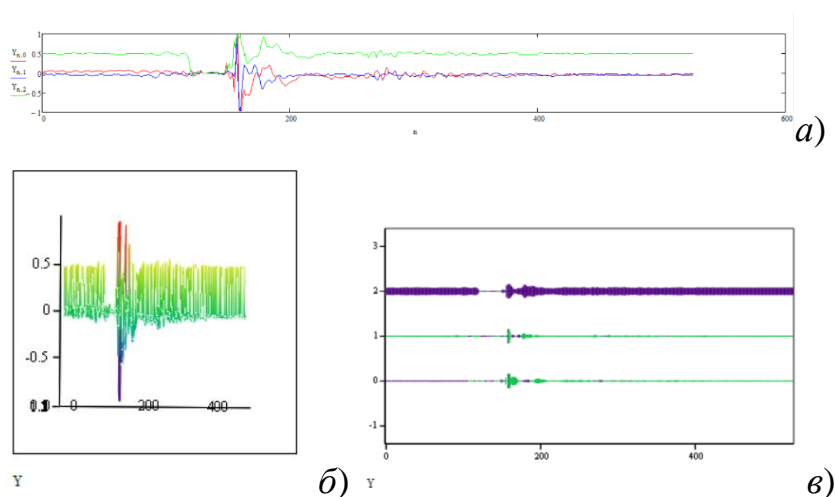
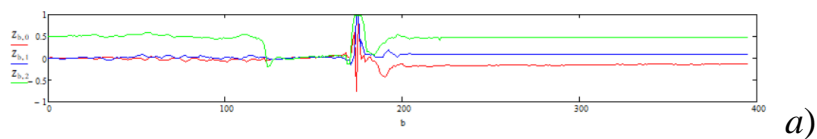


Рисунок 1. Результаты детектирования падения с высоты полметра: а) – двумерный график падения устройства; б) – трехмерный график падения устройства; в) – график векторного поля



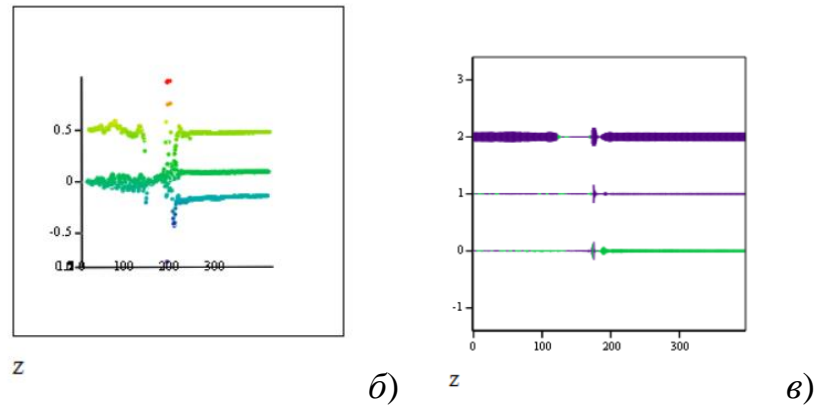


Рисунок 2 Результаты детектирования падения с высоты в полтора метра: а) – двумерный график падения устройства; б) – трехмерный график падения устройства; в) – график векторного поля

Как можно заметить, на графиках наблюдается явная фаза невесомости устройства с подробным определением силы тяжести в любой момент времени. Все подробные данные отображены в таблице 1.

Таблица 1. Настройки и показатели падения устройства

Номер падения	Высота падения, м	Время падения, с	Пороговое изменение силы тяжести, g	Пороговое время обнаружения, с
1	0,5	0,13	0.375	0.1
2	1.5	1.62	0.4	0.2

Анализируя полученные данные, можно определить начало падения устройства, его положение в состоянии невесомости и момент удара о поверхность. Также при помощи данных и диаграмм можно определить время падения устройства и пройденное им расстояние. Для определения времени падения необходимо умножить количество полученных данных с начального состояния и до падения устройства. Затем, зная частоту опроса силы тяжести акселерометра необходимо умножить количество опросов на период опроса датчика. Также зная особенности устройства исследования, можно задать соответствующие параметры времени обнаружения падения и пограничное изменение силы тяжести.

Заключение. Создан датчик детектирования падения. Произведен анализ поведения устройства при падении. Исследованы и использованы различные вариации работы устройства и детектирования падения.

Литература

1. Функции акселерометров и их применение [Электронный ресурс]. Ссылка на ресурс: <https://tv-st.ru/ustrojstva/akselerometr-g-sensor.html?ysclid=lamb6us3et232047225>
2. Как работать с MEMS акселерометром [Электронный ресурс]. Ссылка на ресурс: <https://www.compel.ru/lib/94857?ysclid=lamb90e41n828040530>

ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ПИТАНИЯ МАГНЕТРОНА НА ИОННЫЙ ТОК ПОДЛОЖКИ

студент гр. 115441 Нестерчик Р. И.,
студент гр. 215101 Нгуен Ван Ту Ань,
студент гр. 215101 Чан Динь Ньат Хань

Научный руководитель - канд. техн. наук Завадский С.М.

Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

При формировании компонентных слоев (оксидных и нитридных в частности) существует проблема уменьшения скорости нанесения и формирования стехиометрического соединения. Одним из способов решения этой проблемы является отказ от постоянного тока и использование импульсного питания магнетронной распылительной системы.

Основными параметрами импульсного униполярного и биполярного питания магнетронных распылительных систем (МРС) являются частота F и коэффициент заполнения D питающих импульсов. В зависимости от вариаций этих параметров следует ожидать изменения мгновенных значений тока разряда. Это поведение разрядных характеристик при импульсном режиме работы можно объяснить процессами перезарядки в зоне плазмообразования магнетронного разряда и увеличением передаваемой разряду мощности от блока питания при работе в режиме стабилизации тока.

Одним из основных отличий импульсного питания магнетрона является более высокая степень генерации ионизированных распыленных атомов Me^+ в потоке распыленного материала. Однако для того чтобы генерировать ионы Me^+ магнетрон должен функционировать при высоких значениях плотности мощности разряда магнетрона.

При импульсном распылении отмечается пропорциональное повышение ионного тока на подложку при увеличении напряжения смещения подложки (рисунок 1) в отличие от распыления на постоянном токе, где наблюдается насыщение ионного тока при достижении определенного предельного значения напряжения смещения подложки. По-видимому, данное явление связано с тем, что при импульсном распылении плотность плазмы в промежутке мишень – подложка, а также температура электронов в разряде, стимулируемом импульсным напряжением, значительно выше, чем в случае разряда на

постоянном токе. Исследования различия между импульсным разрядом на частоте 35 – 50 кГц и разрядом постоянного тока при нанесении пленок оксидов методом реактивного магнетронного распыления показали, что температура подложки при мощности разряда 500 Вт была более высокая, по сравнению с использованием постоянного тока и зависела от распыляемого материала, общего давления и процентного содержания реактивного газа.

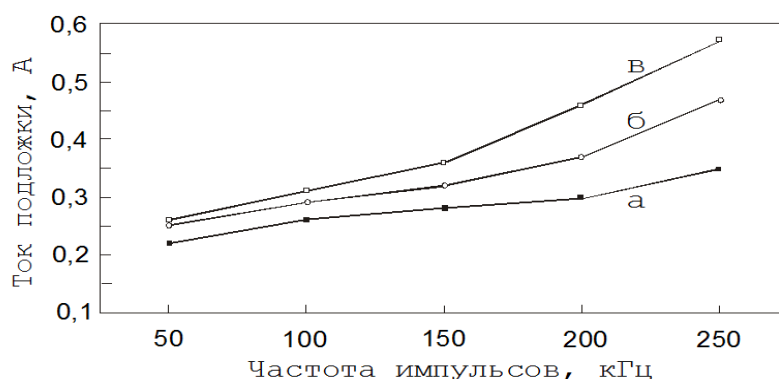


Рисунок 1. Влияние частоты на ионный ток подложки при различных напряжениях смещения: а – 100 В; б – 150 В; в – 200 В

Таким образом, использование импульсного питания может приводить к увеличению влияния эффектов, связанных с ионной и электронной бомбардировкой растущей пленки. При этом может происходить обогащение поверхности отдельным элементом, кристаллизация или аморфизация поверхностного слоя. Также в ряде случаев бомбардировка ионами высокой энергии ведет к возникновению дефектов в покрытии, что необходимо учитывать при формировании покрытий из композитных материалов.

УДК 665.73

ИЗМЕРЕНИЕ ИММИТАНСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МОТОРНОГО МАСЛА С ПОМОЩЬЮ ДАТЧИКОВ

магистрант Колеснёв Е. С.

Научный руководитель - доцент, к.т.н. Жилияк Н. А.

Белорусский государственный технологический университет Минск,
Беларусь

В каждом силовом агрегате, внутреннего сгорания, основным функциональным материалом для его полной и продолжительной работы является моторное масло. Оно повышает надёжность и эффективность двигателей в которых происходит взрыв топлива и трение поршней цилиндров.

В процессе эксплуатации происходит изменение свойств масла. Это приводит к ускоренному износу деталей и ухудшению мощностных характеристик силовых агрегатов.

Вышеизложенное обуславливает актуальность задачи разработки конструкции датчиков и исследованию с их помощью качества моторных масел.

В любом дизельном двигателе внутреннего сгорания будет использоваться моторное масло. Во время эксплуатации двигателя внутреннего сгорания (Далее ДВС) в масле накапливаются нежелательные примеси (остатки продуктов сгорания, металлическая стружка и тд.). Это приводит к снижению эффективности, надёжности или даже к отказу ДВС. Для определения состояния моторного масла можно использовать параметр изменения его относительной диэлектрической проницаемости $\Delta\epsilon$. Загрязнения, несомненно, будут оказывать влияние на величину параметра $\Delta\epsilon$ [1].

Однако, стоит заметить, что изменение величины диэлектрической проницаемости (ϵ , следовательно, и ёмкости) в зависимости от срока эксплуатации и загрязнённости масел составляет несколько процентов. По этой причине ёмкость датчика – малоинформативный параметр.

Если представить масло как диэлектрик, то в качестве контролируемого параметра, в настоящее время, используется измерение тангенса угла диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$). Изменение показаний ёмкостного датчика при этом обусловлено изменением $\text{tg}\delta$ так и ёмкостью.

Для контроля жидких сред использование ёмкостных ячеек является базовым подходом к созданию датчиков. Эти ячейки позволяют получить

конкретную информацию о диэлектрических потерях в жидких средах на основании отклика на различных частотах зондирующего сигнала.

Использование тангенс угла диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$), а также емкости (диэлектрической проницаемости) говорит о загрязненности масла как диэлектрика. Изменение показаний емкостного датчика при этом обусловлено изменением $\text{tg}\delta$ [2]. В качестве регистратора $\text{tg}\delta$ использовался измеритель иммитансных характеристик Е7–25.

Нами были исследованы зависимости $\text{tg}\delta$ масла марки М12В2 с использованием конструкций конденсаторов с коаксиальными спиралевидными и плоскопараллельными пластинами, помещенными в жидкую среду при комнатной температуре. Конструкции плоскопараллельного конденсатора имели две разновидности: с сплошными обкладками и обкладками в виде сетки.

На рисунке 1 представлены зависимость величины $\text{tg}\delta$ от частоты для моторного масла М12В2 с нулевым временем наработки.

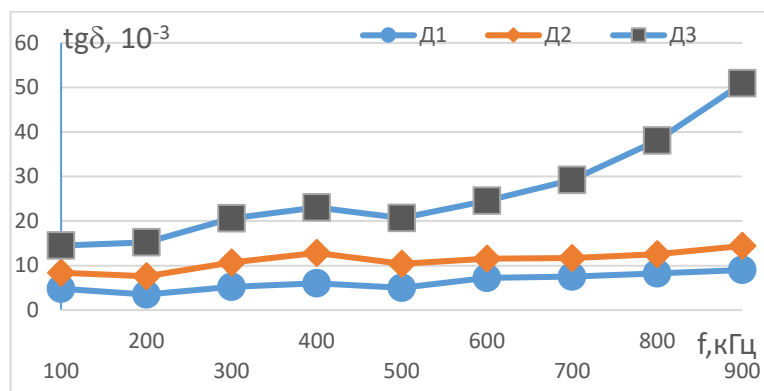


Рисунок 1 - Зависимость значения $\text{tg}\delta$ проб масел от частоты измерения и конструкции датчиков

(Д1- сетчатый, Д2 – плоскопараллельный, Д3 – спиралевидный)

Из анализа данных графика можно сделать следующие выводы:

в диапазоне частот 100–900 кГц показания датчиков с плоскопараллельными и сетчатыми обкладками практически идентичны и $\text{tg}\delta$ находится на уровне $(3–7) \cdot 10^{-3}$;

для спиралевидного датчика численное значение $\text{tg}\delta$ почти в 2 раза выше на данных частотах;

на частотах 500–1000 кГц и чувствительность спиралевидного датчика значительно возрастает.

Недостаток ранее использованных датчиков – анизотропия скорости смены диэлектрической среды (масла) между сплошными обкладками в процессе измерения относительно осей координат обкладок. По осям X, Y смена масла проблем не вызывает, а по оси Z, перпендикулярной плоскости X-Y, замена масла затруднена. Вследствие повышенного сопротивления протекания масла, повышаются требования к жесткости конструкции датчика, а также возникает временная задержка при считывании показаний. Для снятия затруднений проточности масел по трем пространственным осям X-Y-Z существенные преимущества имеет сетчатый и в большей степени спиралевидный датчики.

Таким образом, как результат работы, можно отметить, что спиралевидный коаксиальный емкостной датчик может быть использован для оценки характеристик жидких диэлектриков, в частности масла M12B2, при условии его работы на частотах свыше 300 кГц.

Литература

1. Григоров А.Б., Карножицкий П.В., Слободской С.А. // Диэлектрическая проницаемость, как комплексный показатель, характеризующий изменение качества моторных масел в процессе их эксплуатации // Вестник НТУ «ХПИ». – 2006. – №25.– С.169–175.

2. Батурля И.В., Кузьмич А.И., Баранов В.В., Петрович В.А., Серенков В.Ю., Завацкий С.А., Фоменко Н.К., Ковальчук Н.С. Диэлектрические характеристики моторных масел для силовых агрегатов, измеряемые емкостными датчиками // Доклады БГУИР. – 2016, № 3 (97). – С. 103-106.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕАКТИВНОГО РАСПЫЛЕНИЯ ТАНТАЛ-АЛЮМИНИЕВОЙ СОСТАВНОЙ МИШЕНИ МЕТОДОМ ОПТИЧЕСКОЙ ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Аспирант каф. ЭТТ Доан Тхе Хоанг,
студент гр. 215101 Нгуен Ван Ту Ань,
студент гр. 215101 Чан Динь Ньат Хань

Научный руководитель – канд. техн. наук Голосов Д.А.
Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Одной из актуальных проблем современной микроэлектроники является внедрение в технологические процессы новых материалов с уникальными свойствами [1–6]. К группе таких материалов относятся сложные многокомпонентные оксиды, которые в настоящее время начинают применяться в интегральных схемах в качестве функциональных слоев элементов памяти, металл – оксид – полупроводник (МОП) транзисторов, интегральных датчиков и источников питания, конденсаторных и резистивных структур, а также диффузионно-барьерных и покровных слоев [1, 4, 5].

Улучшение функциональных свойств пленок сложных оксидов сейчас в основном происходит за счет расширения их спектра и усложнения состава [2]. Однако практика показывает, что свойства таких материалов крайне чувствительны к элементному составу и структурному устройству. Это предъявляет жесткие требования к процессу формирования пленок сложных оксидов.

Для формирования пленок сложных оксидов большие перспективы имеет метод реактивного магнетронного распыления составных мишеней [7]. Метод позволяет получать многокомпонентные пленки с произвольным количеством и содержанием элементов при использовании одного магнетрона. Однако при реактивном распылении составных мишеней состав наносимых пленок зависит не только от скорости распыления каждого из компонентов мишени, но и скорости их окисления. Это требует точного контроля процесса распыления. Таким образом целью работы было исследование методом оптической

эмиссионной спектроскопии процессов распыления Ta-Al составной мишени в среде Ar/O₂ рабочих газов.

Исследование процессов реактивного магнетронного распыления Ta-Al составной мишени производилось на установке магнетронного нанесения тонких пленок FERO-00. Камера вакуумной установки оборудована магнетронной распылительной системой MAPC.011-80. Для распыления использовалась Ta-Al составная мишень Ø 80 мм и толщиной 5 мм. Мишень состояла из трех частей: центральной Al вставки шириной 31 мм и двух боковых Ta сегментов. Распыление Ta-Al составной мишени осуществлялось методом импульсного реактивного магнетронного распыления в среде Ar/O₂ газов. В ходе экспериментов использовалась отдельная газоподача. Инертный газ (Ar) подавался в газораспределительную систему магнетрона, а реактивный газ (O₂) подавался в газораспределитель в области подложки. Расход рабочих газов контролировался с помощью автоматических регуляторов расхода газа РРГ-1. Содержание кислорода в камере (Γ_{O_2}) изменялось от 0 до 90 % при общем расходе 60 мл/мин. При этом давление в камере составляло 0.08 Па. Питание магнетрона осуществлялось униполярным импульсным током (частота следования импульсов $F = 10$ кГц, коэффициент заполнения $D = 80$ %). Ток разряда магнетрона во всех экспериментах поддерживался постоянным и составлял $I_t = 1.5$ А. Для контроля процесса реактивного магнетронного распыления использовался метод оптической эмиссионной спектроскопии (ОЭС) плазмы магнетронного разряда. Регистрация оптических спектров излучения плазмы осуществлялась с помощью анализатор спектра *S150 Duo* (ООО «СОЛ инструментс», РБ). Данный спектрометр позволял регистрировать спектры в диапазоне 290–865 нм со спектральным разрешением менее 0.15 нм. Для регистрации спектров излучения оптический эмиссионный спектрометр подключался с помощью световода к камере и наконечник световода через смотровое окно направлялся на плазму.

Исследования методом ОЭС спектров излучения плазмы при распылении Ta-Al мишени в среде Ar показали, что в спектре присутствовали линии возбужденных атомов аргона ArI, которые находились в диапазоне длин волн 690–865 нм, возбужденных атомов тантала TaI – в диапазоне длин волн 400–500 нм, и двойная линия возбужденных атомов алюминия AlI – на длинах волн 394.40 нм и 396.15 нм (Рисунок 1). При добавке кислорода и распылении составной мишени в среде Ar/O₂ рабочих газов в спектре были идентифицированы тройные линии возбужденных атомов кислорода OI на длинах волн 777.1–777.6 нм и

844.63–844.64 нм. При анализе процессов распыления Ta-Al мишени для распыляемых металлов и рабочих газов в качестве контрольных были выбраны наиболее интенсивные линии алюминия AlI (396.15 нм), тантала TaI (481.27 нм) и кислорода OI (777.15 нм)

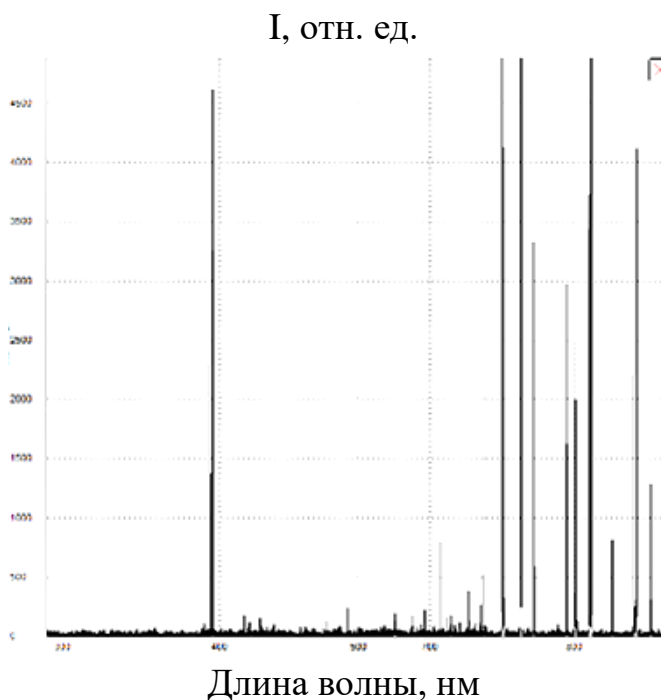


Рисунок 1. Спектр оптической эмиссии плазмы магнетронного разряда при распылении Ta-Al мишени в среде Ar

Исследования зависимостей интенсивности контрольных линий излучения плазмы от концентрации кислорода в камере показали, что при увеличении Γ_{O_2} происходило снижение интенсивности линий тантала I_{Ta} , алюминия I_{Al} , и увеличения интенсивности линии кислорода I_O (Рисунок 2).

На зависимости интенсивности линии кислорода от Γ_{O_2} можно было выделить три участка. При концентрациях кислорода до 10 % интенсивность линии OI была близкой к нулю, что связано с низкой концентрацией кислорода в области разряда. В диапазоне концентраций кислорода от 10 до 40 % интенсивность линии OI медленно увеличивалась, что связано с высокой скоростью поглощения кислорода поверхностями мишени и растущей пленки. На третьем участке (более 40 % O_2) интенсивность линии росла практически пропорционально Γ_{O_2} . На данном участке количество поступающего в камеру

кислорода превышает количество поглощаемого пленкой, и его концентрация растет пропорционально скорости его расхода.

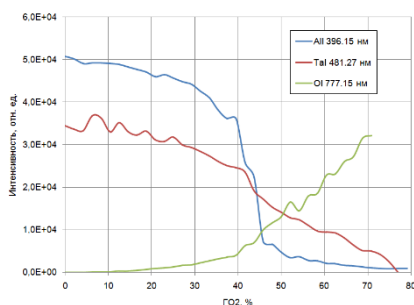


Рисунок 2. Зависимость интенсивности линий Ta, Al и O от концентрации кислорода в Ar/O₂ смеси газов

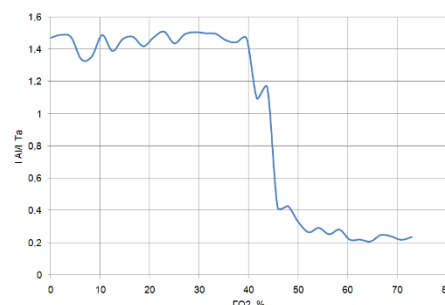


Рисунок 3. Зависимость отношения интенсивностей контрольных линий Al и Ta (I_{Al}/I_{Ta}) от концентрации кислорода в Ar/O₂ смеси газов

На зависимостях интенсивности линий Ta и Al можно было выделить два участка. На первом участке от 0 до 40 % O₂ интенсивность двух линий монотонно снижалась. При более высоких концентрациях кислорода снижение интенсивности линии Ta было более крутое и при Γ_{O_2} более 80 % ее не возможно было идентифицировать на фоне шумов. Поведение линии Al отличалось от поведения линии Ta. При концентрации кислорода более 40 % интенсивность линии резко снижалась и при больших концентрациях кислорода линии Ta и Al имели малую интенсивность, которая не зависела от концентрации кислорода.

На Рисунок 3 представлена зависимость отношения интенсивностей контрольных линий Al и Ta (I_{Al}/I_{Ta}) от концентрации кислорода в Ar/O₂ смеси газов. Как видно из рисунка отношение I_{Al}/I_{Ta} на участке от 0 до 40 % O₂ составляет около 1.45 и не зависит от Γ_{O_2} . При дальнейшем увеличении Γ_{O_2} происходит резкое уменьшение I_{Al}/I_{Ta} до 0.2–0.3, и в диапазоне концентраций кислорода от 50 до 75 % отношение интенсивности линий также не зависит от Γ_{O_2} . Поскольку интенсивность линий излучения плазмы пропорциональна концентрации материала в плазме, то можно сделать вывод, что при реактивном магнетронном распылении Ta-Al мишени состав наносимых пленок будет зависеть от Γ_{O_2} . При некоторой критической концентрации кислорода в пленках будет происходить резкое уменьшение содержания алюминия. Данное

уменьшение содержания алюминия связано с процессами формирования пленок оксидов на поверхности Ta и Al частей мишени и различием скоростей окисления этих металлов.

Литература

1. Coll M., [et al.] // Appl. Surf. Sci., 482, 1 (2019).
2. Madhuri, K.V. // Advanced Research in Engineering Sciences “ARES” Journal, 2(3), 2 (2014).
3. Robertson, J., Wallace, R.M. // Materials Science and Engineering R., 88, 1 (2015).
4. Wang, B., Huang, W., Chi, L., Al-Hashimi, M., Marks, T.J., Facchetti, A. // Chem. Rev., 118, 5690 (2018).
5. Fortunato, E., Barquinha, P., Martins, R. // Adv. Mater., 24, 2945 (2012).
6. Thomas, S.R., Pattanasattayavong, P., Anthopoulos, T.D. // Chem. Soc. Rev., 42, 6910 (2013).
7. Nakano, J., Miyazaki, H., Kimura, T., Goto, T., Zhang, S. // J. Ceram. Soc. of Jap., 112(5), S908 (2004).

ГЕНЕРАЦИЯ ПСЕВДОСЛУЧАЙНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ С ЗАДАНЫМ ЗАКОНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГЕНЕРАТОРА БЕЛОГО ШУМА

студент гр. 113801 Бабицкий К. П.

Научный руководитель: – канд. техн. наук, доцент Ролич О. Ч.

Белорусский государственный университет информатики

и радиоэлектроники

г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Экспериментально изучен алгоритм Неймана для генерации псевдо-случайных величин с заданным законом распределения. Исследован его принцип работы и характер генерируемых чисел: корреляция с законом распределения, быстродействие, количество генерируемых чисел при конечном количестве входных данных.

Ключевые слова: белый шум, закон распределения, псевдослучайное число, генерация псевдослучайных чисел.

Введение. Важным вопросом науки и техники является генерация случайных чисел. Сфера применения случайных величин велика: моделирование результатов экспериментов, исследование устойчивости сигналов и алгоритмов анализа данных к шумам, применение в криптографии. Разные задачи могут предъявлять разные требования к случайно сгенерированным числам: непредсказуемость или возможность «угадывать» числа в последовательности псевдослучайных величин, определённый закон распределения псевдослучайных значений. Алгоритмы генерации псевдослучайных чисел с заданным законом распределения будут рассмотрены и сравнены в статье.

Основная часть. Для дальнейших рассуждений обозначим, что:

для разработки программ будем использовать язык программирования C/C++ в IDE Microsoft Visual studio Community 2022;

в качестве генератора белого шума будем представлять сигналы АЦП, подаваемые на контакты микроконтроллера (процессора);

алгоритмы программ будут разработаны таким образом, чтобы быть универсальными для всех распределений, и «подгоняться» для конкретных

законов распределения не будут. При этом в качестве законов распределения будем принимать такие, которые задают вероятности генерации непрерывно распределённых величин;

в качестве законов распределения для оценки алгоритмов будем использовать нормальное, экспоненциальное распределения и распределение Максвелла;

сравнивать алгоритмы будем по затраченному времени на чтение входных данных и генерацию чисел, корреляции с заданным распределением, отношения удачных генераций случайных величин (далее – СВ) к количеству входных значений при равномерном периодическом, равномерном непериодическом и неравномерном непериодическом распределении входных значений.

Универсальных методов для генерирования СВ не много, основными являются методы Неймана и обратной функции, они позволяют генерировать СВ с непрерывным распределением по заданным плотностям распределения и функциями вероятности соответственно. Метод взятия обратной функции работает с функцией распределения вероятностей и связан с аналитическим вычислением обратной функции, что является очень сложной задачей, а для некоторых интегралов невозможной, поэтому будем оценивать возможности алгоритма Неймана.

Для оценки попробуем сгенерировать дискретные значения по закону для непрерывного распределения. Подобный эксперимент, не смотря на кажущуюся противоречивость, имеет место быть: непрерывность величин в программировании является относительной. Если записывать число на бумаге, то количество знаков после запятой можно считать бесконечным: при необходимости можно дописать ещё несколько знаков. В программировании же любое число (переменная) строго ограничена количеством памяти, выделенной для него и просто «дописать» несколько знаков после запятой, если вся память уже занята, не представляется возможным.

Алгоритм основан на том, что часть попадающих на вход чисел отбрасывается, а часть становится результатом генерации с заданным распределением. Алгоритм Неймана для генерации СВ работает с плотностью вероятности: на вход подаётся пара равномерно распределённых чисел: одно на отрезке генерируемых чисел, второе – значений плотности вероятности, тем самым являясь координатами на графике плотности вероятности. Если точка с такими координатами находится под графиком плотности, то генерация СВ прошла успешно, иначе эта пара чисел отбрасывается.

Для генерации дискретны СВ в качестве входных данных примем: 131072 пар чисел, где первое (координата) число равномерно распределённое дискретное, кратное 1, значение от 0 до 127 с периодом 128, второе число (шанс) – равномерно распределённое число на $[0;100)$ с точностью до сотых и периодом 10000.

Программа будет работать по следующему алгоритму:

считывание пар значений;

скалирование значений второго числа в паре в соответствии с максимальным значением плотности вероятности;

генерация СВ при помощи сравнения второго числа со значением плотности вероятности в точке;

запись результатов в файл.

Распределения будут задаваться следующими формулами (рисунок 1):

$$p_M(x) = 0.2 * (x - 10)^2 * \exp(-(x - 10)^2 * 0.2) \quad (1)$$

$$p_N(x) = \frac{1}{2.506 * 8} * \exp\left(\frac{-(x - 64)^2}{2 * 64}\right) \quad (2)$$

$$p_{\text{exp}}(x) = 0.3 * \exp(-0.3 * x) \quad (3)$$

Рисунок 1. Формула (1) задаёт плотность вероятности для распределения Максвелла, (2) – нормального распределения, (3) – экспоненциального.

Степень корреляции сгенерированных СВ и плотности распределения для дискретных равномерно распределённых входных значений составила более 0,99 для всех видов распределения при генерировании методом Неймана. При этом иногда алгоритм «пропускал» значения, в соответствующих координатах которым плотность вероятности составляла $\sim 0,00$. Это связано с алгоритмической особенностью программного исполнения метода Неймана: точки, у которых шанс равен плотности вероятности в точке соответствующей координаты, так же пропускались. Подобной проблемы можно избежать, если алгоритм будет «пропускать» строго те точки, которые лежат под графиком плотности вероятности, а точки, которые лежат выше или на графике, – пропускать, но тогда снизится количество генерируемых значений. Исправлять эту алгоритмическую особенность в дальнейших рассуждениях не будем.

Результаты генерации представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Оценка метода Неймана для дискретных равномерно распределённых периодических входных величин.

Распределение	Максвелла	Экспоненциальное	Нормальное
Время генерации, мс	474	469	480
Кол-во генераций	5683	4027	20488
Успешных генераций, %	4,34	3,07	15,63
Корреляция	0,99956006	0,999159596	0,9994313

Далее проверим метод Неймана для непериодических равномерно распределённых входных величин, соответствующим образом изменив входные координату и шанс.

Здесь же проверим для непериодических неравномерно распределённых величин. Это необходимо сделать в соответствии с ранее принятым условием: в качестве генератора белого шума выступает АЦП. В таком случае предугадать, какие значения будут выступать в качестве входных не представляется возможным, при этом иметь случайное распределение. При этом у каждого значения координаты будет хотя бы 10 соответствующих ей шансов.

Результаты этих экспериментов приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Оценка метода Неймана для дискретных равномерно распределённых непериодических входных величин.

Распределение	Максвелла	Экспоненциальное	Нормальное
Время генерации, мс	472	473	471
Кол-во генераций	5685	3955	20575
Успешных генераций, %	4,34	3,02	15,70
Корреляция	0,9998742	0,999762424	0,99967688

Таблица 3 – Оценка метода Неймана для дискретных неравномерно распределённых входных величин.

Распределение	Максвелла	Экспоненциальное	Нормальное
Время генерации, мс	480	496	484
Кол-во генераций	5636	4204	20473
Успешных генераций, %	4,30	3,21	15,62
Корреляция	0,924945973	0,908651562	0,944030589

Как видно из таблиц, разница между периодическими и непериодическим равномерно распределёнными входными данными практически отсутствует и находится в пределах некоторой погрешности. Для неравномерно распределённых величин, в свою очередь, можно отметить рост времени генерации. При этом количество сгенерированных по экспоненциальному закону величин заметно увеличилось: на ~0,2%, распределение Максвелла и нормальное в этом плане почти никак не изменились. Важно отметить значительное падение корреляции, что означает большую отклонённость от заданного распределения, чем у равномерно распределённых величин.

Помимо этого, метод Неймана, как и метод обратной функции, можно использовать для генерирования СВ с заданными функциями вероятности. Для этого программно можно применять следующий алгоритм:

- аппроксимация функции вероятности методом трапеций с заданной точностью;

- вычисление производной функции вероятности. В соответствии с её статистическим смыслом получим значения функций плотности вероятности;

- считывание пар входных чисел;

- скалирование значений второго числа в паре в соответствии с максимальным значением плотности вероятности;

- генерация СВ при помощи сравнения второго числа со значением плотности вероятности в точке;

- запись результатов в файл.

Важным отличием такого алгоритма является невозможность изначально задать плотность вероятности аналитически. Это означает, что для записи плотности вероятности в интересующих нас точках придётся использовать

массив значений. А если точек будет очень много то, возможно, будет необходимо найти оригинал решётчатого изображения, что так же является непростой задачей.

Ниже приведены таблицы 4, 5 и 6 результата такой генерации для функций вероятности законов распределения, заданных плотностями вероятности ранее (формулы (1), (2) и (3)), корреляция вычислялась для плотностей вероятности.

Таблица 4 – Оценка метода Неймана для дискретных равномерно распределённых периодических входных величин в случае заданной функции вероятности.

Распределение	Максвелла	Экспоненциальное	Нормальное
Время генерации, мс	498	499	496
Кол-во генераций	5523	3876	19998
Успешных генераций, %	4,21	2,96	15,26
Корреляция	0,910245644	0,9245678910	0,95567954

Таблица 5 – Оценка метода Неймана для дискретных равномерно распределённых непериодических входных величин в случае заданной функции вероятности.

Распределение	Максвелла	Экспоненциальное	Нормальное
Время генерации, мс	495	493	496
Кол-во генераций	5489	3906	20154
Успешных генераций, %	4,19	2,98	15,38
Корреляция	0,910065438	0,9111524004	0,94461638

Таблица 6 – Оценка метода Неймана для дискретных неравномерно распределённых входных величин в случае заданной функции вероятности.

Распределение	Максвелла	Экспоненциальное	Нормальное
Время генерации, мс	512	504	514
Кол-во генераций	5479	4035	19879
Успешных генераций, %	4,18	3,08	15,17
Корреляция	0,893275981	0,880038942	0,90603758

Из таблиц видно, что количество и качество генераций таким методом упало, так же понизилось быстродействие. Но такой метод, тем не менее, позволяет генерировать СВ по ещё одному варианту закона распределения. При этом точность вычисления можно повысить, изменяя параметры аппроксимации и взятия производной.

Вывод. Был изучен алгоритм генерации СВ методом Неймана. На практике показана его реальная способность генерации СВ с довольно высоким значением корреляции. Однако результативность (процент успешных генераций) довольно мала, хоть и зависит от плотностей распределения. Так же имеет возможность программной реализации разными способами, что является положительным атрибутом но в неопытных руках может привести к алгоритмическим ошибкам и, как итог, проблемами в качестве генерации. Скорость генерации чисел находятся на удовлетворительном уровне: до полсекунды на 4 тысячи генераций. Ещё одной положительной чертой можно назвать простую программную реализацию и возможность использовать разные законы распределения.

Литература

1. Моделирование случайной величины с заданным законом распределения. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://stratum.ac.ru/education/textbooks/modelir/lection24.html> – Дата доступа 24.12.2022.

2. Экспоненциальное распределение и его свойства. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://statistica.ru/theory/eksponentsialnoe-raspredelenie/> – Дата доступа 24.12.2022.

3. Распределение Максвелла. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Распределение_Максвелла – Дата доступа 24.12.2022.

УСТРОЙСТВО ОРИЕНТАЦИИ И НАВИГАЦИИ ТЕЛЕЖКИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА

студент Сидоренко А. А.,

студент Марач М. С.

Научный руководитель - канд. техн. наук Шуть В. Н.

Брестский государственный технический университет

Брест, Беларусь

В современной робототехнике одной из актуальных задач является задача разработки способов и устройств автономной «интеллектуальной» навигации роботов. При автономном передвижении робот должен уметь определять свое местоположение на карте местности с заданной точностью и осуществлять управление своим движением без участия человека. Поэтому, актуальной является разработка специализированных «умных» устройств и программных средств, осуществляющих навигацию мобильных роботов.

Чтобы осуществлять такую навигацию роботу необходимо иметь указание цели движения, некий алгоритм осуществления движений, карту местности, очерчивающую возможные пути передвижения, а также устройство, способное определять ориентацию робота и его текущее местоположение на карте. В общем случае такая задача сегодня полностью не решена, и единого, универсального способа и устройства для ориентации и навигации мобильного автономного робота в любом возможном пространстве перемещений пока не создано.

В данной работе предлагается техническое решение для одного из частных случаев этой общей задачи - случая перемещения мобильного робота в помещениях, пол которых выложен белыми и черными плитками в шахматном порядке при наличии динамически перемещающихся других объектов (людей, механизмов). Такая задача возникает в производственных цехах, складах и т.д., где мобильные роботы заняты перевозкой грузов.

Предлагаемое устройство, размещаемое на эллиптической платформе (рисунок 1) тележки мобильного робота 2 с левым колесом-электромотором 3 и правым колесом 4, а также двумя пассивными поддерживающими колесами 5 и 6, расположенными в фокусах эллипса, содержит компьютер 7 с блоком ввода информации 8, ультразвуковые датчики 9 и 10, выходы которых подключены ко входу компьютера 7, ещё один вход которого

подключен к оптоэлектрическому датчику 11 Выходы компьютера 7 соединены с левым колесом-электромотором 3 и правым колесом 4.

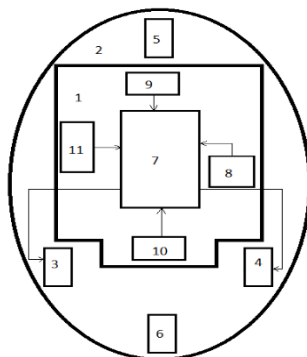


Рисунок 1. Устройство, расположенное на эллиптической платформе тележки мобильного робота

Пол помещения выстлан светлыми и темными плитками в шахматном порядке (рисунок 2).

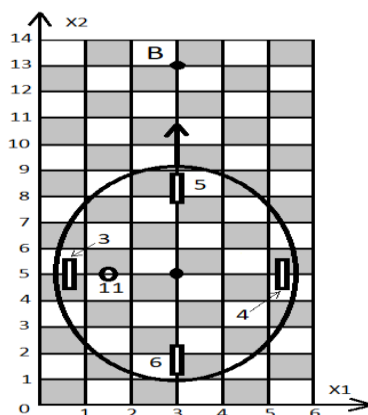


Рисунок 2. Проекция платформы тележки на пол помещения

Геометрическая карта-план помещения содержится в блоке памяти компьютера и представляет собой сетку декартовых координат X_1, X_2 , по которым движется мобильный робот. Плитка квадратная. Робот выполняет движение по ортогональной сетке, как вертикально, так и горизонтально. В связи с этим повороты робот осуществляет только под прямым углом, как показано на рисунке 3.

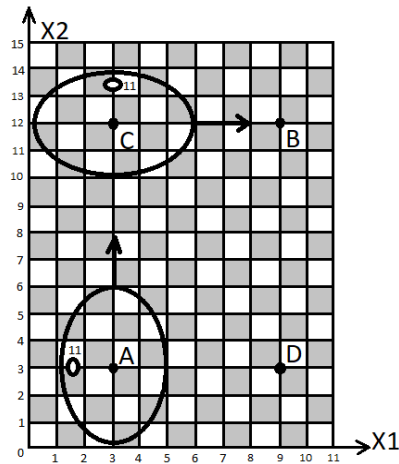


Рисунок 3. Маршрут движения мобильного робота от точки А до точки В

Роботу из точки $A(3,3)$ с координатами (x_1, x_2) надо перевезти груз в точку $B(9,12)$ и снова вернуться в точку A за новой партией груза. Для этого он вначале движется из точки A вертикально до промежуточной точки $C(3,12)$, где делает правый поворот, после чего двигаясь по горизонтали достигает пункта назначения $B(9,12)$.

Центр платформы робота совпадает с центром эллипса, на малой полуоси которого слева в отдалении в 1.5 стороны плитки расположен оптоэлектрический датчик 11. Также на этой полуоси расположены колеса-электромоторы 3 и 4 (см. Рисунок 2). Проекция на пол оптоэлектрического датчиков 11 в режиме остановки робота располагается на ортогонали (горизонтальной либо вертикальной). Центр эллиптической платформы (центр эллипса) совпадает с точкой пересечения горизонтальных и вертикальных ортогоналей пола помещения при остановке движения робота. Таким образом траектория движения робота - это движение его центра дискретно точкам пересечения ортогоналей пола, образованных сторонами плиток.

Рассмотрим работу устройства. Оператор через блок ввода 8 вносит в память компьютера координаты точки отправления робота $A(3,3)$ и координаты точки назначения $B(9,12)$. Координаты точки поворота робота $C(3,12)$ и направление поворота (левый, правый) компьютер вычислит самостоятельно из следующих условий: $x_{1C} = x_{1A}$, $x_{2C} = x_{2B}$. Эта операция, выполняемая компьютером 7, называется прокладкой маршрута. Маршрут

может быть построен и по другому варианту. Например, в точке А (3,3) робот разворачивается и движется по горизонтали до точки Д (9,3). В точке Д он снова делает поворот и затем по вертикали достигает пункта назначения точки В. Это два равноценных рабочих маршрута, которые могут быть проложены и использоваться мобильным роботом для перевозки груза из точки А в точку В, и наоборот.

Маршруты равноценны в плане того, что в каждом из них использован только один поворот. Минимизация числа поворотов важна, так как при повороте скорость передвижения снижается. Робот имеет равноценную переднюю и заднюю часть и по маршруту может двигаться из крайних точек без разворота. Колеса-электромоторы 3 и 4 реверсны, а в передней и задней части робота установлены ультразвуковые датчики препятствий 9 и 10. При появлении перед роботом неожиданного препятствия, не предусмотренного в карте помещения (храниться в памяти компьютера), робот останавливается и продолжает движения только после исчезновения неожиданного препятствия.

Рассмотрим вариант прокладки маршрута при наличии в помещении оборудования (Рисунок 4).

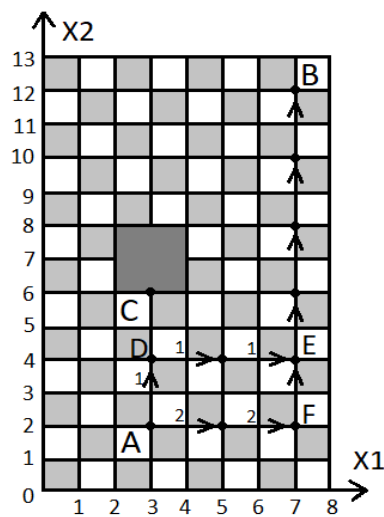


Рисунок 4. маршрут движения мобильного робота от точки А до точки В при наличии в помещении оборудования

Компьютер 7 начинает первую прокладку вертикально вверх. Пройдя точку Д, и переходя к следующему шагу (точка С), программа компьютера 7

обнаруживает, что точка С занята. Тогда программа возвращается назад в точку Д и делает правый поворот двигаясь в направлении которого доходит до точки Е, в которой делается левый поворот, после которого, двигаясь вертикально вверх будет достигнут искомый пункт назначения В. Этим построен маршрут 1 (Рисунок 4), в котором использовано два поворота.

Затем компьютер начинает построение альтернативных маршрутов из точки А. Двигаясь горизонтально в точке F он делает левый поворот, после которого, двигаясь по ординате вверх, достигает пункта назначения В. Это альтернативный маршрут 2, в котором всего один поворот и который рекомендован компьютером 7 к реализации. К оптимальным маршрутам относятся одноповоротные маршруты, либо нулевые, когда пункт отправления груза А расположен на одной вертикали или горизонтали с конечным пунктом приема груза В.

Рассмотрим вопрос идентификации роботом своего положения в помещении при движении. Для этого в устройстве имеется оптоэлектрический датчик 11 (фиг.1). Принцип работы датчика поясняется приложением 1. Инфракрасный светодиод излучает свет. Если он попадает на светлую поверхность, то он отражается и попадает на фотодиод. Выход такого фотодиода соответствует логической единице. В случае попадания на темную поверхность на выходе фотодиода будет ноль. Сигналы с фотодиода поступают на обработку в компьютер 7. При движении робота по плиточной поверхности в компьютер постоянно поступают обновляющиеся сигналы в форме логической 1 и 0.

В исходном положении центр платформы робота располагается на пересечении ортогоналей $x_1 = 3$ и $x_2 = 5$, а датчик 11 расположен слева на расстоянии в 1.5 стороны плитки от продольной оси платформы, или большой полуоси эллипса (фиг.2). На фиг.2 датчик расположен на горизонтали пола с координатой $x_2 = 5$. При начале движения робота вдоль вертикали (движение вверх) датчик 11 скользит вначале над темной плиткой и, следовательно, с его выхода в компьютер поступает логический ноль; затем над светлой плиткой и с его выхода в компьютер 7 поступает логическая единица. Как только робот пересечет горизонталь $x_2 = 6$, сигнал с датчика поменяется с 0 на 1. Каждый раз смена сигнала информирует компьютер, что робот прошел один ряд плиток. Это отображается компьютером 7 на карте помещения, хранящейся в памяти компьютера.

Карта помещения имеет две составляющие: статическую и динамическую. Статическая часть отображает размер, геометрическую конфигурацию и пол помещения в декартовых координатах в условных единицах «одна плитка» (Рисунок 2). Также статическая составляющая карты отображает места расположения машин, оборудования и т.д., если это производственный цех (Рисунок 4), либо стеллажи для продукции в случае склада. Она заложена в память компьютера и отличается высокой степенью постоянства.

Динамическая составляющая, наоборот, постоянно меняется, так как она отображает движение и положение робота в пространстве цеха, склада и т.д. Компьютеру 7 всегда известно, где находится робот. Так в исходном положении он расположен на позиции А (3,3) (Рисунок 3). Ему необходимо доставить груз на позицию В (9,12) через точку С (3,12), ранее определенную для поворота. Для этого компьютер 7 должен рассчитать расстояние в плитках от А(3,3) до С(3,12) по формуле: $R_{AC} = |x_{2A} - x_{2C}| = |3 - 12| = 9$. Таким образом роботу необходимо проехать 9 горизонталей. С оптоэлектрического датчика 11 в процессе движения на компьютер будут поступать следующие сигналы 101010101(0). Компьютер отслеживает эту последовательность и после пятой единицы при появлении нуля останавливает робота на горизонтали $x_2 = 12$ (точка С(3,12)).

В точке С робот разворачивается и начинает движение по горизонтали $x_2 = 12$ к конечному пункту В(9,12). Аналогичным образом рассчитывается расстояние от точки С до точки В: $R_{CB} = |x_{1C} - x_{1B}| = |3 - 9| = 6$ и контролируется двоичная последовательность 101010(1) (фиг.3). Компьютер отслеживает эту последовательность и сразу при появлении четвертой единицы останавливает робота на горизонтали $x_2 = 12$ (точка В(9,12)).

Центральным моментом данной транспортной системы является поворот робота на 90 градусов вокруг своего центра (фиг.3). Различают два типа поворота робота: правый и левый. Траектория движения оптоэлектрического датчика 11 относительно центра платформы С при правом повороте мобильного робота изображена на рисунке 5.

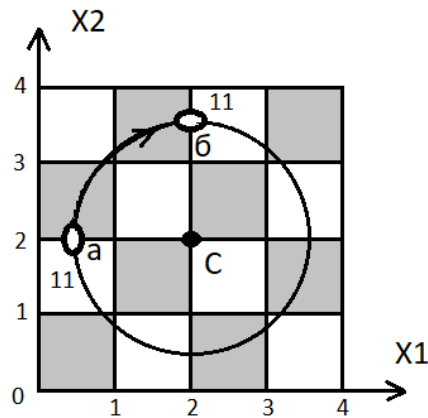


Рисунок 5. Траектория движения оптоэлектрического датчика относительно центра платформы при правом повороте мобильного робота

Оптоэлектрический датчик 11 вместе с платформой переходит из положения «а» в положение «б» по дуге окружности «аб» относительно центра С. При повороте оба колеса электромотора 3 и 4 вращаются в разные стороны. Левое колесо электромотор вращается по часовой стрелке, правое – против, чем обеспечивается совпадение центра платформы с точкой поворота С. То есть, робот повернулся вокруг своего центра (центр эллипса платформы) на $\frac{1}{4}$ окружности (90 градусов). Во время поворота оптоэлектрический датчик 11 сначала проходит над темной плиткой, затем над светлой и вновь над темной. Значит на вход компьютера 7 поступит следующая двоичная последовательность 010(1). Последняя единица в скобках информирует компьютер, что поворот завершен и необходимо остановить колеса электромоторы.

При левом повороте траектория движения оптоэлектрического датчика 11 относительно центра платформы С мобильного робота изображена на рисунке 6.

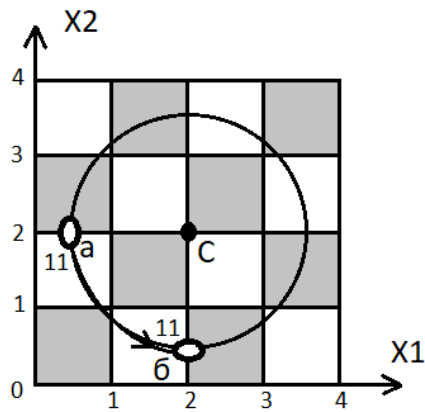


Рисунок 6. Траектория движения оптоэлектрического датчика относительно центра платформы при левом повороте мобильного робота

Процесс поворота осуществляется аналогично. Двоичная последовательность, следующая 101(0), то есть она инверсна последовательности сигналов правого поворота. Поворот заканчивается при появлении нуля (в скобках). Таким образом, операция поворота, как одна из сложных в данном устройстве, просто реализуется. Компьютер 7 постоянно имеет информацию, где и в каком положении находится мобильный робот.

Важной особенностью предложенной транспортной системы является выбор места установки на малой оси эллипса оптоэлектрического датчика относительно центра платформы (рисунок 7).

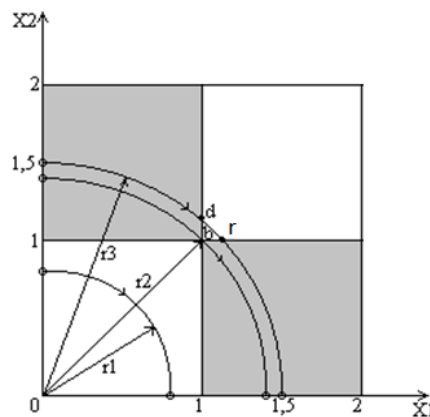


Рисунок 7. Параметры места установки оптоэлектрического датчика. Приложение 1 поясняет принцип работы оптоэлектрического датчика.

Если установить оптоэлектрический датчик на расстоянии $r_1 < 1$, где 1 означает в условных единицах длину стороны плитки, то при повороте платформы датчик 11 выдаст укороченный код 1(0), что снижает надежность работы системы. При расположении датчика на расстоянии $r_2 = \sqrt{2}$ - диагональ плитки, процесс работы оптоэлектрического датчика становится неустойчивым. И только при $r_3 \geq 1.5$ при повороте платформы вокруг центра эллипса обеспечивается значительный сектор вгд (Рисунок 7), которым гарантируется требуемая последовательность 010(1).

Два ультразвуковых датчика 9 и 10 предназначены для фиксации объектов, которые не отмечены в карте помещения. Если такой объект в поле зрения датчика появляется, то робот останавливается и продолжает движение при его исчезновении. Робот симметричен как продольно, так и поперечно относительно полуосей эллипса, поэтому у него нет явно выраженной передней или задней части, и он движется по маршруту как вперед, так и назад без разворота.

Таким образом, предложенное техническое решение функционально позволяет с заданной точностью, достаточной для практического применения, определять координаты тележки робота на карте местности и ее угловое положение при перемещении тележки робота по горизонтальной поверхности в заданном производственном или складском помещении, пол которого выстлан светлыми и темными плитками при наличии в помещении двигающихся людей, механизмов.

При этом через блок ввода информации 8 легко вносятся любой маршрут для робота посредством ввода начальной точки А и конечной точки В маршрута, что удобно и не требует переклейки магнитной ленты или рисования на полу белых (черных) линий. С использованием данного устройства возможно роботу задать программу работы на сутки с указанием времени смены маршрута. Это важно, так как на предприятии или на складе до обеда надо перевозить детали из точки A_1 в точку B_1 , а после обеда из A_2 в B_2 . Для этого через блок ввода 8 в компьютер 7 вносятся суточный план работы робота в форме множества векторов $\{(A_1, B_1, t_1), (A_2, B_2, t_2) \dots \dots \dots\}$, то есть с времени t_1 робот перевозит грузы из A_1 в B_1 , при наступлении времени t_2 робот начинает перевозить грузы из A_2 в B_2 , и т.д.

Ещё одной особенностью предлагаемого устройства является эллиптическая форма платформы. Для работы в цехе и на складе при наличии людей это самая удобная форма без острых углов.

Литература

1. <https://www.electronicshub.org/arduino-line-follower-robot/>
2. Глонасс, GPS и др. (см. Бобровский, С.Н. Навигация мобильных роботов // Журн. PC Week. - 2004. - №9. - С. 60-63)

СКАНИРУЮЩАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ БЕСКОНТАКТНОГО КОНТРОЛЯ ЗАРЯДОВЫХ СВОЙСТВ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ

магистрант Гурский А.О.

Научный руководитель - канд. техн. наук доцент Гулай А.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Измерители контактной разности потенциалов (КРП) находят широкое применение как при решении научно-исследовательских задач, так и в промышленности при оценке состояния поверхности материалов различной физической природы, качества очистки их поверхностей, защитных и эксплуатационных свойств тонких пленок и покрытий и др., в том числе для изделий микро- и нанотехнологии.

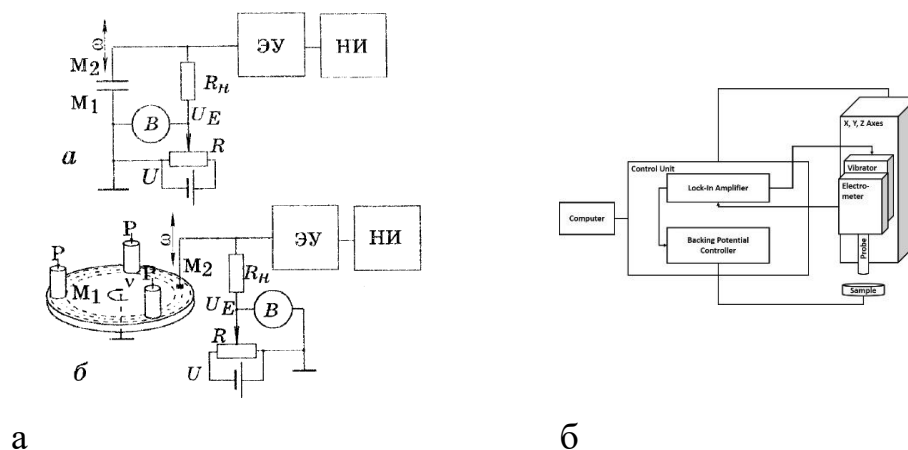
Методы измерения контактной разности потенциалов (метод Кельвина–Зисмана) в случае металлов, сплавов и полупроводников основаны на регистрации разности работ выхода электрона (РВЭ) между измеряемой и эталонной поверхностями. Работа выхода электрона поверхности является чувствительным параметром, позволяющим оценивать изменения химического состава, кристаллографической ориентации, дефектов кристаллической решетки (деформаций, дислокаций, включений инородных атомов и др.).

В работе рассмотрено 2 основных метода измерения разности потенциалов:

Метод измерения работы выхода электрона трущейся поверхности (рисунок 1а).

Метод Томпсона-Зисмана (бесконтактный метод на рисунке 1б).

Отличие этих методов заключается в том, что в 1-ом случае измерения происходят при непосредственном контакте с поверхностью, а во втором бесконтактно, что позволяет получить большую точность измерений и исключить деформацию поверхности измеряемого образца.



а – сканирующее устройство на основе трущихся поверхностей (согласно методу Жарина)

б – блок-схема сканирующего устройства Томпсона-Зисмана (зонд Кельвина)

Рисунок 1 – Методы измерения контактной разности потенциалов

Вследствие высокого уровня вибраций, акустических и электромагнитных шумов, к установкам для измерения контактной разности потенциалов предъявляются жесткие требования относительно помехозащищенности и стабильности работы.

В работе также представлены схемы разрабатываемой сенсорной системы (рисунки 2, 3).

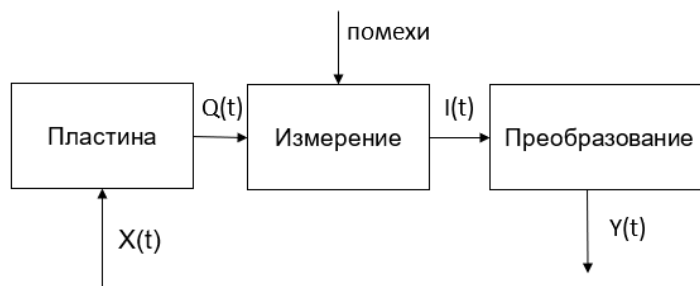


Рисунок 2 – Структурная схема сканирующей системы

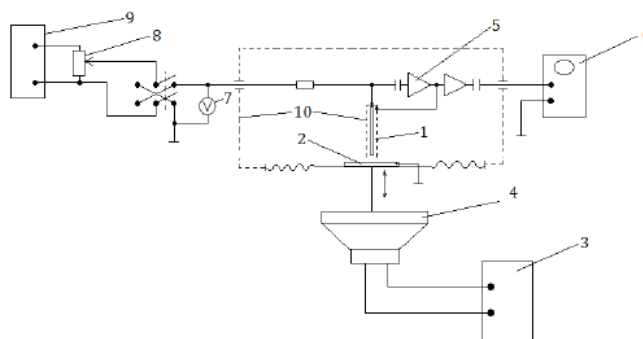
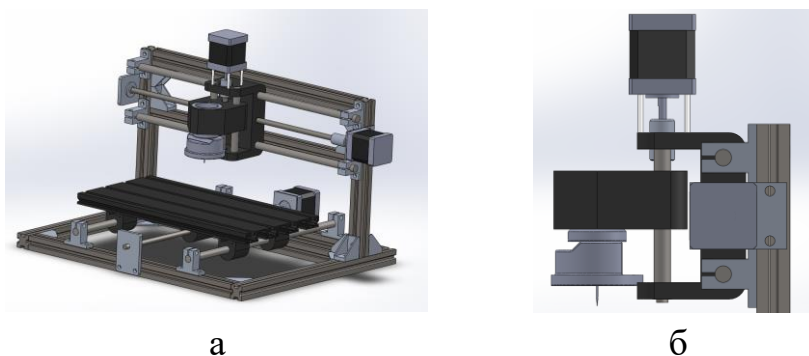


Рисунок 3 – Один из вариантов схемы установки для измерения контактной разности потенциалов

Создание измерительной установки реализуется на основе собранного ранее фрезерного станка CNC 2418, выполняющего фрезеровку текстолитовых пластин.

На рисунке 4 представлена 3D модель конечного вида создаваемой установки.



а

б

а – общий вид системы.

б – вид сбоку модуля позиционирования измерительного устройства.

Рисунок 4 – Компоновка измерительной системы

Литература

1. Жарин А.Л. Метод контактной разности потенциалов и его применение в трибологии. – Мн.: Бестпринт, 1996. – 240 с.
2. Пантелеев К.В. Методы и средства измерения контактной разности потенциалов на основе анализа компенсационной зависимости зонда кельвина: автореф. дис. ...канд. техн. наук / К.В. Пантелеев; БНТУ. – Минск, 2016. – 27 с.

ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНАЯ МОДУЛЯЦИЯ ЦИФРОВОГО СИГНАЛА

студент гр. 113802 Пасмурцев Д. О.

Научный руководитель - канд. техн. наук Ролич О. Ч.

Белорусский государственный университет

информатики и радиоэлектроники

Минск, Беларусь

Применение широтно-импульсной модуляции (ШИМ) в системах автоматического управления (САУ) обусловлено простотой её программно-технической реализации [1, 2]. В структуру любого современного микроконтроллера входит таймер общего назначения, способный функционировать в режиме аппаратной ШИМ с возможностью гибкого и быстрого изменения скважности, особенно в связке с блоком DMA прямого доступа к памяти [3]. Поэтому, и управляющие воздействия в САУ удобно и целесообразно формировать в виде ШИМ-последовательности.

В контроле поведения объекта управления и системы в целом предсказание их будущих состояний обуславливает сигналы управления на базе оценок текущих мгновенных передаточных функций. Вычисленные путём предсказания цифровые сигналы управления являются числовыми массивами, которые необходимо преобразовывать в ШИМ-последовательности.

Потоковое преобразование цифрового сигнала в ШИМ-последовательность зависит от характеристик САУ, в частности, от передаточных функций исполнительных звеньев, объекта управления и датчиков обратных связей, которые в первом приближении моделируются линейными звеньями.

Согласно теории линейных систем, для передаточной функции H_n линейного звена его отклик $\{g_k\}$ на импульсную последовательность $\{f_k\}$ вычисляется по формуле:

$$\{g_k\} = \Phi^{-1}\{\Phi\{f_k\}_n \cdot H_n\},$$

где Φ и Φ^{-1} – соответственно операторы прямого и обратного дискретных преобразований Фурье, k – индекс временного массива $f[]$ или $g[]$ длиной N каждый: $k = 0, 1, 2, \dots, (N - 1)$, n – индекс массива спектрального образа: $n = 0, 1, 2, \dots, N/2$, фигурные скобки обозначают множество элементов массива [4].

В потоковом вычислении отклика $g[]$ на входную импульсную последовательность $f[]$ удобно применять скалярное произведение окна $\{f_l\}$ ($l = 0, 1, \dots, (L - 1)$, L – длина окна), перемещающегося вдоль импульсной последовательности, на реверсивную импульсную характеристику $\{h_l\}$ линейного звена [5]:

$$g_k = \frac{1}{L} \sum_{l=0}^{L-1} f_{k+l} \cdot h_l. \quad (1)$$

Вычисление ШИМ-последовательности $f[]$ для произвольного цифрового сигнала $g[]$ включает в себя два этапа:

- сопоставление каждому элементу g_k исходного сигнала ШИМ-фрагмента с постоянной скважностью внутри него и длиной M , зависящей от передаточной функции H_n линейного звена, точнее, от его инерционных свойств, в частности, от постоянной времени τ , причём M прямо пропорционально τ ;
- непосредственное вычисление длительности t_k или скважности q_k ШИМ-последовательности для фрагмента, соответствующего элементу g_k исходного сигнала.

При допущении, что в результирующем массиве $f[]$ отдельный элемент принимает значение нуля или единицы, его размер равен $N \cdot M$.

Касательно длительности t_k импульсной последовательности фрагмента, соответствующего g_k , то она зависит от вида передаточной функции H_n линейного звена. Исследования посредством компьютерного моделирования ШИМ показывают, что в передаточной функции H_n необходимо выделять интегральную и дифференциальную составляющие. Для интегральной составляющей длительность импульсной последовательности ШИМ-фрагмента прямо пропорциональна значению g_k элемента исходного сигнала-массива $g[]$. Для дифференциальной составляющей данная зависимость обратная.

Формулы вычисления длительности t_k импульсной последовательности фрагмента и, соответственно, её скважности q_k выглядят следующим образом:

$$t_k = \frac{(1-w) \cdot mxg - w \cdot mng + (2w-1) \cdot g_k \cdot T}{mxg - mng}, \quad (2)$$

$$q_k = \frac{mxg - mng}{(1-w) \cdot mxg - w \cdot mng + (2w-1) \cdot g_k}. \quad (3)$$

В формулах (2) и (3):

w – вес интегральной составляющей линейного звена; вес дифференциальной составляющей равен $(1 - w)$;

mng и mxg – соответственно минимальное и максимальное значения исходного сигнала g , необходимые для его приведения к рабочему для ШИМ-последовательности диапазону $[0, 1]$;

T – период ШИМ-последовательности, зависящий от инерционных свойств линейного звена и прямо пропорциональный его постоянной времени τ .

Таким образом, исходный цифровой сигнал сначала приводится к диапазону $[0, 1]$ путём нахождения минимального mng и максимального mxg значений с последующим линейным преобразованием. Затем оценивается линейное звено на наличие интегральной (как правило, низкочастотной) и дифференциальной (как правило, высокочастотной) составляющих, и для каждого элемента g_k по формуле (2) или (3) вычисляется длительность t_k или скважность q_k ШИМ-фрагмента длиной M .

Описанный алгоритм широтно-импульсной модуляции цифрового сигнала смоделирован и отлажен на исходных сигналах $g[]$, представляющих линейно нарастающую зависимость и линейную комбинацию 4-й и 6-й гармоник, с учётом линейных звеньев в виде интегратора, дифференциатора и колебательного звена 2-го порядка.

На рисунке 1 представлены результаты ШИМ для линейно нарастающего сигнала в расчёте на интегратор и колебательное звено второго порядка (а) ($w = 1$) и дифференциатор (б) ($w = 0$). В допущении $w = 1$ ШИМ-последовательности для интегратора и колебательного звена, зависящие согласно формулам (2) и (3) только от w , для одинаковых заданных сигналов $g[]$ выходят идентичными.

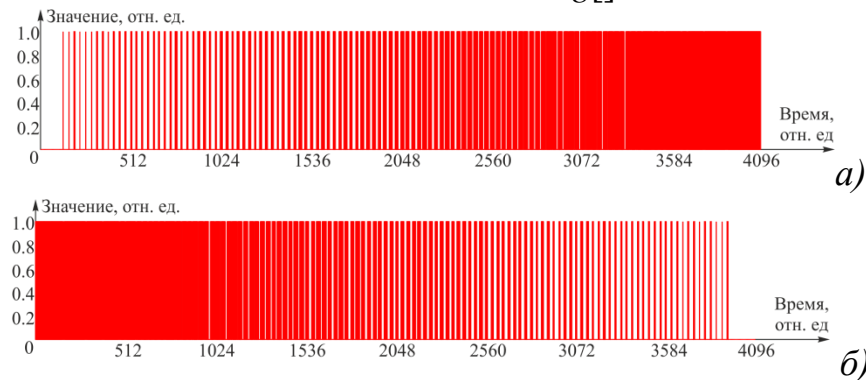


Рисунок 1. Результаты ШИМ для линейно нарастающего сигнала в расчёте на интегратор и колебательное звено второго порядка (а) и дифференциатор (б).

Выходные сигналы, вычисленные посредством линейной свёртки результирующей ШИМ-последовательности с импульсной характеристикой

соответствующего линейного звена по формуле (1), в сравнении с исходным сигналом изображены на рисунке 2.

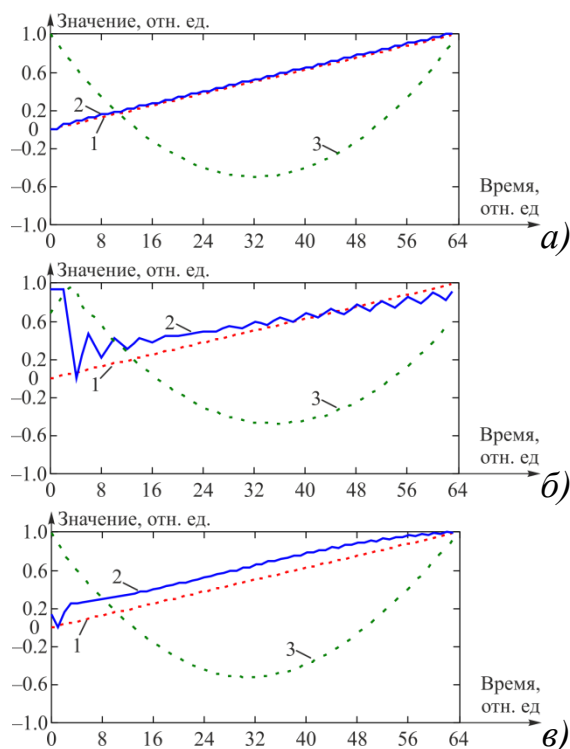


Рисунок 2. Выходные сигналы интегратора (а), дифференциатора (б) и колебательного звена второго порядка (в) после потоковой линейной свёртки результирующей ШИМ-последовательности с импульсной характеристикой соответствующего линейного звена.

На рисунке 2 цифрами 1, 2, 3 обозначены следующие графики: 1 – график исходно заданного сигнала (в данном случае, линейно нарастающего), 2 – график результирующего сигнала как отклика на соответствующую ШИМ-последовательность рисунка 1, вычисленную по формуле (2) или (3), 3 – график взаимной корреляционной функции сигналов 1 и 2, отражающей меру их сходства и, соответственно, оценку качества модуляции.

Максимумы взаимных корреляционных функций принимают значения 0.999 для интегратора (см. рисунок 2, (а)), 0.963 для дифференциатора (см. рисунок 2, (б)), 0.992 для колебательного звена (см. рисунок 2, (в)). Приняв допустимый порог по корреляции, равный 0.93, полученные результаты считаются удовлетворительными.

Для исходно заданного массива $g[]$ как линейной комбинации 4-й и 6-й гармоник результаты ШИМ в расчёте на интегратор, дифференциатор и

колебательное звено, а также соответствующие отфильтрованные сигналы представлены на рисунке 3.

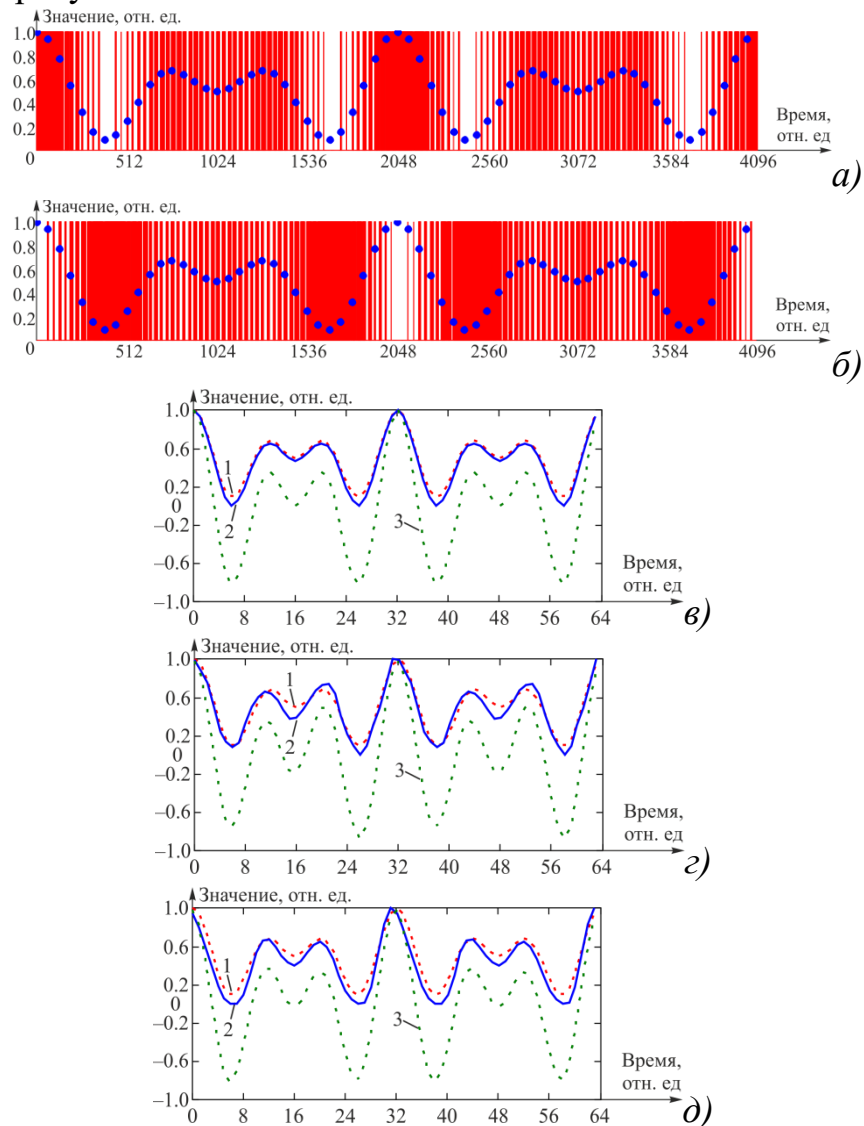


Рисунок 3. ШИМ-последовательности (а) и (б) для исходного массива в виде комбинации 4-й и 6-й гармоник в расчёте на интегратор, дифференциатор и колебательное звено и соответствующие им отфильтрованные сигналы (в) – (д):

а) – исходный сигнал на фоне ШИМ-последовательности для интегратора и колебательного звена;

б) – исходный сигнал на фоне ШИМ-последовательности для дифференциатора;

в) – отфильтрованная ШИМ-последовательность интегратором;

г) – отфильтрованная ШИМ-последовательность дифференциатором;

д) – отфильтрованная ШИМ-последовательность колебательным звеном.

Коэффициенты корреляции между исходными и результирующими сигналами равны 0.999 для интегратора, 0.974 для дифференциатора и 0.983 для колебательного звена. Следует отметить, что наилучшие совпадения исходного с результирующими сигналами в потоковой фильтрации ШИМ-последовательностей достигаются применением относительно коротких длин окон для интегратора и колебательного звена и многократно бóльших длин (в 8, ..., 32 раз) для дифференциатора.

В представленных на рисунках 1 – 3 результатах параметры $N = 64$, $M = 64$, $L = (1, \dots, 32) \cdot N$ в зависимости от типа звена (для интегратора $L = N$, для колебательного звена $L = 4 \cdot N$, для дифференциатора $L = 32 \cdot N$), $T = N / 2$. Передаточные функции интегратора И, дифференциатора Д и колебательного звена КЗ второго порядка выбраны следующими:

$$H_{\text{И}}(\omega) = \frac{1}{i\omega + 0.01}, \quad H_{\text{Д}}(\omega) = i\omega, \quad H_{\text{КЗ}}(\omega) = \frac{1}{1 - 0.1 \cdot \omega^2 + 0.1 \cdot i\omega},$$

где ω – частота ($\omega = 0, 1, \dots, M / 2$), i – мнимая единица; константа $0.01 \ll 1$ в передаточной функции $H_{\text{И}}(\omega)$ интегратора необходима в целях предотвращения деления на нуль, коэффициенты 0.1 в знаменателе передаточной функции колебательного звена введены из соображений наличия резонансной частоты $\omega_{\text{р}} =$ в рабочем диапазоне $\omega [0, M / 2]$. Весовая функция окна, используемого в потоковой фильтрации, прямоугольная.

Предложенный и исследованный алгоритм широтно-импульсной модуляции произвольного цифрового сигнала в контексте заданного линейного звена имеет вполне удовлетворительные результаты. Но в нём незавершённым остался вопрос автоматизированной оценки веса w интегральной составляющей, входящей в формулу (2), в зависимости от вида амплитудно-частотной характеристики линейного звена.

Литература

1. Стариков, А. В. Влияние широтно-импульсной модуляции на гармонический состав выходного напряжения частотного преобразователя / А. В. Стариков, С. Л. Лисин, Д. Ю. Рокало // Вестник Самарского гос. техн. ун-та. Сер. технические науки. – 2019. – № 1 (61). – С. 153 – 166. – Режим доступа :

<https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-shirotno-impulsnoy-modulyatsii-na-garmonicheskiy-sostav-vyhodnogo-napryazheniya-chastotnogo-preobrazovatelya>.

2. Федянин, В. В. Исследование влияния хаотической несущей частоты широтно-импульсной модуляции на работу частотно-регулируемого асинхронного привода / В. В. Федянин, В. К. Фёдоров, Д. В. Фёдоров, Н. В. Рубанов, С. Н. Проскураков // Омский научный вестник. – 2017. – № 5 (155). – С. 111 – 116. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-haoticheskoy-nesuschey-chastoty-shirotno-impulsnoy-modulyatsii-na-rabotu-chastotno-reguliruemogo-asinhronnogo>.

3. Иоффе, В. Г. Структурная организация однокристалльных микроконтроллеров : учебное пособие / В. Г. Иоффе. - Самара.: изд-во Самарского университета, 2017. – 206 с. – Режим доступа : [http://repo.ssau.ru/bitstream/Methodicheskie-materialy/Strukturnaya-organizaciya-odnokristalnyh-mikrokontrollerov-Elektronnyi-resurs-ucheb-posobie-70944/1/Иоффе В.Г. Структурная организация однокристалльных микроконтроллеров.pdf](http://repo.ssau.ru/bitstream/Methodicheskie-materialy/Strukturnaya-organizaciya-odnokristalnyh-mikrokontrollerov-Elektronnyi-resurs-ucheb-posobie-70944/1/Иоффе%20В.Г.%20Структурная%20организация%20однокристалльных%20микроконтроллеров.pdf).

4. Шостак, С. В. Элементы теории линейных систем в задаче восстановления формы сигнала / С. В. Шостак, П. А. Стародубцев, Е. Н. Бакланов, А. П. Шевченко // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2015. – Том 34. – С. 44 – 50. – Режим доступа : https://nauch-tr.dalrybvtuz.ru/images/Issues/34/34_07.pdf.

5. Тарасенко, В. Е. Алгоритмы обработки сигналов в интегрированной системе виброакустической и тепловой диагностики дизельных двигателей / В. Е. Тарасенко, О. Ч. Ролич, Д. А. Михаевич // Агропанорама. – 2020. – № 6 – С. 38 – 41.

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ КОРРЕЛЯЦИИ К ПОВОРОТУ ИЗОБРАЖЕНИЯ

студент гр. 113802 Семенидо Н. С.

Научный руководитель - канд. техн. наук Ролич О. Ч.

Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Корреляция как количественная мера сходства и подобия фигур играет значимую роль в распознавании образов и идентификации объектов на изображениях [1, 2].

Выделяемые на изображениях образы стандартно проходят этапы предварительной обработки (или препарирования), выделения контуров и сегментации [1]. Формируемые в результате сегментации образы являются бинарными так, что внутриконтурные их участки представлены одним цветом, например, чёрным, а фоновые – другим, например, белым. В связи с бинаризацией образов как неотъемлемой операции при сегментации в исследовании чувствительности корреляции к повороту изображений в пределах их плоскости именно бинарные образы представляют интерес.

В анализе поведения корреляции в зависимости от поворотов изображений удобно и целесообразно оперировать векторными бинарными образами, однозначно задаваемыми математическими уравнениями [3]. Поэтому, решение поставленной задачи исследования чувствительности корреляции к повороту изображения разбивается на следующие шаги:

Исходное задание бинарного образа посредством математических функций.

Вычисление координат геометрического центра бинарного образа.

Поворот бинарного образа вокруг оси, перпендикулярной к его плоскости и проходящей через геометрический центр.

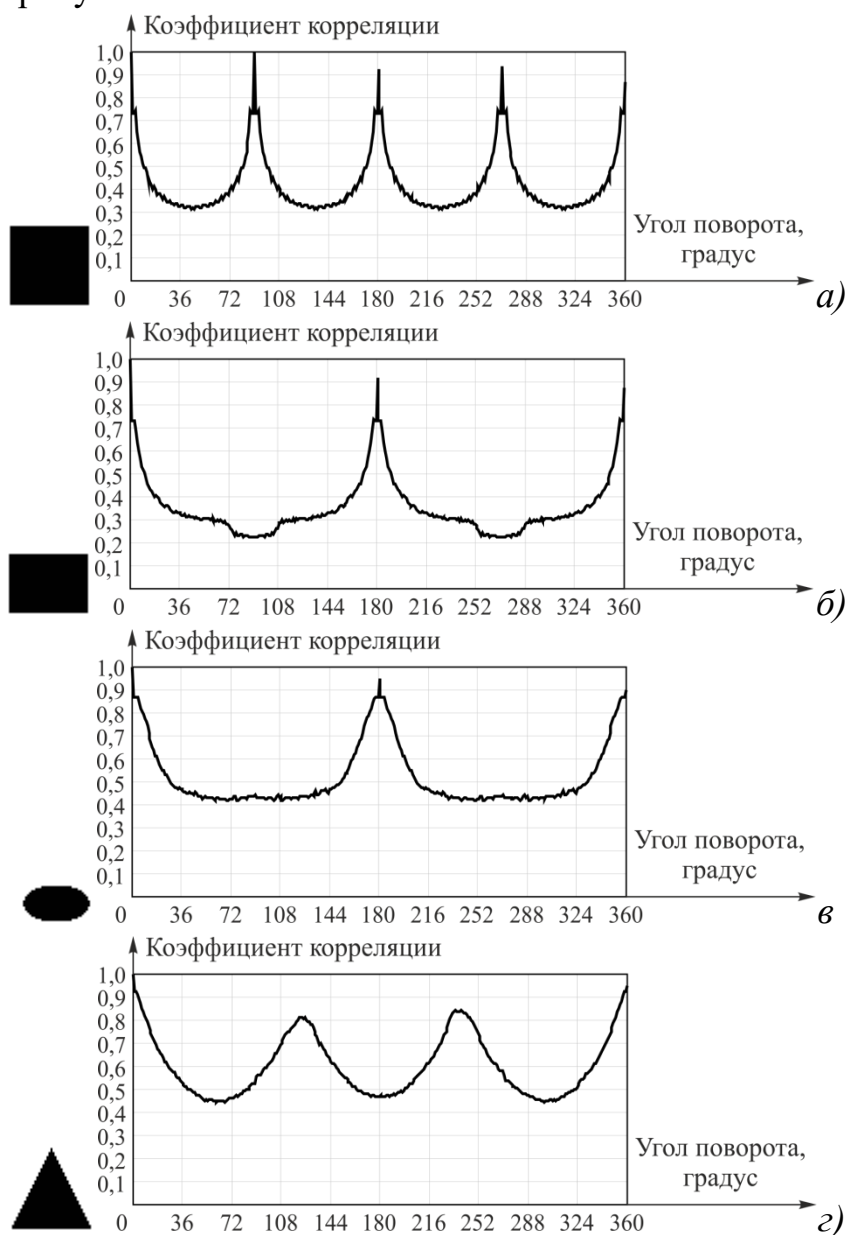
Вычисление коэффициента корреляции для повернутого и исходного бинарных образов [4, 5].

В случае поворота бинарного образа вокруг оси, не проходящей через его геометрический центр, требуется вычисление взаимной двумерной корреляционной функции для повернутого и исходного образов с последующим

поиском в результирующей матрице двумерной корреляционной функции максимального значения.

В качестве объектов исследования поведения корреляции от поворотов образов выбраны следующие фигуры: квадрат, прямоугольник, овал, треугольник, ромб, кардиоида [3].

Графики изменения корреляции от поворотов образов перечисленных фигур представлены на рисунке 1.



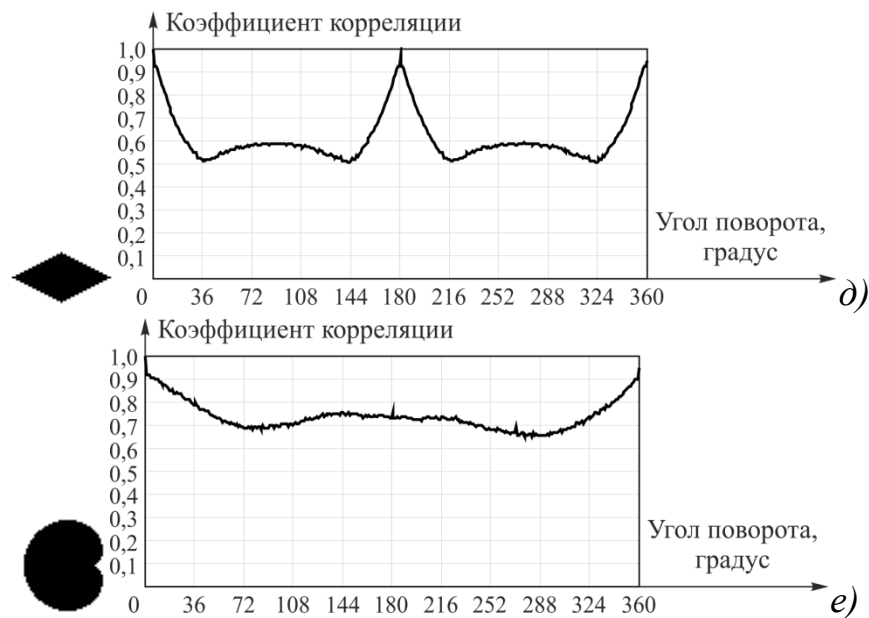


Рисунок 1. Исходные образы фигур и соответствующие им графики изменения корреляции от угла поворота для квадрата (а), прямоугольника (б), овала (в), треугольника (г), ромба (д), кардиоиды (е).

В рисунках 1, (а) – 1, (е) вблизи угла поворота, соответствующего совпадению вращающейся и исходной фигур (т.е. вблизи единичного коэффициента корреляции), выделяются достаточно острые пики. Их острота обусловлена высокой чувствительностью корреляции к повороту изображения.

Детальный анализ поворотов приводит к следующим угловым диапазонам, при которых коэффициент корреляции больше практически приемлемого значения 0,92: квадрат – 0,1°, прямоугольник – 0,1°, овал – 0,1°, треугольник – 1,2°, ромб – 2,7°, кардиоиды – 3,1°.

Средний угловой диапазон в доли градуса свидетельствует о высокой степени чувствительности корреляционного анализа к поворотам образов в плоскости изображения.

Литература

1. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – пер. с англ. – М. : Техносфера, 2005. – 1072 с.
2. Карлин, А. К. Распознавание номеров железнодорожных цистерн с использованием корреляционного алгоритма / А. К. Карлин, А. Н. Малков,

Е. А. Тимофеев, Г. П. Штерн // Математика, кибернетика, информатика. Труды международной научной конференции (Ярославль, 25-26 июня, 2008). – Ярославль : ЯрГУ, 2008. – С. 103 – 110.

3. Кастюкевич, Д.В. Корреляционный анализ векторных изображений / Д.В. Кастюкевич, О.Ч. Ролич // Интеллектуальные, сенсорные и мехатронные системы: сборник научных трудов (по материалам студенческих научно-технических конференций) – Минск: БНТУ, 2018. – С. 29-32. – Режим доступа : https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/55210/KORRELYACIONNYJ_ANALIZ_VEKTORNYH_IZOBRAZHENIJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

4. Харченко, М.А. Корреляционный анализ / М.А. Харченко // Учебное пособие для вузов. – Воронеж : ВГУ, 2008. – 31 с.

5. Фаерман, В.А. Корреляционный анализ в методах цифровой обработки сигналов / В. А. Фаерман, В. С. Аврамчук. – [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2012/C04/033.pdf>.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ВИБРОДИАГНОСТИКИ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

магистрант гр. 60330021 Робилко Е. М.

Научный руководитель – доцент Ишин Н. Н.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

При создании бортовой автоматизированной системы вибромониторинга необходимо разработать эффективные алгоритмы обработки информации с первичных преобразователей вибрации, а также алгоритмы анализа и оценки технического состояния трансмиссионного узла в целом и его элементов таким образом, чтобы в процессе эксплуатации на дисплее водителя отражалось текущее состояние, а специалисты ремонтных подразделений могли обоснованно принять решение о дальнейшей эксплуатации, обслуживании или ремонте зубчатого механизма.

Таким образом, с учетом структуры предварительной обработки измерительной информации общая система алгоритмического обеспечения будет иметь блочную иерархическую структуру с несколькими уровнями обработки и анализа информации (рисунок 1) [1].

Уровень I Модуль вибромониторинга	Нормализация входных сигналов
	масштабирование фильтрация оцифровка интегрирование и дифференцирование
Уровень II Модуль вибромониторинга	Предварительная обработка
	селекция данных по режимам работы (нагрузка и скорость) усреднение и сглаживание синхронное накопление формирование массива данных в флеш-памяти
Уровень III Модуль вибромониторинга	Статистическая обработка процессов
	расчет среднего квадратического значения сигнала (СКЗ) вибраций за оборот контролируемого вала расчет пик-фактора сравнение текущих значений СКЗ и пик фактора с предельными оповещение водителя о состоянии РМК
	Спектральный анализ
	гармонический спектр каждого вала редуктора расчет текущих дискриминант сравнение значений текущих дискриминант с предельными оповещение водителя о состоянии РМК
Уровень IV ПЭВМ	Определение характеристик взаимосвязи процессов
	взаимный корреляционный анализ взаимный спектральный анализ получение корреляционно-регрессионных зависимостей между составляющими спектров
	Обобщение информации по режимам эксплуатации
Уровень V ПЭВМ	построение зависимостей спектральных характеристик
	построение диаграмм возбуждения резонансных колебаний
	получение корреляционно-регрессионных зависимостей спектральных составляющих от параметров работы
	построение спектра маски предельных значений

Рисунок 1 – Структура обработки и анализа информации

Уровни I, II, III связаны со съемом, обработкой, накоплением и анализом параметров вибраций с выдачей диагностического решения для водителя, автоматически реализуемой непосредственно бортовой системой вибромониторинга в процессе эксплуатации машины. Уровни IV и V связаны с глубоким анализом на ПЭВМ данных, накопленных системой вибромониторинга за определенный период эксплуатации трансмиссионного узла, при котором определяется текущее состояние всех его элементов с оценкой их остаточного ресурса.

В качестве критериев оценки технического состояния зубчатых передач приняты: общий уровень виброускорений; уровни виброускорений в октавных спектральных полосах, в которые попадают зубцовые и кратные им гармоники

(до третьей включительно); уровни зубцовых и кратных им гармоник виброускорений (до третьей включительно) в гармонических спектрах всех валов зубчатого механизма, полученных с использованием метода синхронного накопления.

Глубокий анализ осуществляется с помощью специального программного обеспечения в лабораторных условиях специалистами ремонтных подразделений. Его результаты являются основанием для принятия решения о дальнейшей эксплуатации или обслуживании (ремонте) РМК.

Система должна в автоматическом режиме, постоянно или через заданный промежуток времени, обеспечивать мониторинг и оценку технического состояния, как отдельных элементов, так и редуктора в целом (с высокой степенью достоверности обнаружения опасных дефектов) и своевременно оповещать об этом водителя.

Для обеспечения возможности построения трендов, проведения углубленного анализа с оценкой остаточного ресурса дефектных элементов узла система должна накапливать в своей памяти в заданном объеме исходные данные о вибрации за определенный период эксплуатации узла. Накапливаемые данные извлекаются из памяти системы при проведении технического обслуживания машины или с помощью телеметрии периодически передаются для углубленного анализа цеховым службам контроля и диагностики.

Для вынесения заключения о техническом состоянии контролируемого редуктора, необходимо проводить сравнение получаемых величин СКЗ с предельно допустимыми, или амплитуд спектральных составляющих с их пороговыми значениями. Пороговые значения, как правило, формируются на основе статистической обработки и анализа данных по вибрационным характеристикам однотипных редукторов, полученных экспериментально в течение жизненного цикла. На основании пороговых значений вибраций для каждого элемента редуктора строится так называемая опорная маска предельных уровней вибраций, сравнением с которой текущих значений вибраций эксплуатируемого редуктора и определяется его техническое состояние.

Быстрое получение необходимой и в требуемом количестве информации, сравнение ее с «эталонной», прогноз о техническом состоянии объекта под силу лишь автоматизированной системе.

Схема организации процесса автоматизированной виброакустической диагностики приведена на рисунке 2.

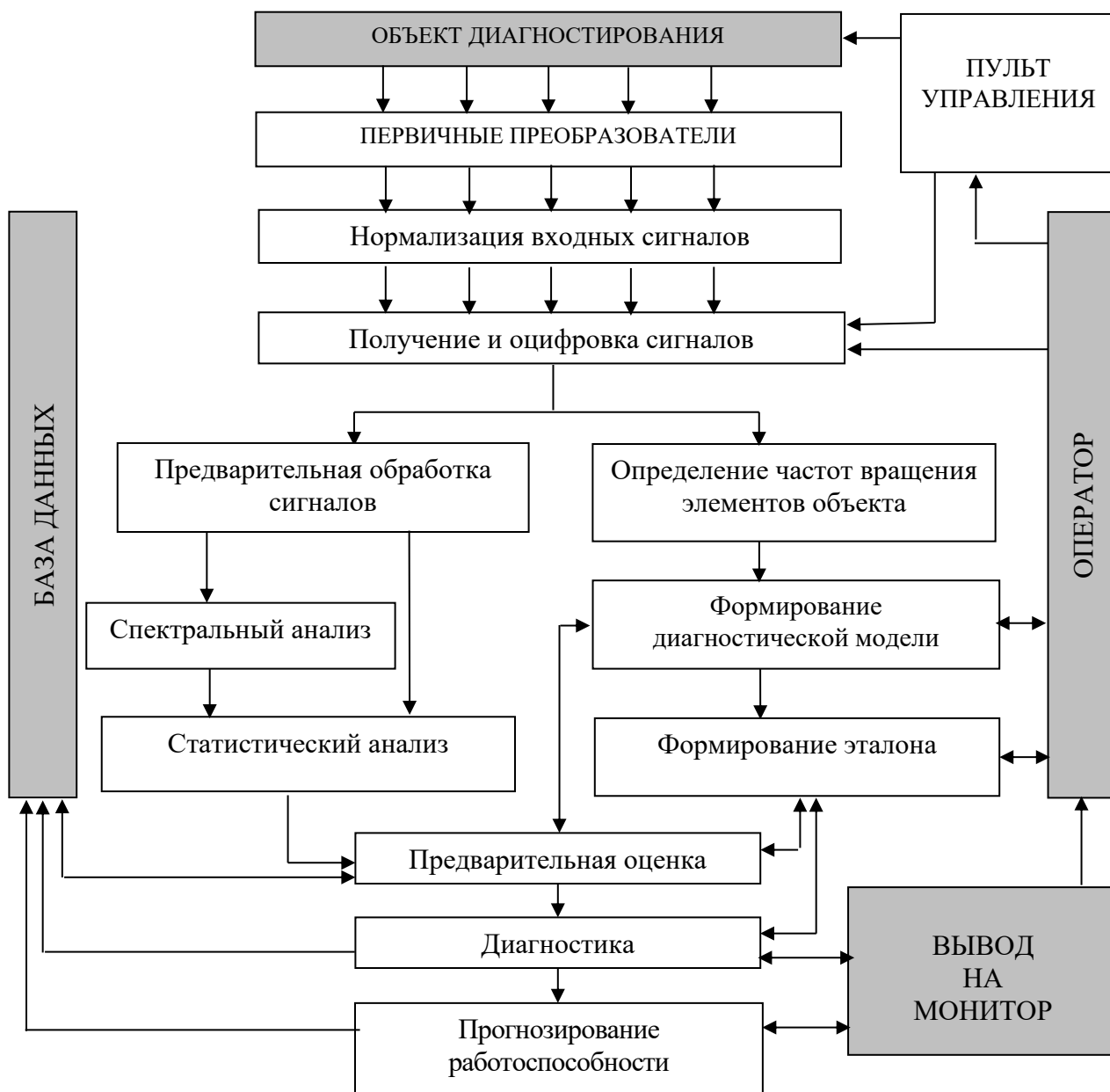


Рисунок 2 – Алгоритм автоматизированной виброакустической диагностики

После определения технического состояния эксплуатируемого редуктора и получения информации о наличии в нем дефекта, необходимо определить вид и место указанного повреждения.

Для автоматизированного вибромониторинга разработан метод и алгоритм (рисунок 3) нормирования вибраций РМК в зависимости от его технического состояния.



Рисунок 3 – Алгоритм расчетных зон уровней вибраций для автоматизированной оценки технического состояния зубчатых пар редуктора мотор-колеса

Такой подход позволяет назначить следующие диапазоны вибрации приводных зубчатых механизмов (рисунок 4): начальной вибрации (А), нормальной (В), увеличенной (С), критической (D). Прямая L_0 ограничивающая значения максимально допустимых величин вибрации в начале эксплуатации, определяется экспериментально.

Далее задействуется программное обеспечение, предназначенное для анализа и углубленной диагностики, а также оценки остаточного ресурса трансмиссионных систем по файлам данных, накопленных бортовой системой вибромониторинга за определенный период эксплуатации, которое базируется на алгоритмах диагностирования с использованием анализа вибрационных процессов.

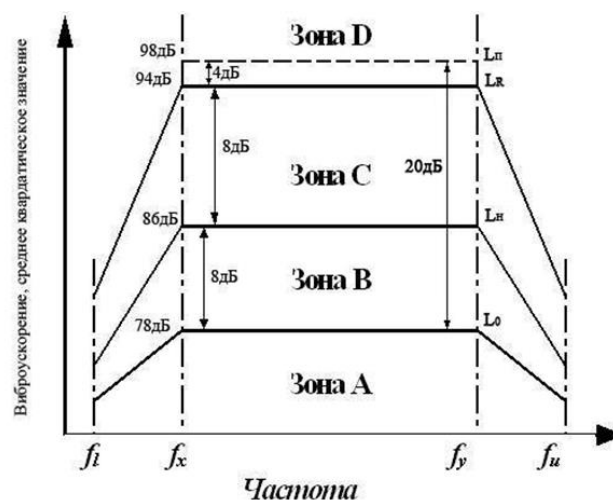


Рисунок 4 – Назначение границ зон вибрации

В общем виде методика диагностирования следующая [2]:

Записывается текущий вибросигнал – X ; Вычисляются СКЗ – среднее квадратическое значение и Π – ПИК-фактор.

СКЗ сравнивается с граничным значением области нормальной эксплуатации V . Если $СКЗ < V$, то на мониторе у водителя высвечивается сообщение о нормальной эксплуатации и программа заканчивает работу до следующего замера.

Если $СКЗ > V$, то СКЗ сравнивается с граничным значением области ограниченной эксплуатации C и программа начинает обработку сигнала по алгоритму синхронного накопления. Определяются вибросигналы каждого из валов редуктора X_i , их спектры S_i , значения СКЗ вибрации и дискриминанты D .

Если СКЗ редуктора и дискриминанты валов ниже своих границ области C , то на мониторе у водителя высвечивается предупреждение и программа заканчивает свою работу до следующего замера.

Если СКЗ редуктора и дискриминанты валов выше границ области C , то СКЗ сравнивается с граничным значением опасной области D и программа продолжает обработку сигнала. Определяются СКЗ_{*i*} вибрации отдельных валов, рассчитывается ресурс находящихся на них зубчатых колес.

Если общий СКЗ редуктора и дискриминанты валов ниже соответствующих границ области D , а ПИК-фактор продолжает увеличиваться, то на мониторе у водителя высвечивается предупреждение об ограниченной эксплуатации и предполагаемый ресурс элемента редуктора, имеющий наименьшее значение, и программа заканчивает свою работу до следующего замера.

Спектры отдельных валов S_i сравниваются с S_{i0} соответствующими масками, рассчитываемый ресурс зубчатых колес сравнивается с базовым и выносится заключение о наиболее вероятных неисправностях редуктора.

Для обеспечения функционирования разработанных алгоритмов система вибромониторинга включает в себя оригинальное прикладное программное обеспечение для бортового блока автоматизированного вибромониторинга и программное обеспечение верхнего уровня для персональной ЭВМ.

Прикладное ПО бортовой системы вибромониторинга обеспечивает функционирование модулей микропроцессорной системы, управляет работой устройства ввода аналоговых и дискретных сигналов, процессом аналого-цифрового преобразования вибросигнала, реализует алгоритмы синхронного накопления, вычисление текущих значений диагностических параметров, сравнение текущих значений с предельно допустимыми, постановку диагноза с информированием водителя о текущем состоянии зубчатого механизма, обеспечивает формирование исходных данных диагностирования и результатов диагностики в файлы и их хранение в памяти бортовой системы, для более глубокого их анализа в случае необходимости.

Особенностью алгоритмов диагностирования зубчатых механизмов является постоянный учет рабочих режимов редуктора по крутящему моменту и скорости движения самосвала с их привязкой к текущим вибрационным параметрам механизма. ПО также создает пользовательский интерфейс для предварительного программирования с ПЭВМ бортовой системы вибромониторинга перед установкой ее на борт машины (вводить коэффициенты преобразования датчиков, создавать файлы калибровочных коэффициентов, вводить маску предельных значений и др.).

Программное обеспечение верхнего уровня предназначено для анализа и углубленной диагностики зубчатых механизмов по файлам данных, накопленным бортовой системой вибромониторинга за определенный период эксплуатации самосвала, на персональной ЭВМ. Взаимодействие с оператором осуществляется в диалоговом режиме работы на русском языке посредством оконного интерфейса.

В частности, серьезная проработка модуля синхронного усреднения диагностической информации позволяет автоматически фильтровать данные о вибрации за один оборот вала, получая информацию о каждом зубчатом колесе в отдельности.

Литература

1. Adrian, I. Cuc. Vibration-Based Techniques for Damage Detection and Health Monitoring of Mechanical Systems / University of S. Carolina, 2002, 113p.
2. Арпабеков, М.И. Технические средства диагностики самоходного горного оборудования и карьерного транспорта // Проблемы карьерного транспорта: материалы 10-й МНПК, Екатеринбург, Ин-т горного дела. - Екатеринбург: Уральское отд-ние РАН, 2009, С. 19-24.

КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ

магистрант гр. 50330022 Лоско Е. В.

Научный руководитель – доцент Гулай А. В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Керамика - это твердые материалы, состоящие из неорганических соединений металлов или металлоидов и неметаллов с ковалентными или ионными связями.

Техническую керамику можно подразделить на 3 группы: оксидную, безоксидную (бескислородную) и металлокерамику (кермиты):

1) *Оксидную керамику* получают из оксидов различных элементов: Al, Mg, циркония, кремния, бериллия и др. Она состоит в основном из кристаллической фазы и пор. Стекловидная фаза появляется только за счет примесей.

2) *Бескислородная (безоксидная) керамика* – это карбиды, нитриды, бориды и т. п. Это тугоплавкие соединения, их огнеупорность достигает 3500 °С. Твердость приближается к твердости алмаза. Они обладают высокой износостойкостью и жаростойкостью.

3) *Керамико-металлические материалы, или керметы*, получают путем перемешивания порошков тугоплавкого керамического соединения и металла. Затем смесь порошков прессуется и спекается. Металл играет роль связки; он повышает пластичность и вязкость. При этом возрастает и $\sigma_{изг}$. В качестве связок используются кобальт, никель, железо, молибден. Керамическая составляющая может быть как оксидной, так и бескислородной.

Достоинствами керамики являются:

высокая твердость и износостойкость;

высокие рабочие температуры (до 3500 °С);

высокая коррозионная стойкость в различных средах;

низкая тепло- и электропроводимость: керамические материалы – диэлектрики и теплоизоляторы;

малая плотность, легкие материалы.

Основной недостаток керамики:

высокая хрупкость. Ударная вязкость керамики примерно в 40 раз меньше, чем у металлов. Это ограничивает ее применение в технике. Керамика имеет низкую прочность при растяжении и изгибе. Пластически не деформируется.

Многие исследователи сообщили о пористом керамическом датчике для обнаружения утечки углеводородного газа. Они сообщили о важности пористой керамики в качестве материала для датчиков. Выбор подходящего базового керамического материала и последующее изменение формы, размера и пористости пор может помочь в различных приложениях. Однако контроль проницаемости, низкий коэффициент расширения, высокая температура плавления, коррозионная стойкость и индивидуальные электронные свойства являются дополнительными преимуществами. В последнее время датчики используются для контроля утечки нефти, обнаружения горючих газов и углеводородов при высокой влажности и низких температурах.

Керамический газовый сенсор использует в качестве основного материала переходные оксиды металлов (ZnO , TiO_2 и SnO_2). Принцип действия этих оксидов заключается в обнаружении таких газов, как монооксид углерода он же угарный газ, водород, оксид азота, метан, пропан, углекислый газ и т.д. с изменением электропроводности. Селективные датчики используются в системах сгорания [1, 2, 3].

На рисунке 1 представлена создание многослойной керамической микропластины на основе оксида алюминия для высокотемпературного газового сенсора.

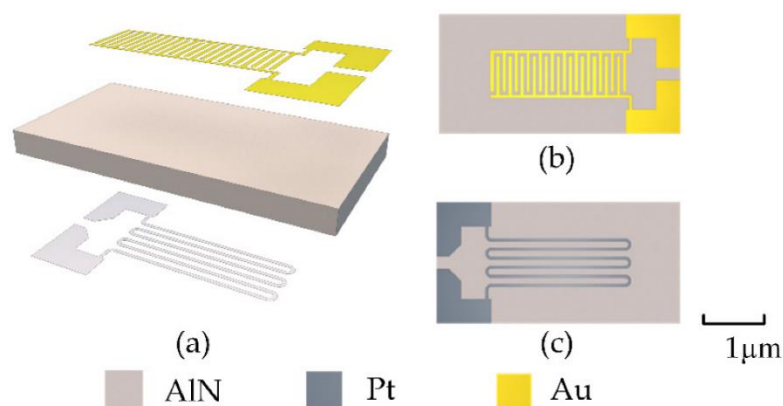


Рисунок 1 – Многослойная керамическая микропластина на основе оксида алюминия для высокотемпературного газового сенсора:

- (a) разложение структуры,
- (b) лицевая сторона
- (c) обратная сторона.

Микрогорячая пластина газового сенсора обычно состоит из подложки, нагревательного резистора и пары межзубных электродов.

На рисунке 2 представлен еще один пример создания газового сенсора.

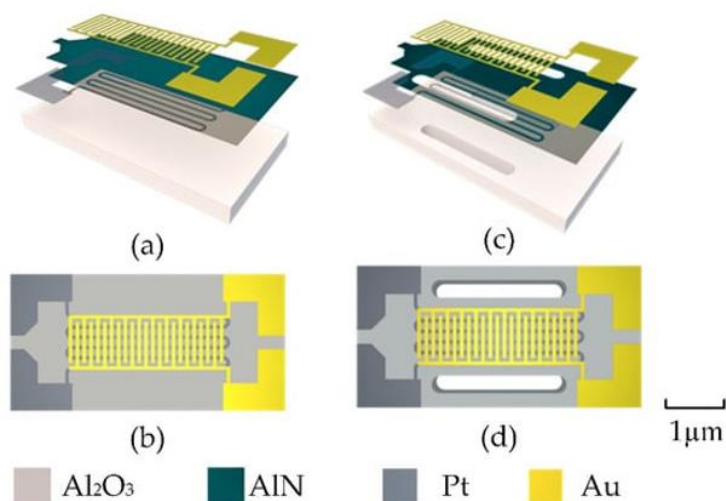


Рисунок 2 – Декомпозиция конструкции, в которой в качестве изолирующего теплопроводящего слоя используется пленка AlN на основе алюмооксидной керамики. (b) Главный вид второй конструкции. (c) Разложение третьей конструкции с добавлением теплоизоляционных отверстий. (d) Главный вид третьей конструкции.

При создании используется трехслойная конструкция типа "сэндвич", как показано на слайде Рисунок (а, б) при этом электроды первоначально располагаются по обе стороны основания с лицевой стороны. Такое расположение приближает нагревательный резистор к межцифровым электродам, что позволяет значительно повысить эффективность нагрева и снизить энергопотребление. Чтобы изолировать межцифровые электроды от нагревательного резистора, можно использовать в качестве разделительного слоя нитрид алюминия, который обладает отличной теплопроводностью. AlN действует как электрический изолятор, проводя тепло от нагревательного резистора к верхним межцифровым электродам. Толщина изолирующего теплопроводного слоя AlN составляет приблизительно 500 нм. Выбор алюмокерамической подложки с хорошей теплоизоляцией снижает потери энергии из-за температурной проводимости к подложке, тем самым снижая энергопотребление датчика [3, 4, 5, 6, 7].

1. N. V. Krishna Prasad, K. Venkata Prasad, S. Ramesh, S. V. Phanidhar, K. Venkata Ratnam, S. Janardhan, H. Manjunatha, M. S. S. R. K. N. Sarma and K. Srinivas. Ceramic Sensors: A mini-review of their applications. Department of Physics, G.S.S., GITAM University, Bengaluru, India
2. Yamazoe, N., and Miura, N. (1994). Environmental gas sensing. *Sensors and Actuators B: Chemical* 20 (2), 95–102. doi:10.1016/0925-4005(93)01183-5
3. Wang, B., Zhu, L. F., Yang, Y. H., Xu, N. S., and Yang, G. W. (2008a). Fabrication of a SnO₂ Nanowire gas sensor and sensor performance for hydrogen. *J. Phys. Chem. C* 112, 6643–6647. doi:10.1021/jp8003147
4. Briand, D.; Colin, S.; Gangadharaiah, A.; Vela, E.; Dubois, P.; Thiery, L.; de Rooij, N.F. Micro-hotplates on Polyimide for Sensors and Actuators. *Sens. Actuators A* 2006, 132, 317–324.
5. Liu, H.; Zhang, L.; Li, K.H.H.; Tan, O.K. Microhotplates for Metal Oxide Semiconductor Gas Sensor Applications—Towards the CMOS-MEMS Monolithic Approach. *Micromachines* 2018, 9, 557.
6. Asri, M.I.A.; Hasan, M.N.; Fuaad, M.R.A.; Yunus, Y.M.; Ali, M.S.M. MEMS Gas Sensors: A Review. *IEEE Sens. J.* 2021, 21, 18381–18397.
7. Dey, A. Semiconductor Metal Oxide Gas Sensors: A Review. *Mater. Sci. Eng. B* 2018, 229, 206–217.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
MEMS-ДАТЧИКОВ

магистрант гр. 115401 Ващилов А. Д.

Научный руководитель - канд. техн. наук Ролич О. Ч.

Белорусский государственный университет

информатики и радиоэлектроники

Минск, Беларусь

MEMS-датчики нашли свое применение в задачах разного типа и разной степени сложности. Инерциальные навигационные системы, системы мониторинга состояния подвижных составов, сфера энергетики и промышленности – лишь немногие области, существование которых невозможно представить без применения микроэлектромеханических систем. Все эти сферы объединяет одно – необходимость анализа сигналов MEMS-датчиков. В данной статье предлагается обобщённая методика, а также алгоритм исследования MEMS-датчиков.

Системы, создаваемые на основе MEMS-датчиков, как правило, представляют собой сложные, многокомпонентные устройства, включающие различные типы периферийных устройств, датчики всевозможных типов, модемы. При этом MEMS-датчики, располагаясь на одной и той же печатной плате вместе с остальными модулями, могут быть подвержены помехам с их стороны как напрямую, посредством использования общих шин сообщений, линий передачи данных, так и косвенным способом, выражающегося в изменении стабильности системы питания устройства. Как итог, выходной сигнал MEMS-датчика будет искажен, тем самым повлияв на функциональность системы в целом.

Приборы на основе MEMS-датчиков применяются в системах всевозможных типов. Так, например, нередко случаи эксплуатации MEMS-датчиков на летательных аппаратах вертолётного типа. В работе [1] описаны особенности применения микроэлектромеханических датчиков угловой скорости и линейного ускорения, применяемых в системах автоматического управления летательными аппаратами вертолётного типа. В частности, отмечено, что экспериментальное исследование инерциальных датчиков в реальных условиях зачастую затруднены недостаточностью знаний о реальном характере вибрации в точке их установки

[1]. Всё вышесказанное наводит на мысль, что при исследовании MEMS-датчиков необходимо учитывать характер механических воздействий, оказывающих влияние на них.

Не стоит забывать и о том, что месторасположение того или иного типа MEMS-датчика также влияет на результат его измерений. Согласно работе [2], в общем виде знание места установки MEMS-датчика и сигнальных компонентов отдельных составляющих движения способствует автоматизации процесса идентификации деятельности объекта в зависимости от класса применимости.

MEMS-датчики не ограничиваются только своим применением в устройствах, которые эксплуатируются на Земле. Устройства на основе MEMS-датчиков также имеют широкое применение в космосе. В работе [3] исследуется влияние радиации на приборы, которые используются в космических программах. В частности, отмечено, что MEMS-датчики могут быть изготовлены из широкого спектра материалов, каждый из которых по-разному ведёт себя под воздействием различного радиационного излучения, например, при использовании в системах инерциальной навигации. Также указан другой тип проблемы, который необходимо учитывать при её решении, а именно: влияние радиации на взаимодействие MEMS-датчика с управляющими этим датчиком другими компонентами электроники.

Для решения описанных проблем, связанных с исследованием функционирования MEMS-датчиков под воздействием различных факторов, предлагаются следующие классификации методов исследования датчиков:

- предмет исследования сигнала;
- тип воздействия факторов на объект;
- локализация датчика;
- тип фильтрации сигнала;
- тип движения объекта.

На рисунке 1 представлена схема классификаций методов исследования MEMS-датчиков.



Рисунок 1. Схема классификаций методов исследования MEMS-датчиков

Рассмотрим алгоритм исследования MEMS-датчика на примере MEMS-акселерометра типа KX003-1077, применяемого в приборе инерциальной навигации.

Микросхема трехосного акселерометра типа KX003-1077 обладает следующими основными механическими и электрическими характеристиками [4]:

возможность выбора одного из нескольких диапазонов измеряемых ускорений ($\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$, $\pm 16g$) при одновременном выборе разрешающей способности счетчика значений (8 бит, 12 бит, 14 бит) по внешней команде логического уровня;

высокое значение масштабного коэффициента при разрешающей способности счетчика значений 14 бит (1024 ед./g);

наличие СПЯЩЕГО РЕЖИМА (STANDBY MODE), который задаётся внешней командой логического уровня, с потребляемым током в этом режим при РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ (RESOLUTION) счётчика значений равной 8 битам, с потребляемым в этом режиме не более 10 мкА;

максимальная частота дискретизации равна 1600 Гц.

Выходные значения измерений MEMS-датчика во многом зависят от локализации самого датчика в пределах исследуемого объекта. Если предполагается его применение в различных местах предмета исследования, необходимо производить снятие показаний датчика в каждом месте его установки.

При наличии дополнительной периферии на одной печатной плате, где установлен MEMS-датчик, необходимо перевести остальную периферию в СПЯЩИЙ РЕЖИМ для нивелирования её влияния на работу датчика.

Для исследования амплитудно-частотных характеристик, в частности при применении Быстрого преобразования Фурье, необходимо задать ту частоту дискретизации, которая установлена в MEMS-датчике.

В формуле расчёта статической передаточной функции [5] MEMS-датчика, а именно статического передаточного коэффициента, необходимо применять то значение масштабного коэффициента, которое установлено в MEMS-датчике.

При обнаружении нежелательных составляющих выходного сигнала MEMS-датчика, например, при изменении типа движения исследуемого объекта, возможно применение того или иного типа фильтрации значений выходного сигнала датчика.

На основании вышесказанного предлагается алгоритм исследования MEMS-датчиков.

Определить основные механические и электрические характеристики MEMS-датчика.

Определить местоположение MEMS-датчика в пределах исследуемого объекта.

Исключить влияние другой периферии прибора на работу MEMS-датчика.

Исследовать математическую модель сигнала MEMS-датчика.

Применить методы фильтрации сигналов.

В результате выполнен анализ характеристик, принимаемые во внимание при исследовании MEMS-датчиков. Представлена классификация методов исследования MEMS-датчиков. Приведен алгоритм исследования MEMS-датчиков на примере MEMS-акселерометра типа KX003-1077. Предложена методика, а также алгоритм исследования MEMS-датчиков.

Литература

1. Серанова, А.А. Метод исследования инерциальных датчиков МЭМС-типа, предназначенных для эксплуатации на летательных аппаратах вертолётного типа при воздействии на них синусоидальной вибрации / А.А. Серанова, Р. В. Ермаков, А.А. Львов, Д.М. Калихман, Д.В. Кондратов // Электронный научный журнал «Математическое моделирование, компьютерный и научный эксперимент в естественных науках. – 2018. – №3.

2. Вашилов, А.Д. Учёт расположения MEMS-датчика при идентификации движения по его сигналам / А.Д. Вашилов, О.Ч. Ролич // Интеллектуальные, сенсорные и мехатронные системы-2022 [Электронный ресурс] : сборник научных трудов (по материалам студенческих научно-технических конференций). – Минск: БНТУ, 2020. – С. 74-76.
3. Herbert, R. Effects of Radiation on MEMS / R. Herbert // Microsystems for Space Technologies Laboratory. – 2011. – Vol. 7928. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/49461173_Effects_of_radiation_on_MEMS.
4. Kionix // Accelerometer Specifications [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kionixfs.kionix.com/en/datasheet/KX003-1077-Specifications-Rev-2.0.pdf>.
5. Павлов, Д. В. Разработка математической модели MEMS-акселерометра / Д. В. Павлов, К. Г. Лукин, М. Н. Петров // Вестник Новгородского государственного университета: Науч.-теорет. и прик. журн. широкого профиля. 2015, №8 (91) : Серия «Технические науки». – Великий Новгород : НовГУ, 2015. С. 22-25.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦЕЛОСТНОСТИ ФАЙЛОВОЙ СИСТЕМЫ ВО ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМАХ ПОСРЕДСТВОМ КОНТРОЛЯ CRC

магистрант гр. 115401 Ващилов А. Д.

магистрант гр. 115401 Туровец Н. О.

Научный руководитель - канд. техн. наук Ролич О. Ч.

Белорусский государственный университет

информатики и радиоэлектроники

Минск, Беларусь

Методы обнаружения ошибок предназначены для выявления повреждений сообщений при их передаче или хранении. Для этого устройство, отвечающее за передачу или сохранение сообщения, вычисляет некоторое число, называемое контрольной суммой и являющееся функцией сообщения, и добавляет его к этому сообщению. Устройство, которое принимает или считывает сообщение, используя тот же самый алгоритм, рассчитывает контрольную сумму принятого сообщения и сравнивает её с первоначальным значением. Как правило, контрольная сумма посылается (считывается) в конце сообщения [1]. На рисунке 1 представлен пример сообщения, с вычисленной для него контрольной суммой.

исходное неизмененное сообщение	контрольная сумма
---------------------------------	-------------------

Рисунок 1. Блок информации, содержащий сообщение и контрольную сумму

Так, например, в приборах инерциальной навигации часть показаний, собранных с MEMS-датчиков, необходимо сохранять во внутреннюю или внешнюю память. Очевидно, что при работе прибора в зашумленной среде, сохраненные показания могут быть подвержены коллизии, что при последующем их считывании, фактические значения отличались бы от настоящих [2]. Следовательно, необходимо отделять действительные значение от недействительных.

Применение кодов циклического резервирования (CRC) для обнаружения ошибок во встраиваемых системах предполагает поиск компромисса между

скоростью выполнения алгоритма, потреблением памяти и эффективностью обнаружения ошибок.

Поскольку многие встраиваемые системы имеют значительные ограничения в ресурсах, необходимо понимать доступные варианты компромисса и, по возможности, находить способы достижения наилучшего качества обнаружения ошибок при меньших вычислительных затратах.

Качественным критерием оценки контрольной суммы, как правило, понимают вероятность возникновения коллизии. Причём, чем длиннее сообщение, тем больше вероятность её появления. Для встраиваемых систем наиболее вызывает интерес расстояние Хэмминга или метрика Минковского – минимально возможное число бит сообщения, инверсия которых может привести к коллизии [3].

В основе вычисления CRC лежит понятие полинома. В общем случае, любой блок информации всевозможной длины в памяти прибора можно считать полиномом.

Для вычисления контрольной суммы необходим еще один полином, называемый порождающим полиномом.

Порождающий полином – это предварительно специальным образом подобранный полином, на который впоследствии будет делиться информационный полином для вычисления контрольной суммы. Оттого, порождающий полином какой степени используется, будет зависеть эффективность обнаружения ошибок [4].

Выбор порождающего полинома – нетривиальная задача. Его выбор должен основываться не только на размере контрольной суммы, но и на размере сообщения. В работе [5, с.6] приведена таблица оптимальных порождающих полиномов для некоторых значений расстояний Хэмминга с указанием размера самого полинома и максимально возможной длины кодируемой информации.

Полиномы длиной 8 бит нашли свое широкое применение во встраиваемых системах. Алгоритм CRC-8 хоть и является одним из наиболее распространенных, однако не показывает такого быстрого действия как другие восьмибитные алгоритмы [5, с.4]. Так, алгоритм CRC-8-CCITT показывает высокую производительность благодаря заранее известной таблице значений.

При подсчете контрольной суммы данных большего размера необходимо использовать алгоритм CRC разрядностью 16. Ярким представителем такого алгоритма является CRC-16-CCITT. Данный алгоритм отличается высокой

степенью производительности [6], а также заслужил популярность среди решений для встраиваемых систем [7].

Критически важные с точки зрения безопасности встраиваемые системы требуют большие значения расстояние Хэмминга, которые может обеспечить алгоритм нахождения контрольной суммы. Так, например, в последовательной шине бортовой сети железнодорожного состава кадр данных использует алгоритм CRC-32 с длиной Хэмминга равной шести для обеспечения информационной безопасности в критически важных сообщениях [4, с.1].

В качестве примера вычисления контрольной суммы данных на рисунках 2 и 3 предлагаются блок-схемы алгоритмов записи и считывания значений, полученных с MEMS-акселерометра в файловую систему внутренней памяти микроконтроллера.

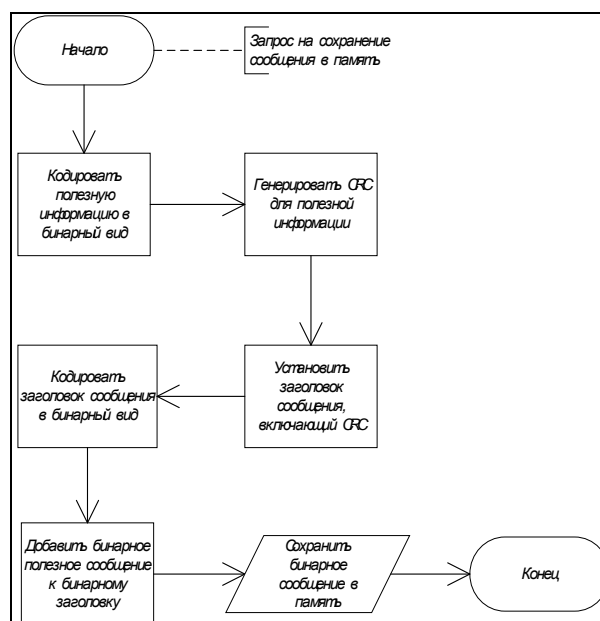


Рисунок 2. Блок-схема алгоритма кодирования сообщения в файловую систему

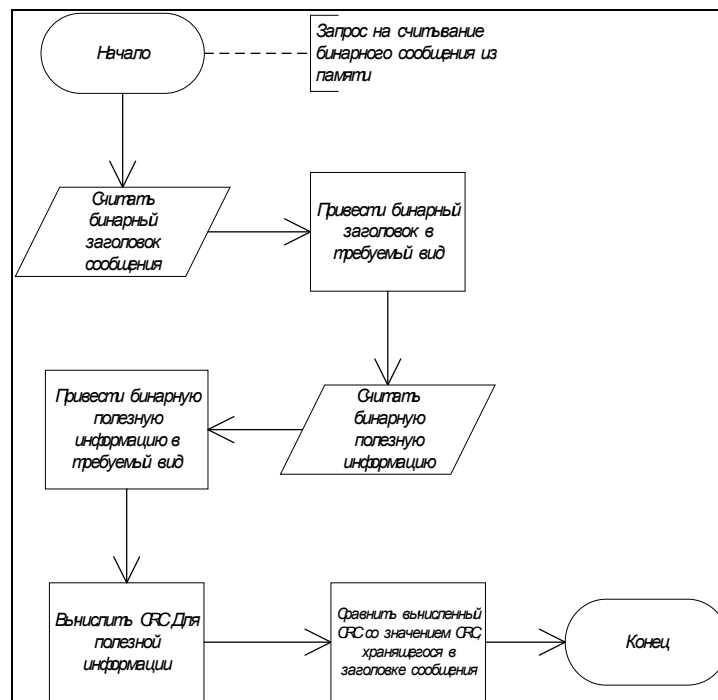


Рисунок 3. Блок-схема алгоритма декодирования сообщения из файловой системы

В результате выполнен анализ алгоритмов вычисления контрольных сумм. Приведены критерии, на которые следует обращать внимание при выборе того или иного алгоритма вычисления контрольной суммы. Представлены алгоритмы вычисления контрольных сумм, наиболее подходящих для встраиваемых систем. Предложены алгоритмы записи, считывания и обработки данных, содержащие контрольную сумму.

Литература

1. Мыцко, Е.А. Исследование программных реализаций табличного и матричного алгоритмов вычисления контрольной суммы CRC32 / Е.А. Мыцко, А. Н.Мальчуков // Вестник науки Сибири. 2011. №1(1). – Томск : ТПУ, 2011. – С. 273-278.
2. Кузьменко, С.В. Разновидности инерциальной навигации и её дальнейшее развитие / С.В. Кузьменко // Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум-2018». – Москва : МГУ, 2018. – 4 с.

3. Журнал Эмбедед-Инженера // Криптография [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://idoka.ru/cryptography/>.
4. Гродненский государственный университет им. Янки Купалы // Практическая работа «Вычисление циклического контрольного кода» по курсу «Системное программное обеспечение» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://mf.grsu.by/UchProc/livak/po/Labs/teor_lab_0.htm.
5. Koopman, P. Cyclic Redundancy Code (CRC) Polynomial Selection For Embedded Networks / P. Koopman, T. Chakravarty // IEEE Access. – 2004. – [Electronic resource]. – Mode of access: https://users.ece.cmu.edu/~koopman/roses/dsn04/koopman04_crc_poly_embedded.pdf.
6. StackOverflow // Understanding an efficient CRC-CCITT-16 implementation [Electronic resource]. – Mode of access: <https://stackoverflow.com/questions/58795372/understanding-an-efficient-crc-ccitt-16-implementation>.
7. StackOverflow // Function to Calculate a CRC16 Checksum [Electronic resource]. – Mode of access: <https://stackoverflow.com/a/23726131>.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПНЕВМОТОНОМЕТРИИ ГЛАЗНОГО ДАВЛЕНИЯ

аспирант Михнович М.О.

Научный руководитель – Чигарев А.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Один из распространенных в настоящее время методов измерения офтальмотонуса – пневмотонометрия. Для использования в клинической практике используются разнообразные модели пневмотонометров (пуфтонометров). Пневмотонометрия является бесконтактным вариантом аппланационной тонометрии, не требующей анестезии и специальной стерилизации. Специальный датчик в пневмотонометре измеряет деформацию роговицы под действием на нее слабой струи воздуха (рисунок 1).

Измерения офтальмотонуса с применением пневмотонометра имеют свои особенности. При очень плотной (твердой, крепкой) роговице цифры давления будут выше, а при чрезмерно тонкой (мягкой, рыхлой) – ниже, чем оно есть на самом деле.

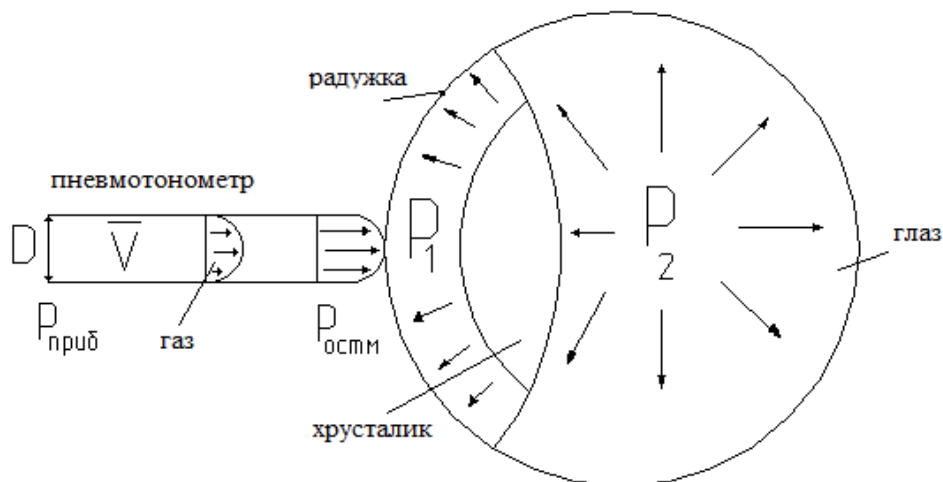


Рисунок 1. Воздействие пневмотонометра на радужку глаза

При движении газа по трубке пневмотонометра профиль скорости параболический и V_{\max} на центральной линии тока, давление на поршне (в камере) $P_{\text{приб}}$, снаружи $P_{\text{остм}}$, V_m - линейная скорость, объемная скорость Q

$$Q = \pi v_m \left(\frac{D}{2} \right)^2$$

Поверхность глаза сферическая, поэтому на роговице введем криволинейную систему координат α, β, z (рисунок 2)

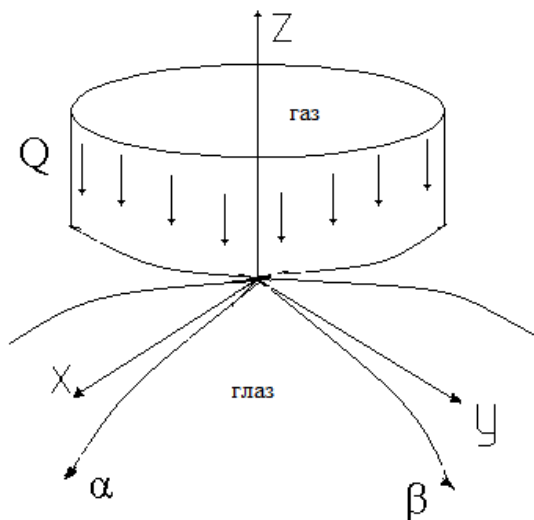


Рисунок 2. Сферическая поверхность глаза

В случае ортогональности сетки координат α, β касательные к ним оси x, y также ортогональные. Если трубка пневмотонометра имеет прямоугольное сечение, то удобно рассматривать в прямоугольных координатах, если круглая, то в цилиндрических. Пусть радиус трубки значительно меньше радиуса глаза, то можно положить, что взаимодействуют два сферических тела, причем вместо криволинейных координат α, β использовать x, y , а в случае круглой трубки удобно решать задачу в полярных координатах. При взаимодействии поверхность глаза деформируется под влиянием столбика газа, который при взаимодействии с глазом передает поверхности роговицы импульс. Так как молекулы после взаимодействия отекают (отражаются) вдоль поверхности, то часть кинетической энергии уносится обтекающим потоком газа. Это эквивалентно тому, что столбик газа тратит на свое псевдодеформирование часть кинетической энергии как упругое тело.

Считаем, что область контакта (ω) мала по сравнению с поверхностью глаза. Обозначим $z_i = f_i(x, y)$, ($i = 1, 2$) уравнения поверхностей z_1 переднего фронта газа и z_2 поверхности глаза в момент времени перед началом деформации. В роговице в момент времени после смятия перед восстановлением уравнения поверхностей запишем в виде

$$z_1^* = f_1(x, y) + \omega_1 - \delta_1 \omega_{10} - \delta_2 \omega_{20}$$

$$z_2^* = f_2(x, y) + \omega_2 - (1 - \delta_1)\omega_{10} - (1 - \delta_2)\omega_{20} \quad (1)$$

здесь ω_{i0} - перемещения ω газового фронта (индентора) и глаза вдоль оси Oz в т. O , δ_i - коэффициенты, характеризующие перемещения тел при локальном деформировании поверхностей тел в окрестности т. O .

Условие контакта $z_1^* = z_2^*$ имеет с учетом (1) вид

$$\omega_1 + \omega_2 = \alpha - f(x, y) \quad (2)$$

где $f(x, y) = f_1(x, y) + f_2(x, y)$, $\alpha = \omega_{10} + \omega_{20}$ - коэффициент локального перемещения.

Считая глаз по размерам, значительно превосходящим размеры зоны взаимодействия можно в первом приближении не учитывать отражение волны от хрусталика при ударе струи воздуха по радужке. Тогда считаем, что глаз представляет собой неограниченную полубесконечную среду, однородную и упругую. В этом случае можно применить решение задачи Буссинеска о действии нагрузки $P(x, y)$ распределенной по области ω на поверхности полупространства. Тогда за пределами площадки контакта ω имеем:

$$\omega_1 + \omega_2 > \alpha - f(x, y) \quad (3)$$

А в зоне контакта $z_1^* = z_2^*$

$$\begin{aligned} (\Theta_1 + \Theta_2) \int_{\omega} \frac{P(x_1, y_1)}{r} dx_1 dy_1 &= \alpha - f(x, y) \\ \Theta_i &= \frac{1 - \nu_1}{2\pi G_1}, \quad (i = 1, 2), \quad r = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2} \quad (4) \end{aligned}$$

где ν_2, G_2 - коэффициент Пуассона и модуль сдвига роговицы, также системы, состоящей из роговицы и внутренней среды глаза, реагирующей на воздействие, ν_1, G_1 - эффективные упругие коэффициенты фиктивного упругого тела, которым моделируется столбик струи воздуха.

В момент достижения максимального давления в момент статического равновесия

$$\iint_{\omega} p(x, y) d\omega = P \quad (5)$$

где P равнодействующая активных сил, направленная по внешней нормали в т. O .

Считая, согласно Герцу, что поверхность $f(x, y)$ представляет собой эллипс:

$$f(x, y) = Ax^2 + By^2 \quad (6)$$

Решение задачи (4), (5) получим в виде:

$$P = k\alpha^{3/2}, \quad k = \frac{4}{3} \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{(\Theta_1 + \Theta_2)\sqrt{A+B}} (\varphi_3 \bar{k})^{-3/2} \quad (7)$$

Выражая α через P , получим

$$\alpha = k_1 P^{2/3}, \quad k_1 = \left[\frac{3}{4} (\Theta_1 + \Theta_2) \right]^{2/3} A^{1/3} \frac{\varphi_3(\bar{k})}{\sqrt[3]{\varphi_1(\bar{k})}} \quad (8)$$

$$\varphi_1(\bar{k}) = \int_0^{\infty} \frac{d\bar{\xi}}{\sqrt{(1+\bar{\xi})(\bar{k}^2 + \bar{\xi})(\bar{\xi})}}$$

$$\varphi_2(\bar{k}) = \int_0^{\infty} \frac{d\bar{\xi}}{\sqrt{(1+\bar{\xi})(\bar{k}^2 + \bar{\xi})^3(\bar{\xi})}}$$

$$\varphi_3(\bar{k}) = \int_0^{\infty} \frac{d\bar{\xi}}{\sqrt{(1+\bar{\xi})(\bar{k}^2 + \bar{\xi})(\bar{\xi})}} \quad (9)$$

$$\bar{k} = a/b, \quad \bar{\xi} = \xi/a^2, \quad a^2 = A^{-1}, \quad b^2 = B^{-1}$$

$$a = (\varphi_1 + \varphi_2)^{1/3} \sqrt[3]{\frac{3P(\Theta_1 + \Theta_2)}{4(A+B)}}$$

$$b = (\varphi_1 + \varphi_2)^{1/3} (\bar{k})^{-1} \sqrt{\frac{3P(\Theta_1 + \Theta_2)}{4(A+B)}}$$

При сделанных предположениях согласно закону Ньютона, можем записать:

$$\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \ddot{\alpha} = P \quad (10)$$

где m_1 - масса струи воздуха индентора, m_2 - масса радужки глаза.
Начальное условие для дифференциального уравнения (10) имеет вид

$$\ddot{\alpha} = v_c, \quad \alpha = 0, \quad \text{при } t = 0 \quad (11)$$

Последовательно интегрируя (10) с учетом (11), получим

$$\dot{\alpha}^2 - v_c^2 = -\frac{4}{5} k_2 k \alpha^{5/2} \quad (12)$$

Или

$$\dot{\alpha} = \sqrt{v_c^2 - \frac{4}{5} k_2 k \alpha^{5/2}}$$

Максимальное деформирование роговицы достигается, когда скорость смятия становится равной нулю $\dot{\alpha}$, тогда из (12) получим:

$$\begin{aligned} \frac{5}{4} v_c^2 (k_2 k)^{-1} &= \alpha_{\max}^{5/2} \\ \alpha_{\max} &= \left(\frac{5}{4} v_c^2 (k_2 k)^{-1} \right)^{2/5} \quad (13) \end{aligned}$$

Максимальное значение силы соударения согласно (7) равно:

$$P_{\max} = k \alpha_{\max}^{3/2} = k \left(\frac{5}{4} v_c^2 (k_2 k)^{-1} \right)^{2/5} \quad (14)$$

Интегрируем (12), записывая его в виде уравнения с разделенными переменными:

$$d\alpha \left(\sqrt{v_c^2 - \frac{4}{5} k_2 k \alpha^{5/2}} \right)^{-1} = dt \quad (15)$$

Тогда:

$$t = \int_0^{\alpha} \frac{d\alpha}{\sqrt{v_c^2 - 4/5 k_2 k \alpha^{5/2}}} \quad (16)$$

Продолжительность контакта (время смятия, соударения) находится из уравнения:

$$\tau = 2 \int_0^{\alpha_{\max}} \frac{d\alpha}{\sqrt{v_c^2 - 4/5 K_2 K \alpha^{5/2}}} \quad (17)$$

Для круглой трубки радиуса R

$$A = B = \frac{1}{2R}, \quad k_2 = \frac{1}{m} = \frac{3}{4\pi\rho R^3}, \quad k = \frac{4}{3\pi} \sqrt{R} \frac{1}{\Theta_1 + \Theta_2}$$

$$\alpha_{\max} = \left[\frac{15\pi v_c^2 (\Theta_1 + \Theta_2) m}{16\sqrt{R}} \right]^{2/5}, \quad \tau = 4,53 \left[\frac{(\Theta_1 + \Theta_2) m}{\sqrt{R} v_c} \right]^{2/5}$$

$$P_{\max} = 0,2515 \left[\frac{v_c^2 m}{(\Theta_1 + \Theta_2)^4 R^3} \right]^{1/5}$$

где m - масса воздушного индентора

$$E = \frac{9KG}{3K + G}, \quad v = \frac{3K - 2G}{6K + 2G}$$

$$K = \frac{EG}{9G - 3E}, \quad v = \frac{E - 2G}{2G}$$

$$G = 0, \quad v = \infty, \quad E = \frac{9K}{3\frac{K}{G} + 1} = 0$$

где $\frac{G}{K}$ - малый параметр

$$v = \frac{3 - 2\delta}{6 + 2\delta} = \left(\frac{3 - 2\delta}{6} \right) \cdot \left(1 - \frac{1}{3} \cdot \delta \right) = \frac{1}{2} - \frac{1}{3} \delta - \frac{\delta}{6} + \frac{1}{9} \delta^2 = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \delta = \frac{1}{2} (1 - \delta)$$

Преимуществом данного метода исследования ВГД является то, что он бесконтактный, а значит, что опасность развития инфицирования или травмирования глазного яблока, из-за проведённого исследования снижается практически до нуля.

Недостатком пневмотомерии считается точность измерения. Из-за индивидуальных анатомических особенностей (толщина и эластичность роговицы) показания могут отличаться от средних («нормальных») значений. Кроме того, во время исследования пациент может напрягать мышцы глазного яблока и век, что оказывает дополнительное внешнее давление на глаз и вести к увеличению значений ВГД. Поэтому, при фиксации ненормальных уровней давления рекомендуется повторное обследование методом Маклакова.

В данной работе вывели формулы получения максимальное деформирование роговицы, максимальное значение силы соударения и продолжительность контакта пневмотометра с радужкой глаза.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНЕРАТИВНО-СОСТЯЗАТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ В СТЕГОСИСТЕМАХ ДЛЯ СИНТЕЗА КОНТЕЙНЕРОВ

студентка 4 курса, 5КБ группы Борисюк Д. С.

Научный руководитель - канд. техн. наук Садов В. С.

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

В последние годы искусственный интеллект и машинное обучение нашли широкое применение в различных областях, включая стеганографию - науку о скрытой передаче информации. Стегосистемы являются одним из инструментов защиты конфиденциальной информации, позволяя ее скрыть в неподозрительном контейнере, например, изображении. В последнее время генеративно-состязательные сети (GANs) привлекают все большее внимание исследователей стеганографии благодаря их возможностям в синтезе изображений и подделке контента. В данной статье мы исследуем потенциал использования GANs в стегосистемах для синтеза контейнеров и обсуждаем их преимущества и недостатки в этой области.

Структурная схема стегосистемы представлена на рисунке 1.

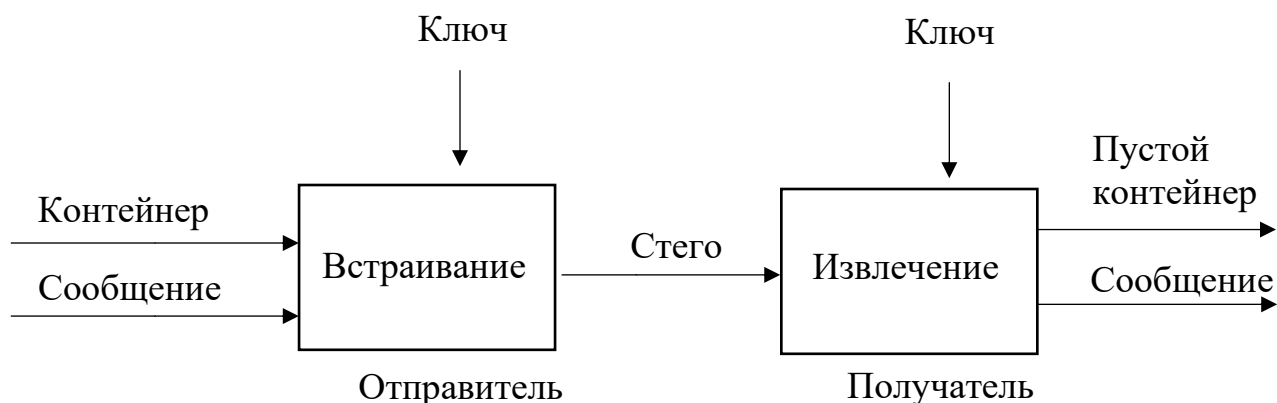


Рисунок 1. Структурная схема стегосистемы

Для создания безопасных стеганографических систем, использующих синтез изображений, необходимо создать новый образ, в котором будет

содержаться секретная информация. Одним из ключевых критериев успеха такой системы является достаточная реалистичность созданного изображения, чтобы оно было неразличимо от обычного. В настоящее время в стеганографии существуют два типа методов, основанных на синтезе изображений.

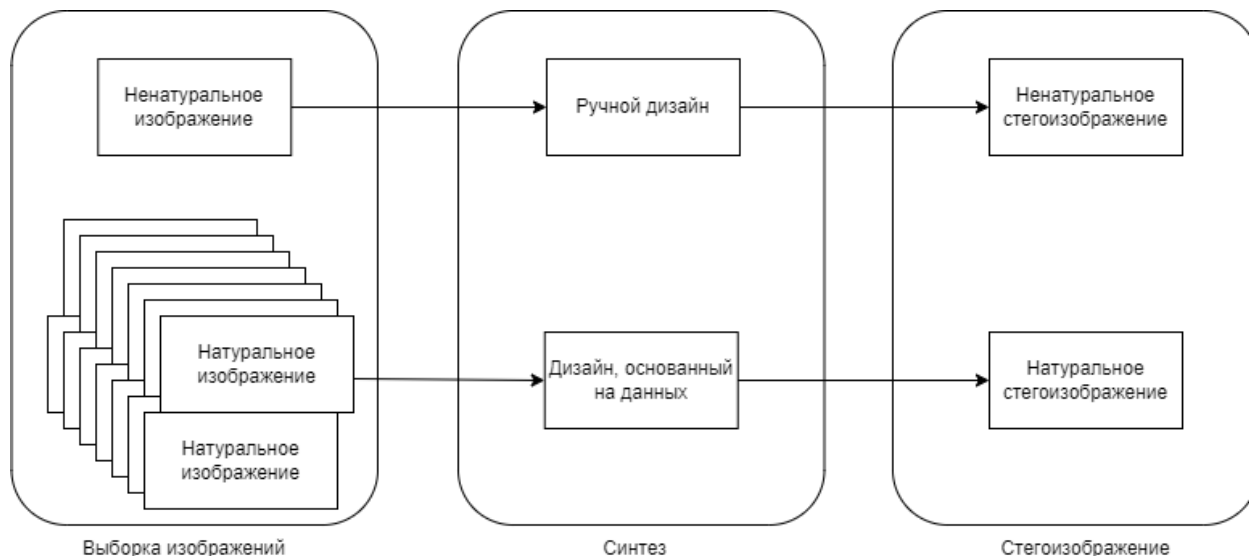


Рисунок 2. Создание стегоизображения методом синтеза

Из-за сложности задачи синтеза реалистичных изображений традиционные методы синтеза стегоизображений использовали различные подходы для решения задачи стеганографии, включая:

- создание неестественных изображений, текстурных изображений [1/22] и изображений отпечатков пальцев [2/23];

- обратимый синтез текстурных изображений для сокрытия секретных сообщений;

- сокрытие информации в процессе синтеза текстурных изображений;

- использование текстур, основанных на деформации, для сокрытия информации.

Такие методы стеганографии, основанные на синтезе текстур, предполагают, что контейнером может быть изображение без семантической информации, что ограничивает их применение в более широких областях стеганографии.

Метод генерации стегоизображений с использованием генеративно-сопоставительной сети (GAN) позволяет создавать реалистичные естественные изображения, которые содержат скрытые сообщения. Обучение с учителем

включает в себя три участника: Алису, Боба и Еву, где Алиса встраивает секретное сообщение в изображение контейнер, создавая стеганографическое изображение, а Боб может восстановить сообщение. Ева же пытается определить, является ли передаваемое изображение контейнером или стеганографическим изображением. На начальных этапах обучения Ева может легко отделить изображения контейнера от стеганографических изображений, но по мере продолжения тренировок Ева начала лучше справляться со своей задачей, что заставляет Алису улучшать способы встраивания сообщений [3/24].

К селекционным методам также относится стеганография без встраивания. Секретные сообщения преобразуются в вектор шума, который затем передается генератору для создания стегоизображения. Сначала генератор обучается на наборе данных, чтобы создавать реалистичные изображения. Затем, на втором этапе, экстрактор обучается функции потерь, чтобы извлекать сообщение из стегоизображения. Цель этого этапа заключается в том, чтобы восстановить сообщение из созданного стегоизображения.

На последнем этапе отправитель устанавливает связь между вектором шума и секретным сообщением, а затем сегментирует их для создания отображения. Получатель может использовать экстрактор для восстановления вектора шума и затем получить секретное сообщение с помощью полученного отображения. Этот процесс показан на рисунке 3 [4/25]:

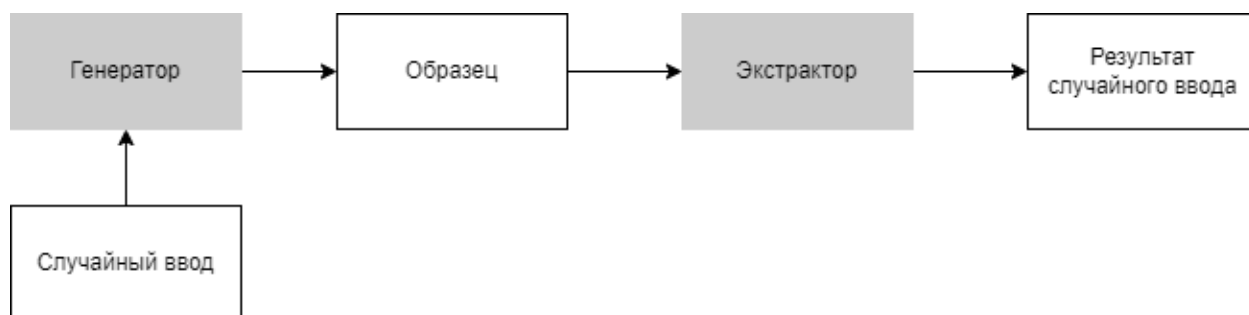


Рисунок 3. Тренировка экстрактора

Также к данной группе методов относится WGAN-GP. Это метод генеративной состязательной сети для создания стегоизображений высокого качества, который использует функцию потерь Вассерштейна и добавляет штраф за градиент. В отличие от других методов стеганографии, экстрактор и генератор обучаются одновременно. Генератор обучается в минимакс игре с дискриминатором и экстрактором, чтобы улучшить качество изображений.

Штраф за градиент вычисляется на основе расстояния между величиной градиента и идеальной нормой, равной 1 [5/26].

Таким образом, метод WGAN-GP представляет собой более эффективный и универсальный подход к генерации стегоизображений на основе генеративно-сопоставительных сетей. Одним из главных преимуществ WGAN-GP является то, что он решает проблему взрывающегося градиента, что может приводить к затуханию градиента в стандартных моделях GAN.

Литература

1. Deterministic texture analysis and synthesis using tree structure vector quantization / Li-Yi Wei // Stanford, CA, USA, 1999
2. Fingerprint image synthesis based on statistical feature models / Qijun Zhao, Anil K. Jain, Nicholas G. Paulter, Melissa Taylor // Arlington, VA, USA, 2012
3. Generating steganographic images via adversarial training // Jamie Hayes and George Danezis / 2017
4. A Novel Image Steganography Method via Deep Convolutional Generative Adversarial Networks // Donghui Hu; Liang Wang; Wenjie Jiang; Shuli Zheng; Bin Li / School of Computer and Information, Hefei University of Technology, Hefei, China, 2018
5. A coverless steganography method based on generative adversarial network // Xintao Duan, Baoxia Li, Daidou Guo, Zhen Zhang & Yuanyuan Ma / 2020

СТЕГАНОГРАФИЧЕСКОЕ СКРЫТИЕ ПРОТЯЖЕННЫХ КОММУНИКАЦИЙ НА СПУТНИКОВЫХ СНИМКАХ

студент 3 курса, 5КБ группы Лашкин А. А.

Научный руководитель - канд. техн. наук Садов В. С.

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

В настоящее время цифровые спутниковые снимки не являются чем-то сверхъестественным и используются в различных целях:

- ориентация на местности,
- анализ метеорологических и гидрометеорологических данных,
- слежение за посевами в сельском хозяйстве,
- и многое другое.

Однако, не все объекты, на спутниковых снимках, могут находиться в открытом доступе. Согласно Постановлению Совета Министров Республики Беларусь от 12 августа 2014 г. № 783 «О служебной информации ограниченного распространения и информации, содержащей коммерческую тайну» сформулирован строго регламентируется перечень сведений относящихся к служебной информации ограниченного распространения, в применении к спутниковым снимкам и спутниковым картам.

К таким сведениям относятся, в том числе, характеристики и расположение на местности объектов протяженного характера, таких как [1]:

- инфраструктура органов пограничной службы,
- привязка на генеральном плане местности схем отводов нефтепроводов и газопроводов, питающих электростанции,
- схемы энергетики регионов и объединенных энергосистем и их развития,
- схемы внешнего электроснабжения электрифицируемой железной дороги (существующие, проектируемые и планируемые на перспективу),
- сведения о подземных антеннах, телеграфировании, телефонировании через землю, сверхбыстродействующей, медленнодействующей и сверхдлинноволновой связи,
- плановые координаты геодезических пунктов, определенные с точностью 50 метров и точнее.

Таким образом, такая информация нуждается в строгом режиме хранения и, в тоже время, должна быть предусмотрена возможность ее использования в практической деятельности, как в стационарных так и мобильных условиях.

Оптимальным вариантом обеспечения требуемого режима обращения с подобной информацией является компьютерная стеганография. Использование стеганографии позволяет обеспечить не только требуемую степень информационной безопасности хранения конфиденциальной информации в компьютерных базах данных, но и ее защиту от несанкционированных пользователей при передаче даже по открытым каналам связи.

Спутниковые данные приходящие на аппаратуру приема не имеют какого-то формата представления, и перед использованием их необходимо обработать и привести к одному из существующих форматов для удобного и простого взаимодействия с ними. Исходя из международной классификации уровней обработки и представления данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) можно выделить следующие форматы представления спутниковых данных:

- RAW, TIFF – включает радиометрическую коррекцию искажений. Может включать геометрическую коррекцию систематических ошибок датчиков сканирующей системы.

- GeoTIFF – включает в себя все преобразования предыдущих форматов, а также изображения приведены к стандартной картографической проекции [2].

В зависимости от аппаратуры съемки на спутнике и методов обработки спутниковых данных спутниковые снимки могут иметь различное пространственное разрешение (величина, характеризующая размер наименьших объектов, различимых на изображении) [3]. На данный момент не существует унифицированной классификации типов спутниковых снимков по их пространственным разрешениям, поэтому ниже приведена условная классификация снимков по их пространственным изображениям (рисунок 1).

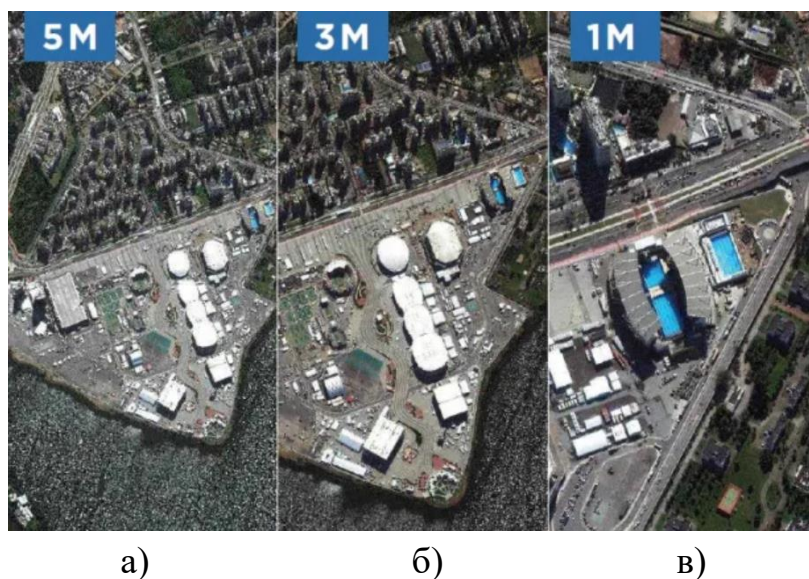


Рисунок 1. – Спутниковые снимки с низким (а), средним (б) и высоким (в) пространственными разрешениями

Космическая съемка с низким пространственным разрешением (до 15 м) используется для наблюдения за метеорологической обстановкой, мониторингом глобальных процессов на Земле, глобального экологического мониторинга, контроля чрезвычайных ситуаций и др. (рисунок 1.а)

Космическая съемка со средним пространственным разрешением (15 – 1 м) используется для мониторинга состояния сельскохозяйственных культур, поиска полезных ископаемых, мониторинга мелких и средних водоемов и др. (рисунок 1.б)

Космическая съемка с высоким пространственным разрешением (свыше 1 м) используется для создания и обновления топографических и специальных карт, создания цифровых моделей рельефа, инвентаризации и контроля строительства объектов инфраструктуры, транспортировки и добычи нефти и газа и др. (рисунок 1.в) [4].

В данной работе будут использоваться спутниковые снимки с высоким пространственным разрешением.

Алгоритм встраивания файла с координатами в спутниковый снимок. Первоначально необходимо для каждой отдельной группы линий коммуникации определить основные виды узлов, использующихся на данном участке, и присвоить каждому свой номер, для того, чтобы отобразить узлы на снимке наиболее информативно (рисунок 2 а,б).



а)

б)

Рисунок 2. – Исходный спутниковый снимок (а) и с нанесенными линиями коммуникации (б)

Сформированный файл с координатами узлов коммуникаций, разделяют на группы по типу коммуникации и каждому узлу присваивается номер, соответствующий виду этого узла. В начале файла, также записываются размеры спутникового снимка в пикселях, для более удобной работы программы.

Также, для работы непосредственно с узлами и линиями коммуникаций необходимо к встраиваемым данным добавить:

- изображения узлов коммуникаций и их схемы,
- текстовые данные с инструкциями по ремонту и эксплуатации, пояснениями относительно отображенных на снимке объектов.

Предполагаемый занимаемый объем встраиваемых данных можно рассчитать, как сумму всех входящих в него файлов. В сумме, данные встраиваемые в спутниковый снимок размером 1000*1000 пикселей и объемом примерно 3.5 мБ, могут занимать около 250 кБ.

Например, информация, характеризующая скрываемый протяженный объект, может быть представлена следующим образом (рисунок 3).

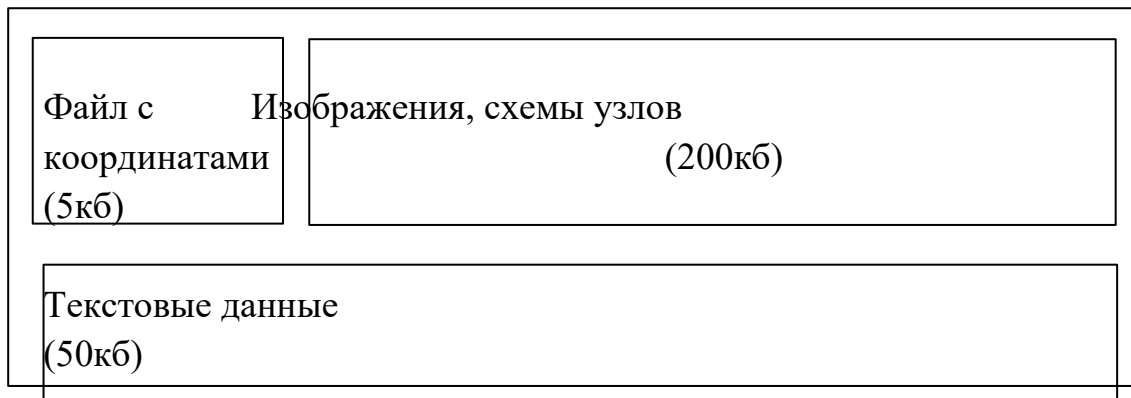


Рисунок 3. – Схематичное изображение данных встраиваемых в спутниковый снимок.

Однако стоит понимать, что нецелесообразно последовательно встраивать блоки данных, т.к. любой простейший алгоритм стеганоанализа может распознать и извлечь встроенные данные. Исходя из этих соображений, при выборе блока для встраивания стоит использовать генераторы псевдослучайных чисел.

После того, как сформирован файл с информацией об объекте его необходимо встроить в само изображение. Исходя из размеров получившегося файла координат, можно сказать, что оптимальным методом встраивания является метод Жао – Коха, потому, что он имеет ряд преимуществ по сравнению с другими алгоритмами:

- высокая стеганостойкость к атакам на сжатие,
- возможность выбора размера блока кодирования для увеличения пропускной способности,
- возможность выбора не двух, а трех коэффициентов дискретного косинусного преобразования (ДКП), для меньшей заметности стеганографической модификации исходного контейнера.

Сам алгоритм заключается в разбиении изображения на блоки (обычно 8x8 пикселей), после чего к каждому блоку применяется ДКП, в результате получим матрицу 8x8 коэффициентов ДКП, которые мы обозначим $\Omega_b(v, u)$, где b – номер блока, а (v, u) – заданная позиция выбранного коэффициента в этом блоке. Каждый блок предназначен для скрытия 1 бита информации.

Для встраивания бита «0» информации необходимо, чтобы разница абсолютных значений выбранных коэффициентов ДКП превышала некоторую

положительную величину, а для передачи бита «1» эта разница должна быть меньше некоторой отрицательной величины:

$$\begin{cases} |\Omega_b(v_1, v_1)| - |\Omega_b(v_2, v_2)| > P, \text{ при } m_b = 0 \\ |\Omega_b(v_1, v_1)| - |\Omega_b(v_2, v_2)| < P, \text{ при } m_b = 1 \end{cases} \quad (1)$$

В результате встраивания информации исходное картографическое изображение искажается за счет внесения изменения в коэффициенты ДКП.

Для меньшей заметности искажений данные целесообразно встраивать в менее монотонные участки изображения.

Извлечение данных осуществляется в обратном порядке. Для этого необходимо иметь ключ, включающий в себя номера блоков где встроены биты информации и координаты коэффициентов ДКП [5].

После стеганографических модификаций спутниковый снимок можно использовать даже в открытом санкционированом доступе.

Литература

1. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C21400783&p1=1>. – Дата доступа: 16.02.2023.
2. Беленов, А.В. Стандартные уровни обработки и форматы представления данных ДЗЗ из космоса. Мировой опыт / А.В. Беленов// Геоматика.- №4. 2009.
3. Wikipedia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Разрешение_\(компьютерная_графика\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Разрешение_(компьютерная_графика)) 20.02.2023.
4. Виды космической съемки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://innoter.com/articles/vidy-kosmicheskoy-semki/> 20.02.2023.
5. Садов, В.С. Компьютерная стеганография / В.С. Садов. – Минск : РИВШ, 2014. – 172 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ НЕЙРОСЕТЕВОГО АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭМОЦИЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УГЛАХ ПОВОРОТА ЛИЦА

студент 4 курса, 5ПИ группы Небышинец С. В.

Научный руководитель - канд. техн. наук Садов В. С.

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

Аффективные вычисления — это изучение и разработка систем и устройств, которые могут распознавать, интерпретировать, обрабатывать и имитировать человеческие эмоции [3]. Целью работ в данной области является способность моделировать эмпатию. Машина должна интерпретировать эмоциональное состояние людей и адаптировать к ним свое поведение, давая соответствующую реакцию на эти эмоции.

Одним из ответвлений аффективных вычислений является определение эмоций по снимку лица человека. Данная область приобрела особую популярность в недавнее время из-за высокой доступности и точности систем распознавания эмоций по лицу человека. Данным системам нашли применение в таких отраслях как безопасность дорожного движения, маркетинг, образование и общественная безопасность. Одной из прикладных сфер применения систем распознавания эмоций по лицу является оценка качества мультимедиа продукта.

Разработка интерфейса таких систем с учетом пользовательского опыта связана с необходимостью постоянно переделывать интерфейс для того, чтобы на основании новых данных об отношении потребителя к продукту улучшить качество предоставляемых мультимедиа услуг. Сбор данных от пользователей об их опыте использования интерфейса зачастую занимает большое время и может не дать желаемого результата. В данном случае на помощь приходит система распознавания эмоций по лицу. Она определяет, в какие моменты использования интерфейса человек испытывал целевые эмоции, что значительно ускоряет сбор информации об опыте использования продукта и, следовательно, разработку интерфейса.

Однако у систем распознавания эмоций по лицу есть проблема – условия съёмки. Значительную роль в точности алгоритма играет угол поворота лица.

Процесс распознавания эмоций состоит из трех этапов: детектирование лица, выделение черт лица и классификация эмоции (рисунок 1).



Рисунок 1. Общий алгоритм определения эмоций лица.

Первым этапом является детектирование лица с последующей нормализацией. Одним из самых распространенных методов детектирование лица является метод Виолы-Джонса. Данный метод основан на использовании признаков Хаара для обнаружения объектов, в частности, человеческого лица [2].

Следующим этапом является определение выражения лица. Любая эмоция лица определяется сокращением лицевых мышц. Данные сокращения мышц формируют определенное выражение лица, которые можно видеть в качестве отдельных признаков, таких как, например, приподнятые уголки губ, широко раскрытые глаза.

Последним этапом в определении эмоций лица является классификация эмоции лица. Описанного выражения лица достаточно для того, чтобы классифицировать эмоцию, изображенную на лице.

Самым распространенным и инструментом для определения выражения лица с последующей классификацией эмоции являются сверточные нейронные сети, использующие специализированные сверточные слои, позволяющие обучать нейронную сеть распознавать образы в двумерном пространстве [3].

В реализации алгоритма нейросетевого распознавания эмоций по лицу, рассматриваемого в данной работе, были применены метод Виолы-Джонса для детектирования лица и сверточная нейронная сеть для классификации 7 основных эмоций. Сверточная нейронная сеть имеет 30 слоев, 4 из которых сверточные слои. Общее количество тренировочных параметров – 4474759. Датасетом для

обучения послужил FER-2013, содержащий 30000 черно-белых изображений лица. Обучение модели заняло 25 часов.

Для непосредственной оценки точности работы данной модели по определению эмоций при различных углах поворота лица необходим датасет, содержащий изображение лица, информацию по настоящей эмоции и углах поворота по вертикали и горизонтали. Пример фотографии из собранного датасета, изображающей радость при углах наклона -15° по вертикали и 15° по горизонтали представлен на рисунке 2..



Рисунок 2. Пример фотографии из собранного датасета, изображающий радость при углах наклона -15 по вертикали и 15 по горизонтали

Сбор данных для разных углов поворота и наклона лица происходил на углах 0 , 15 и 30 градусов по горизонтали и 15 , 0 , -15 , -30 градусов по вертикали. Определение угла поворота лица происходило без использования программных инструментов, с помощью меток на стене, предварительно размеченных с использованием угломера, и фиксации тела и рук человека на одном месте.

Чтобы выбрать наиболее важные метрики для исследования эффективности алгоритма на различных углах поворота лица нужно принять во внимание то, что непосредственно для задачи оценки всплесков эмоций в большом количестве видеозаписи можно пренебречь ложно отрицательными оценками, так как количество видеозаписи велико и потеря нескольких всплесков не скажется на

общей эффективности работы алгоритма. Таким образом, полнота играет вторичную роль в оценке эффективности работы алгоритма по распознаванию эмоции потребителя.

Наиболее важную роль в оценке эффективности играет точность. Однако, нужно понимать и то, что точность не может быть единственной оценкой для данной задачи, так как во-первых выбор результата в итоге производится по топ-1 эмоции, во-вторых оценка лишь по точности может привести к тому, то из рассмотрения выходят ситуации чрезмерного забвения ложно отрицательных предсказаний [4].

Таким образом, помимо точности, важно оценивать, во-первых, относительность топ-1, во-вторых, ассигасу. Здесь ассигасу означает отношение всех верных предсказаний ко всем предсказаниям. Точность же определяется как отношение истинно-положительных предсказаний ко всем положительным предсказаниям.

Относительность топ-1 – это метрика, позволяющая оценивать, насколько близко к топ-1 находится настоящая эмоция. Этого можно достиг, оценивая относительно каждой эмоции среднее от того, во сколько раз вероятность настоящей эмоции меньше топ-1, где настоящая эмоция – это как раз оцениваемая эмоция. Математически эту метрику можно выразить следующим образом:

$$RT1 = \sum_N \frac{PT1}{T} , \quad (1)$$

где RT1 – оценка относительности топ-1, N – оцениваемая выборка, PT1 – оцененная на данной записи эмоция топ-1, T – истинная изображенная в записи эмоция.

Общая оценка ассигасу, точности и полноты по топ-1 по всем углам изображения, следующая: ассигасу – 39,34%, точность – 44,60%, полнота – 40,47%. С учетом семи оцениваемых классов эмоций и различных условий поворота лица результаты модели являются удовлетворительными.

Для угла поворота лица по вертикали 0° и по горизонтали 0°, то есть лицо анфас, точность – 61.34%, полнота – 65.24%, ассигасу – 62.86%. Как можно заметить, эффективность классификации при повороте лица анфас, то есть значение по-умолчанию, удовлетворительно на основании того, что как точность, так и полнота являются довольно высокими. Это подтверждается высоким

значением показателя ассурасу. Как можно заметить, общие результаты по всем углам поворота лица значительно хуже, чем при идеальных условиях.

Результаты оценки точности для каждого из исследуемых углов поворота лица представлены на рисунке 1. Под каждой фигурой числа внизу - углы поворота головы по вертикали и по горизонтали.

Исходя из проанализированных данных по точности, в краткой форме представленных на рисунке 2, можно увидеть несколько тенденций. Во-первых, сильное уменьшение точности при положительных углах наклона головы по вертикали. Во-вторых, при небольшом угле поворота лица вправо и даже при большом повороте лица вниз потери в точности незначительны по сравнению с потерями точности при повороте головы на 30 градусов вправо.

Результаты оценки относительности топ-1 для каждого из исследуемых углов поворота лица представлены на рисунке 2. Под каждой фигурой числа внизу - углы поворота головы по вертикали и по горизонтали.

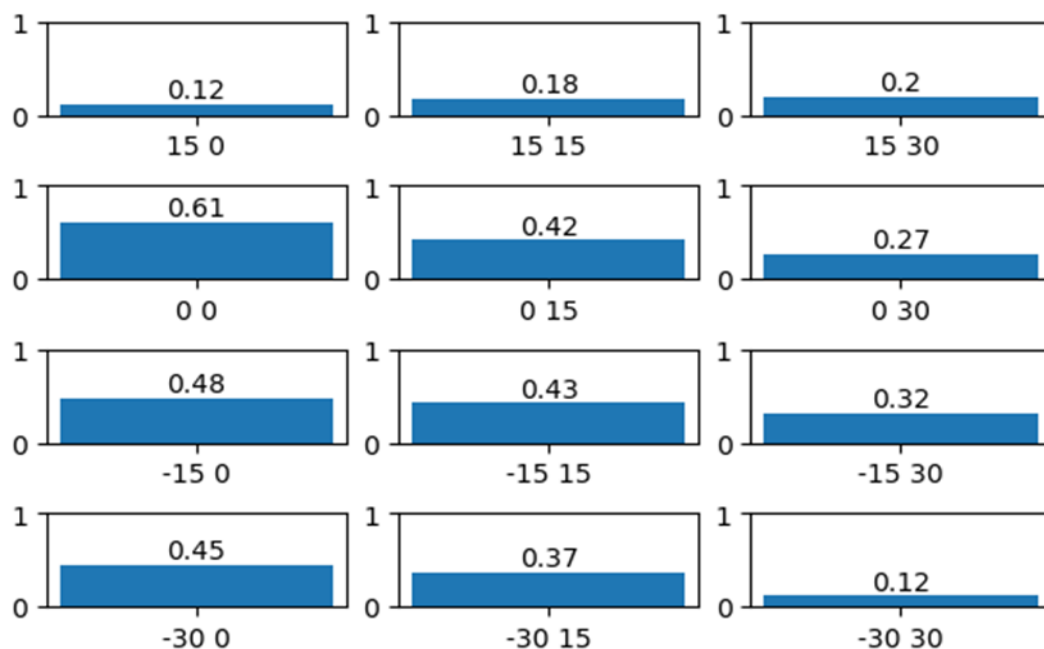


Рисунок 2. Результаты оценки точности для каждого из исследуемых углов поворота лица

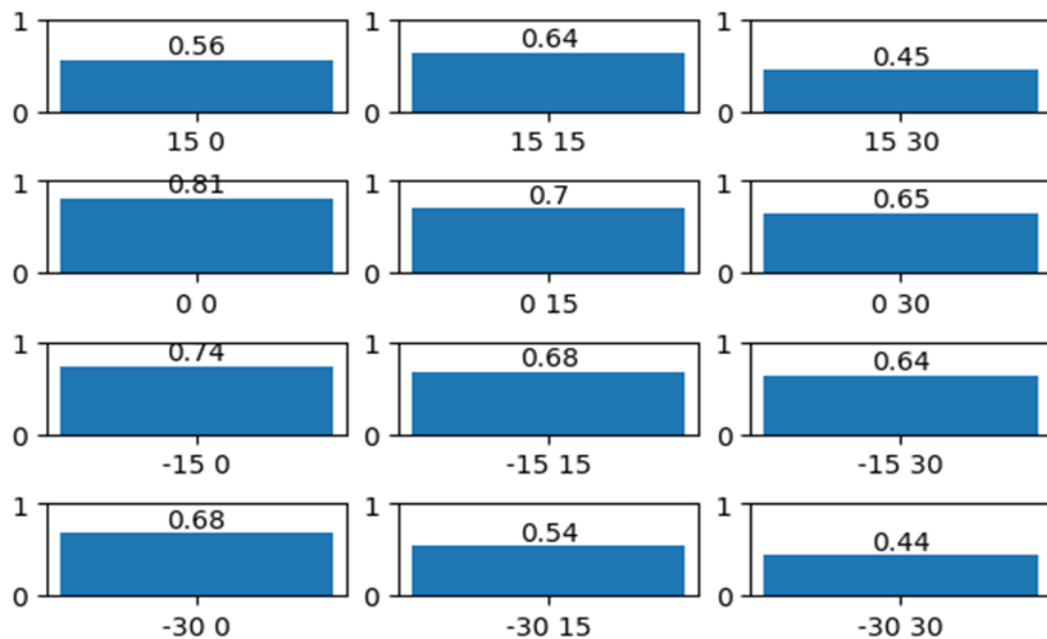


Рисунок 3. Результаты оценки относительности топ-1 для каждого из исследуемых углов поворота лица.

Принимая во внимание данные об оценке относительности топ-1, кратко представленные на рисунке 3, можно заметить, что в общем модель дает довольно высокую вероятность для истинной эмоции, но во многих случаях этого недостаточно для того, чтобы обойти эмоции, неправильно получившие более высокую вероятность. Таким образом, например, тенденция к уменьшению точности модели при поднятии человеком головы обретает новое обстоятельство – несмотря на очень низкую точность, модель выводила истинную эмоцию довольно высоко среди остальных. Это говорит о том, что при достаточной натренированности модели можно преодолеть эту проблему.

Заключение. Было проведено исследование эффективности работы алгоритма по распознаванию эмоций на различных углах поворота лица и были выделены тенденции эффективности работы: точность алгоритма по выбору эмоции по топ-1 падает при поднятии лица вверх, а также при больших поворотах лица в сторону; модель хуже выводит истинную эмоцию ближе к первому месту с большим поворотом лица от положения ан-фас.

Литература

1. Mingjie Wang. Facial expression recognition based on CNN / Mingjie Wang - Vancouver, BC, Canada : Journal of Physics: Conference Series, 2020 - 15 p.
2. Paul Viola. Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features / Paul Viola, Michael Jones. - Cambridge, MA, USA : Accepted Conference on Computer Vision, 2001 - 9 p.
3. A. Landowska. Emotion recognition and its applications / A. Landowska, M. Szwoch, W. Szwoch, M.R. Wróbel, A. Kołakowska – Berlin, Germany : Springer International Publishing, 2014 – 13p
4. Mehdi S. M. Sajjad. Assessing Generative Models via Precision and Recall / Mehdi S. M. Sajjad, Olivier Bachem, Mario Lucic – Montreal, Canada : NeurIPS, 2018 – 10 p.

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРАТКОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МИМИКИ ЛИЦА И ЕГО ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

студентка 4 курса, 5КБ группы Помоз А. В.

Научный руководитель - канд. техн. наук Садов В. С.

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

Изучение мотивов поведения человека дает возможность лучше понимать других людей, легче с ними договариваться и выстраивать коммуникацию. Микровыражения могут выявлять подлинные чувства и помогать в обнаружении лжи. Потенциально они могут найти применение в клинической диагностике, национальной безопасности, юриспруденции и даже в маркетинге. Также можно использовать данное исследование при проведении собеседований или переговоров. Однако в области компьютерного зрения до сих пор проделано мало работы по анализу микровыражений, что дает возможность проведения исследований по этой теме.

Микровыражение — это мимолетное непроизвольное выражение лица, которое люди бессознательно демонстрируют, когда прячут эмоции. Даже тогда, когда человек пытается подавить эмоцию, или эмоция переживается неосознанно, все эти процессы едва уловимо проявляются на лице человека. Эти микровыражения длятся очень короткое время, приблизительно одну сто двадцать пятую долю секунды. Они возникают и исчезают настолько быстро, что для большинства людей увидеть их не представляется возможным. Однако именно они отражают истинные чувства [2].

Необходимым условием разработки любой системы автоматического распознавания микровыражений является наличие достаточного количества данных. Поскольку исследования микроэкспрессий в области компьютерного зрения привлекли внимание только в последние несколько лет, количество общедоступных баз данных все еще относительно невелико.

В данной области различают спонтанные и постановочные базы данных. Ключевое различие заключается в соотношении между выраженным движением лица и лежащим в его основе эмоциональным состоянием. В случае с постановочными базами данных, выражения лица наиграны и не имеют отношения к настоящим эмоциям, поэтому они не помогают распознавать настоящие микровыражения. А спонтанные микроэмоции — это такие

выражения лица, которые соответствуют эмоциональному состоянию человека в момент их проявления [3].

Для дальнейших исследований была выбрана база данных CASME II, так как она содержит наибольшее количество экземпляров микровыражений, снятых с помощью камеры с высокой скоростью.

База данных CASME II содержит 247 образцов микроэкспрессии от 26 участников. Эти образцы описаны начальным положением частей лица и их смещением, с обозначением единиц действия (AUc). Слишком маловыраженные микроэмоции были удалены, так как они почти не способны однозначно определить начальное выражение лица и смещение. Некоторые типы выражений лица сложно выявить в лабораторных условиях, поэтому образцы в разных категориях распределены неравномерно. В CASME II предоставлено 5 классов микровыражений [4].

Один из возможных подходов к решению задачи распознавания микровыражений состоит в том, чтобы использовать алгоритмы машинного обучения для построения моделей классов объектов.

Построение модели состоит из двух этапов:

1. Извлечение признаков, характерных для объектов класса, – построение характеристических векторов-признаков для ключевых точек объекта (углов, ребер или контуров объектов) или для всего объекта.
2. Тренировка модели на полученных признаках для последующего распознавания объектов.

Для выделения признаков из потока кадров будем использовать метод локальных бинарных шаблонов из трех ортогональных плоскостей.

Локальный бинарный шаблон (ЛБШ) – это определенный вид признака, используемый для классификации в компьютерном зрении, и представляющий собой простой оператор. ЛБШ представляет собой описание окрестности пикселя изображения в двоичном представлении. Пиксели со значением интенсивности большим или равным значению интенсивности центрального пикселя принимают значения равные «1», остальные принимают значения равные «0». Таким образом, результатом применения базового оператора ЛБШ к пикселю изображения является восьмиразрядный бинарный код, описывающий окрестность этого пикселя.[1]

Применяя оператор ЛБШ к каждому пикселю изображения, строится гистограмма, где каждому равномерному коду ЛБШ соответствует отдельный столбец.

Изображения лиц могут рассматриваться как набор всевозможных локальных особенностей, они хорошо описываются с помощью локальных бинарных шаблонов. Однако гистограмма, построенная для всего изображения в целом, кодирует лишь наличие тех или иных локальных особенностей, но при этом не содержит никакой информации об их расположении на изображении. Для учета такого рода информации изображение разбивается на подобласти, в каждой из которых вычисляется своя гистограмма ЛБШ. Путем конкатенации этих гистограмм может быть получена общая гистограмма, учитывающая как локальные, так и глобальные особенности изображения [1].

Перед проведением эксперимента с набором данных CASME II было проведено несколько этапов предварительной обработки кадров, содержащие микровыражения (рисунок 1).

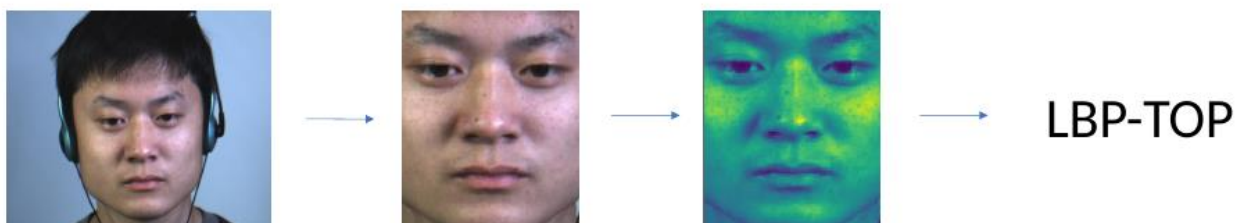


Рисунок 1. Этапы предобработки последовательности кадров

Сначала в качестве шаблонного лица было выбрано фронтальное изображение лица М с нейтральным выражением. С помощью модели Active Shape Model было обнаружено 68 ключевых точек на лице. Далее, первый кадр каждого клипа с микроэкспрессией был приведен к шаблонному лицу с использованием преобразования локального среднего взвешенного (LWM). После чего были нормализованы остальные кадры. Контрольные точки выделялись только на первом кадре по двум причинам. Первая причина заключается в том, что, поскольку продолжительность микровыражения очень коротка, жестким движением головы в течение продолжительности можно пренебречь. Вторая причина заключается в том, что ключевые точки, обнаруженные ASM, могут быть недостаточно точными; при применении к последовательности кадров может наблюдаться большое отклонение местоположения одной и той же точки, даже если лицо вообще не двигалось. Нормализованное изображение было вычислено как 2D-преобразование исходного изображения:

$$f'_{i,j} = T_i \times f_{i,j}, j = 1, \dots, k_i \quad (1)$$

где $f'_{i,j}$ - кадр нормализованной последовательности микровыражений s'_i .

И наконец были определены координаты глаз первого кадра каждой нормализованной последовательности микровыражений, а затем лицо каждого кадра было обрезано с использованием прямоугольника, определенного положением глаз [4].

Данные после обработки представляют собой последовательность кадров содержащие прямоугольник лица. Далее для извлечения признаков последовательность кадров, каждый кадр которой приведен к одному цвету, преобразовывается с помощью алгоритма LBP-TOP. В результате, мы получаем вектор признаков для каждой последовательности кадров. Затем он нормируется.

Каждому вектору присваивается класс эмоции, которую выражают микродвижения. После чего с помощью библиотеки scikit-learn данные разделяются на тренировочную и тестовую выборки в соотношении 4 к 1. Далее создаются модели алгоритмов классификации (метод опорных векторов, k ближайших соседей, дерево решений, наивный байесовский классификатор и логистическая регрессия). Затем модели обучаются на подготовленных тренировочных данных. И наконец, для каждой модели делается предсказание на тренировочных данных. Предсказанный результат сравнивается с настоящим и на основе этого вычисляются параметры оценки эффективности алгоритмов. Для данного исследования были выбраны две метрики: accuracy (точность) и F1.

Таблица 1 – Результаты применения методов классификации

Метод	Accuracy, %	F1
Метод опорных векторов	38.46	21.37
Дерево решений	42.31	44.94
Метод k ближайших соседей	42.31	39.10
Наивный байесовский классификатор	38.46	37.26
Логистическая регрессия	38.46	21.37

Все эти методы показали результаты недостаточно удовлетворительные для выбора данного алгоритма в качестве основополагающего для задачи распознавания лжи по микровыражениям лица. Наиболее хорошо проявил себя

метод дерева решений с точностью распознавания 42.31% и метрикой F1 равной 44.94.

В результате исследования можно сделать вывод, что совокупность алгоритмов LBP-TOP для извлечения признаков и классификатора дает недостаточно хорошие результаты. Что говорит о необходимости дальнейших исследований в данной области.

Литература

1. Гришин, А. И. Исследование эффективности методов обработки изображений в системах распознавания лиц / А. И. Гришин. – Челябинск: ЮУрГУ, 2016. – С. 39-40.
2. Малышкина, М. Как распознать лжеца по языку жестов. Практическое руководство для тех, кто не хочет быть обманутым / М. Малышкина. – 2012. – 3 с.
3. A Survey of Automatic Facial Micro-expression Analysis Databases, Methods and Challenges / Frontiers in Psychology: Yee-Hui Oh [et al.]. – Malaysia: 2018. – P. 1-30.
4. CASME II: An improved spontaneous micro-expression database and the baseline Evaluation / Yan, W.-J., [et al.]. – 2014.

КОМПЕНСАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ИСКАЖЕНИЙ ПРИ ВСТРАИВАНИИ ЦВЗ В ПОЛИГРАФИЧЕСКУЮ ПРОДУКЦИЮ

студент 4 курса, 5КБ группы Липницкий Д. М.

Научный руководитель - канд. техн. наук Садов В. С.

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

Одним из важнейших направлений применения компьютерной стеганографии является встраивание цифровых водяных знаков (ЦВЗ) в изображения для защиты авторских прав [1].

ЦВЗ представляют собой специализированную метку, встраиваемую в цифровой сигнал и содержащую информацию об авторе, которая не видна для человеческого глаза.

ЦВЗ также могут использоваться и для защиты авторских прав на высококачественную полиграфическую продукцию. В этом случае метка встраивается в цифровое оригинальное изображение, которое в дальнейшем используется для производства печатных копий оригинала.

Главной проблемой при встраивании ЦВЗ в полиграфическую продукцию является возникновение геометрических искажений изображения в процессе его сканирования-печати, которые вызывают несоответствие положения точек оригинального изображения и отсканированной копии, что приводит к невозможности извлечения ЦВЗ.

Геометрические искажения могут быть описаны совокупностью проективных преобразований точек на плоскости [2], которые можно представить при помощи следующего матричного уравнения в однородных координатах:

$$\begin{bmatrix} \bar{x} \\ \bar{y} \\ \bar{w} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} \\ t_{31} & t_{32} & t_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ w \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где $\begin{bmatrix} x \\ y \\ w \end{bmatrix}$ – вектор, описывающий положение исходной точки, $\begin{bmatrix} \bar{x} \\ \bar{y} \\ \bar{w} \end{bmatrix}$ – вектор, описывающий новое положение точки, t_{ij} – коэффициенты матрицы преобразования.

К проективным преобразованиям относятся такие преобразования как сдвиг, поворот, масштабирование, скос, отражение. Пример проективного преобразования приведен на рисунке 1.

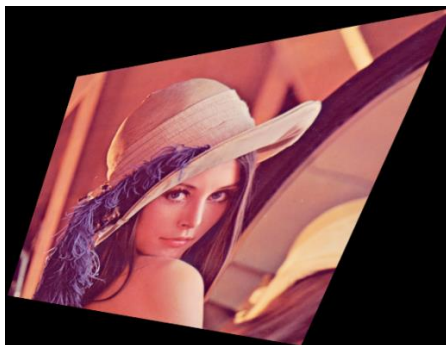


Рисунок 1 – Проективное преобразование

Рассмотрев различные алгоритмы, позволяющие устранить проблему влияния геометрических искажений на извлечение ЦВЗ, в качестве основы для алгоритма компенсации геометрических искажений был выбран подход, основанный на применении детекторов и дескрипторов особых точек.

Особой точкой называется точка изображения, окрестность которой отличается от близлежащих точек по некоторой выбранной мере.

Для описания особой точки используют дескрипторы особых точек, которые позволяют находить соответствия между изображениями.

Выбор данного подхода обоснован следующими преимуществами:

- при использовании детекторов особых точек нет необходимости встраивать в изображение-контейнер дополнительную информацию для нахождения обратного преобразования, что повышает пропускную способность алгоритма встраивания/извлечения ЦВЗ;
- стойкость алгоритмов детектирования особых точек при внесении искажений в контейнер;
- независимость данного подхода от используемого алгоритма встраивания и извлечения информации.

Блок-схема разработанного алгоритма компенсации геометрических искажений приведена на рисунке 2.

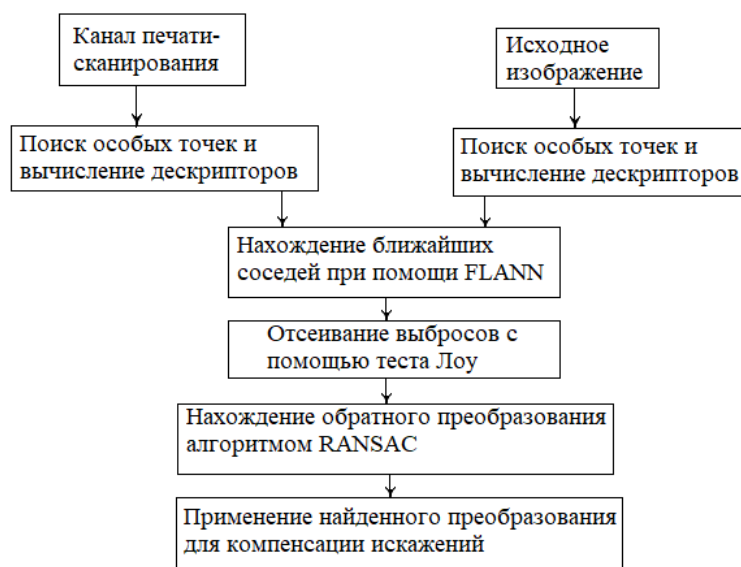


Рисунок 2 – Блок-схема процесса компенсации искажений

Вначале на оригинальном и отсканированном изображении с помощью выбранного детектора и дескриптора осуществляется поиск особых точек и их описание.

Следующим шагом является нахождение соответствий между найденными особыми точками оригинального изображения и искаженного.

Для каждой особой точки оригинального изображения на отсканированной копии находится по два наиболее близких соответствия.

Для сопоставления особых точек применяется алгоритм поиска k -ближайших соседей, основанный на использовании K -мерных деревьев (для случая не бинарных дескрипторов) или же алгоритм на основе LSH (для случая бинарных дескрипторов), реализованные в библиотеке FLANN.

Метрика, по которой сравнивается расстояние выбирается в зависимости от типа дескриптора. Для не бинарных дескрипторов это квадрат евклидова расстояния:

$$d(x_1, x_2) = \sum_{i=0}^N (x_{i1} - x_{i2})^2, \quad (2)$$

где x_1, x_2 – точки в N -мерном пространстве.

Для бинарных дескрипторов расстояние вычисляется как расстояние по Хэммингу, которое определяется как количество отсчетов, в которых векторы признаков отличаются.

Далее отбрасываются плохие соответствия при помощи теста Лоу, который заключается в проверке следующего неравенства:

$$\text{dist}(m) < \alpha * \text{dist}(n), \quad (3)$$

где m – ближайшая точка, n – ближайшая после m , α – некоторое значение от 0 до 1, dist – рассчитанное расстояние.

Точка считается хорошей, если её дескриптор значительно более схож с дескриптором оригинальной точки, нежели дескрипторы всех остальных точек, что уменьшает вероятность случайного совпадения.

Далее происходит непосредственно компенсация геометрических искажений отсканированной копии. Для этого находится преобразование положения точек отсканированного изображения к положению точек оригинала вида (1). Для нахождения матрицы преобразования используется алгоритм RANSAC.

Алгоритм RANSAC работает следующим образом. По нескольким случайно выбранным парам точек строится гипотеза – преобразование, описывающее трансформацию отсканированного изображения, к геометрическому положению оригинального изображения.

Оставшиеся пары точек проверяются на соответствие гипотезы, путем вычисления ошибки оценки преобразования. Если ошибка превышает некоторый порог, то точки отсеиваются.

После получения достаточного количества точек, которые подходят под гипотезу, процесс повторяется несколько раз для уточнения. После многократного случайного построения различных гипотез выбирается та, которой удовлетворяет наибольшее число пар особых точек.

Также после получения конечной модели происходит отсеивание соответствий с наибольшей ошибкой оценки преобразования.

Последним шагом является применение найденного преобразования к отсканированной копии изображения.

В качестве алгоритмов детектирования и описания особых точек были рассмотрены следующие: SIFT, ORB, BRISK и AKAZE. Выбор обусловлен

высокой устойчивостью данных алгоритмов к искажениям изображений, особенно к геометрическим.

Было произведено сравнение выбранных алгоритмов по точности нахождения соответствий и качеству восстановления.

В качестве тестовых изображений были выбраны следующие: Napoleon(1200x801), Lena(512x512), Koala(1024x768), Desert(1024x768), MilkyWay(650x478). После выполнения печати-сканирования получили изображения размерами 1653x2336 пикселей повернутые относительно исходного положения. Изображения представлены на рисунках 3,4.

Результаты сравнений детекторов по точности Асс (отношение количества правильных соответствий к общему числу найденных соответствий) и по количеству найденных правильных соответствий Count представлены в таблице 1.



Рисунок 3 – Оригиналы изображений



Рисунок 4 – Искаженные копии изображений

Таблица 1. Точность детектирования особых точек

	AKAZE		ORB		SIFT		BRISK	
	Acc	Count	Acc	Count	Acc	Count	Acc	Count
MilkyWay	0,215	14	0,152	20	0,326	44	0,189	21
Lena	0,085	33	0,089	32	0,367	197	0,169	31
Desert	0,136	94	0,135	76	0,32	257	0,177	56
Napoleon	0,14	196	0,116	44	0,249	215	0,125	34
Koala	0,136	297	0,115	224	0,342	1400	0,198	693

По полученным результатам видно, что наибольшее количество сопоставлений позволяет получить алгоритм SIFT. После него идет алгоритм BRISK, который все еще хуже алгоритма SIFT. Значительно хуже показал себя алгоритм ORB, который детектировал наибольшее количество точек, но большинство из них оказались выбросами.

Для сравнения качества восстановления использовалось пиковое отношение сигнал к шуму (PSNR). Результаты сравнений приведены на рисунке 5.

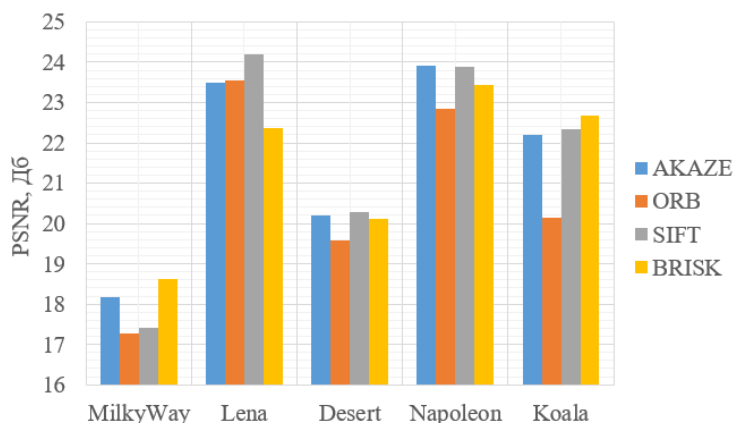


Рисунок 5 – Качество восстановления изображений при использовании различных алгоритмов

При использовании модели проективных преобразований алгоритмы SIFT, AKAZE и BRISK позволили достичь приемлемых показателей качества восстановления. Детектор ORB оказался худшим.

Выводы. В работе предложен алгоритм компенсации геометрических искажений, который позволяет достаточно точно восстановить геометрию изображения после его печати и сканирования. Из проведенных экспериментов можно сделать вывод, что наиболее подходящим для поставленной задачи является алгоритм SIFT.

Литература

1. Грибунин, В.Г. Цифровая стеганография: учебное пособие / В.Г. Грибунин, И.Н. Оков, И.В. Туринцев. – Москва: СОЛОН-ПРЕСС, 2009. – 264 с.
2. Грузман И.С., Киричук В.С., Косых В.П., Перетягин Г.И., Спектор А.А. ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ: Учебное пособие.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. - 168.

СТРУКТУРА НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

студент 4 курса, 5КБ группы Федосеев В. С.

Научный руководитель - канд. техн. наук Садов В. С.

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

Эмоции окрашивают все психические процессы человека, при этом являясь универсальным регулятором его внутренней и внешней жизни. Такая универсальная важность эмоций является залогом повышенного интереса к ним и высокой степенью их изученности.

Знание того, какие эмоции испытывает человек, может помочь вовремя среагировать на фактор, вызвавший соответствующую эмоцию. Например, если человек чувствует страх, очевидно, что он чего-то опасается, и, возможно, ему нужна помощь, чтобы устранить фактор, или, например, предостеречь от последствий тяжёлых психических болезней.

Задача распознавания эмоций требует в первую очередь выбор модели представления эмоций. В настоящее время существует огромное количество различных таких моделей, например, трёхмерное пространство эмоциональных состояний по В. Вундту, шкала Г. Шлоссберга, и др. [1], [2]. Однако наибольшую популярность завоевала модель Пола Экмана. Он предложил модель так называемых базовых (первичных) эмоций, которые присутствуют в репертуаре всех без исключения человеческих культур и которые в свою очередь относят к разряду человеческих универсалий. Они бывают положительными (радость и удивление) и отрицательными (гнев, грусть, страх, отвращение и, иногда, некоторые исследователи включают в этот список презрение) [3].

Базовые эмоции характеризуются универсальными мимическими выражениями, причём эти выражения стабильны. Их можно различить даже у представителей далёких друг от друга культур. Имеется прочная связь между структурами мозга, ответственными за данные эмоции, и мышечной системой [4].

По этой причине модель Пола Экмана может успешно применяться для оценки эмоционального состояния человека по его изображению лица (задача

классификации). Для этой задачи широко используются методы глубокого обучения, в частности, различные нейросетевые подходы.

Существует множество архитектур нейронных сетей. Их можно разделить на 4 основные группы: предсказывающие, генеративные, с памятью и операционные.

Для решения исходной задачи была выбрана операционная свёрточная нейронная сеть, так как она наилучшим образом подходит для работы с данными, имеющими чётко выраженную сеточную топологию, и способна хорошо масштабироваться к задачам очень большого размера. Данный подход особенно успешным оказался в применении к двумерным изображениям [5].

Также важной задачей стояло исследование характеристик разработанной структуры нейронной сети, так как правильный подбор параметров, оптимизируемых во время обучения, и настраиваемых гиперпараметров, позволяющих управлять процессом обучения нейронной сети, напрямую влияет на её качество работы.

Главной особенностью свёрточных нейронных сетей является то, что в её промежуточных слоях (нейронные сети обычно состоят из нескольких слоёв) используется такая математическая операция как кросс-корреляция (в контексте машинного обучения под свёрткой обычно понимают именно её). Для двухмерного случая:

$$S(i, j) = (K * I)(i, j) = \sum_m \sum_n I(i + m, j + n) K(m, n), \quad (1)$$

где K – ядро свёртки (фильтр), I – изображение, i и j – номера соответственно строки и столбца изображения, m и n – такие же номера, но для ядра.

Также не менее важным является использование следующих элементов в свёрточной нейронной сети:

субдискретизация (пулинг): помогает обучиться нейронной сети инвариантности, то есть вне зависимости от того, какие использованы аффинные преобразования к исходному изображению, нейронная сеть его правильно классифицирует.

паддинг: решает проблему сокращения размерностей при прохождении входного изображения через множество слоёв.

пакетная нормализация: противодействует внутреннему ковариационному сдвигу, который может негативно влиять на работу нейронной сети.

дропаут: в первую очередь предназначен для уменьшения переобучения сети.

В совокупности всего выше сказанного и принимая особенности свёрточных нейронных сетей, была разработана следующая структура сети, представленная на рисунке.

На рисунке 1 слева расположены два блока – блок из двух свёрточных слоёв с пакетной нормализацией и пулингом по максимальному значению и блок из полносвязного слоя с пакетной нормализацией, справа – структура самой нейронной сети.

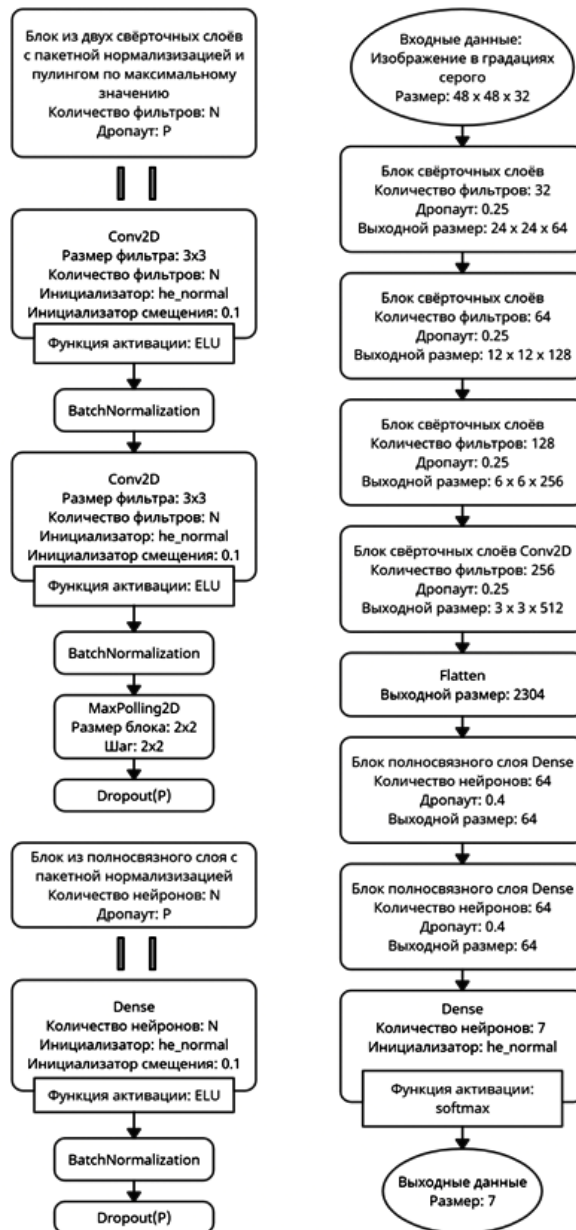


Рисунок 1. Структура нейронной сети

Первый блок ответственен за выделение различных признаков, причём как видно из структуры, таких блоков всего 4, и они идут последовательно, с увеличением количества фильтров, что позволяет выстраивать более сложные признаки из простых, выделенных на предыдущих блоках.

Второй блок необходим для моделирования сложной нелинейной функции, используемой для итоговой классификации.

Однако сама по себе структура бесполезна. Она не сможет выполнять поставленную задачу (распознавать эмоции). Данную структуру необходимо смоделировать. Для этой цели широко используется библиотека Keras – мощная и популярная библиотека для языка программирования Python, предназначенная для глубокого обучения.

Для обучения модели необходим датасет. В качестве его был выбран FER2013+ [6]. Данный датасет (рисунок 2) содержит 32298 изображений размером 48 на 48 в градациях серого, имеющий 7 категорий эмоций: злость, отвращение, страх, радость, нейтральное, грусть, удивление (что совпадает с моделью Пола Экмана за исключением нейтральной эмоции). Также была проведена аугментация данных (методы искусственного увеличения набора данных путём создания новых образцов из существующих данных, используя различные аффинные преобразования и др.) с помощью метода ImageDataGenerator в Keras.

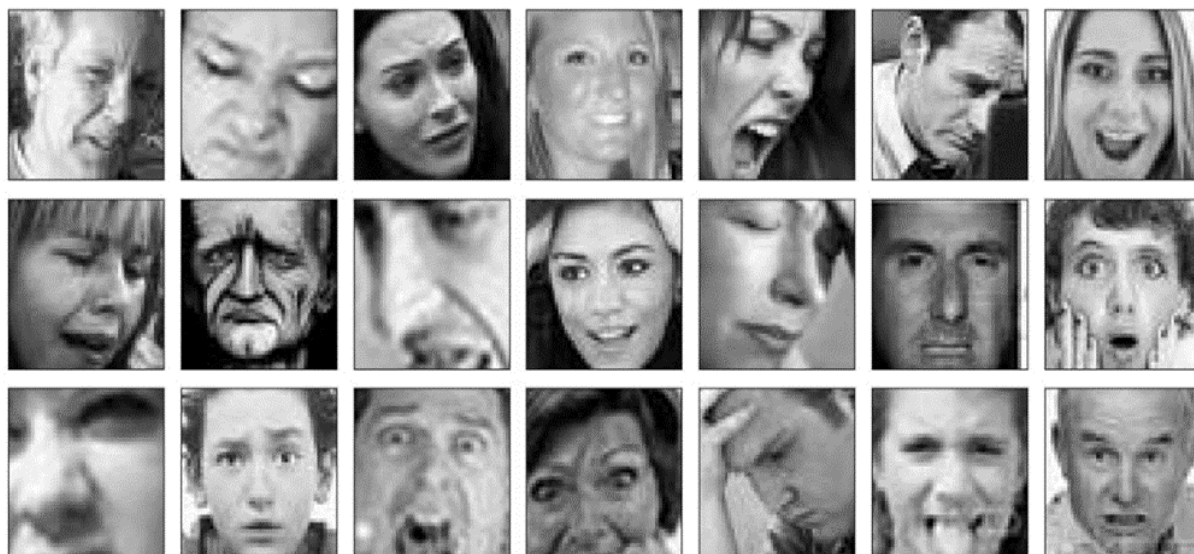


Рисунок 2. Пример изображений из FER2013+

После создания модели нейронной сети, перед её обучением, она требует компиляции, определяющей функцию потерь, с помощью которой минимизируются ошибки классификации; оптимизатор, он же – алгоритм минимизации функции потерь; метрики, оценивающей то, насколько хорошо обученная модель предсказывает класс для данных, которые она не видела. Для данной модели в качестве функции потерь служит кросс-энтропия, а в качестве оптимизатора – Адам с шагом обучения 0,001.

После компиляции следующим шагом является обучение. Модель обучалась с использованием CPU Intel I3 6006-U и GPU Nvidia MX-940. Среднее время обучения для одной эпохи составило 65 с. Конечные результаты следующие (рисунок 3):

- значение функции потерь на обучающем наборе данных: 0,414;
- ассигасу модели на обучающем наборе данных: 85,25%;
- значение функции потерь на валидационном наборе данных: 0,443;
- ассигасу модели на валидационном наборе данных: 85,23%.

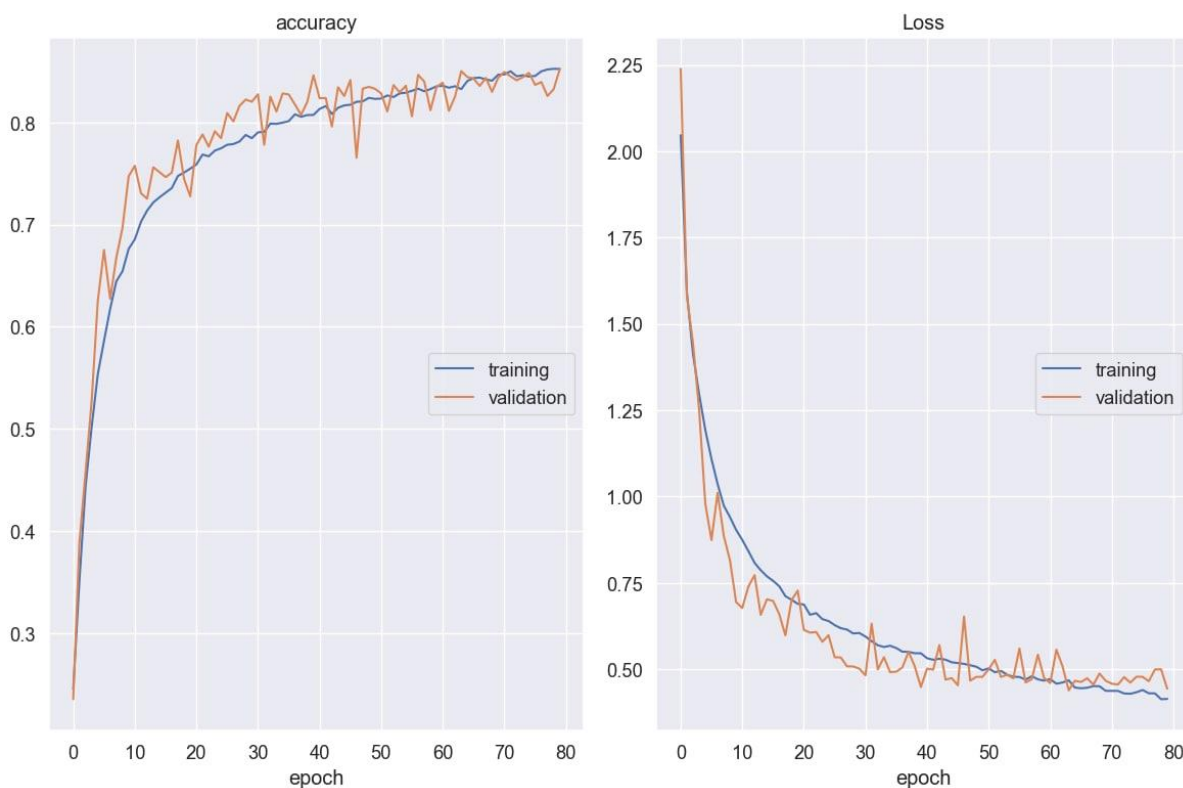


Рисунок 3. График изменения точности/ассигасу (отношение количества правильно классифицируемых изображений ко всем) и функции потерь/loss для обучающих и валидационных данных в зависимости от эпохи (1 эпоха – проход всех данных)

Далее полученный классификатор был испытан на тестовых данных, на которых были получены множество оценок обученной модели.

Из рисунка 4 видно, что точность определения нейтральной эмоции и грусти заметно просаживается относительно других классов. Это связано с тем, что данные эмоции достаточно похожи друг на друга, поэтому классификатор и ошибается заметно чаще.

В таблице 1 приведены метрики классификатора эмоций.

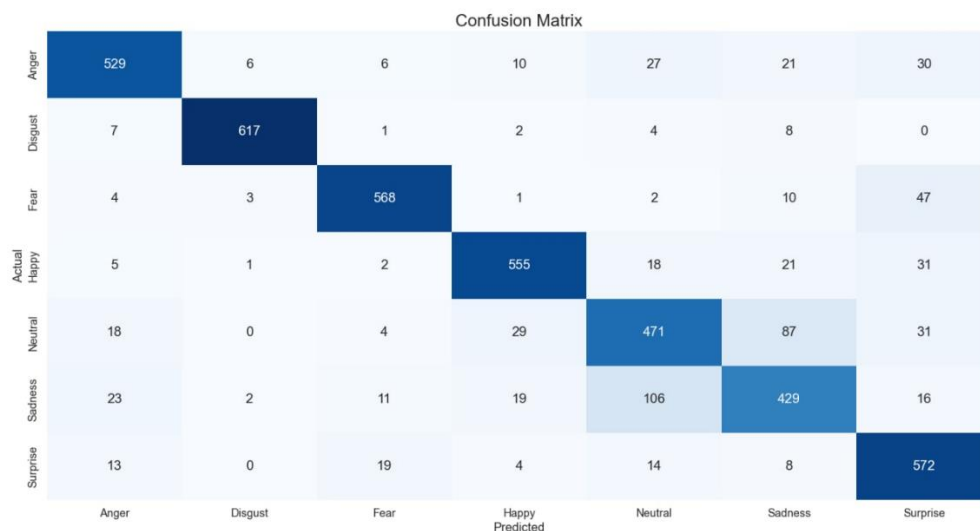


Рисунок 4. Матрица ошибок. Показывает точность прогнозирования модели (классификатора) в отношении 7 классов. Правильные прогнозы идут по диагонали от верхнего левого угла к нижнему правому

В таблице 1 приведены метрики классификатора эмоций.

Таблица 1. Метрики разработанного классификатора

Класс/Метрики	Precision	Recall	F1-score
Злость	0,88	0,84	0,86
Отвращение	0,98	0,97	0,97
Страх	0,93	0,89	0,91
Радость	0,90	0,88	0,89
Нейтральный	0,73	0,74	0,73
Грусть	0,73	0,71	0,72
Удивление	0,79	0,91	0,84

Исходя из рисунка 4 и таблицы 1 можно сделать вывод, что эмоция отвращения определяется классификатором наилучшим образом, в то же время как нейтральная эмоция и грусть – наихудшим.

Сравнение результатов классификации эмоций, полученные с помощью других наиболее известных структур нейронной сети представлены в таблице 2 [7].

Таблица 2. Сравнительные результаты характеристик классификаторов

Название модели	Точность	Функция потерь
Исходная	85 %	0,44
VGG16	60 %	1,10
VGG19	53 %	1,20
FerConvNet	65 %	1,07
EfficientNetB7	60 %	1,09
FerConvNet_Bilateral	65 %	1,09
FerConvNet_NonlocalMeans	65 %	1,09
FerConvNet_HDM	85 %	0,56

В ходе проделанной работы были сделаны следующие выводы: высокая точность модели обусловлена множеством факторов:

использование сбалансированного, «чистого» датасета;
 предобработка изображений с помощью ImageDataGenerator;
 построение структуры свёрточной нейронной сети с использованием субдискретизации, паддинга, пакетной нормализации, дропаута и L-регуляризации.

избежание эффекта переобучения;

применение метрик для отслеживания качества обучения модели.

Литература

1. Вундт, В. – Очерк психологии / В. Вундт. – СПб.: Издание Ф. Павленкова, 1896. – 220 с.
2. Schlosberg H. Three dimensions of emotion. – Psychological Review. 61(2), p. 81–88.
3. Экман, П. Психология эмоций. Я знаю, что ты чувствуешь / Пол Экман. – СПб.: Питер, 2014. – 336 с.

4. Бутовская, М.Л. Язык тела: природа и культура / М.Л. Бутовская. – М.: Научный мир, 2004. – 440 с.

5. Гудфеллоу, Я. И. Глубокое обучение / Я. Гудфеллоу, И. Бенджио, А. Курвилль / пер. с англ. А. А. Слинкина. – 2-е изд., испр. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 652 с.

6. Fer2013Plus [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kaggle.com/datasets/subhaditya/fer2013plus>. – Дата доступа: 15.11.2022.

7. Srinivas. Facial expression recognition for low resolution images using convolutional neural networks and denoising techniques / Pavan Nageswar Reddy Bodavarapu, Srinivas // Indian journal of science and technology. – Apr, 2021. – Vol. 14, № 12. – P. 971–983.

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕГРУППИРОВКИ ЧИСЛОВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ НА КОЭФФИЦИЕНТ КОРРЕЛЯЦИИ

студент гр. 113801 Королевская Д. Т.

Научный руководитель - канд. техн. наук Ролич О. Ч.

Белорусский государственный университет

информатики и радиоэлектроники

Минск, Беларусь

В наше время цифровая обработка сигналов является многообещающим направлением развития современной науки и техники. Именно поэтому с каждым днём появляется всё больше методов анализа и обработки цифровых сигналов.

Компьютерная стеганография базируется на принципе, заключающемся в том, что если файлы, содержащие оцифрованное изображение или звук, могут быть до некоторой степени видоизменены без потери функциональности, то текстовые документы, коды программ или базы данных требуют абсолютной точности при обратных преобразованиях. Достигнуть этой точности помогает корреляционный анализ.

Нахождение корреляции одномерных массивов легко осуществляется при помощи расчёт коэффициента Пирсона, который характеризует существование линейной взаимосвязи между двумя выборками X и Y , и рассчитывается по формуле [2]:

$$r_{XY} = \frac{\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sum(X - \bar{X})^2(Y - \bar{Y})^2}$$

где $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_0^{n-1} X_i$, $\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_0^{n-1} Y_i$ – средние значения выборок, n – длина выборок.

В данной работе был сгенерирован сигнал.

На рисунке 1 представлен сигнал синусоидальной формы, заданный формулой:

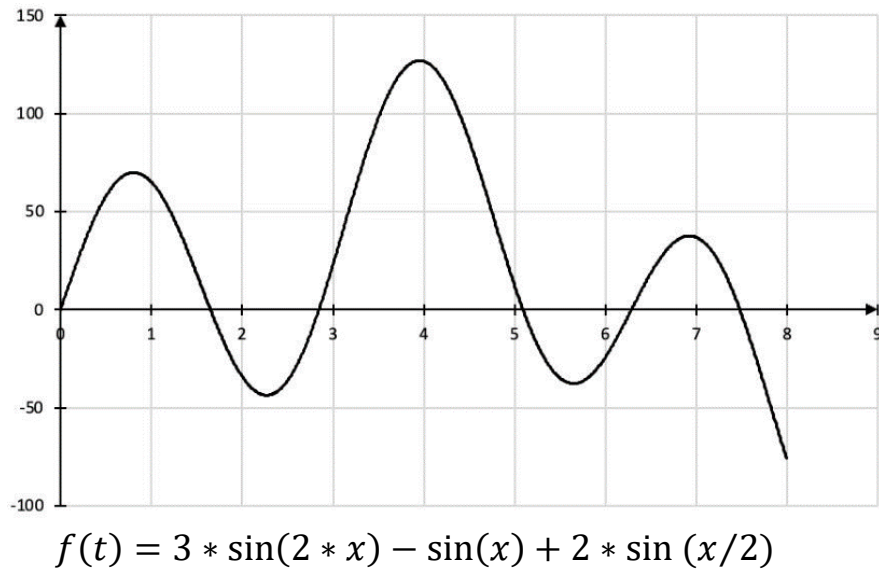


Рисунок 1. Визуализация сигнала

Для задачи определения корреляции была создана программа, имеющая возможность вывода выборок данных эталонного сигнала, выборок данных преобразованного сигнала и расчёта коэффициента корреляции между ними.

Стоит отметить, как именно происходит перестановка элементов выборки. Алгоритм заключается в том, что количество перестановок зависит от двух величин: коэффициента перестановки и отношения длины окна к длине массива сигнала. Для преобразованного сигнала они считаются константами и равны 1 и 0,25 соответственно. На рисунке 2 представлен полученный сигнал.

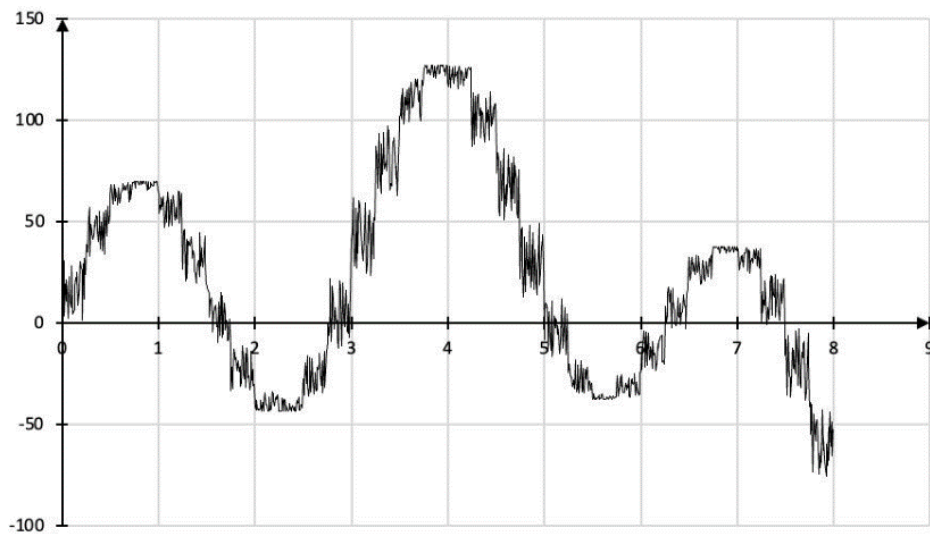


Рисунок 2. Визуализация преобразованного сигнала

Для обобщения полученных результатов нужно провести расчёт корреляции при различных значениях коэффициента перестановки и отношения длины окна к длине массива сигнала. На представленном рисунке 3 были использованы все возможные значения отношения длин, но значений коэффициента было выбрано всего 6. Этот выбор обусловлен наглядностью результатов.

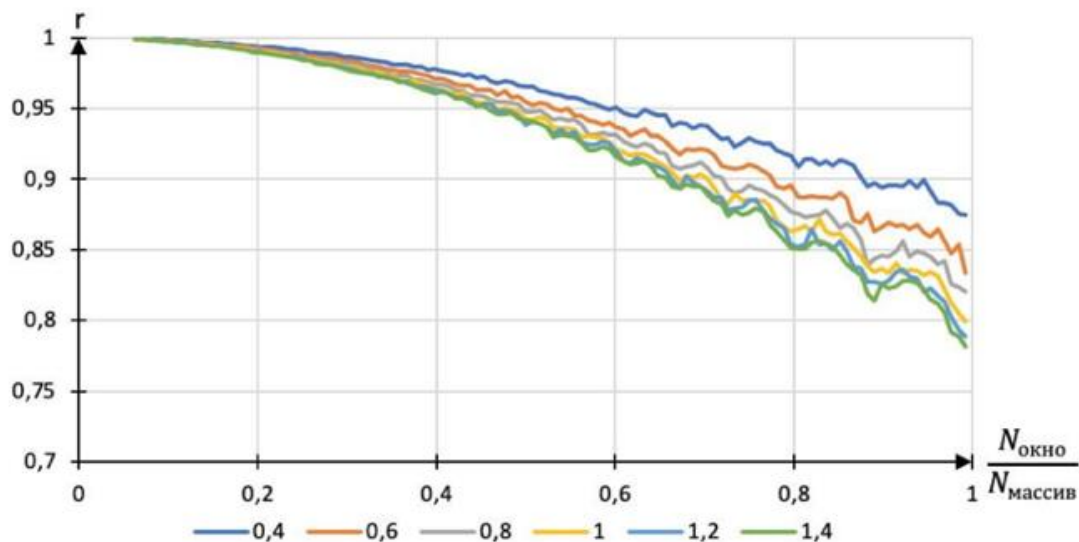


Рисунок 3. Зависимость коэффициента корреляции от отношения длины окна к длине массива сигнала при различных коэффициентах перестановки

Как видно из графика, при малом отношении длин, коэффициент перестановки мало влияет на корреляцию. Но при увеличении отношения длин коэффициент перестановки начинает играть значительную роль. В предельном случае, когда отношение длины окна к длине массива сигнала равно 1, значения коэффициента корреляции разнятся примерно на 10%, что довольно существенно при выявлении схожести сигналов.

Литература

1. Воробей, Д. А. Корреляционный анализ одномерных массивов / Д. А. Воробей, О. Ч. Ролич. – [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/94422/10-12.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
2. Коэффициент корреляции Пирсона [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Коэффициент_корреляции_Пирсона.

3. Урбанович, П. П. Защита информации методами криптографии, стеганографии и обфускации / П. П. Урбанович. Минск: БГТУ, 2016. – Режим доступа:
https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/23763/3/Urbanovich_zashhita.pdf

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ

студентка гр. 113801 Рондель И. Д.

Научный руководитель - канд. техн. наук Ролич О. Ч.

Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Одним из основных способов анализа изображений являются гистограммы. Гистограммой является столбчатая диаграмма, которая показывает статистическое распределение элементов цифрового изображения с различной яркостью, в котором в горизонтальной оси представлена яркость (от черного к белому слева направо), а по вертикали – относительное число пикселей с конкретным значением яркости. Для тонкой настройки общей гистограммы яркости чаще всего недостаточно, поэтому строят гистограммы для каждого канала: красного, зеленого и синего. Каналы, полутоновые изображения в градациях серого, хранят информацию о распределении одного компонента цветовой модели RGB.

Благодаря гистограмме можно получить данные о контрасте, экспозиции и цветовом насыщении изображения, но можно ли анализируя только лишь гистограмму, определить, что изображено на снимке? Для этого проанализируем, из каких параметров состоит гистограмма, а так же попытаемся найти закономерности в графиках всех цветовых каналов изображений разных типов.

Гистограмма состоит из 4-х параметров: среднее значение интенсивности, стандартное отклонение, медиана и количество пикселей, на основании которых была рассчитана гистограмма (в нашем случае, в каждом изображении 90000 пикселей).

Среднее значение интенсивности – сумма всех измеренных или подсчитанных данных, разделенная на общее количество данных.

Стандартное отклонение – это показатель того, насколько сильно варьируются значения интенсивности на графике измерения, которое показывает на сколько широко рассеялся какой-то набор данных от середины. То есть чем больше этот показатель, тем сильнее изменчивость значения интенсивности.

Медиана в гистограмме показывает срединное значение в диапазоне значений интенсивности, можно сказать, что это уровень показателя, который

делит набор полученных данных на две равные половины, где значения в одной половине меньше, а в другой больше медианы.

Для классификации изображений будем использовать 50 изображений каждого типа. Для исследований мы используем соответствующие типы изображений: абстракция, город, карта, космос, пейзаж, портрет, село, сцена и текст. Рассмотрим самые распространенные виды гистограмм исследуемых изображений, для этого мы должны найти закономерности не только в параметрах гистограмм, но и проводить анализ ее общего вида. Для удобства описания областей гистограммы разделим ее диапазон тонов на три части: тени, света и средние тона (рисунок 1.).

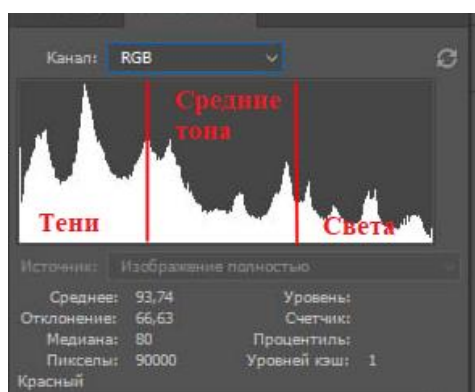


Рисунок 1. Общий вид гистограммы.

Абстракция

Гистограммам изображений типа абстракция характерен широкий тоновой диапазон. Это связано с варьированием яркостей между светлыми и темными частями изображения, а соответственно, с высоким уровнем контраста на нем. Строя гистограмму для данного типа изображений, чаще всего мы можем столкнуться с линейчатой диаграммой: некоторые значения яркости оказываются практически неиспользуемыми. Рассмотрим гистограмму для изображения, приведенного ниже (рисунок 2):

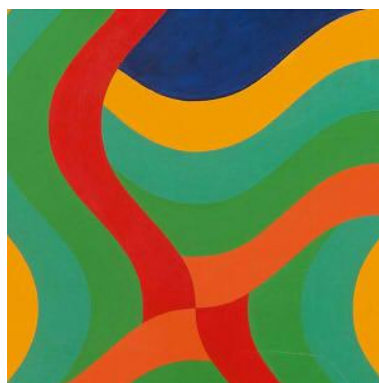


Рисунок 2. Одно из исследуемых изображений.

Построив гистограмму, определим ее особенности (рисунок 3):

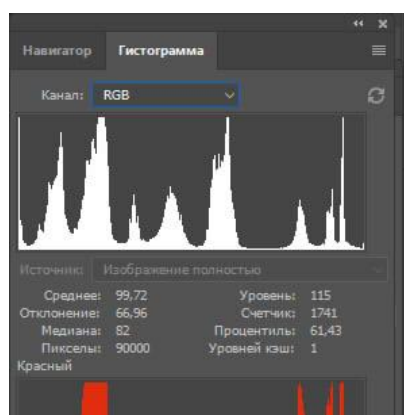


Рисунок 3. Гистограмма в rgb канале.

На данной гистограмме мы можем видеть, что изображение действительно имеет высокий уровень контраста, так как пиксели расположены по всей ширине гистограммы, так же мы можем увидеть, что на изображении преобладают различные друг от друга, резко переходящие из одних в другие, полутона.

Теперь рассмотрим каждый цветовой канал по отдельности (рисунок 4,5,6):

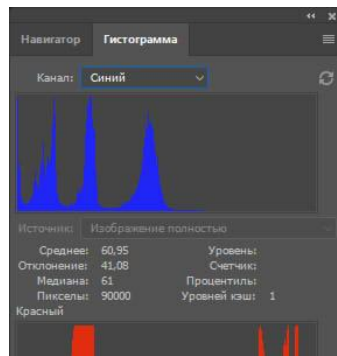


Рисунок 4. Гистограмма в синем канале.

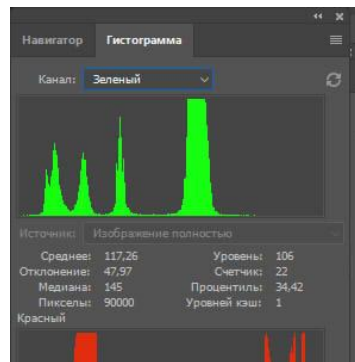


Рисунок 5. Гистограмма в зеленом канале.

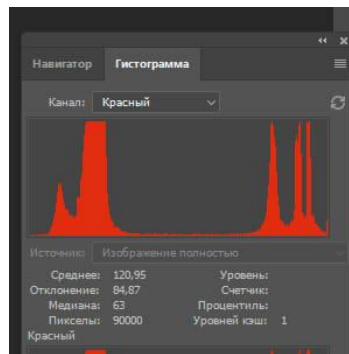


Рисунок 6. Гистограмма в красном канале.

Посмотрев на приведенные выше гистограммы мы можем сделать вывод о том, что на рисунке преобладают зеленые цвета и их оттенки, так же на изображении ярко выражены оттенки красного и меньше всего на нем синих оттенков. Оттенки красного наиболее яркие, далее следуют зеленые и самые тусклые – оттенки синего цвета. Данные выводы мы можем сделать не только по

внешнему виду диаграммы, но и посмотрев на ее параметры. Посмотрев на значение отклонения можно определить количество оттенков изображения, а по значению медианы определить, какое значение яркости преобладает в том или ином канале. Красный канал имеет достаточно большое значение отклонения и, действительно, на рисунке можно увидеть оттенки красного, как высокой, так и средней яркости. Значение отклонения зеленого канала является средним между всеми 3-мя цветами, а медиана расположена в центре графика, соответственно, зеленый канал имеет среднюю яркость. У синего канала, как у канала с наименьшим значением отклонения и медианы и в правду преобладают самые темные оттенки на изображении. Можем посмотреть на изображение в каждом канале и убедиться в этом (рисунок 7):

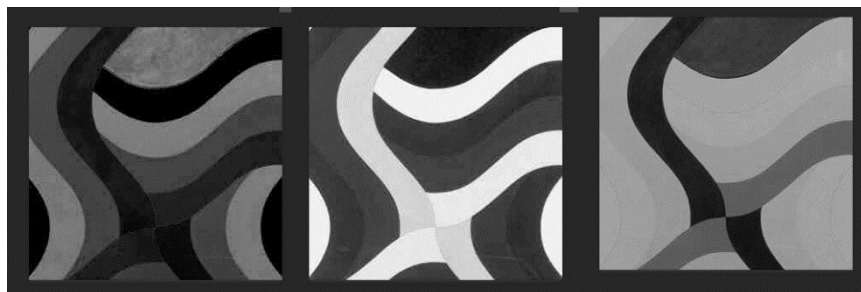


Рисунок 7. Изображения в синем, красном и зеленом каналах соответственно.

Таким образом проанализируем все 50 изображений данного типа и выявим закономерность: Отклонения зеленого и синего канала находятся в примерно одном и том же диапазоне, их среднее значение приблизительно равно 63, среднее значение отклонение красного канала немного выше и составляет 76. Средние значения медиан красного, зеленого и синего канала составляют 134, 93 и 83 соответственно. В rgb канале средние значения медианы, отклонения и среднего значения интенсивности соответственно равны 122, 102 и 73.

Город

Из гистограмм исследуемых изображений мы можем увидеть, что в основном это светлые, но не пересвеченные или средние по тону изображения вследствие того, что большинство пикселей имеют среднюю яркость (рисунок 8). На изображениях данного типа нет ни пересветов, ни срезах в тенях. Рассмотрим гистограмму данного изображения (рисунок 9):



Рисунок 8. Одно из исследуемых изображений.

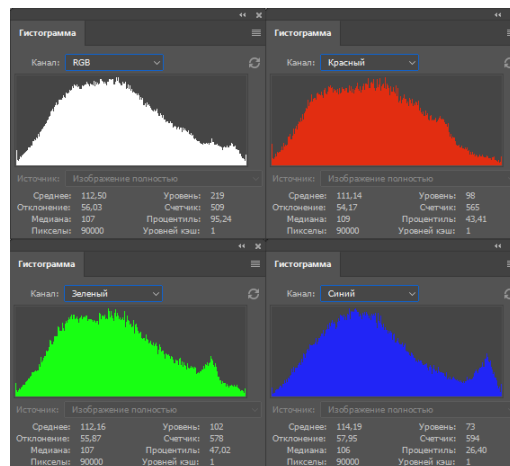


Рисунок 9. Гистограммы всех каналов изображения.

Посмотрев на данные гистограммы, мы можем сказать, что они почти аналогичны. Параметры гистограмм почти равны и внешне графики очень схожи. На всем изображении оттенки зеленого, красного и синего имеют практически одинаковую яркость (рисунок 10).



Рисунок 10. Изображение в красном, зеленом и синем каналах соответственно.

Так как изображения средние по тону, то, соответственно, они имеют небольшое стандартные отклонения и медианы. Средние медиана, среднее значение интенсивности и отклонение rgb канала: 107, 112 и 55. Так как средние параметры всех каналов примерно равны, то будем считать эти значения равными каждому среднему параметру каждого канала.

Карта

Гистограмма изображений типа «карта» в основных случаях имеет линейчатый характер. Так же, как в типе изображений «абстракция» в гистограммах карт мы можем увидеть, что изображения имеют высокий уровень контраста (рисунок 11).



Рисунок 11. Гистограммы всех каналов изображения.

В основном в изображениях данного типа будут преобладать зеленые и синие цвета, так как чаще всего ими обозначаются участки суши и воды. Данные изображения имеют малый диапазон оттенков, в красном канале среднее отклонение составляет 45, в зеленом 37 и больше всего в синем – 60. Так же изображения данного типа имеют вылеты в светах на гистограмме, значения медиан всех каналов приблизительно равны и среднее значение медианы в rgb канале равно 203.

Космос

Пискелы в гистограммах изображений данного типа расположены преимущественно в левой части графика. Это говорит о том, что изображения

данного типа довольно темные. Пиксели зеленого канала расположены только в диапазоне теней, но в гистограммах красного и синего канала иногда мы можем заметить пиксели в диапазоне яркости. Такое явление можно наблюдать на снимках, где крупно изображены звезды, они являются источниками света, это и дает такой эффект. В остальных случаях гистограммы красного канала обладают самыми малыми медианами.

В основном гистограммы данного типа выглядят так (рисунок 12):

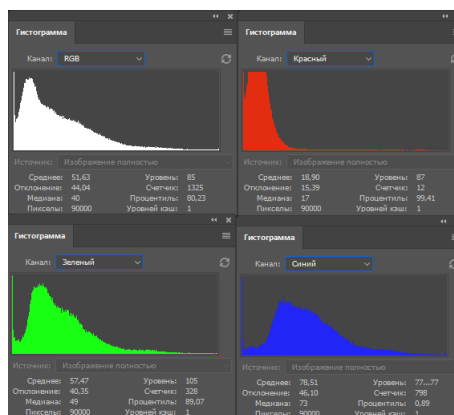


Рисунок 12. Гистограммы всех каналов изображения.

Как мы видим из графиков, изображения данного типа не просто темные, зачастую на них присутствуют проваленные тени. Красный и зеленые цвета на таких изображениях находятся в диапазоне теней, синий едва затрагивает диапазон средних тонов. Отклонения и медианы гистограмм таких изображений очень малы, так как пиксели располагаются преимущественно в теневом диапазоне. Средние значения данных медиан практически одинаковы, поэтому за них мы берем значения параметров rgb канала: среднее значение интенсивности – 119, медиана – 55, стандартное отклонение – 106.

Пейзаж

Гистограммы изображений данного типа очень схожи с изображениями типа «город», они так же имеют преимущественно среднего тона. Часто на фотографиях заката или с пасмурной погодой можно увидеть, что медиана на гистограмме смещена в диапазон теней, это обусловлено тем, что на изображении отсутствует источник света, освещенность местности очень мала.

Аналогично изображениям типа «город» мы можем сказать, что изображения всех трех каналов примерно равны, поэтому мы будем опираться на

средние значения rgb канала: среднее значение интенсивности – 108, медиана – 58, стандартное отклонение – 105.

Портрет

В гистограммах изображений типа портрет мы зачастую можем увидеть, что наибольшее количество пикселей зачастую находятся в диапазоне света, а иногда и вовсе обнаружить вылеты в светах или провалы в тенях. Это может быть обусловлено со слишком высоким уровнем экспозиции в связи с тем, что падающий на лицо источник света может вызывать пересветы, яркие части лица превращаются в плоские белые пятна, утрачиваются детали. В основном гистограммы портретов выглядят соответствующим образом (рис.13):

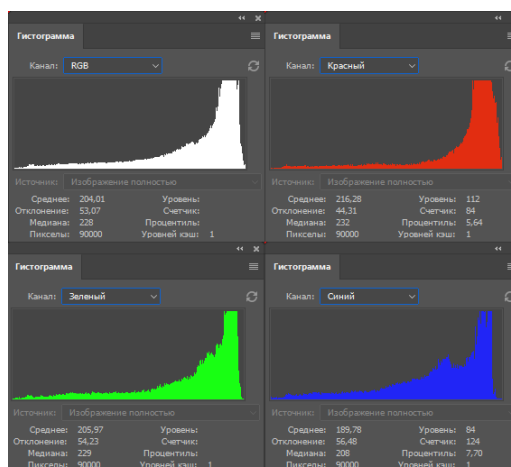


Рисунок 13. Гистограммы всех каналов изображения.

На гистограммах отчетливо видно, что изображение пересвечено, медианы сдвинуты в правую сторону. На изображениях данного типа ярко выражены красные оттенки, затем зеленые и наименее яркие из них – синие. В этом мы можем убедиться посмотрев на среднее значение интенсивности – у синего канала оно самое низкое, так же мы можем посмотреть каждый канал изображения по отдельности (рисунок 14):

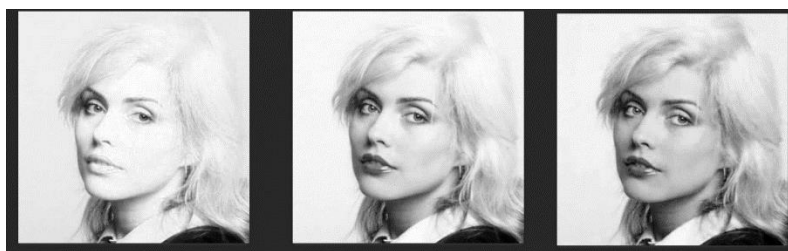


Рисунок 14. Изображение в красном, зеленом и синем каналах соответственно.

Село

Как и изображения типов «пейзаж» и «город» изображения типа «село» средние по тону, однако по другой причине: гистограмма такого снимка имеет равное соотношение светлых и темных пикселей (рисунок 15).



Рисунок 15. Гистограммы всех каналов изображения.

Основное отличие данных изображений заключается в оттенках зеленого, выраженных немного ярче остальных (рисунок 16). Средние значения интенсивности зеленого равны 128, красного – 117, синего – 115.



Рисунок 16. Изображение в красном, зеленом и синем каналах соответственно.

Сцена

Изображения данного типа имеют широкий уровень контраста и средние по тону из-за равного соотношения темных и светлых пикселей и их распределения по всей ширине гистограммы (рисунок 17).

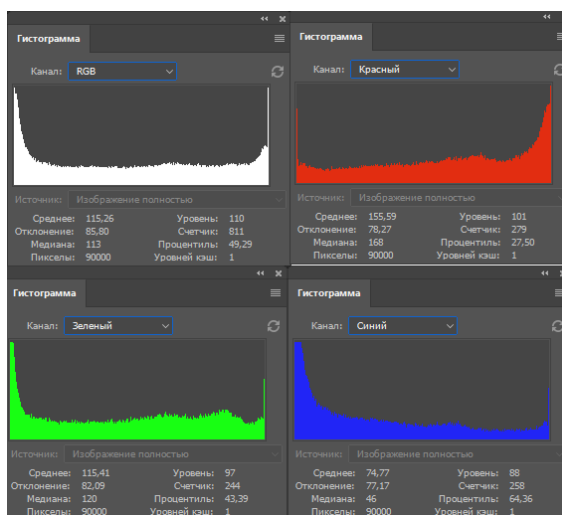


Рисунок 17. Гистограммы всех каналов изображения.

Основным отличием изображений данных типов является преобладание красных оттенков. Среднее значение интенсивности красного канала равно 142, зеленого – 111, а синего – 88. Это же мы можем увидеть на следующем изображении (рисунок 18):



Рис18. Изображение в красном, зеленом и синем каналах соответственно.

Так как изображения средние по тону, среднее стандартное отклонение каждого канала примерно одинаково. Среднее отклонение rgb канала равно 62. Средние медианы красного, синего и зеленого каналов соответственно равны

147, 81 и 112,. Это говорит о том, что в изображениях данного типа самыми яркими являются оттенки красного, за ними следует зеленый и синий.

Текст

Практически во всех гистограммах изображений типа «текст» на графиках мы можем заметить вылеты в светах. Это можно обосновать тем, что почти всегда темный текст печатается на светлом фоне, так как в таком виде он легче читается. Именно поэтому основная часть пикселов сконцентрирована в правой части графика.

Изображения данного типа имеют значения медианы близкие к 255 – это обозначает, что большинство пикселов данных изображений пусты и не несут никакой информации, отклонение таких изображений тоже очень мало – в среднем составляет 50 в rgb канале, а среднее значение интенсивности – 226.

Гистограммы всех трех каналов в таких изображениях очень похожи, а rgb диаграмма зачастую выглядит следующим образом (рисунок 19):

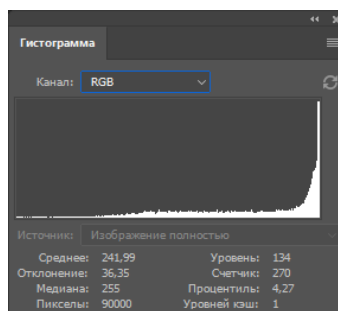


Рисунок 19. Гистограмма в rgb канале.

Среднее значение отклонений гистограмм rgb канала равны 49, а среднее значение интенсивности – 222.

Заключение

Проведя анализ гистограмм различных типов изображений можно сказать, что классификация изображений по гистограммам возможна, если знать все аспекты особенностей изображений различных типов. Однако даже зная их всех очень легко можно ошибиться. Очень часто одних параметров гистограмм может не хватать, поэтому при классификации изображений стоит применять не только

гистограммы, но и другие методы. Например, объединить анализ гистограмм с сегментацией изображений.

Литература

1. Обработка изображений в цифровой фотографии. Анализ гистограмм [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://studopedia.info/7-76240.html> – Дата доступа: 27.12.2022.
2. Сведения о гистограммах [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <https://helpx.adobe.com/ru/photoshop/using/viewing-histograms-pixel-values.html> – Дата доступа: 26.12.2022.
3. Старовойтов В.В., Голуб Ю.И. Получение и обработка изображений на ЭВМ : учебно-методическое пособие / В.В. Старовойтов, Ю.И. Голуб. – Минск : БНТУ, 2018.

УДК 528.854.2

АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИ-ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗОБРАЖЕНИЙ И РАЗРАБОТКА ИХ КЛАССИФИКАЦИИ

студент гр.113801 Тармин А.М.

Научный руководитель – канд. техн. наук Ролич О.Ч.

Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Сегментация изображений.

Сегментация изображений – это выделение объектов(областей) на изображении. Она используется для обнаружения дефектов при сборке деталей на производстве, для обработки снимков в медицине, составления карт местности по снимкам спутников и не только.

В данной работе сегментация применяется для выявления форм объектов произвольных размеров на изображениях разного типа. Это даст нам определить, есть ли какая-либо закономерность в формах и размерах объектов, находящихся на изображениях каждого из типов,и насколько отчётливо она прослеживается.

Существует много методов сегментации: яркостная сегментация, многомасштабная сегментация, водораздельная сегментация, сегментация с помощью метода разреза графа и т.д. Мы будем применять яркостную сегментацию.

Алгоритм сегментации изображений:

Для сегментации цветного изображения требуется перевести его в корректное бинарное изображение. Для этого изображение переводится в оттенки серого, чтобы из трёхмерной матрицы, над которой мы работаем (цветного изображения), получить двумерную. После чего оно переводится в бинарное изображение с заданным порогом.

Выделение контуров.

Выделение контуров активно используется в обработке изображений. В этом методе обработки изображений чаще всего используется два алгоритма: алгоритм Собеля и алгоритм Канни.

В нашей классификации рассматриваются изображения разного происхождения: естественного (природно-бытового) и искусственного (созданные графически, например, на компьютере). Первые примечательны

наличием шума, в отличие от вторых, что усложняет выделение контуров на изображении. В данном случае лучше всего справляется алгоритм Канни.

Алгоритм состоит из 5-ти шагов:

Сглаживание изображения (размытие изображения, для сглаживания шумов).

Поиск градиентов (границы выделяются только там, где значение градиента изображения максимальное).

Подавление не-максимумов (как границы отмечаются только локальные максимумы).

Двойная пороговая фильтрация (потенциальные границы определяются порогами).

Трассировка области неоднозначности (итоговые границы определяются путём подавления всех краёв, несвязанных с определёнными (сильными) границами).

Перед применением алгоритма Канни требуется перевести изображение в градации серого. После этого изображение можно сглаживать. Для размытия используется размытие по Гауссу.

Размытие по Гауссу представляет собой фильтр размытия изображения с применением нормального (Гауссового) распределения. Уравнение распределения Гаусса в N измерениях имеет вид:

$$G(r) = \frac{1}{(2\pi\sigma^2)^{N/2}} e^{-r^2/(2\sigma^2)},$$

где r – радиус размытия, $r^2 = u^2 + v^2$, σ – стандартное отклонение распределения Гаусса.

Для поиска градиентов используется оператор Собеля, который основан на свёртке изображения небольшими целочисленными фильтрами в вертикальном и горизонтальном направлениях. Оператор использует ядра 3×3 , с которыми свёртывают исходное изображение для вычисления приближенных значений производных по горизонтали и по вертикали.

При подавлении не-максимумов Пикселями границ объявляются пиксели, в которых достигается локальный максимум градиента в направлении вектора градиента. Значение направления должно быть кратно 45° . Принцип подавления представлен на рисунке 1.

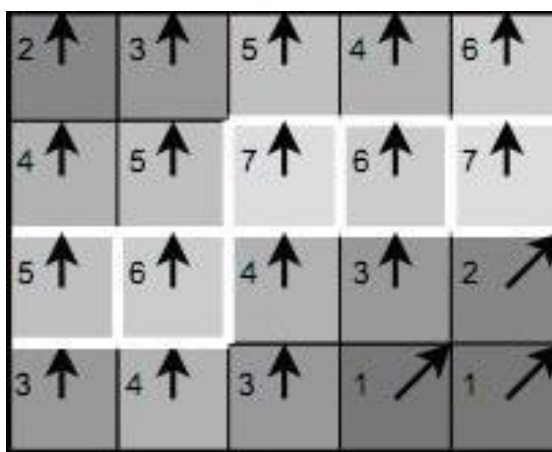


Рисунок 1. Принцип подавления не-максимумов.

Принцип работы двойной пороговой фильтрации: если значение пикселя выше верхней границы – он принимает максимальное значение (граница считается достоверной), если ниже – пиксель подавляется, точки со значением, попадающим в диапазон между порогов, принимают фиксированное среднее значение (они будут уточнены на следующем этапе).

Трассировка области неоднозначности сводится к выделению групп пикселей, которые получили промежуточное значение при двойной пороговой фильтрации, и, если они соединены с одной из установленных границ, отнесению их к этой границе, а в противном случае – подавлению. При этом пиксель добавляется к группе пикселей, если он соприкасается с ней по одному из 8-ми направлений.

Данные о процессе исследований.

Список исследуемых типов изображений:

Абстракция

Карта

Пейзаж

Портрет

Сцена

Текст

Космос

Город

Село

Для каждого из типов проанализировано 50 изображений. В анализ входят следующие этапы:

Сегментация изображений, анализ форм и размеров сегментов.

Выделение контуров изображений и анализ их гистограмм.

Составление классификации изображений на основе полученных данных.

Сегментация изображений, анализ форм и размеров сегментов.

Анализ форм объектов на сегментированном изображении для начала рассмотрим на примере изображения типа «абстракция». Данный пример представлен на рисунке 2.

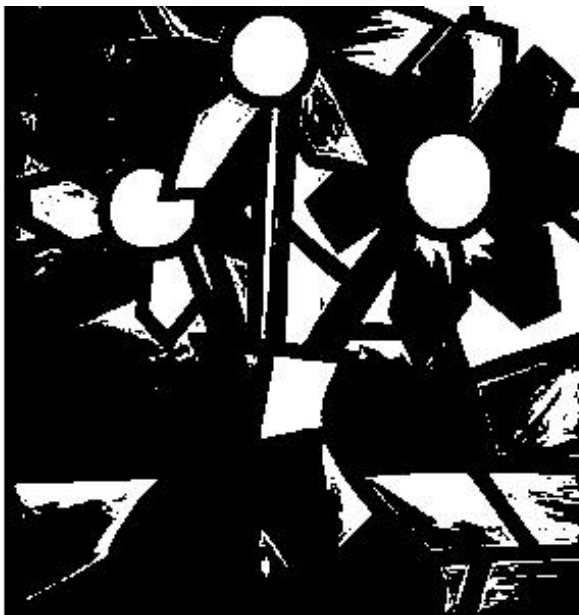


Рисунок 2. Пример сегментации изображения типа «абстракция».

На данном изображении можно заметить, что имеются явно выделяющиеся круглые объекты и многогранные фигуры произвольных форм. Преимущественно они имеют прямые грани, которые не изгибаются в самовольном направлении.

Рассмотрим формы объектов на сегментированном изображении типа «пейзаж». Данный пример представлен на рисунке 3.



Рисунок 3. Пример сегментации изображения типа «пейзаж».

На этом изображении, в отличие от прошлого, сложно описать форму объектов, так как они все абсолютно разнородные. Однако для большинства пейзажей характерна широкая фигура сверху, которая выделяет небо на изображении и «оттеняет» данный тип на фоне других.

Подобным образом были проанализированы все изображения каждого из типов и получены следующие усреднённые результаты по каждому из них:

Абстракция: характерны круги и многоугольники, волнистые линии и отсутствие мелких сегментов в силу шума.

Пейзаж: характерно наличие больших объектов, которыми является поля и небо, произвольной формы, наличие большого количества мелких сегментов.

Карта: имеется большое количество мелких сегментов, прямых линий, отсутствие в большинстве случаев объектов определённой формы.

Портрет: скопление объектов наблюдается вблизи центра, размеры и форма объектов сильно варьируется.

Сцена: преимущественно имеются объекты округлой формы, редкое наличие многоугольников.

Космос: небольшое количество круглых объектов и очень много мелких сегментов, разбросанных в произвольном порядке.

Текст: много мелких сегментов схожего размера с большим количеством прямых и волнистых линий.

Город: характерны четырёхугольники произвольных форм, волнистые и прямые линии, большое количество мелких сегментов.

Село: как и в пейзаже, характерно наличие большого объекта сверху, которым выступает небо, небольшое количество многоугольников и множество мелких сегментов.

Выделение контуров изображений и анализ их гистограмм.

Рассмотрим выделение контуров на изображении типа «портрет». Пример представлен на рисунке 4.



Рисунок 4. Пример выделения контуров на изображении типа «портрет».

На данном примере наглядно видно, что количество белых контуров не очень большое по отношению к чёрному цвету. Более точно это можно увидеть на гистограмме данного изображения, которая представлена на рисунке 5.

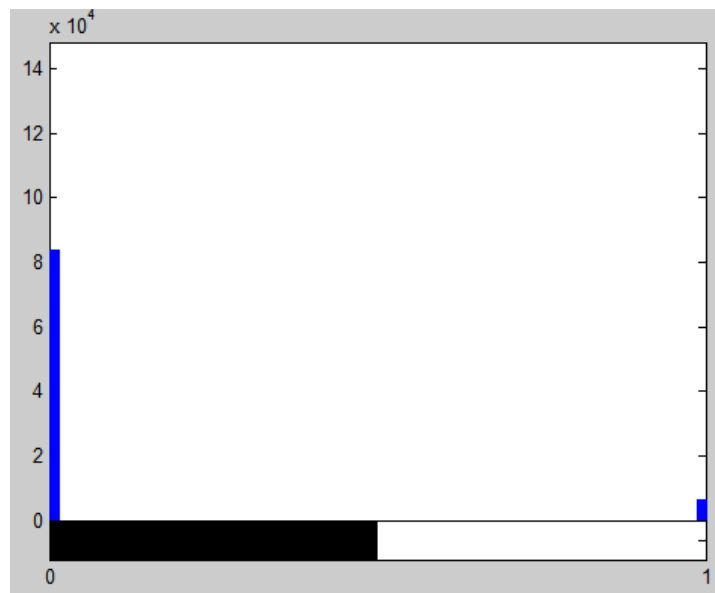


Рисунок 5. Гистограмма изображения типа «портрет» с выделенными контурами.

На гистограмме показано, что значение белого цвета равно 0,7, а чёрного – 8,3. Т.к. все изображения имеют разрешение 300 на 300 пикселей, процент белого цвета на фотографии равен:

$$\frac{0,7}{9/100} \approx 7,8 \%$$

Так как все контуры на изображениях имеют одинаковую ширину, высчитав процент белого цвета на изображении после выделения контуров, найдём условное количество границ, что отчасти демонстрирует, как много объектов (маленьких или больших) находится на изображении.

Этим способом были проанализированы изображения разного типа и составлены данные о среднем проценте белого на изображениях после выделения контуров:

- Абстракция – 11,14% (У большинства изображений – 10%)
- Пейзаж – 12,05% (У большинства изображений – 11,67%)
- Карта – 14,53% (У большинства изображений – 16,67%)
- Портрет – 8,53% (У большинства изображений – 7,78%)
- Сцена – 9,72% (У большинства изображений – 8,89%)
- Космос – 13,20% (У большинства изображений – 12,22%)
- Текст – 9,67% (У большинства изображений – 9,44%)
- Город – 12,61% (У большинства изображений – 13,33%)

Село – 12,72% (У большинства изображений – 13,33%)

Составление классификации изображений на основе полученных данных.

На таблице 1 представлена классификация изображений по их статистически-геометрическим характеристикам.

Таблица 1. Классификация изображений по статистически-геометрическим характеристикам.

Тип изображений	Описание форм и размеров сегментированных объектов на изображениях	Процент белых пикселей на изображениях после выделения контуров
Абстракция	Круги и многоугольники, волнистые линии, отсутствие мелких сегментов	11,14% (У большинства изображений – 10%)
Пейзаж	Большие объекты (поля и небо) произвольной формы, большое количество мелких сегментов	12,05% (У большинства изображений – 11,67%)
Карта	Много мелких сегментов, прямых линий, произвольная форма большинства объектов	14,53% (У большинства изображений – 16,67%)
Портрет	Скопление объектов вблизи центра, размеры и форма объектов сильно варьируется	8,53% (У большинства изображений – 7,78%)
Сцена	Наличие объектов округлой формы, иногда присутствуют многоугольники	9,72% (У большинства изображений – 8,89%)

Космос	Много объектов в виде кругов, много произвольно разбросанных мелких сегментов	13,20% (У большинства изображений – 12,22%)
Текст	Мелкие сегменты схожего размера с большим количество прямых и волнистых линий	9,67% (У большинства изображений – 9,44%)
Город	Четырёхугольники произвольных форм, волнистые и прямые линии, большое количество мелких сегментов.	12,61% (У большинства изображений – 13,33%)
Село	Большой объект сверху (небо), небольшое количество многоугольников, множество мелких сегментов.	12,72% (У большинства изображений – 13,33%)

Вывод.

По полученным данным можно точно сказать, что для корректного определения типа изображений требуется больше информации, которая бы помогла выявить больше особенностей каждого из типа. Например, как можно заметить по таблице классификации, у типов «город» и «село» имеются очень схожие средние показатели как процента белых пикселей на изображениях после выделения контуров, так и формы и размеры

ЧАСТОТНО-ИМПУЛЬСНАЯ МОДУЛЯЦИЯ ЦИФРОВОГО СИГНАЛА

студентка гр. 113801 Бричковская М.С.

Научный руководитель - канд. техн. наук Ролич О. Ч.

Белорусский государственный университет

информатики и радиоэлектроники

Минск, Беларусь

В системах с импульсной модуляцией немодулированная несущая обычно представляет собой серию регулярно повторяющихся импульсов. Частоту повторения импульсов определяют, исходя из допустимой точности восстановления непрерывного сообщения при его демодуляции. Минимальное значение частоты повторения импульсов:

$$f_{0\min} = \frac{1}{t_{0\max}} = 2f_a, \quad (1)$$

где f_a – максимальная частота в спектре передаваемого непрерывного низкочастотного сообщения, $t_{0\max}$ – максимальный период следования импульса.

Реальные сигналы, как правило, имеют бесконечный спектр. Поэтому интервал дискретизации, определенный на основании теоремы Котельникова, рассматривают как приближенное значение для

функций с неограниченным спектром[1]. На практике интервал дискретизации уменьшается по сравнению с расчетной в 2-6 раз, а максимальную частоту определяют экспериментально.

Частотно-импульсная модуляция — это процесс, при котором информация о входном сигнале кодируется во временные интервалы идентичных импульсов, излучаемых на выходе модулятора.

Выходной сигнал частотно-импульсного модулятора $u(t)$ определяется как последовательность N импульсов равной силы M , испускаемых в моменты времени t_k , т. е.

$$u(t) = M \sum_{k=0}^N \delta(t-t_k), \quad 0 < t < t_{N+1}, \quad (2)$$

Время излучения импульса t_k имеет некоторую функциональную зависимость от входного сигнала $e(x)$. Рассмотрим, например, интегрально-импульсную частотную модуляцию (ИЧИМ.), которая определяется таким образом, что входной сигнал подается на интегратор, выход которого $z(t)$ подается на пороговое устройство, которое, когда $z(t)$ достигает порогового значения S , сбрасывает интегратор и испускает импульс силой M . Таким образом, функциональное соотношение, определяющее t_i , определяется выражением:

$$z(t) = \int_{t_{i-1}}^t e(x) dx, \quad t_{i-1} < t < t_i, \quad (3)$$

$$t_i = \min \{t | t > t_{i-1}, z(t) \geq S\} \quad (4)$$

При ЧИМ длительность импульсов не изменяется, но модулируется время между ними (изменяются частота и период следования). Период импульсов изменяется по закону:

$$T(t) = T_0 + ke(t), \quad (5)$$

где T_0 – период следования импульсов в отсутствие модуляции, $e(t)$ – входной сигнал, k – глубина модуляции.

При программировании ЧИМ устройств обычно устанавливается время цикла устройства t_c в регистре, а затем использует другой регистр, чтобы указать количество импульсов N , которые должны быть отправлены устройством в течение цикла. Количество импульсов обычно называют рабочим циклом, и его значение выбирается таким образом, чтобы $0 \leq N \leq t_c$. Устройство будет продолжать выводить эту последовательность импульсов до тех пор, пока не будет изменено значение N .

Каждый импульс передает фиксированное количество энергии устройству. Когда импульсы поступают на устройство, они эффективно фильтруются с помощью фильтра нижних частот, что вызывает задержку или фазовый сдвиг принятого сигнала.

Метод частотно-импульсной модуляции применяется для плавного изменения яркости светодиодов, оборотов двигателей, в работе с динамиками.

Однако при управлении такими устройствами напрямую с помощью цифровых импульсов необходимо следить за тем, чтобы минимальная частота импульсов оставалась выше порога, который может быть обнаружен человеческими органами чувств. Например, при работе с динамиком минимальная частота импульсов должна составлять не менее 40 кГц, чтобы человеческое ухо не различало отдельные импульсы. Точно так же при прямом управлении светодиодом частота должна быть не менее 70 Гц, чтобы глаз не мог обнаружить отдельные импульсы, потому что они будут восприниматься как эффект мерцания. При работе мотора на низких частотах будут слышны посторонние звуки. Решить эту проблему можно путем сглаживания импульсов, добавлением фильтра нижних частот, переносом ЧИМ сигнала в область более высоких частот.

Полоса пропускания спектра ЧИМ определяется диапазоном частот, которые могут быть переданы, а также разрешением, с которым входной сигнал может быть закодирован в частоту импульсов.

Полоса пропускания выражается следующей формулой:

$$B = 2\Delta f, \quad (6)$$

где B — ширина полосы, а Δf — девиация частоты.

Отклонение частоты сигнала ЧИМ (девиация) представляет собой максимальную величину, на которую частота импульсов может отклоняться от своего среднего значения. Она определяется по следующей формуле:

$$\Delta f = f_{\max} - f_{\min}, \quad (7)$$

где f_{\max} — максимальная частота импульсов, а f_{\min} — минимальная частота импульсов.

В целом, полоса пропускания сигнала ЧИМ намного уже, чем у аналогового сигнала с тем же разрешением, потому что частота последовательности импульсов может изменяться только дискретными шагами. Тем не менее, ЧИМ имеет преимущество в том, что он более устойчив к шуму, потому что последовательность импульсов представляет собой цифровой сигнал и может быть точно восстановлена, даже если она искажена.

Использование метода ЧИМ позволяет добиться функционала аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей надежным и менее ресурсозатратным способом. Микроконтроллер может получать на вход аналоговые данные и преобразовывать их в цифровую последовательность 0 и 1, идущих с переменной частотой. На выходе устройства цифровой код преобразуется в напряжение. Таким образом формируется непрерывный сигнал, который в дальнейшем может быть сглажен фильтром нижних частот[2].

Устройства с ЧИМ действительно имеют некоторые преимущества для преобразования постоянного тока в постоянный, включая лучшую эффективность преобразования с низким энергопотреблением, меньшую общую стоимость решения и простые топологии преобразователей, но менее популярны, из-за некоторых заметных недостатков.

К таким недостаткам можно отнести то, что схемы фильтрации для преобразователя с фиксированной частотой гораздо проще спроектировать, чем для устройства, работающего в широком диапазоне частот. Во-вторых, значительная пульсация напряжения на выходе может вызвать быстрое разрушение используемого в схемах кремния. В-третьих, работа ЧИМ на низкой частоте увеличивает время переходного отклика коммутационного преобразователя, что может привести к медленному отклику и разочарованию потребителей в работе некоторых портативных устройств.

При работе с микроконтроллером метод ЧИМ позволяет получить на выходе динамика ноты различной частоты путем преобразования модулирования частоты последовательности прямоугольных импульсов по закону аналогового информационного сигнала.

На рисунках 1 и 2 изображены аналоговый сигнал и последовательность импульсов для нот различной частоты соответственно.

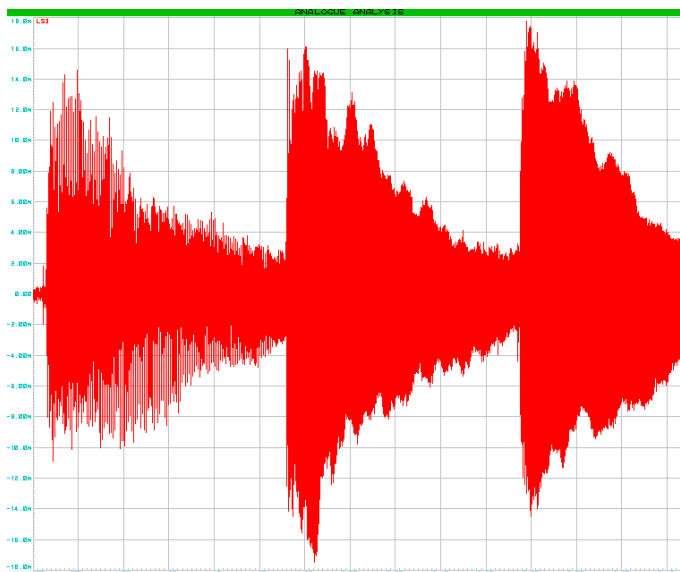


Рисунок 1 – Аналоговый сигнал нот различной частоты

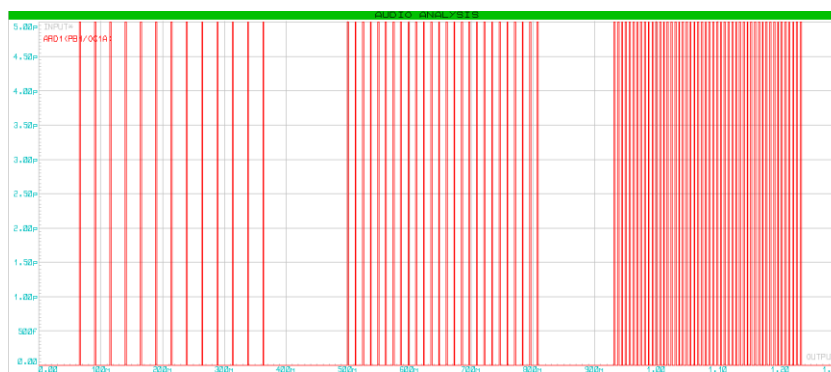


Рисунок 2 – Модулированная последовательность импульсов для нот различной частоты

Для демонстрации применения ЧИМ для работы со светодиодами в среде автоматизированного проектирования Proteus 8 была создана электронная схема, состоящая из микроконтроллера Arduino UNO, трёх светодиодов, резисторов и осциллографа.

Микроконтроллер был запрограммирован таким образом, что на светодиоды подаются прямоугольные импульсы, одинаковые по амплитуде и длительности, но отличающиеся по частоте повторения. Полученные с помощью частотно-импульсной модуляции последовательности импульсов, подаваемые на светодиоды, представлены на рисунке 3.

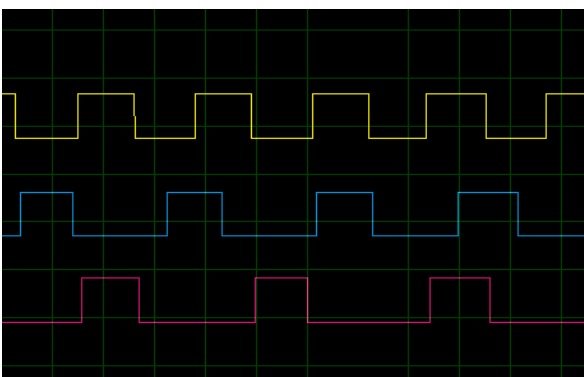


Рисунок 3 – Импульсы, подаваемые на светодиоды

Увеличение периода импульсов при неизменной длительности одного импульса приводит к увеличению скважности.

$$S = \frac{T}{t}, \quad (8)$$

где T – период импульсов, t – длительность импульса, S – скважность.

Из увеличения скважности следует уменьшение рабочего цикла, а значит и уменьшение напряжения, подаваемого на светодиоды.

На рисунке 4 представлена спроектированная схема в момент выполнения программы.

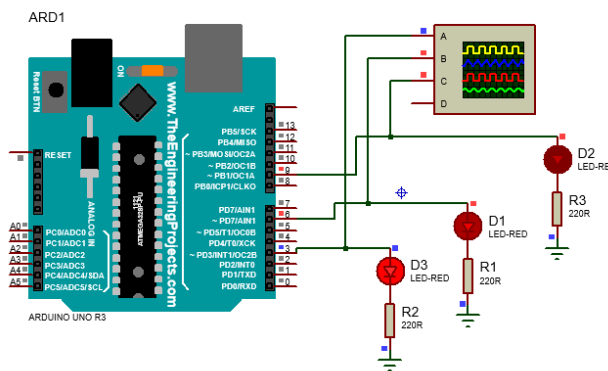


Рисунок 4 – Электронная схема в момент выполнения программы

Как видно из рисунков выше, на светодиод, подключенный к третьему пину микроконтроллера, подается последовательность импульсов с наибольшей частотой. Данная последовательность имеет наименьшую скважность,

наибольший рабочий цикл. Напряжение на светодиоде, а значит и яркость, максимально.

Последовательность импульсов, подаваемая на светодиод, подключенный к девятому пину, имеет наименьшую частоту и наибольшую скважность, чем объясняется наименьшая яркость светодиода.

Чтобы проанализировать спектр сигнала ЧИМ с помощью преобразования Фурье, необходимо применить преобразование Фурье к сигналу, чтобы разложить его на составляющие частоты и амплитуды.

Получив частотный спектр сигнала ЧИМ, можно проанализировать частоты и амплитуды составляющих частот, чтобы понять ширину полосы и разрешение сигнала. Для этого можно построить спектр и найти самые высокие и самые низкие частоты, присутствующие в сигнале, что даст ширину полосы сигнала[3,4]. На рисунке 5 изображен частотный спектр сигнала ЧИМ, используемый в программе.

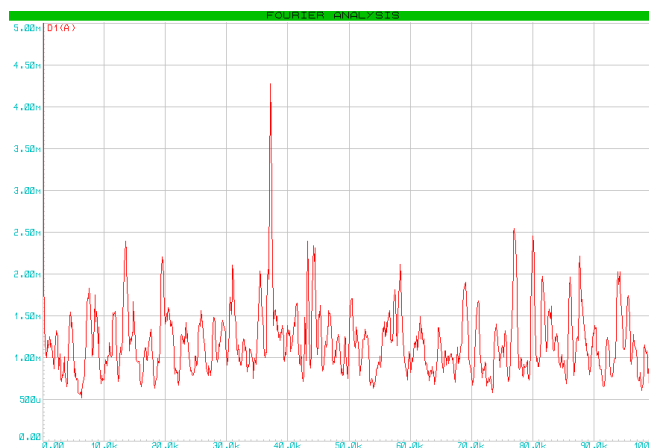


Рисунок 5 – Частотный спектр сигнала ЧИМ

Таким образом, метод ЧИМ позволяет обеспечить плавную регулировку яркости светодиодов, скорости двигателей, отличается высокой помехоустойчивостью и относительно небольшой стоимостью производства устройств на его основе. ЧИМ является полезным методом для передачи цифровых сигналов на большие расстояния или по зашумленным каналам, он широко используется во многих устройствах благодаря своей простоте и надежности. Однако важно учитывать ограничения ЧИМ при принятии решения о том, является ли такой вид модуляции хорошим вариантом для конкретного устройства.

Литература

1. Овсянников В.А. Методы формирования и цифровой обработки сигналов: учеб.-метод. пособие. В 2 ч. Ч. 2: Дискретное преобразование Фурье, фильтрация и модуляция / В. А. Овсянников. – Минск: БГУИР, 2010. – 136 с.
2. Основы цифровой обработки сигналов: Теорема Котельникова, АЦП и ЦАП [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://hub.exponenta.ru/post/osnovy-tsos-teorema-kotelnikova-atsp-i-tsap484> – Дата доступа: 25.12.2022.
3. Бойко Б.П., Тюрин В.А. Спектр сигнала: учебно-методическое пособие / Б.П. Бойко, В.А. Тюрин.- Казань: Казанский федеральный университет, 2014.-38 с. – Режим доступа: https://kpfu.ru/staff_files/F1700343876/SPEKTRY_02.01.15.pdf.
4. Медведев С. Ю., Перов М. Ю., Якимов А. В. Влияние быстрого преобразования Фурье на оценку спектра сигнала [Электронный ресурс] / – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/313875219_VLIANIE_BYSTROGO_PRE_OBRAZOVANIA_FURE_NA_OCENKU_SPEKTRA_SIGNALA – Дата доступа: 26.12.2022.

ПРОБЛЕМЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИХ КОНТЕЙНЕРОВ-ИЗОБРАЖЕНИЙ

магистрант Ху Битай (КНР)

Научный руководитель - канд. техн. наук Садов В. С.

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

Стеганография в настоящее время является весьма эффективным подходом к защите конфиденциальной информации. Суть стеганографии состоит в скрытии самого факта существования оцифрованных секретных данных путем незаметного встраивания их в, находящиеся в открытом доступе, компьютерные файлы-контейнеры. В качестве контейнеров, в основном, используются мультимедийные файлы, которые позволяют скрывать в них достаточно большие объемы секретной информации.

Исследования [1] показывают, что качество стеганографического процесса, т.е. его стойкость к внешним атакам на обнаружение существования встроенных данных в значительной степени зависит от типа выбранного изображения-контейнера. Можно выделить два класса изображений: естественные, полученные с помощью фотокамеры, и синтезированные на компьютере.

Во многих случаях цифровые изображения в компьютерных системах представляются в BMP-формате. В этом формате элемент изображения (пиксель) – это комбинация трех цветовых компонент RGB (красной, зеленой и синей). Каждая из цветовых компонент описывается 8-ми разрядным двоичным кодом (байтом).

Известно [2], что глаз человека не способен обнаружить изменение яркости пикселя на величину, соответствующую единице младшего разряда его цифрового представления. Поэтому младшие разряды такого цифрового кода называют наименее значащими битами (НЗБ), и их можно заменять битами скрываемого сообщения.

Проверку качества проведенного стеганографического процесса осуществляют путем атак на стеганографическую систему. Атаки можно подразделить на визуальные и статистические. Визуальные атаки - это оценка внешним наблюдателем полученного заполненного контейнера (стеганоконтейнера) на наличие в нем некоторых не естественных особенностей.

Причем визуальной оценке подлежат как все изображение в целом, так и отдельно изображения по его битовым плоскостям.

В силу ограниченности возможности системы человеческого зрения, используются статистические атаки на стеганографические системы. В этом плане эффективным считается метод оценки числа переходов значений младших бит в соседних пикселях изображения [3, 4]. Так как последовательность бит младших разрядов является двоичной, то анализируются четыре вида переходов: $0 - 0$, $0 - 1$, $1 - 0$, $1 - 1$.

Метод основан на утверждении, что между младшими битами контейнера существуют определенные корреляционные связи. В незаполненном контейнере число указанных переходов будет разным в соответствии с его информационным содержанием. При встраивании секретного сообщения в контейнер его младшие биты заменяются битами сообщения с равной вероятностью появления 0 или 1 на позиции заменяемого бита контейнера. Следовательно, количества переходов в последовательности бит младших разрядов заполненного контейнера будут выравниваться, что не характерно для пустого контейнера. На рисунке 1 приведены изображения пустого и заполненного синтезированных контейнеров и, соответственно, изображения их младших битовых плоскостей.

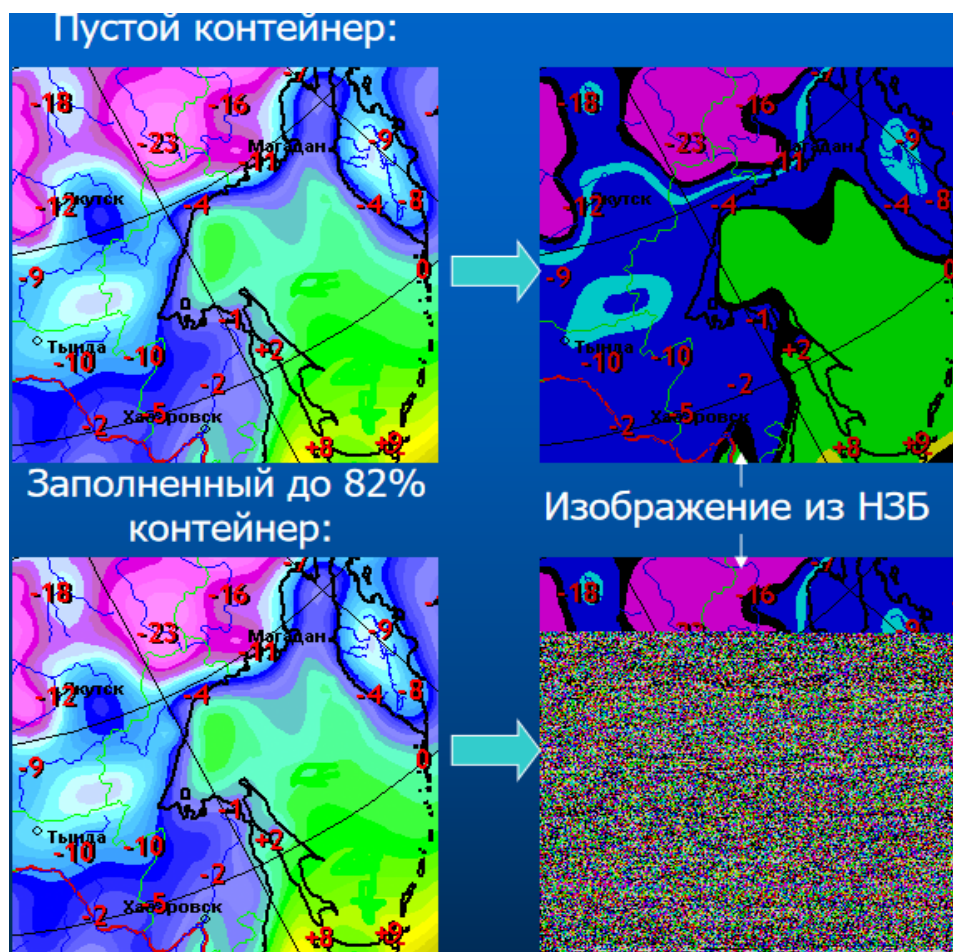
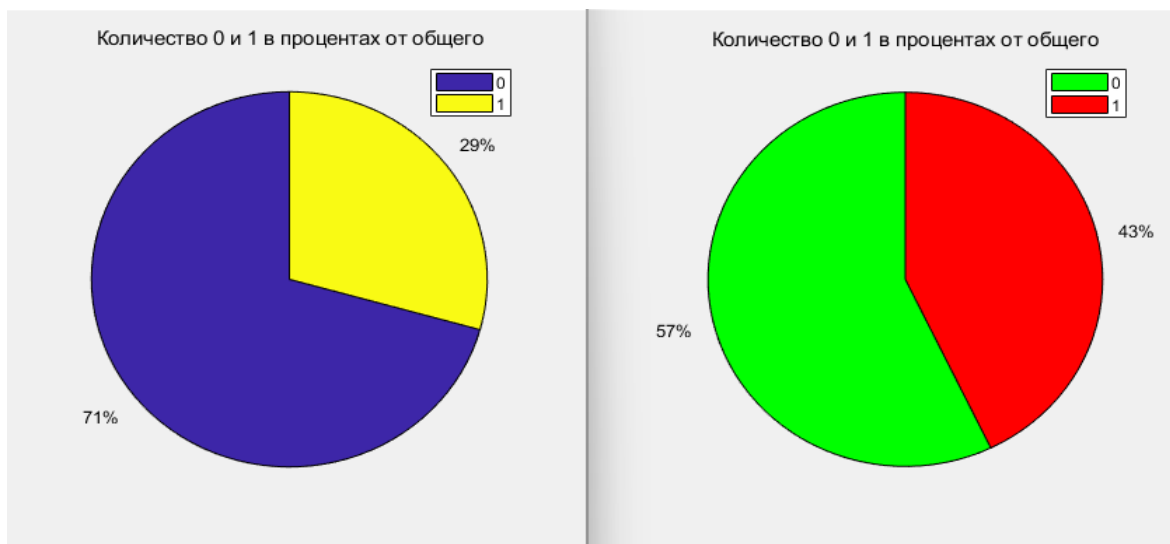
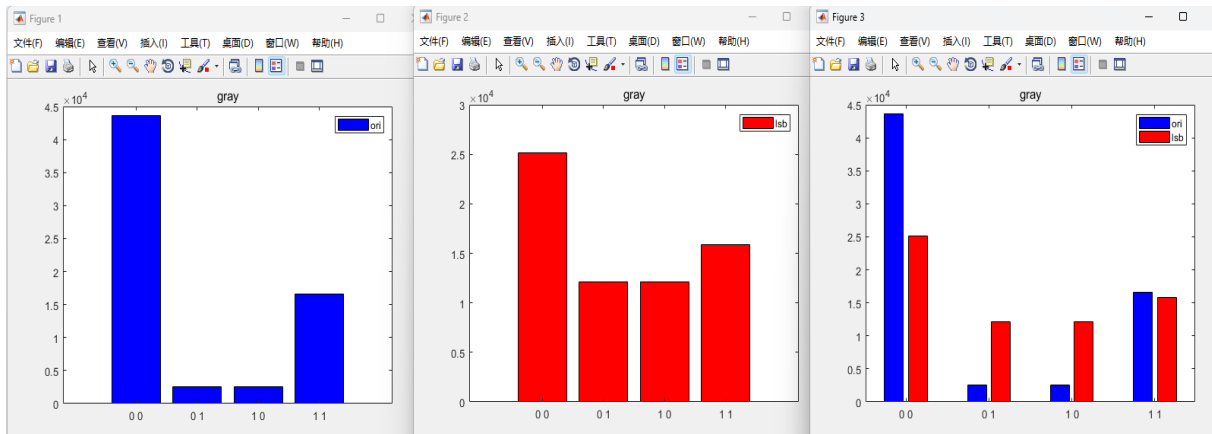


Рисунок 1. Синтезированное изображение пустого и заполненного контейнера тип «Карта погоды» и их младших битовых плоскостей

На рисунке 2, (а), (б) показаны диаграммы численного соотношения «0» и «1» бит в этих контейнерах, а также статистика по числу, выше указанных, переходов значений их младших бит. В таблице 1 приведены численные результаты выравнивания количеств переходов значений младших бит в заполненном контейнере.



а



б

Рисунок 2. Диаграммы соотношения переходов значений бит синтезированного контейнера «Карта погоды»:

- а) – процентное соотношение количества «0» и «1» младших бит для пустого (слева) и заполненного контейнеров;
- б) статистика количества переходов «0» и «1» бит для пустого и заполненного контейнеров

Таблица 1. Численные результаты выравнивания количеств переходов значений младших бит в заполненном контейнере «Карта погоды»

Количество\Переход	00	01	10	11	Средний
Пустой контейнер	43562	2538	2539	16641	16320
Заполненный до 82% контейнер	25130	12135	12148	15867	16320
Количество\Переход		мак	мин	разница	
Пустой контейнер		43562	2538	41024	
Заполненный до 82% контейнер		25130	12135	12995	

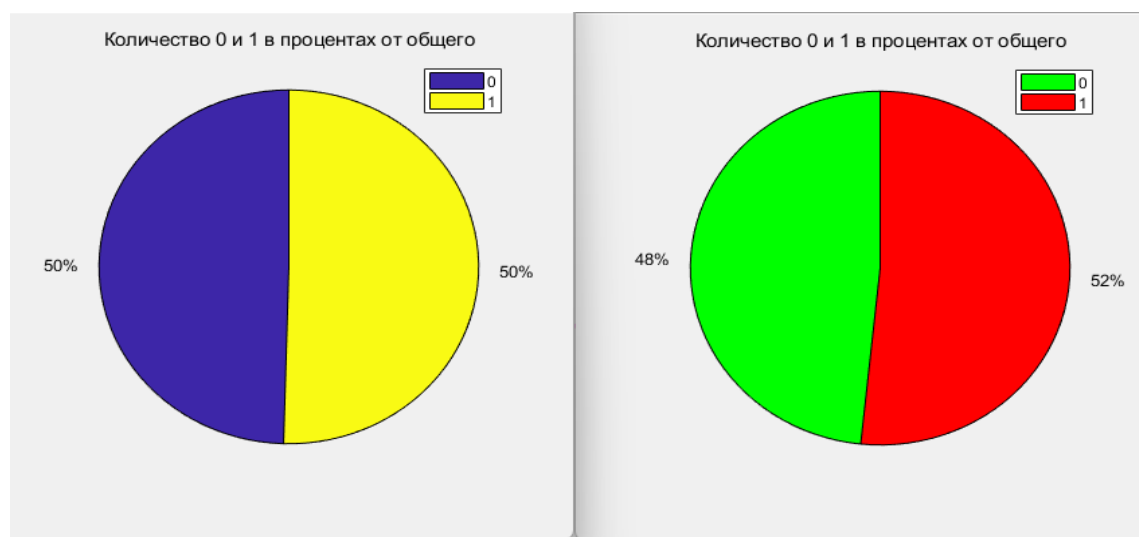
Из таблицы 1 следует, что для данного синтезированного контейнера после встраивания в него сообщения размером 82% от объема его младшей битовой плоскости произошло существенное выравнивание диаграммы соотношения переходов значений младших бит, что может служить индикатором обнаружения стеганоконтейнера.

Проведенные нами исследования показывают, что для большинства синтезированных контейнеров метод оценки числа переходов значений младших бит в соседних пикселях изображения может с достаточно высокой эффективностью использоваться при стеганоанализе. Однако, рассмотренный пример является наиболее показательным среди других с использованием синтезированных контейнеров.

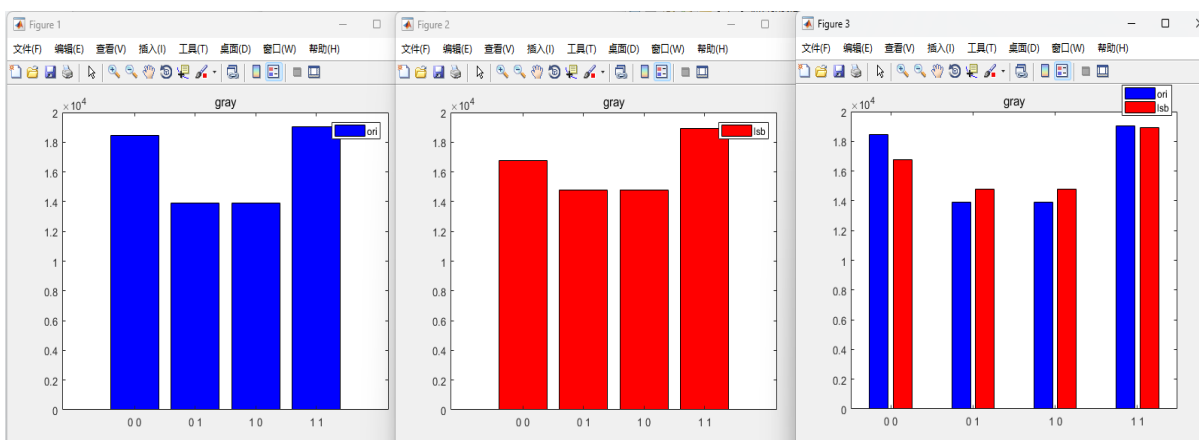
Аналогичные исследования проведены нами с использованием естественных контейнеров. Результаты полученные, с использование наиболее типичного контейнера приведены на рисунках 3, 4 и в таблице 2.



Рисунок 3. Естественное изображение пустого и заполненного контейнера тип «Портрет» и их младших битовых плоскостей



а



б

Рисунок 4. Диаграммы соотношения переходов значений бит естественного контейнера «Портрет»:

- а) – процентное соотношение количества «0» и «1» младших бит для пустого (слева) и заполненного контейнеров;
- б) статистика количества переходов «0» и «1» бит для пустого и заполненного контейнеров

Таблица 2. Численные результаты выравнивания количеств переходов значений младших бит в заполненном контейнере «Портрет»

Количество\Переход	00	01	10	11
Пустой контейнер	18445	13896	13895	19044
Заполненный до 82% контейнер	16791	14774	14806	18909

Количество\Переход	мак	мин	разница
Пустой контейнер	19044	13895	5149
Заполненный до 82% контейнер	18909	14774	4135

Как видно из таблицы 2 разница между максимальным и минимальным значениями диаграмм соотношения переходов значений бит естественного заполненного и пустого контейнера «Портрет» примерно одинакова. Это свидетельствует о том, что статистические характеристики такого типа контейнера при стеганографических модификациях не изменяются.

Действительно, при стеганографическом встраивании данных в младшие биты контейнера-изображения происходит разравнивание статистики поведения его младших бит, что равносильно зашумлению контейнера. Как видно из рисунка 3, у естественных контейнеров уже изначально младшая битовая плоскость зашумлена, поэтому атаки на стеганографические системы с целью обнаружения факта существования секретных вложений в таких контейнерах малоэффективны.

Представленные в данной работе результаты могут помочь оптимизировать процесс выбора подходящего контейнера для конкретного сообщения и повысить стойкость стеганографической системы к внешним атакам.

Литература

1. Садов, В.С. Компьютерная стеганография: учеб. пособие / В.С. Садов. - Минск : РИВШ, 2014. – 172 с. : ил.

2. Грибунин В.Г., Оков И. Н., Туринцев И. В. Цифровая стеганография. СПб.: ВУС, 2009.

3. Кустов В.Н., Параскевопуло А.Ю. Простые тайны стегоанализа / В.Н. Кустов, А.Ю. Параскевопуло // Защита информации, INSIDE. – 2005. – № 4. – С. 72-78.

4. Голуб В.А. Комплексный подход для выявления стеганографического скрывания в JPEG-файлах / В.А. Голуб, М.А. Дрюченко // Инфокоммуникационные технологии. – 2009. – Т. 7, № 1. – С. 44-50.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ МЕХАТРОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ДОЗИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

студент гр.10309119 Денисюк И. В.

Научный руководитель – Козлов Ю. В.

Белорусский национальный технический университет, г.Минск

В современном мире, миллиарды людей ежедневно посещают магазины, где покупают различные продукты. В корзине современного покупателя всегда можно встретить сыпучие продукты в упаковке из пластика или картона (бумаги). Обычные бытовые вещи, такие как стиральные порошки, кофе, лекарства, корм для животных уже давно не фасуют ручным методом. На предприятиях в цехах фасовки стоят промышленные машины для распределения сыпучих материалов, которые недоступны человеку неработающему на фасовке.

В повседневной жизни практически каждый испытывает необходимость распределять сыпучие материалы, как пример мука, для приготовления выпечки либо корм для домашних животных. Автоматизация процесса фасовки сыпучих материалов упрощает все процессы, связанные с домашними делами. Поэтому автоматизированное мехатронное устройство, для дозирования сыпучих материалов, таких как корм для животных, является актуальной темой для современного мира.

Но, что, если человеку необходимо в домашних условиях распределить сыпучие продукты в автоматическом или полуавтоматическом режиме, например: корм для кота или собаки, или ремесленнику нужно дозировать продукцию у себя на производстве.

Автоматическая мехатронная система для дозирования сыпучих материалов- это устройство, дающее возможность контролировать периодичность дозирования и количество подаваемого материала.

Была рассмотрена возможность создания автоматического мехатронного устройства, позволяющего управлять распределением сыпучих материалов. Данное устройство весьма полезно в 21 веке, ведь каждый день мы сталкиваемся с трудностью распределения сыпучих материалов в домашних условиях.

Данное устройство стационарное, т.е. оно подвержено влиянию перебоев в сети и зависит от определенного места положения. Его нельзя перенести в любое другое помещение, не выключая его.

При определённых доработках данное устройство можно сделать полностью автономным и не подверженным влиянию перебоев в сети. Оно будет мобильно, что позволит без каких-либо проблем транспортировать с одного места в другое.

РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОЙ МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ С АВТОМАТИЧЕСКИМ КОНТРОЛЕМ БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

студент гр. 10309119 Севрюков А. В.

Научный руководитель – Миргородский С. А.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Основополагающей частью разрабатываемой системы является оптоэлектронное устройство — это устройство, чувствительное к электромагнитному излучению в видимой, инфракрасной или ультрафиолетовой областях; или излучающее и преобразующее некогерентное или когерентное излучение в этих же спектральных областях; или использующее такое электромагнитное излучение для своей работы.

Основные достоинства оптоэлектронных устройств:

высокая информационная емкость оптических каналов передачи информации, что является следствием больших значений используемых частот;

полная гальваническая развязка источников и приемников излучения;

отсутствие влияния приемника излучения на источник (однаправленность потока информации);

невосприимчивость оптических каналов к электромагнитным полям (высокая помехозащищенность).

Оптоэлектронное устройство (оптопара, оптоэлектронный край безопасности) содержит одновременно источник и приемник световой энергии (рисунок 1). Для оптопары входным и выходным параметром является электрический сигнал. В качестве излучателя оптопары могут быть использованы инфракрасный излучающий диод, светоизлучающий диод, люминесцентный излучатель или полупроводниковый лазер (рисунок 2). Наибольшее распространение в настоящее время получил инфракрасный излучающий диод, что объясняется простотой его структуры, управления и высоким КПД. В качестве приемника оптопары находят применение фотоэлектрические приборы: фоторезистор, фотодиод, фототранзистор и др.

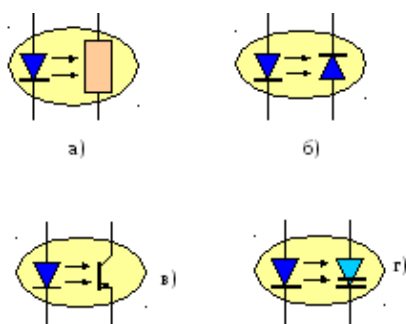


Рисунок 1 – Оптопары на электрических схемах



Рисунок 2 – Излучатели оптопары

Датчики для встраивания в торцы предохранительных манжет ворот (полый резиновый профиль) (В - рисунок 3). Полые резиновые профили с встраиваемыми датчиками безопасности применяются во всех случаях, где края/канты подвижных автоматических дверей и ворот во время их закрывания представляют опасность защемления, т.е. риск травмирования людей. Такие места (края) дверей и ворот предохраняются с помощью резиновых профилей (манжет) со встроенными в них датчиками деформации. В момент механического контакта с человеком или с каким либо предметом профиль деформируется и дальнейшее опасное движение дверей/ворот немедленно прекращается.



Рисунок 3 – Полый резиновый профиль

Оптоэлектронный край безопасности представляет собой пару оптических датчиков, которые устанавливаются в торцы полого резинового профиля.

Выделяют следующие преимущества данной системы:

- Некритичны к условиям внешнего освещения;
- Простая установка;
- Высокая надежность;
- Высокая скорость срабатывания;
- Бюджетность.

Существуют 2 компании, выпускающие подобные устройства: Witt sensoric и Vitector, обе расположены в Германии.

Witt sensoric Opto-electronic safety edge

Witt sensoric Low-Power-SIGNAL optoelectronic safety edge – OSE (рисунок 4).



Рисунок 4 – Witt sensoric

Характеристики:

- Класс защиты IP67 в соответствии с EN60529, заполнен 2К-эпоксидной смолой (компаудом)

- Дальность действия 1...12 м
- Рабочая температура -25...+75°C
- Рабочее напряжение режим работы от кабеля: 9...16В
- Максимальная нагрузка: 20 мА
- Материал корпуса передатчика пластик ABS
- Материал корпуса приемника РС, ИК-прозрачный
- Тип света инфракрасный, импульсный
- Желтый кольцеобразный световод для индикации состояния
- Кабель 3x0,14 мм², ø3,4 мм,
- Вес приibl. 21 г с кабелем длиной 1 м приibl. 155 г с кабелем длиной 10,5

м

- Размер ø12x39 мм

Vitector Opto-electronic safety edge

Vitector Opto-electronic safety edge (рисунок 5).



Рисунок 5 – Vitector

Характеристи:

- Класс защиты IP 68 (DIN VDE 0470), герметизирующий состав полиуретан
- Дальность действия от 0,5 м до макс. 10 м
- Рабочая температура от -20°C до +75°C
- Рабочее напряжение режим работы от кабеля: 3...24В
- Максимальная нагрузка: 20 мА
- Материал корпуса полиэтилен
- Тип света инфракрасный, импульсный
- Диаметр корпуса 11 мм
- Длина корпуса 37 мм

- Кабель Полиуретановый/поливинилхлоридный, 0,14 мм², маслостойкий, защищенный от зазубрин

Передатчик и приемник (оптоэлектронный край безопасности) устанавливаются в полый резиновый профиль, далее, во время опускания полотна, на оптопару подается питание 12В, после чего передатчик отправляет на приемник световые импульсы, когда они достигают приемника, по кабелю передается информация от приемника к передатчику о качестве получаемого сигнала, после чего, в зависимости от качества принимаемого приемником сигнала, внешний световой индикатор на передатчике мигает определенное количество раз: 1 – оптимальный сигнал, 2 – хороший сигнал, 3 – достигнут предел работы. Передача сигнала от передатчика к приемнику осуществляется на протяжении всего времени опускания полотна.

В случае, если полотно, во время опускания, наезжает на препятствие, в следствие чего происходит перекрытие полого резинового профиля, и сигнал от передатчика прекращает приходить на приемник, загорается внешний световой индикатор на передатчике и происходит полная остановка полотна, реализовано это за счет связи оптопары с мехатронной системой управления доступом (рисунок 6).

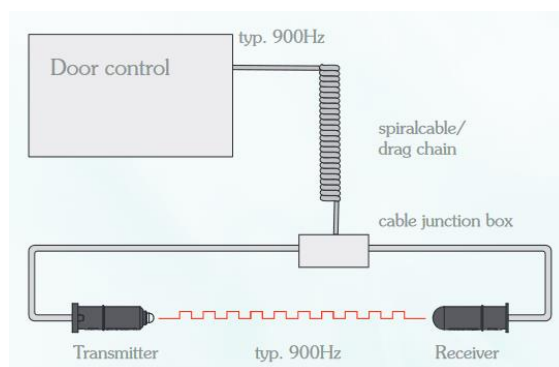


Рисунок 6 – Подключение оптоэлектронного края безопасности к мехатронной системе управления доступом

Актуальность устройств подобного типа неоспорима, так как в современном мире гарантия безопасности эксплуатации мехатронных устройств является неоспоримой.

Разрабатываемая система, ссылаясь на электронную и механическую часть, будет гарантировать защиту от КЗ, безопасность и стабильную работу, а в случае

какой-либо неисправности будет сообщать об этом пользователю, а благодаря герметичной конструкции будет реализована полная пыле-валго защита.

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ТОРМОЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ МАЗ

студент гр.10309119 Шпаковский А. Д.

Научный руководитель – Глембоцкий А. В.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Наименование разрабатываемого устройства: Электромеханическая система торможения автомобиля МАЗ.

Назначение устройства: осуществлять процесс торможения для транспортного средства.

Цель создания устройства: создание отечественной системы торможения, усовершенствованной мехатронным узлом.

Тормозная система автомобиля – это система, функции которой направлены на создание и поддержание тормозной силы между колесом и дорожным полотном, снижение скорости движения (торможение), а также обеспечение условий для остановки и удержания транспортного средства от внезапного и незапланированного – самопроизвольного движения на месте во время покоя.

Устройство тормозной системы

Тормозная система авто состоит из двух групп устройств:

1. Устройства привода: педаль (выполняет роль рычага), цилиндры, вакуумный усилитель для повышения усилия давления на педаль, бачок, трубопроводы, шланги (у гидроприводов), рычаги, система тяг, всевозможные тросы, наконечники (у механических приводов), воздухозаборник, компрессор, ресивер, дроссель, распределитель, пневмомотор (у пневмоприводов). Привод нужен для создания усилия и передачи воздействия непосредственно от педали к тормозному механизму.

2. Тормозные механизмы: диск, суппорт, накладки (для дисковых механизмов) или барабан, колодки, поршень, цилиндр (для барабанных механизмов). Дисковый механизм монтируют на передних, барабанный – на задних колёсах. Тормозной механизм формирует тормозной момент – главное условие для замедления или полной остановки машины.

Виды тормозных систем

Существует несколько классификаций. Самая распространённая – деление по функциональному назначению и применению. В зависимости от этого система может быть четырёх видов:

1. **Рабочая.** Задействована во всех режимах движения транспорта. Предназначена для снижения скорости транспортного средства до момента полной остановки и кратковременного удержания авто на месте.

2. **Запасная.** Нужна для остановки транспортного средства в чрезвычайной ситуации (при выходе из строя базовой – рабочей системы). Тормозящее действие – существенно меньше. Но в экстренной ситуации его достаточно, чтобы предотвратить аварию.

3. **Стояночная.** Служит для удержания транспортного средства на месте, предупреждает его самопроизвольное движение. Это, прежде всего, актуальное решение при уклоне дорожного полотна в холмистой местности. Кроме того, для коммерческого транспорта большой грузоподъёмности, автобусов это ещё и отличное подспорье для оптимизации нагрузки на цилиндры основной – рабочей системы. Управляется водителем посредством рычага ручного тормоза.

4. **Вспомогательная.** Устанавливается на коммерческом транспорте. Помогает при движении на затяжном спуске. Сохраняет стабильную скорость транспортного средства, снижает нагрузку на колёсный тормоз.

В ряде случаев функции могут совмещаться. Например, функцию запасной системы может взять на себя стояночная система.

Кроме того, в зависимости от рабочего тела, за счёт которой система приводится в действие, выделяют следующие типы тормозных систем:

Гидравлическая. Это решение используют для легковых автомобилей, внедорожников, микроавтобусов, малогабаритных грузовиков и спецтехники.

Пневматическая. Монтируется на грузовых машинах, погрузчиках, грейдерах, автокранах, бульдозерах.

Механическая. Привод механическими тягами был использован на первых автомобилях. Но из-за низкого КПД и проблем с равномерным распределением усилия на все колёса, сейчас это решение не актуально.

Комбинированная (например, может совмещаться гидравлический и пневматический механизм работы).

Отдельно следует выделить систему рекуперативного торможения. Чаще устанавливается на грузовом транспорте (карьерных самосвалах) на городских автобусах и на современных легковых гибридных автомобилях.

Физические основы торможения.

Движение авто всегда связано с наличием кинетической энергии. Процесс торможения всегда связан с преобразованием кинетической энергии в тепловую. Тепловая энергия, выделяющаяся при трении диска и колодок рассеивается в

окружающую среду. При рекуперативном торможении часть кинетической энергии преобразуется в электрическую энергию, которая запасается для её использования при разгоне автомобиля.

Принцип рекуперативного торможения долгое время использовался на железнодорожном транспорте, но вскоре он стал базовым и для работы тормозной системы авто.

УНИВЕРСАЛЬНОЕ МЕХАТРОННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ УДАРНО-ТОЧЕЧНОЙ ГРАВИРОВКИ ПО МЕТАЛЛУ

студент гр.30309119 Бельков Д. А.

Научный руководитель – доцент Миронов Д. Н.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Введение

Ударно-точечная маркировка представляет собой нанесение карбидным пуансоном точек в виде сферических углублений непосредственно на поверхность детали из металла или другого твёрдого материала.

Управление аппаратом производится с помощью контроллера, комплектуется ударным приводом в электрическом и пневматическом вариантах. Автоматизированное ударное нанесение точек (углублений от 0,1 до 1 мм) по заранее заданному, управляемому программно, алгоритму происходит за счёт высокой частоты движений маркировочной карбидной иглы, которая переносит изображаемую информацию на поверхность изделия.

При этом, регулируя глубину и плотность нанесения, изображение может состояться из отдельных точек (точечный режим), и обладать эффектом сплошных непрерывных линий (вибро режим), который достигается множеством мелких точек.

Также возможна и маркировка методом прочерчивания, когда алмазная или твердосплавная игла как бы «процарапывает» поверхность материала, перемещаясь с некоторым вдавливанием.

Структурная схема

Структурная схема (Рисунок 1) состоит из источника питания, устройства управления, устройства ввода-вывода, датчиков, исполняющего устройства.

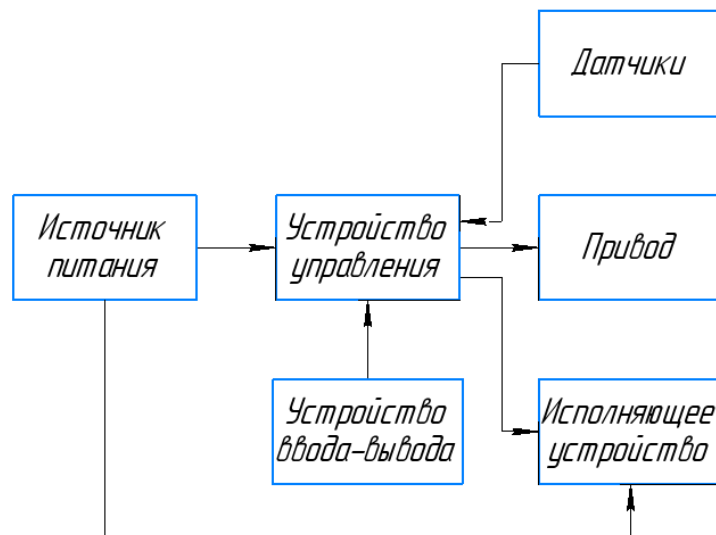


Рисунок 1 – Структурная схема

Схема электрических соединений

На схеме электрических соединений показаны:

A1 устройство управления Arduino UNO;

A2 источник питания аккумулятор Exide EB4L-B 12;

A3 привод шаговый двигатель Nema 17;

A4 плата управления приводом A4988;

A5 исполняющее устройство соленоид MQ8-Z57;

A6 плата управления приводом L293D;

A7 датчик Тгема-модуль концевик

A8 устройство ввода-вывода дисплей Nextion Enhanced NX8048K050

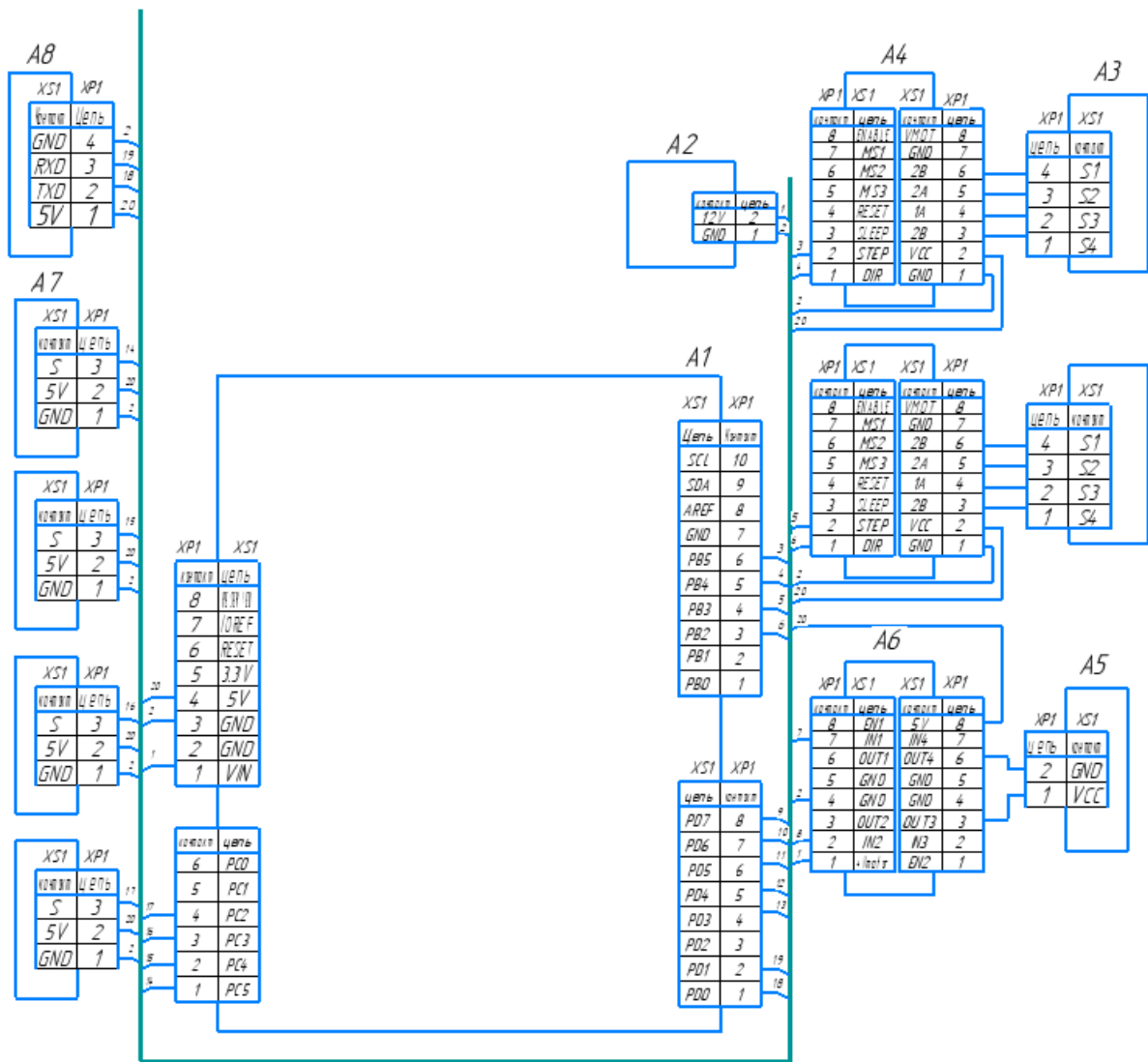


Рисунок 2 – Схема электрических соединений

Блок-схема

Блок-схема алгоритма работы мехатронной системы для гравировки металлов состоит из следующих шагов:

Шаг 1 – инициализация, на данном этапе мы устанавливаем и закрепляем мехатронную систему для гравировки металлов на нужную поверхность.

Шаг 2 – ожидание ввода, вводим нужную нам информацию (буквы, символы, цифры, параметры) для маркировки.

Шаг 3 – введена ли информация, проверка и подтверждение введённых параметров, если параметры не введены то возвращаемся на шаг два и ожидаем ввода информации, если информация введена переходим на следующий шаг.

Шаг 4 – маркировка, начало маркировки поверхности

Шаг 5 – завершение,

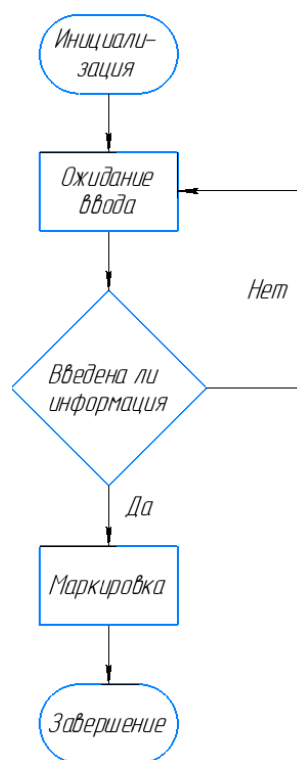


Рисунок 3 – Блок-схема

Трёхмерная модель мехатронного устройства для ударно-точечной гравировки по металлу

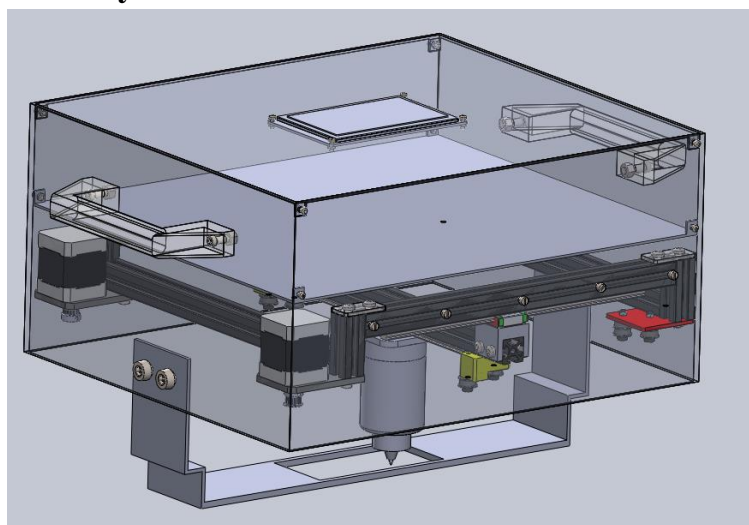


Рисунок 4 – Трёхмерная модель мехатронного устройства для ударно-точечной гравировки по металлу

БЛОК УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРОМ ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ТВЕРДЫХ ГРУЗОВ

студент гр. 30309119 Бойко С. А.

Научный руководитель Миргородский С. А.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Промышленный робот - автоматическое устройство, которое состоит из манипулятора и перепрограммируемого устройства управления, применяющиеся для перемещения объектов в пространстве в различных производствах. Он является частью роботизированного технологического комплекса. Применение промышленных роботов значительно упрощает процесс производства.

Основным назначением промышленного робота является перемещение груза или рабочего инструмента в нужную точку пространства с помощью захватного устройства, прикрепляемого к последнему звену манипулятора. По конструкции, как правило, эти устройства повторяют кисть человеческой руки. Захватывающие движения определяются характеристиками удерживаемых объектов.

Разновидности

В зависимости от грузоподъемности (кг) промышленные роботы и манипуляторы отнесены к следующим типам:

- а) сверхлегкий (0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,63,1 кг);
- б) легкий (1,6; 2,5; 4; 6,3; 10 кг);
- в) средний (16; 25; 40; 63; 100 кг);
- г) тяжелый (160; 250; 400; 630; 1000 кг);
- д) сверхтяжелый (свыше 1000 кг).

По типу привода манипулирующие устройства делят на электромеханические, гидравлические и пневматические. **По способу захвата и удержания груза** — на механические, электромагнитные, вакуумные и пневматические и универсальные.

Конструктивные особенности

Характерным представителем группы подъемно-транспортных манипуляторов для перемещения твердого груза является манипулятор типа МП-100, устройство которого показано на (рисунок 1). Манипулятор основного исполнения (рисунок 1, а) имеет механическую тележку. Для устойчивой работы манипулятора используются выносные опоры (аутригеры).

Манипулятор состоит из силового электромеханического привода, рычажно-шарнирного сбалансированного механизма и сменного схвата. Максимальное горизонтальное и вертикальное перемещение манипулятора — 1500 мм. Манипулятор имеет несколько вариантов исполнения для установки стационарно на полу (рисунок 1, б), на передвижной кран-балке (рисунок 1, в), стационарно на потолочном перекрытии (рисунок 1, г), на передвижном настенном кронштейне (рисунок 1, д). Транспортные промышленные роботы имеют механизм горизонтального передвижения в виде рельсовой или безрельсовой тележки.

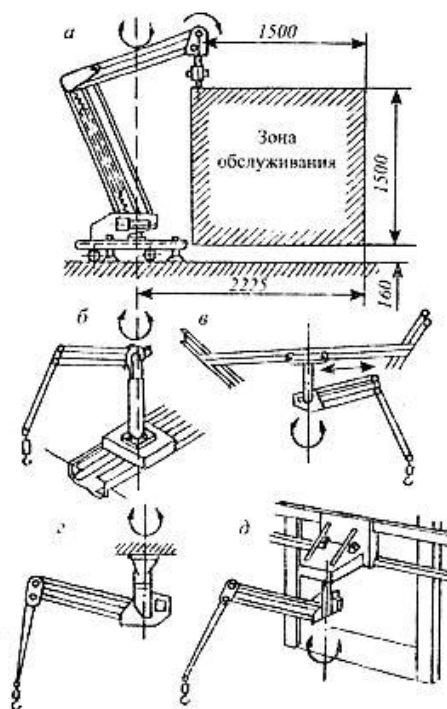


Рисунок 1 - Манипулятор типа М-100

Устройство блока управления манипулятором состоит из 7 частей:

- Источники питания;
- Клавиатура;
- Манипулятор;
- Микроконтроллер;
- Реле;
- Экран;
- Плата расширения (Sheld).

Систему управления манипулятором возможно реализовать на платформе Arduino. Аппаратная платформа Arduino имеет широкое применение в проектах электронной автоматики. Она позволяет осуществлять управление внешними устройствами (реле, датчики, флэш-память, LCD-экраны, световая индикация и т.д.). Таким образом, данная аппаратная платформа объединяет все необходимое для разработки системы управления.

1.3 Принцип функционирования манипуляторов

Из шести степеней подвижности манипулятора четыре обеспечивают реализацию транспортирующих (региональных) движений, а две – ориентирующих (локальных). Для перемещения объекта манипулирования в требуемую позицию рабочей зоны достаточно только три транспортирующих степени подвижности, поэтому еще три степени подвижности являются избыточными. Их использование позволяет решить функциональные возможности робота. К основным степеням подвижности данного манипулятора следует отнести три транспортирующих:

- подъем рук;
- поворот рук;
- выдвижение одной из рук.

Избыточными степенями подвижности следует считать транспортирующее движение выдвижения второй руки (наличие которой определено конструктивным исполнением) и ориентирующие движения:

- ротация руки;
- сдвиг схвата.

Типичным алгоритмом работы блока управления автоматизированным манипулятором может быть следующий:

Подъем манипулятора → разжатие схватов → руки направо → руки вперед → зажим схватов → руки назад → руки налево → опускание манипулятора → руки вперед → ротация схвата вправо → движение схвата налево → разжатие схватов → руки назад

Описание алгоритма управления манипулятором по данному сценарию:

1. При нажатии кнопки «Пуск» подается питание на плату контроллера.
2. Включается перемещение манипулятора в вертикальной плоскости.

Происходит переход к следующему шагу программы. Если сигнал включения отсутствует, то происходит аварийный останов программы. Указанные условия перехода к следующим шагам алгоритма аналогичны.

3. Далее действия выполняются в следующем порядке:

- 1) включается разжатие схватов;
- 2) включается перемещение манипулятора против часовой стрелки;
- 3) включается перемещение манипулятора в горизонтальной плоскости;
- 4) включается зажим схватов;
- 5) включается перемещение манипулятора в горизонтальной плоскости;
- 6) включается перемещение манипулятора по часовой стрелке;
- 7) включается перемещение манипулятора в вертикальной плоскости;
- 8) включается перемещение манипулятора в горизонтальной плоскости;
- 9) включается ротация схвата;
- 10) включается движение схвата;
- 11) включается разжатие схватов;
- 12) включается перемещение манипулятора в горизонтальной плоскости.

При выполнении последнего шага программы происходит переход к началу программы.

Трехмерная модель манипулятора представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Манипулятор

МЕХАТРОННЫЙ МОДУЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОКРАСКИ ОБЪЕМНЫХ ИЗДЕЛИЙ

студент гр. 30309119 Василевская В. А.

Научный руководитель – Шпургалова М. Ю.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Обзор литературных источников

Существуют различные типы моделей манипуляторов для конвейера покраски:

Покраска и нанесение разнообразных покрытий на колесные диски машин. Робот специальным захватом фиксирует диск, затем, непрерывно вращая, наносит на него несколько слоев краски, а в завершение перемещает его в полимеризационную камеру, где установлена высокая температура.

Нанесение покрытий на чаши ванн и душевые поддоны. Чаще всего на таких производствах устанавливается конвейерная линия, где роботы наносят на изделия слой эмали, а затем перемещают их в специальную камеру для просушки.

Покраска деталей автомобилей. Это самая распространенная сфера применения роботов-маляров. На таких автоматизированных производствах изделия на конвейере поступают в камеру для покраски.

Роботы также применяются для окраски металлических дверей и оконных рам. При окраске дверей они находятся на статичном основании, а при окрашивании рам используется конструкция, где изделия подвешиваются на движущемся конвейере и красятся в процессе движения. Для этих целей используются роботы, имеющие 4 координатные оси. Это позволяет обеспечивать стабильно высокое качество покраски без потеков и избыточного расхода материала.

Мебельная промышленность. С помощью покрасочных роботов окрашиваются детали изделий, а также наносится лак на деревянные поверхности.

Схема электрическая структурная состоит из пяти блоков: «Пульт управления», «Устройство управления», «Исполнительный механизм», «Сенсоры» и «Источник питания».

Блок «Дисплей» отвечает за передачу управляющего сигнала на блок «Устройство управления» и отображения состояния устройства.

Блок «Сенсоры» отвечают за сбор информации о состоянии покраски и передачу этой информации на блок «Устройство управления».

Блок «Устройство управления» отвечает за приём управляющего сигнала от блока «Пульт управления», за приём информации от блока «Сенсоры», преобразование управляющего сигнала для передачи его на блок «Исполнительный механизм».

Блок «Исполнительный механизм» отвечает за выполнение перемещения устройства и распыление краски, приём управляющих сигналов от блока «Устройство управления» и отправку информации о состоянии устройства на блок «Устройство управления».

Блок «Источник питания» отвечает за стабильное питание блоков «Устройство управления», «Исполнительный механизм», «Дисплей» и «Сенсоры».



Рисунок 1 – Блок схема

Блок-схема алгоритма работы манипулятора конвейера покраски

Блок-схема алгоритма работы манипулятора конвейера покраски представлена на рисунке 2 «Блок-схема алгоритма работы работа манипулятора».

Блок схема алгоритма работы манипулятора конвейера покраски состоит из следующих шагов:

Шаг 1 – Инициализация. Данный шаг необходим для подготовки системы к работе и состоит из настройки программной части, отвечающей за управляющую

часть манипулятора; настройки программной части, отвечающей; настройки программной части, отвечающей за работу с датчиками.

Шаг 2 – Включение датчиков позиционирования

Шаг 3 – Проверка уровня краски в баке и давления воздуха перед началом работы.

Шаг 4 – Манипулятор выходит в исходное положения для начало работы

Процесс 1 – В случае если команда на работу не подается, манипулятор переходит в режим ожидания

Процесс 2 – Выставляется запрос на выполнение работы.

Таким образом, робот манипулятор приступит к выполнению команды.

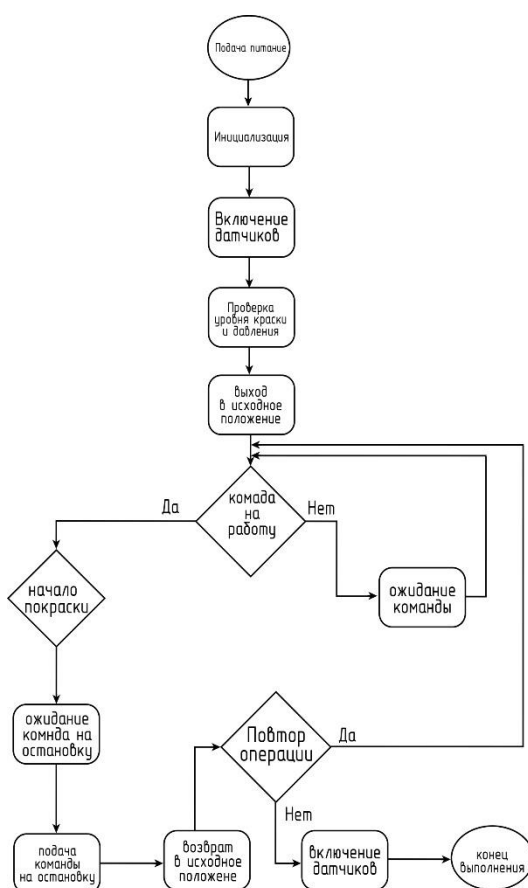


Рисунок 2 – блок схема алгоритма работы

Трёхмерная модель мехатронного модуля автоматизированной системы покраски объемных изделий

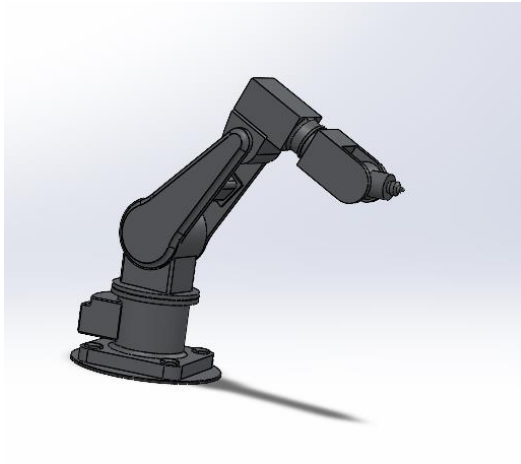


Рисунок 3 – трехмерная модель манипулятора конвейера покраски

Литература

1. Зенкевич С. Л., Ющенко А. С. Основы управления манипуляционными роботами. 2-е изд. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. — 480 с. — ISBN 5-7038-2567-9.

МЕХАТРОННЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ СОРТИРОВКИ ГРУЗОВ

студент гр. 30309119 Виткаръ К.В.

Научный руководитель - Костюк И.Р.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Манипулятором для мехатронной сортировки грузов являются роботы-паллетайзеры, которые автоматически сортируют и доставляют грузы в необходимую точку.

Преимущества и эксплуатационные возможности роботов-паллетайзеров:

1. Гибкое оборудование, которое может одновременно укладывать на паллеты мешки, ящики или тюки благодаря специальной конфигурации для мульти-паллетирования.

2. Эффективное оборудование, позволяющее одновременно укладывать на разные паллеты разные виды продукции или партии из разных производственных линий.

3. Экономичное оборудование, ведь один хорошо спроектированный робот-паллетайзер может выполнять работу двух или трех обычных паллетайзер.

4. Модульное оборудование, позволяющее начать с базовой конфигурации и впоследствии расширить упаковочную линию автоматизированными элементами.

5. Оборудование, обеспечивающее гибкость компоновки. Это является важным преимуществом на объектах, площадь которых ограничена, например, загроможденными строительными элементами или низкими потолками.

1.1 Разновидности

Паллетайзеры порталного типа (рисунок 1)– это простое, прочное оборудование, обеспечивающее быструю окупаемость благодаря оптимизирован-

ному дизайну. По сути, это вид робота-паллетайзера, поскольку паллетирование осуществляется декартовым роботом, передвигающимся по четырем осям или порталу (отсюда и его название).

Этот вид паллетайзеров подходит для упаковочных линий с невысоким или средним количеством мешков на выходе (до 420 мешков в час), где требуется укладка грузов (с открытыми горловинами) внахлест, хотя это оборудование также может эффективно укладывать на паллеты и клапанные мешки.

Паллетайзеры портального типа: 1. Занимают небольшую площадь и обеспечивают оптимизацию пространства благодаря модульному дизайну, позволяющему выбрать компактную конструкцию, подходящую для небольших площадей.

2. Подходят для любых упаковочных линий, так как могут быть установлены и как часть полностью автоматизированного решения, включающего в себя механизм подачи паллет, станцию загрузки паллет и роликовый конвейер для транспортировки паллет, и как полуавтоматизированное решение, предусматривающее участие человека в процессе паллетирования, при котором паллет стоит на полу.

3. Позволяют добиться отличных результатов при минимальных вложениях. Это экономичное, доступное и оптимизированное решение для паллетирования.



Рисунок 1- Паллетайзер портального типа

Послойные паллетайзеры (рисунок 2) Разделяют на послойные паллетайзеры с верхней или нижней подачей. Вне зависимости от технических отличий в работе этих двух видов, послойные паллетайзеры устроены следующим образом:

Груз поднимается до нужного положения, то есть на сдвижной стол формирования слоев, где каждый слой формируется с помощью четырех толкателей, которые сдвигают груз. После этого сдвижной стол, находящийся

прямо над паллетой, открывается и сформированный слой размещается на предыдущем. Послойные паллетайзеры – характеризуется как:

- Быстрое оборудование. Оборудование, которое обеспечивает наивысшую производительность в конце производственной линии благодаря толкателям, которые формируют слои из нескольких грузов одновременно.
- Оборудование, которое позволит добиться конкурентоспособности в тех отраслях, где важную роль играют объем и производительность.
- Эффективное оборудование. Оборудование, которое обеспечивает идеально выровненные слои и стабильные паллеты на все время транспортировки.
- Энергосберегающее оборудование, поскольку выбранные компоненты, обеспечивают снижение расходов на 20–25% по сравнению с другими механизмами, которые обычно используются в системах паллетирования. В целом, послойные паллетайзеры – это отличный вариант для предприятий со средним или высоким потоком продукции на выходе, которая упаковывается в клапанные мешки и где не требуется укладка грузов внахлест.

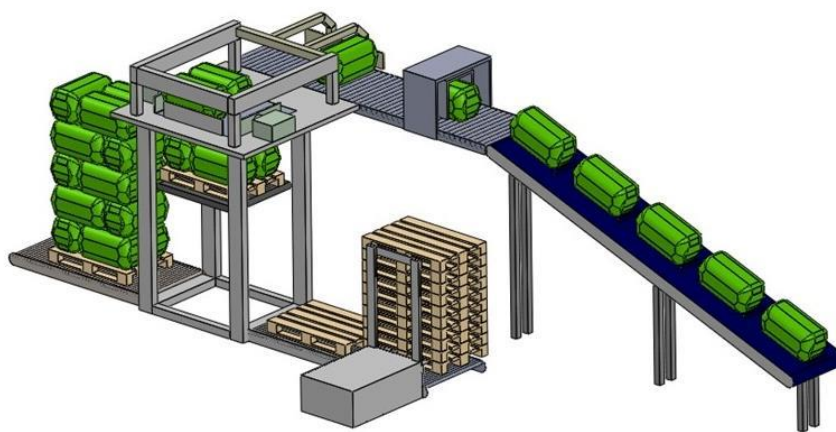


Рисунок 2- Послойный паллетайзер

Для тех случаев, где поток мешков на выходе высокий и требуется укладка внахлест, был создан последний тип паллетайзеров:

Паллетайзеры гибридного типа (рисунок 3) укладывают груз на высокой скорости.

Паллетайзеры гибридного типа сочетают в себе характеристики роботов паллетайзеров и послойных паллетайзеров и благодаря этому достигают

наивысший уровень производительности. Они похожи на послойные паллетайзеры с верхней подачей, но слои формируются роботизированным захватом на декартовых осях с помощью толкателей. Это позволяет сохранять форму груза, одновременно добиваясь большей производительности и гарантируя стабильность паллет. Паллетайзеры гибридного типа обеспечивают:

- Оптимальную укладку груза на паллеты при высокой производительности,
- Гибкость в работе, так как захват и толкатели груза, формирующие слои, обеспечивают оптимальное обращение с грузом разных форматов.
- Стабильность паллет благодаря толкателям, которые идеально выравнивают все слои по отношению друг к другу и к размеру паллет.
- Небольшую занимаемую площадь. Часто паллетайзеры гибридного типа отлично помогают оптимизировать используемое пространство, будь то благодаря их компактному дизайну или за счет того, что груз должен подниматься

на меньшее расстояние.

1.2 Конструктивные особенности

Конструктивные особенности роботов-паллетайзеров:

- Поворотная сервоось, обеспечивающая поворот на 360°
- Универсальная оснастка с независимым двухканальным управлением
- Кнопки экстренной остановки
- Периметр безопасности
- Все электрические кабели, которые расположены вне машины, оборудованы защитой от механических повреждений
- Электропитание после разрыва любого элемента безопасности автоматически отключается
- Робот-паллетайзер снабжен механическим выключателем с ключом
- Система укомплектована датчиком «тревога» для низкого воздушного давления
- Конструкция робота-паллетайзера рассчитана на 2 палето-место для последовательной укладки продукции.
- Оборудование предназначено для 24 часовой работы.
- Точность позиционирования – 1 мм.

1.3 Принцип функционирования

Принцип работы паллетайзера основан на нескольких последовательных этапах.

Сначала происходит подача товара, имеющего общую упаковку, на конвейерную площадку. Здесь делается распаковка. После того как накопилось достаточно продукции, она перемещается на стол специальной системой. Все это осуществляется в циклическом порядке.

Благодаря специальному механизму, изделия поступают на деревянные паллеты, где происходит выкладка пластин между слоями товара. Далее, когда продукция уже уложена, она передвигается в другое место для последующей упаковки.

Современное оборудование содержит в себе большое количество датчиков: электрические, ультразвуковые, емкостные, индуктивные и другие. С их помощью распределение продукции осуществляется по определенной схеме. Они регулируют подачу товара в определенную позицию.



Рисунок 3- Паллетайзер гибридного типа

Всего устройство состоит из 5 условных частей:

- Питание
- Сканер штрих-кода
- Устройство Управления
- Устройство сопряжения
- Исполняющее устройство

Структурная схема показана на рисунке 4.

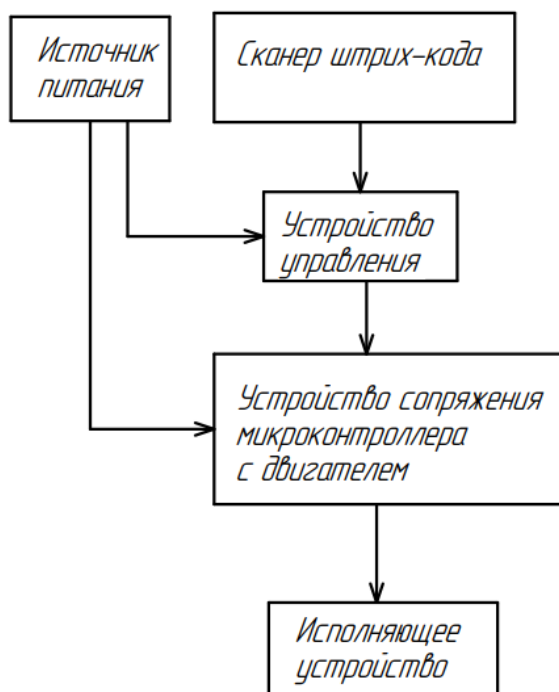


Рисунок 4 – Структурная схема

4.1 Питание

Питание представляет из себя электрическую схему, предназначенную для запитывания различных элементов модуля соответствующим образом. Первичным источником питания является аккумулятор.

4.2 Сканер штрих-кода

Необходимы для определения наличия груза, сканирования груза и передачи информации о грузе в устройство управления

4.3 Устройство управления

Управляющая схема состоит из микроконтроллера, его питающей обвязки, различных разъемов передачи данных и питания.

4.4 Устройство сопряжения

Необходимо для связи исполняющего устройства с устройством управления.

4.5 Исполняющее устройство

Двигатели, которые будут осуществлять перемещение рабочих органов модуля.

Алгоритма работы мехатронного модуля состоит из следующих этапов:

Процесс 1 – Инициализация. На данном этапе модуль выходит в определенную точку.

Процесс 2 – Проверка наличия груза. На данном этапе сканер штрих-кода ожидает поступления груза.

Процесс 3 – Сканирование. Сканер штрих-кода считывает код с груза и передаёт его в базу данных.

Процесс 4 –Транспортировка. После того как управляющее устройство обработало код, оно задается алгоритм работы исполняющему устройству, которое транспортирует груз в определенную точку.

Процесс 5- Выход в исходную точку. После того как груз доставлен в необходимую точку, исполняющее устройство возвращается в исходную точку ожидает поступления следующего груза.

Блок-схема алгоритма работы мехатронного модуля для сортировки грузов представлена на рисунке 5.

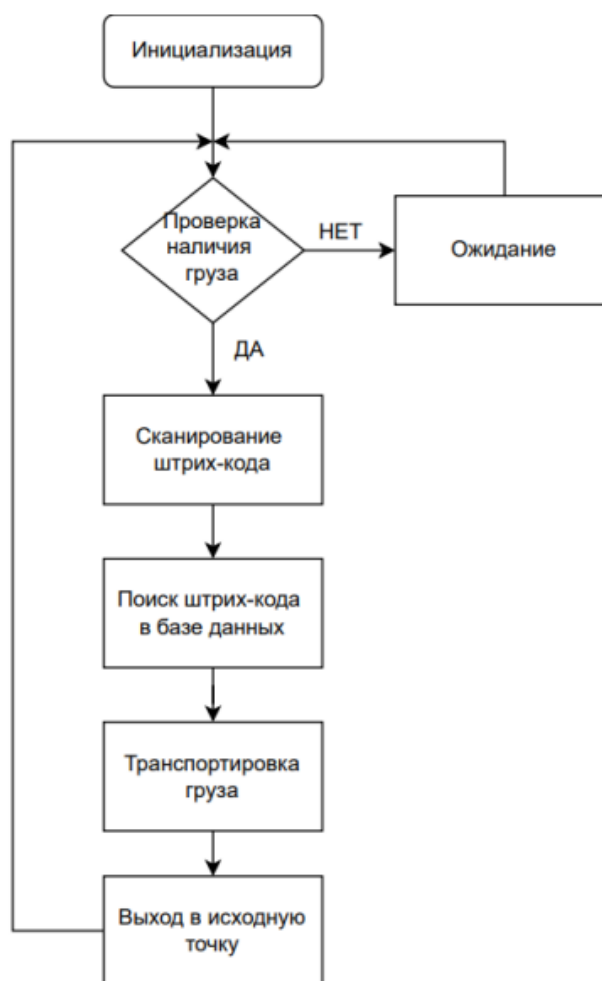


Рисунок 5 Блок схема слгоритма работы

Мехатронный модуль для сортировки грузов состоит из следующих узлов:

1. Корпус является элементом, в который устанавливаются 2 нижних плеча и двигатель, который передает им вращение.

2. Зубчатое колесо является элементом, необходимым для вращения манипулятора вокруг своей оси. К зубчатому колесу крепится корпус и плита с помощью 6 винтов

3. Плита является элементом крепления корпуса мехатронного модуля с зубчатым колесом. В плите имеются пазы для установки двигателя в корпус.

4. Корпус является элементом, в который устанавливаются 2 нижних плеча и двигатель, который передает им вращение.

5. В составе мехатронного модуля имеется 2 нижних плеча к элементу локоть двумя шпильками. Нижнее плечо передаёт движение на последующие элементы мехатронного модуля.

6. Локоть является элементом, связывающим верхнее и нижнее плечо. В элементе локоть имеется паз для установки двигателя, который передаёт вращение на верхнее плечо, отверстия под крепления двигателя и отверстие для крепления верхнего плеча.

7. Верхнее плечо является элементом для захвата палет. Имеет зубчатое колесо в своем основании, для получения вращения от двигателя

Трехмерная модель модуля представлена на рисунке 6

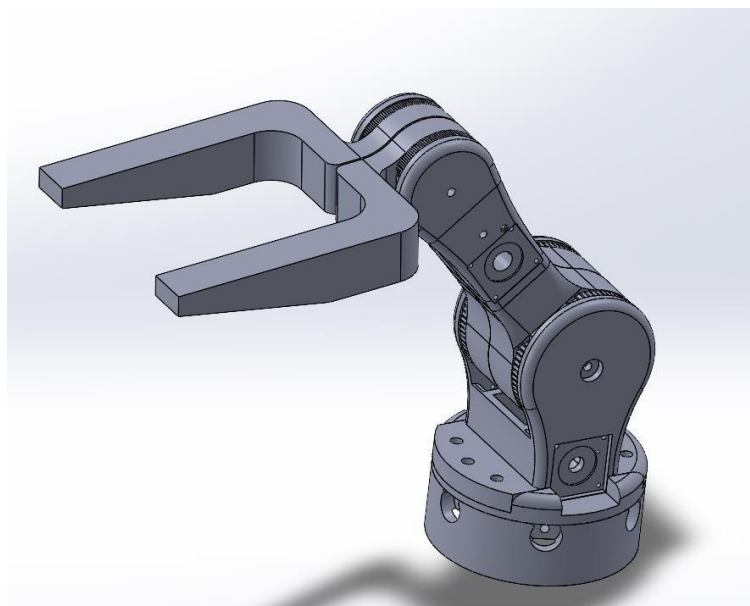


Рисунок 6 – Трехмерная модель

АВИАЦИОННАЯ БЕСПИЛОТНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПОЖАРНОГО СОСТОЯНИЯ ТОРФЯНИКОВ

студент гр 30309119 Волосач Д. Г.

Научный руководитель Глембоцкий А. В.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Система обнаружения пожара - комплекс технических средств и (или) организационных мероприятий, предназначенный для своевременной сигнализации о пожаре в его начальной стадии, а также для формирования командного импульса на включение систем противопожарной защиты (противодымной защиты, СОУЭ и др.). Сообщение о пожаре может формироваться автоматическим пожарным извещателем либо импульсом при срабатывании АУП.

1.1 Разновидности

По виду контролируемого признака пожара автоматические пожарные извещатели (ПИ) подразделяют на:

тепловые. Реагирующие на повышение температуры;

дымовые. Реагирующие на продукты горения;

ИП пламени. Обнаруживают открытый огонь;

Комбинированные – совмещают обнаружение пламени, дыма, температуры и прочего в одном модуле.

По характеру реакции на контролируемый признак пожара автоматические ПИ подразделяют на максимальные, дифференциальные и максимально-дифференциальные.

По способу передачи сигнала извещатели могут быть аналоговыми, адресными, совмещающими указанное, а также проводные, беспроводные (сотовая связь, радиоканал).

Отдельно можно выделить автономные варианты ПИ, не зависящие от сетевого питания и проводов.

По защищенности ПИ подразделяются на искробезопасные и обычные.

1.2 Конструктивные особенности

Система дистанционного обнаружения очагов пожара – это реагирующий на определенное значение температуры и (или) скорости ее нарастания. Принцип действия тепловых пожарных извещателей заключается в изменении свойств

чувствительных элементов при изменении температуры. По конфигурации измерительной зоны тепловые ПИ подразделяются на точечные, многоточечные и линейные. Существуют следующие типы тепловых пожарных извещателей: ИП-101 – с использованием зависимости изменения величины терм сопротивления от температуры контролируемой среды; ИП-102 – с использованием возникающей при нагревании ТЭДС; ИП-103 – с использованием линейного расширения тел; ИП-104 – с использованием плавких или сгораемых вставок; ИП-105 – с использованием зависимости магнитной индукции от температуры.

1.3 Принцип функционирования.

Так как разновидностей систем пожарной сигнализации несколько, то и работают они по разным принципам. К примеру, у пороговых идет опрос каждого датчика по отдельности через определенные промежутки времени. Таким образом выявляется, какой из них сработал. Самые простые пороговые модели работают по принципу обрыва шлейфа, на котором расположен сенсор. Именно обрыв является сигналом, обозначающим, что в зоне расположения датчика начался пожар.

2 ОБЗОР АНАЛОГОВ

Аналог (от др.-греч. ἀνάλογος – соответственный, соразмерный) – объект (техническое решение) того же назначения, близкий по совокупности существенных признаков

2.1 Автономный дымовой извещатель ИП 212-06 АРТОН-ИПД-3.4М аналог

Пожарный извещатель (англ. *Automatic Fire Detector*) – техническое средство, которое устанавливается непосредственно на защищаемом объекте для передачи тревожного извещения о пожаре на пожарный приёмно-контрольный прибор и/или оповещения и отображения информации об обнаружении загораний., NC Studio (Рисунок 1) [1].



Рисунок 1 - Автономный дымовой извещатель

2.2 Пожарный извещатель «Аметист»

Извещатель пожарный пламени «Аметист» (Рисунок 2), сконструированный, изготавливаемый СПКБ «Квазар» из г. Обнинск Калужской области. Под этой маркой выпускаются 2 вида УФ-извещателей. ИП 329-5М/5В нормального/взрывозащищенного исполнения, в том числе двух типов каждого вида, отличающихся в основном максимально возможной дальностью обнаружения открытого огня: 80/50 м, зависящей от модификации; причем инерционность срабатывания на таких расстояниях составляет до 15 с, а на 30 м – практически мгновенно [2].



Рисунок 2 – Пожарный извещатель Аметист [2]

2.3 Аналог пожарного извещателя ИП329/330-3-1 «НАБАТ ИК/УФ»

Многодиапазонные извещатели пламени ИП329/330-3-1 «НАБАТ ИК/УФ»

(Рисунок 3) обладают максимальной помехозащищенностью ко всем видам оптических помех. Предназначены для применения на особо ответственных объектах нефтяной, газовой, химической промышленности в условиях тяжелой помеховой обстановки.



Рисунок 3 - Аналог пожарного извещателя «НАБАТ ИК/УФ»

В данном курсовом проекте выбираем аналог ИП329/330-3-1 «НАБАТ ИК/УФ».

3 ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ АВИАЦИОННОЙ БЕСПИЛОТНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПОЖАРНОГО СОСТОЯНИЯ ТОРФЯНИКОВ

Трехмерная модель авиационной беспилотной системы мониторинга пожарного состояния торфяников представлена в ПРИЛОЖЕНИИ В «Трехмерная модель квадрокоптера».

3.1 Трехмерная модель корпуса

Корпус (рисунке 4) это основной элемент сборки, так как к нему крепятся все остальные элементы сборки. К корпусу крепятся лампы, система увлажнения, система осушения, система тепло-холод и датчики. Для всех систем и датчиков предусмотрены отверстия и резьбы для крепления. Для системы осушения предусмотрено крепление грубого воздушного фильтра, крепление фильтра-осушителя и крепление вентилятора системы осушения. Для системы тепло-

холод предусмотрены отверстия для крепления испарителя, отверстия для крепления нагревателя, отверстия для крепление вентиляторов, а также предусмотрено крепление крышек для закрытия воздушного канала теплохолод.[4]

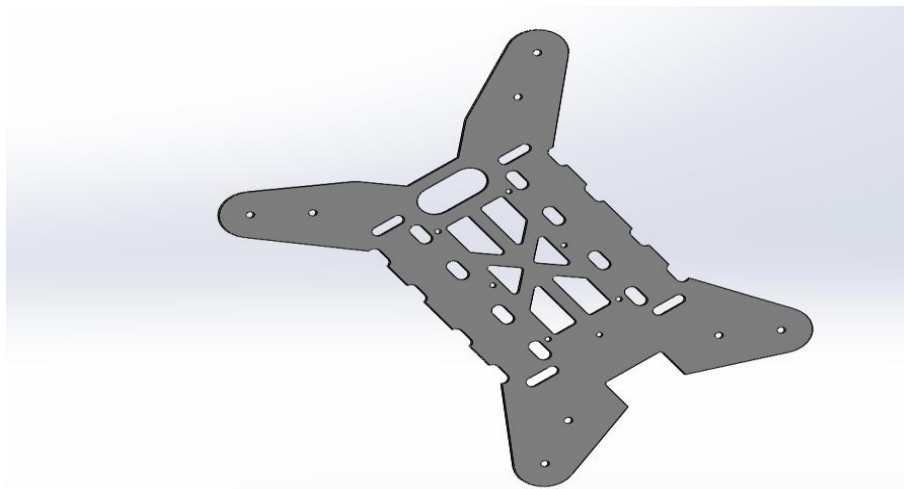


Рисунок 4 – 3D модель корпуса

3.2 Трехмерная модель балки

Балка – линейный (поскольку длина значительно превосходит по значению и ширину, и высоту) элемент несущих конструкций, с различными условиями опирания и работающий преимущественно на изгиб. Изготавливаются различных сечений (тавровая, двутавровая, коробчатая балка, брус и другие). Трехмерная модель дверцы представлена на рисунке 5. [4]

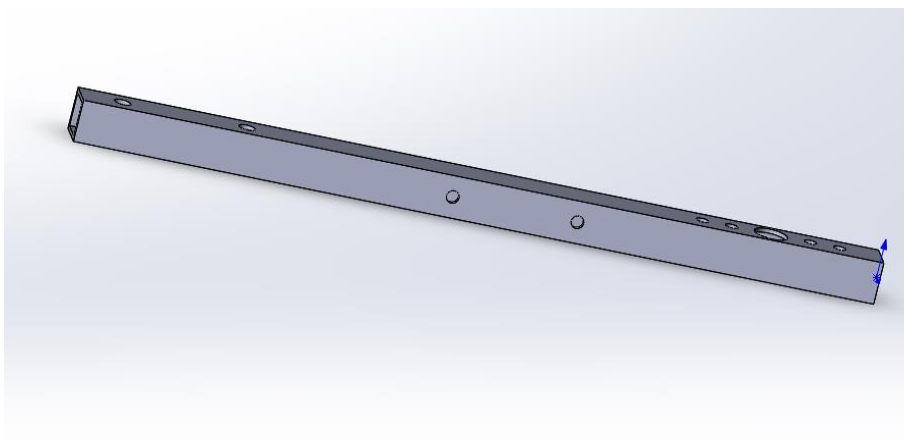


Рисунок 5 – Трехмерная модель балки

3.3 Трехмерная модель мотора с лопастями

Мотор с лопастями (Рисунок 6) - это механический привод, который преобразует гидравлическое давление и расход в крутящий момент и угловое смещение (вращение). Гидравлический двигатель является поворотным аналогом гидравлического цилиндра в качестве линейного привода. В наиболее широком смысле категория устройств, называемых гидравлическими двигателями, иногда включает те, которые работают на гидроэнергетике (а именно, водяные двигатели и водяные двигатели), но в современной терминологии название обычно относится более конкретно к двигателям. [4]

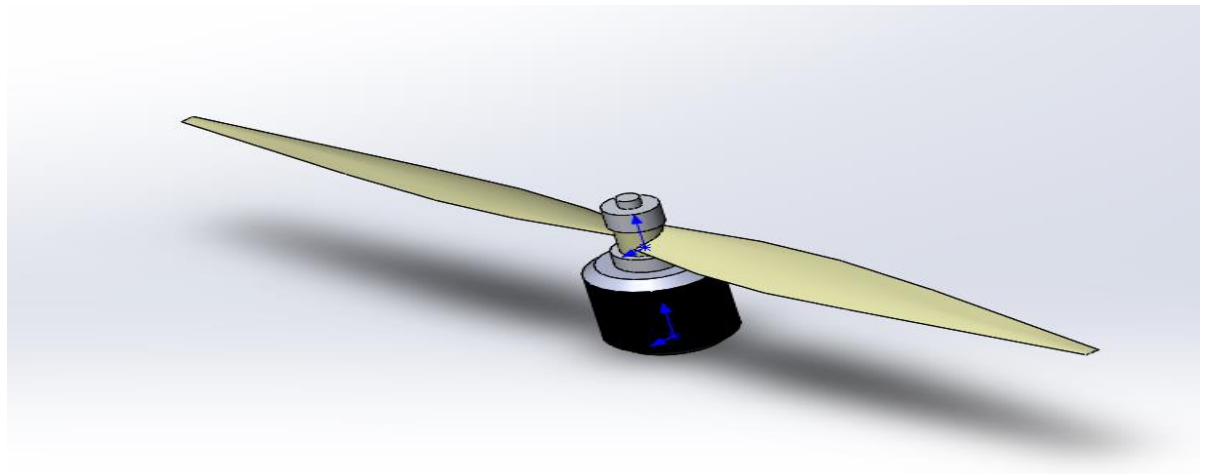


Рисунок 6 – мотор с лопастями

3.4 Трехмерная модель серво мотора

Сервопривод или следящий привод — механический привод с автоматической коррекцией состояния через внутреннюю отрицательную обратную связь, соответствии с параметрами. Рисунок 7 [4]

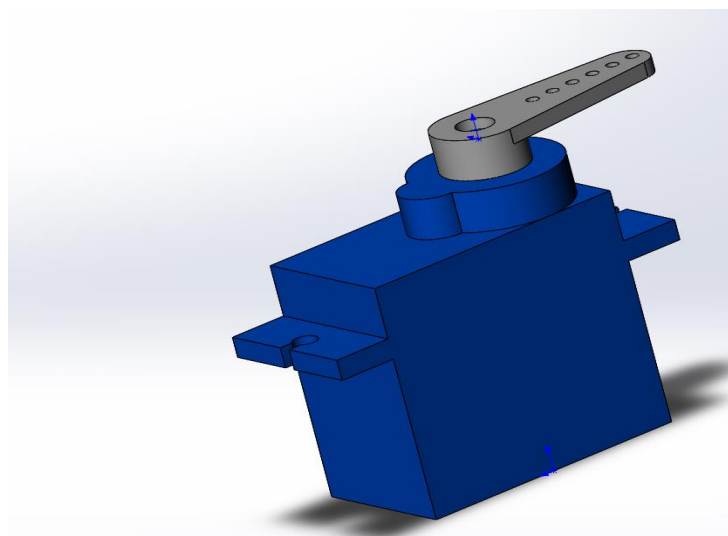


Рисунок 7 – Сервопривод

3.5 Трехмерная модель записывающая камера

Записывающая камера – это оптический прибор, который фиксирует визуальное изображение. По своей сути камеры представляют собой герметичные коробки (корпус камеры) с небольшим отверстием (диафрагмой), которое позволяет свету захватывать изображение на светочувствительной поверхности (обычно фотопленке или цифровом датчике). Трехмерная модель главной платы представлена на рисунке 8 [4].

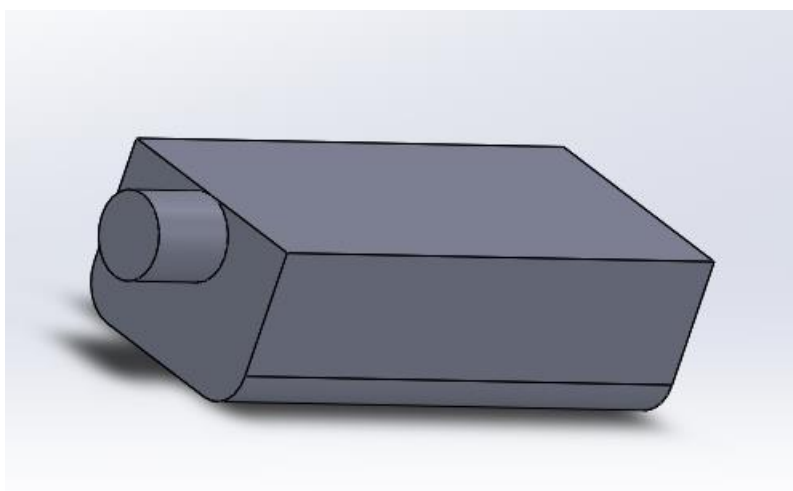


Рисунок 8– Трехмерная модель главной платы

3.6 Трехмерная модель сборки

Квадрокоптер (дрон, коптер) — это беспилотный летательный аппарат, он управляется дистанционно, чаще всего с пульта или со смартфона. В воздухе дрон держится за счет нескольких винтов, вращающихся в разных направлениях. (Рисунок 9) [4]

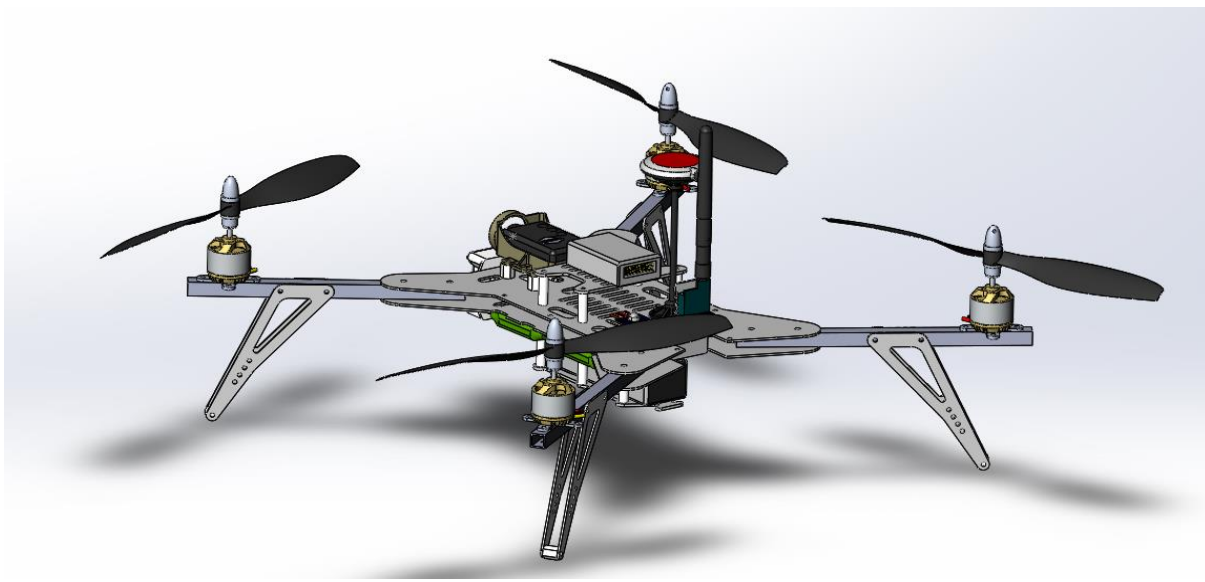


Рисунок 9 – Трехмерная модель квадрокоптера

4 БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМА РАБОТЫ ДЛЯ АВИАЦИОННОЙ БЕСПИЛОТНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПОЖАРНОГО СОСТОЯНИЯ ТОРФЯНИКОВ

Блок-схема алгоритма работы квадрокоптера представлена в ПРИЛОЖЕНИИ Д «Блок-схема алгоритма работы квадрокоптера».

Блок схема алгоритма работы авиационной беспилотной системы мониторинга пожарного состояния торфяников состоит из следующих шагов:

- Шаг 1 –Начало
- Шаг 2 –Препятствие обнаружено (Да).
- Шаг 3 –Поворот на лево 90° градусов.
- Шаг 4 – Обнаружен угол (Нет).
- Шаг 5 – Объект близко (Нет).
- Шаг 6 – Объект далеко (Нет).
- Шаг 7 – Движения вперед (Нет).

СИСТЕМА ОЧУВСТВЛЕНИЯ ДЛЯ ЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ УНИВЕРСАЛЬНОГО МАНИПУЛЯТОРА

студент гр. 30309119 Зайцев А. А.

Научный руководитель – Миргородский С. А.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

ВВЕДЕНИЕ

Простейшим средством контактного очувствления являются микропереключатели, которые срабатывают в момент касания искусственных пальцев руки детали. С помощью датчиков в тактильной системе очувствления определяются момент касания, местоположение точки контакта, контролируется наличие или отсутствие детали в захвате или потеря ее при переносе.

Силомоментные датчики реагируют не только на прикосновение, но и на силу нажатия. Чувствительным элементом в них обычно является тензодатчик (первая часть термина образована от греческого слова, означающего «напряженный, натянутый»). Принцип его действия очень прост, он основан на зависимости электрического сопротивления металлической проволоки от ее длины и площади поперечного сечения. Она такова, что при растяжении проволоки ее сопротивление возрастает, так как увеличивается длина и уменьшается сечение. Тензодатчик представляет собой тончайшую проволоку, многократно изогнутую для увеличения длины, или тонкую фольгу, которые наклеиваются на поверхность исследуемой детали или на упругую пластину силомоментного датчика. При изгибе детали (пластины) длина проволоки (фольги) увеличивается, что приводит к увеличению сопротивления в электрической цепи, в которую включен тензодатчик. Современная электронная техника позволяет регистрировать малейшие изменения электрического напряжения и силы тока, вызванные изменением сопротивления, и, соответственно, изменения деформации тензодатчика.

Тактильными системами очувствления называют устройства, позволяющие при непосредственном контакте захвата и других частей манипулятора с объектами определить момент касания, местоположение точки контакта, характер и направление перемещения контактного пятна по поверхности, например губки захвата манипулятора. Тактильные датчики помогут обнаружить факт наличия детали в захвате или факт ее потери, измерить характер проскальзывания изделия, определить форму зажатого объекта и измерить контактное давление, оказываемое на него. [1]

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА

Структурная схема (рисунок 1) начинается с источника питания, подающий электричество на устройство управления захвата. Устройство управления захвата и устройство управления манипулятора обоюдно подключены друг к другу. Приводы подключены к устройству управления захвата и от него получают питание в зависимости от управляющей программы. Сенсоры при работе приводов будут считывать силу нажатия и передавать аналоговый сигнал в устройство управления захвата. Для работы сенсоров требуется питания, которое будет предоставлять устройство управления захвата при непосредственной работе.

1 Источник питания Источник питания – это электрическое устройство, которое подает электрическую энергию на электрическую нагрузку. Основная функция источника питания заключается в преобразовании электрического тока от источника в правильное напряжение, токи частоту для питания нагрузки.

2 Устройство управления захвата Устройство управления – это электрическое устройство, которое контролирует подаваемое напряжение на приводы в соответствии с управляющей программой. Вырабатывает распределенную во времени и пространстве последовательность внутренних и внешних управляющих сигналов, обеспечивающих выборку и выполнение команд.

3 Приводы Приводы – это совокупность электродвигателей, приводящих в движение захват. В основе работы электродвигателей лежит принцип электромагнитной индукции. Электродвигатель включает в себя статор (неподвижную часть) и ротор (подвижную часть). При помощи электрического тока в электродвигателе возникают вращающиеся магнитные поля. Благодаря взаимодействию магнитных полей ротора и статора в электродвигателе возникает вращающий момент, который приводит в движение ротор двигателя. Так происходит преобразование электрической энергии, подаваемой на обмотки двигателя, в механическую энергию вращения. Данная энергия используется с целью привода механизмов в движение.

4 Сенсоры Сенсоры – средство непосредственного измерения физического параметра (наличия касания и силы нажатия захвата), преобразующее контролируемый параметр в удобный для использования сигнал.

5 Устройство управления манипулятора Устройство управления манипулятора – это отдельная от захвата управляющая система, задающая

управляющий сигнал для захвата (старт работы и значение усилия), а также принимающая сигнал об окончании работы захвата.

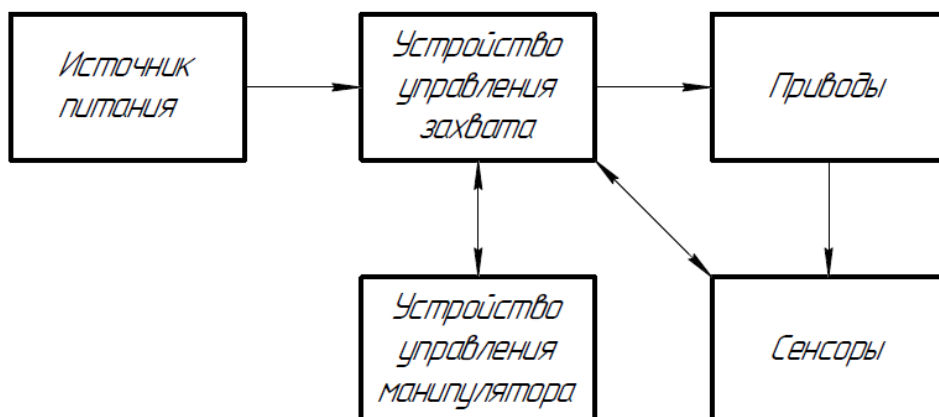


Рисунок 1 – Структурная схема проектируемой системы

БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМА РАБОТЫ

Блок-схема алгоритма работы системы очувствления захватного устройства универсального манипулятора представлена на рисунке 2.

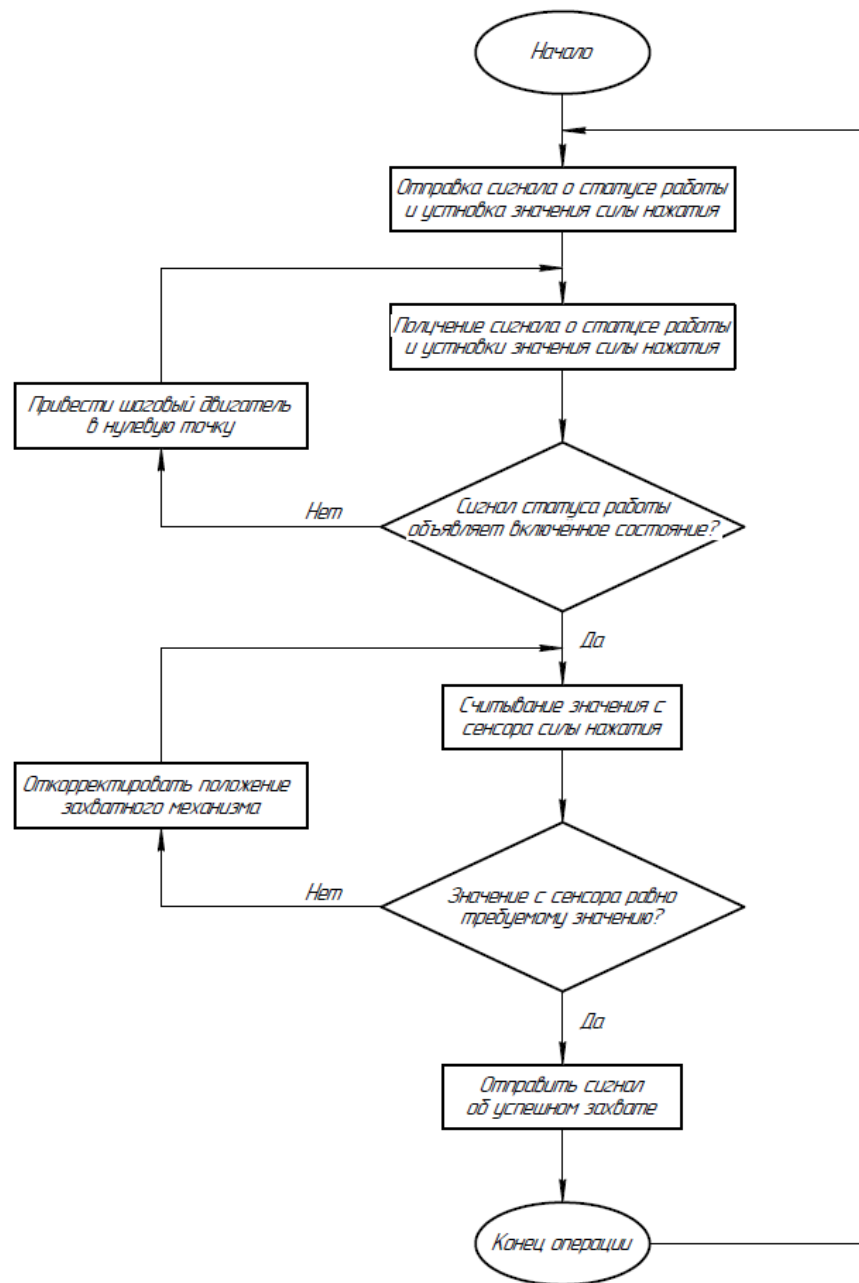


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма работы проектируемой системы

ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ

Трёхмерная модель системы очувствления захватного устройства универсального манипулятора представлена на рисунке 3.

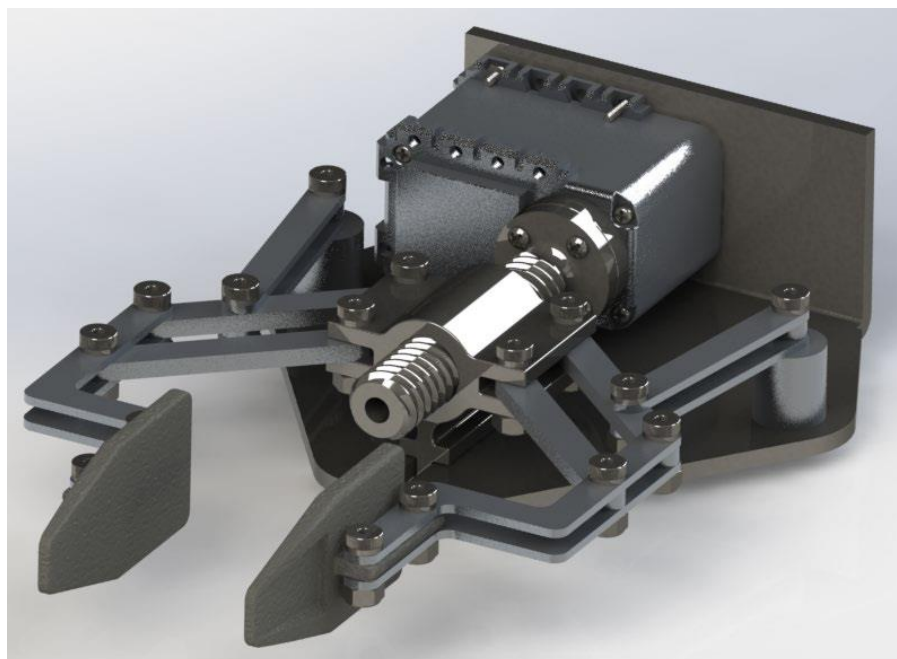


Рисунок 3 – Трёхмерная модель проектируемой системы

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Андрианов Ю.Д., Бобриков Э.П., Гончаренко В.Н. и др. 'Робототехника' \\Под ред. Попова Е.П., Юревича Е.И. - Москва: Машиностроение, 1984 - с.78.

РАЗРАБОТКА МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОРИЕНТАЦИИ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ

студент гр. 30309119 Кашкур Р. П.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

ВВЕДЕНИЕ

Система ориентации солнечных батарей - механизм, предназначенный для наведения панелей солнечных батарей на Солнце. Наведение выполняется путём разворота и последующего поддержания требуемой ориентации в пространстве корпуса средствами системами управления движением и поворота солнечных батарей электромеханическими приводами относительно корпуса.

Преимущества автоматических солнечных батарей:

Автоматические солнечные батареи производят больше электричества чем их стационарные аналоги, благодаря усиленному прямому воздействию солнечных лучей. Это увеличение может достигать 10-25% в зависимости от географического местоположения системы отслеживания.

Множество различных видов автоматических солнечных батарей, таких как одноосные и двухосные, которые идеально подходят для уникальной рабочей площадки. Размер установки местная погода, степень широты и электрические требования – всё это важные факторы, которые могут повлиять на тип солнечной батареи, которая больше всего подходит для конкретной солнечной установки.

Автоматические солнечные батареи генерируют больше электричества примерно на том же пространстве, которое требуется для систем с фиксированным наклоном, что делает их идеальными для оптимизации землепользования.

Так же коммунальные предприятия могут приобретать электроэнергию, генерируемую в пиковое время дня, с более высокой скоростью. В этом случае выгодно генерировать большее количество электроэнергии в это пиковое время дня. Использование системы отслеживания помогает максимизировать прирост энергии в эти пиковые периоды времени.

1.1 Разновидности

В зависимости от конструкции, автоматические солнечные батареи подразделяются на:

С одной осью вращения – одноосные, устройства, обладающие одной степенью свободы. У данного вида солнечных батарей степень свободы определяется осью вращения, которая ориентируется с севера на юг.

Данный вид подразделяется на:

С горизонтальной осью вращения – ось вращения находится в горизонтальной плоскости по отношению к поверхности земли.

С вертикальной осью вращения – ось вращения расположена в вертикальной плоскости по отношению к поверхности земли.

С наклонной осью вращения – ось вращения расположена в промежутке между вертикально и горизонтально расположенными осями, по отношению к поверхности земли.

С полярно ориентированной осью вращения – ось устанавливается в соответствии с расположением полярной звезды. Для каждого конкретного случая, угол наклона, при данном расположении оси вращения, определяется индивидуально и зависит от широты месторасположения устройства.

С двумя осями вращения - двuosные, устройства обладающие двумя степенями свободы. У данного вида солнечных батарей, имеются две оси вращения, которые определяют степень свободы устройства. Оси вращения работают независимо друг от друга, но увязаны в общий комплекс устройств, приводящий автоматическую солнечную батарею в движение, в соответствии с заданными параметрами.

Автоматическая солнечная батарея с двумя осями вращения и опорной плоскостью.

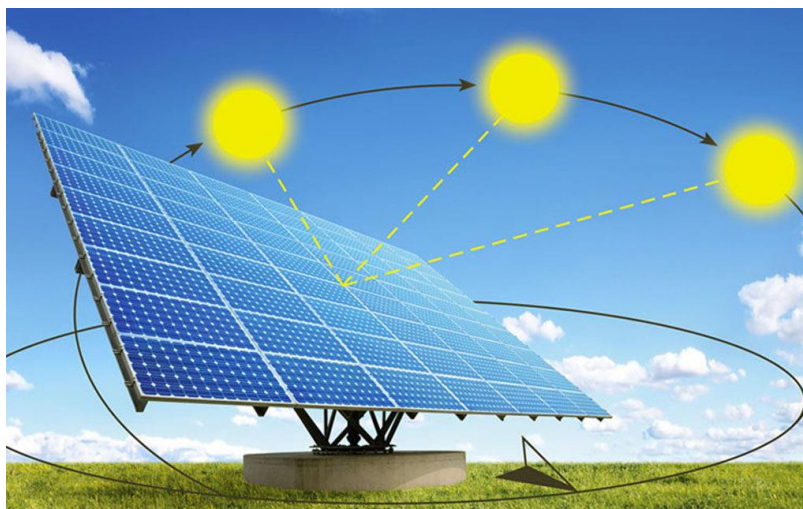


Рисунок 1 - Автоматическая солнечная батарея с двумя осями вращения и опорной плоскостью

Данный вид подразделяется на:

- С двумя осями вращения на несущем столбе – несущие конструкции солнечных панелей монтируются на столбовой конструкции. В этом случае, в верхней части столба устанавливается площадка, на которой монтируется поворотный механизм, при помощи которого осуществляется поворот

несущих конструкций панелей в плоскости поверхности земли. Вторая степень свободы осуществляется как у одноосных автоматических солнечных батарей.

- С двумя осями вращения и опорной плоскостью – несущие конструкции солнечных панелей монтируются на плоскости, которая в свою очередь крепится на круглой платформе или кольце, в виде направляющего рельса. Поворот осуществляется аналогично повороту на столбчатой конструкции, разница лишь в том, что на опорной плоскости можно смонтировать большее количество солнечных панелей. Минус этой конструкции в том, что требуется большая площадь поверхности земли для монтажа подобного типа механизмов.

1.2 Принцип функционирования

Принцип работы устройства заключается в том, что контроллер по нескольким датчикам определяет наилучшее положение для модуля относительно солнечного излучения и обеспечивает его поворот в нужную сторону.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА (рисунок 2)

Всего устройство состоит из 4 условных частей:

- Источник питания
- Сенсоры
- Устройство управления
- Исполняющее устройство
- Источник питания

Источник питания – электрическое оборудование, предназначенное для производства, аккумулирования электрической энергии или изменения её характеристик.

Сенсоры

Сенсор — средство непосредственного измерения физического, химического параметра (величины), преобразующее контролируемый параметр (величину) в удобный для использования сигнал, как правило электрический. Фактически это датчик, реагирующий на любое изменение внешних условий, которые он способен воспринимать

3 Устройство управления

Устройство управления – это объект автоматического управления, обозначающий устройство или динамический процесс, управление поведением которого является целью создания системы автоматического управления.

4 Исполнительное устройство

Исполнительное устройство — функциональный элемент системы автоматического управления, который воздействует на объект управления. Большинство исполнительных устройств имеет механический или электрический выход.

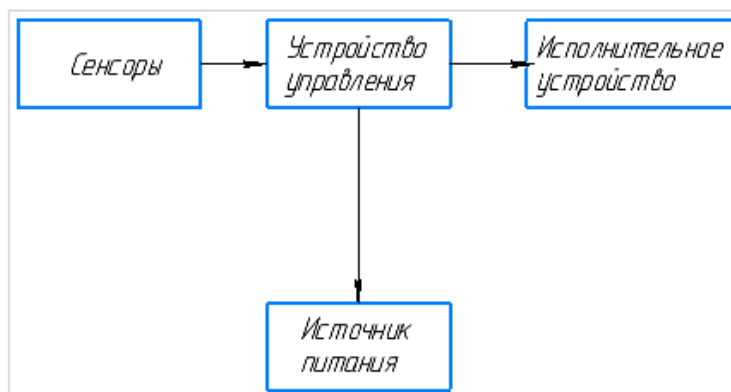


Рисунок 2 – Структурная схема

БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМА РАБОТЫ

Блок-схема алгоритма работы мехатронной системы автоматической ориентации солнечных батарей представлена на рисунке 3

Блок схема алгоритма работы состоит из следующих этапов:

Блок схема алгоритма работы мехатронной системы автоматической ориентации солнечных батарей состоит из следующих этапов:

Процесс 1 – Инициализация. На данном этапе модуль выходит в определенную точку.

Процесс 2 – Принятие солнечного света. На данном этапе фоторезисторы улавливают солнечную радиацию и передают сигнал на управляющее устройство.

Процесс 3 – Поворот корпуса. После того как управляющее устройство обработало сигнал, оно задает алгоритм работы исполняющему устройству, которое поворачивает солнечную панель в определенную точку.

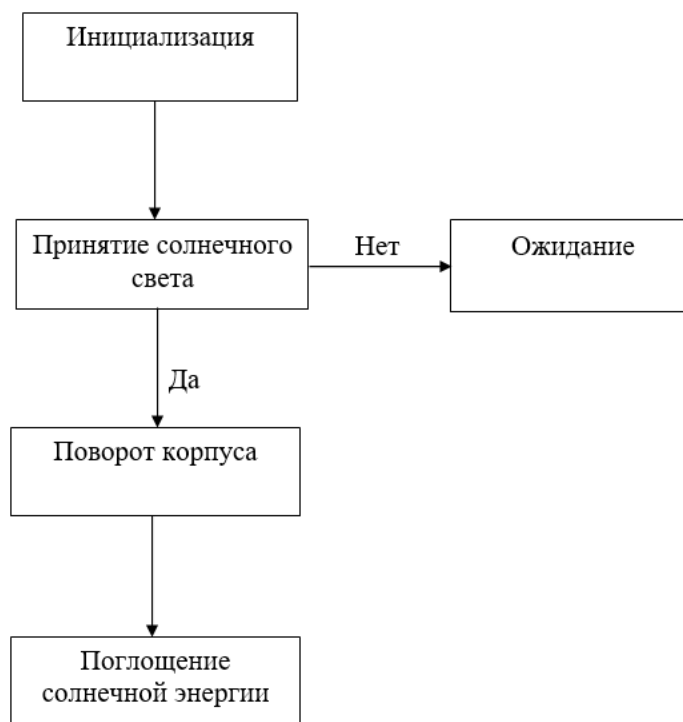


Рисунок 3 – Блок - схема

ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ УСТРОЙСТВА

Для реализации данного устройства была разработана трехмерная модель вращающегося корпуса для солнечной панели.

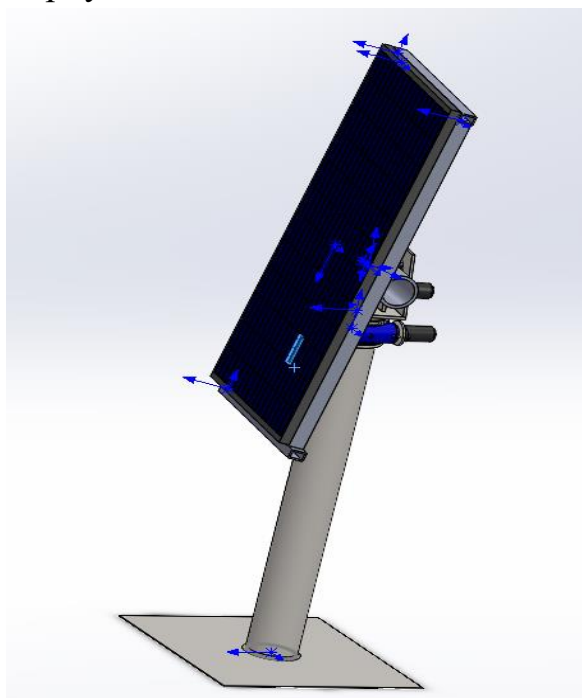


Рисунок 4 –трёхмерная модель

РАЗРАБОТКА МЕХАТРОННОГО УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОКРАСКИ ПЛОСКИХ ДЕТАЛЕЙ

студент гр. 30309119 Киселёв А. А.

Белорусский национальный технический университет, г. Минска

ВВЕДЕНИЕ

Мехатронного устройство для покраски плоских деталей

являются манипуляторы – это автоматизированное устройство специально разработанное для эффективного и равномерного нанесения краски

На производствах, где изготавливаются автомобили, покрасочные цеха являются важной частью завода. Окрашивание машин необходимо для защиты от коррозии и прочих повреждений, вероятность которых довольно высока при эксплуатации.

На сегодняшний день практически все операции по окраске автоматизированы. Покрасочных роботов - манипуляторов применяют не только крупные автоконцерны, но и небольшие предприятия, принадлежащие частникам.

Автоматизированный покрасочный цех на автомобильном заводе состоит из нескольких частей, каждая из которых предназначена для пошагового проведения операций по покраске.

Перед тем как приступить к окрашиванию, автомобильные детали тщательно обрабатываются. Они промываются, проходят процедуру фосфатирования и грунтования, наносится мастика.

Затем кузов грунтуется повторно, с учетом цвета автомобиля. Далее детали отправляются в специальные камеры, оборудованные сушильными панелями, нагревателями, зеркальными лампами и др.

Далее корпус будущего автомобиля перемещается в покрасочную камеру. Здесь установлены высокотехнологичные манипуляторы, они оснащены инструментами струйного типа и специальными шлангами, которые обеспечивают вторичную грунтовку и нанесение цветного покрытия. Завершающий этап – нанесение лака, который убережет кузов от царапин и воздействия агрессивной внешней среды.

Внутри каждой рабочей руки робота - маляра находится сложнейшая система трубопроводов, которая предназначена для подачи и регулировки жидкого лакокрасочного материала в рабочую зону.

Покрасочные роботы - манипуляторы могут быть настроены для окрашивания комплексных или многомерных деталей, выполнения частичной покраски автомобиля, переключения между разными оттенками и

материалами и т. д. Программирование установки производится демонстрационным методом. Этот подход позволяет автоматизировать работу с деталями любого размера

Разновидности

Видов манипуляторов для покраски множество. И все они спроектированы таким образом, что предельно точно способны обеспечить результат с однородным нанесением покрытия и фиксированной толщиной.

Робот-манипулятор Hanwha HCR-A (рисунок 1.1) отличается непревзойденной маневренностью, точностью и простотой в управлении. Для управления им не требуется наличие специальных знаний или навыков. К тому же благодаря огромному числу датчиков обратной связи он абсолютно безопасен для человека.



Рисунок 1.1 – Робот-манипулятор Hanwha HCR-A

Эта модель робота-манипулятора отличается сравнительно небольшими размерами и хорошо вписывается в ограниченные пространства.

Роботы-манипуляторы этой серии обладают следующими преимуществами:

увеличенная длина кабеля (до 10 метров). При необходимости производитель может заменить кабель на более гибкий – U-Bend grade, который может быть установлен при использовании устройства в сочетании с движущимися платформами;

в сравнении с предыдущими поколениями манипуляторов – роботов Hanwha HCR-A обладают повышенными показателями повторяемости (до 0,05 мм). Это существенно повышает качество и точность работы;

низкий уровень шума;
наличие встроенной шины типа;
возможность подключать дополнительное оборудование;
можно устанавливать манипулятор - робот на наклонной (до 30 градусов) поверхности;

Промышленный робот-манипулятор KUKA KR 6 R900 SIXX HM-SC (KR AGILUS HYGIENIC MACHINE) представляет собой высокоскоростную модель с повышенной точностью, которая была разработана для работы в ограниченных пространствах на протяжении длительного времени (рисунок 1.2). Он подходит для работы с некрупными деталями, обладает высокой точностью и практически не требует обслуживания.



Рисунок 1.2 – Промышленный робот-манипулятор KUKA KR 6 R900 SIXX HM-SC (KR AGILUS HYGIENIC MACHINE)

Робот - манипулятор представляет собой шести осевой прибор, который может быть установлен практически на любой поверхности, в том числе – на потолке и на полу. Собственный вес прибора составляет всего 52 кг. Робот - манипулятор может быть использован для работы в чистых помещениях, во взрывоопасных зонах и т. д. Это универсальное устройство, подходящее для решения практически любых задач.

Характеристики:

количество осей 6;
максимальный радиус действия 901 мм;
монтажное положение на полу, потолке;
полезная нагрузка, кг 6;

система управления KR C4 compact;
стабильность повторяемости $\pm 0,03$ мм;

Конструктивные особенности

Манипуляторы для покраски имеют в составе механическую конструкцию (кронштейн и манипулятор), инструмент на конце манипулятора (концевой элемент), систему управления и точки измерения (датчики), откуда поступает информация в систему управления.

Механическая конструкция состоит из нескольких компонентов, которые соединяются друг с другом с помощью активных модулей сопряжения. Активные модули оснащены приводами, к которым система управления получает доступ для назначения задания концевому элементу. Механически и конструктивно покрасочный манипулятор зависит от целевого применения

Манипулятор для конвейера покраски имеют несколько степеней свободы, которые реализуются следующими видами движения:

- глобальными (перемещается вся стойка);
- региональными (производимыми основными рычагами);
- локальными (сопоставимыми с кистью руки человека, производящей тонкие операции).

Чаще всего, такие машины имеют 5–6 координатных осей, из которых три служат для определения координат основных движений рабочего инструмента, а дополнительные – для ориентации в пространстве аппликатора.

Трубопроводы, предназначенные для подачи красок, могут быть выполнены как из мягких, так и из жестких материалов. Если выбран второй вариант – оператор должен тщательно рассчитывать прочность всех имеющихся изгибов. Именно трубопроводная система является слабым местом покрасочных роботов – она нередко выходит из строя, герметичность нарушается, а это, в свою очередь, приводит к поломке всего механизма.

1.3 Принцип функционирования

Типовой манипулятор состоит из семи отделов и шести «суставов». Сегменты представляют собой металлические полые корпуса с начинкой из электропроводки, каналов для циркуляции краски, пневмо- и гидромагистралей. Там же, внутри каждого звена, располагаются шаговые двигатели, обеспечивающие предельно точные позиционирование и движение.

Высокотехнологичные манипуляторы оснащены инструментами струйного типа и специальными шлангами, которые обеспечивают нанесение покрытия. Внутри каждой рабочей руки манипулятора находится сложнейшая система трубопроводов, которая предназначена для подачи и регулировки жидкого лакокрасочного материала в рабочую зону.

Управляющим устройством выступает компьютер, на котором установлено прикладное программное обеспечение. Контроль за правильностью работы осуществляется посредством датчиков движения.

При этом манипулятор самостоятельно контролирует все изменения параметров и исключает возможность их изменения. Это позволяет окрашивать даже большие поверхности максимально ровно.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА (рисунок 2.1)

У робота – манипулятора можно выделить три основные части.

1. Исполнительный орган, базой которых служат механические элементы. С помощью исполнительных органов робот-манипулятор активно воздействует на внешнюю среду.

2. Органы чувств – чувствительные элементы, с помощью которых выполняется сбор информации о внешней среде.

3. Элементы обработки информации - базируются на вычислительной технике.

Причем нормальная работа робота – манипулятора невозможна при отсутствии какой либо из этих частей.

Чтобы умело управлять движениями объекта, необходимо хорошо знать движение, которое объект может совершить. Эти движения обычно можно описать дифференциальными уравнениями (так называемыми уравнениями движения).

При проектировании управляющего устройства необходимо учитывать эти уравнения.

Электромеханическая часть включает механические звенья и передачи, рабочий орган, электродвигатели, сенсоры и дополнительные электротехнические элементы (тормоза, муфты).

Механическое устройство предназначено для преобразования движений звеньев в требуемое движение рабочего органа.

Электронная часть состоит из микроэлектронных устройств, силовых преобразователей и электроники измерительных цепей.

Сенсоры предназначены для сбора данных о фактическом состоянии внешней среды и объектов работ, механического устройства и блока приводов

с последующей первичной обработкой и передачей этой информации в устройство компьютерного управления (УКУ)

В состав УКУ мехатронной системы обычно входят компьютер верхнего уровня и контролеры управления движением.

Устройство компьютерного управления выполняет следующие функции:

Управление процессом механического движения мехатронного модуля или многомерной системы в реальном времени с обработкой сенсорной информации.

Организация управления функциональными движениями мехатронной системы, которая предполагает координацию управления механическим движением мехатронной системы и сопутствующими внешними процессами. Как правило, для реализации функции управления внешними процессами используют дискретные вход/выход устройства работающие по принципу «включено-выключено».

Взаимодействие с человеком- оператором через человеко-машинный интерфейс в режиме автономного программирования (off-line) и непосредственно в процессе движения мехатронной системы в режиме (online).

Организация обмена данными с периферийными устройствами, сенсорами и другими устройствами системы.

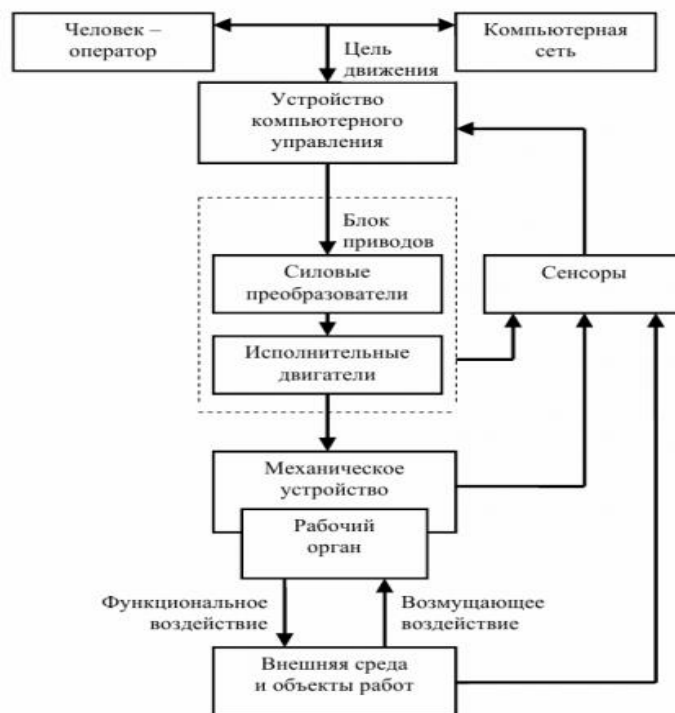


Рисунок 2.1 – Структурная схема

БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМА РАБОТЫ

Блок-схема алгоритма работы манипулятора для покраски представлена на рисунке 3.1

Блок-схема алгоритма работы манипулятора для покраски состоит из следующий этапов:

Шаг 1 – Подача питания.

Шаг 2 –Инициализация. На данном этапе манипулятор выходит в нулевую точку.

Шаг 3 –Ожидание сигнала. Робот-манипулятор ожидает сигнал от станка с ЧПУ о его статусе.

Шаг 4 – Готовность к работе. При сигнале от станка о готовности работы манипулятор выполняет заложенную программу для покраски.

Шаг 5 – Выполнение заложенной программы. Манипулятор выполняет заложенную программу для покраски заготовки в станок.

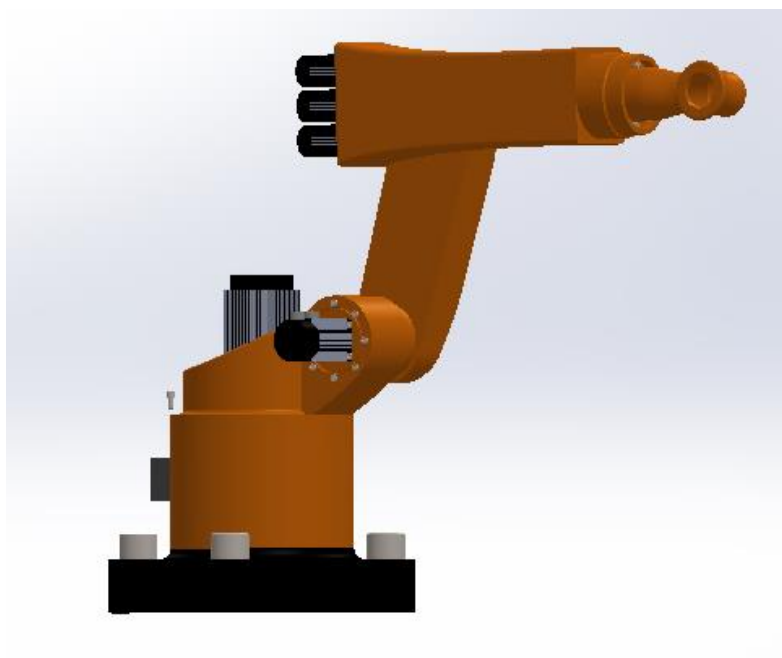
Шаг 6 – Возврат манипулятора в нулевую точку.

Шаг 7 – Конец выполнения.



Рисунок 3.1– Блок схема алгоритма работы

ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ



УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАДИОЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ТЕРМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЯХ

студент гр.30309119 Куприянчик И. В.

Научный руководитель Миргородский С. А.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

ВВЕДЕНИЕ

Универсальные приборы для контроля радиоэлементов при термических испытаниях (УПКРТИ) - это высокоточные устройства, используемые для измерения и контроля электронных компонентов и устройств в условиях повышенной температуры. УПКРТИ позволяют оценить работу компонентов в условиях высоких температур, таких как при использовании электроники в авиационной, космической и военной технике.

Термические испытания проводятся для проверки работоспособности электронных компонентов и устройств в условиях повышенной температуры. В процессе испытаний измеряются различные параметры, такие как ток, напряжение, сопротивление и другие. Универсальные приборы для контроля радиоэлементов при термических испытаниях позволяют производить эти измерения и контролировать соответствие спецификациям и требованиям.

УПКРТИ обычно используются для измерения параметров радиоэлементов при заданных температурах в диапазоне от -60 до +200 градусов Цельсия. Приборы могут работать как в автоматическом, так и в ручном режиме, что позволяет пользователю выбрать оптимальный режим для своих нужд.

В состав универсальных приборов для контроля радиоэлементов при термических испытаниях обычно входят источник питания, мультиметр, термостат и другие устройства. Источник питания позволяет обеспечить питание радиоэлементов в процессе их термических испытаний, мультиметр - измерять параметры компонентов, а термостат - поддерживать заданную температуру в испытательной камере.

Приборы этого типа имеют высокую точность измерений, что позволяет получить точные результаты термических испытаний радиоэлементов. Кроме того, универсальные приборы для контроля радиоэлементов при термических испытаниях обычно компактны и легкие, что облегчает их транспортировку и хранение.

УПКРТИ используются в различных отраслях промышленности, таких как авиация, космическая и военная техника, медицинская техника, энергетика и другие. Они являются необходимым оборудованием для проведения

термических испытаний электронных компонентов, таких как интегральные микросхемы, диоды, транзисторы и другие.

В авиации и космической технике использование универсальных приборов для контроля радиоэлементов при термических испытаниях имеет особую важность. Это связано с тем, что электроника в таких технических средствах работает в экстремальных условиях, таких как высокие температуры, вибрации, удары и другие. Поэтому термические испытания радиоэлементов в авиации и космической технике являются одним из важных этапов испытаний перед использованием техники в реальных условиях.

В медицинской технике универсальные приборы для контроля радиоэлементов при термических испытаниях используются для проверки работоспособности электронных компонентов, используемых в медицинских приборах, таких как мониторы сердечного ритма, аппараты искусственной вентиляции легких и другие.

В энергетике универсальные приборы для контроля радиоэлементов при термических испытаниях используются для проверки электронных компонентов, используемых в электрических цепях и системах управления, которые работают в условиях повышенной температуры и других экстремальных условиях.

Таким образом, универсальные приборы для контроля радиоэлементов при термических испытаниях являются необходимым оборудованием в различных отраслях промышленности, где используется электроника. Они позволяют проводить термические испытания электронных компонентов и устройств и получать точные результаты, что обеспечивает надежность и безопасность работы техники в реальных условиях.

Преимущества универсальных приборов для контроля радиоэлементов при термических испытаниях:

1. Высокая точность контроля температуры и других параметров, что позволяет получить более точные и надежные результаты испытаний.
2. Возможность проводить испытания при различных температурах и условиях, что позволяет смоделировать реальные эксплуатационные условия и оценить работоспособность устройств в различных ситуациях.
3. Удобство использования и настройки параметров, что позволяет быстро и эффективно проводить испытания.
4. Возможность автоматизации процесса испытаний, что позволяет сократить время и уменьшить количество ошибок, связанных с человеческим фактором.
5. Возможность контроля нескольких объектов одновременно, что повышает производительность и экономическую эффективность.

Недостатки универсальных приборов для контроля радиоэлементов при термических испытаниях:

1. Высокая стоимость оборудования, что делает его недоступным для многих компаний и организаций.
2. Сложность технического обслуживания и ремонта, требующая специальных знаний и навыков.
3. Необходимость специализированного помещения для установки и использования прибора, что также может увеличивать затраты на его эксплуатацию.
4. Ограниченный диапазон температур и других параметров, в которых может проводиться испытание.
5. Возможность возникновения ошибок и неточностей в результате неправильной настройки и эксплуатации прибора.

В целом, несмотря на некоторые недостатки, универсальные приборы для контроля радиоэлементов при термических испытаниях являются важным инструментом для проверки работоспособности электронных устройств и обеспечения их надежности в различных условиях эксплуатации.

1.1 Разновидности

Универсальные приборы для контроля радиоэлементов при термических испытаниях могут различаться по различным характеристикам, включая диапазон рабочих температур, точность измерения, наличие дополнительных функций и возможностей автоматизации.

В зависимости от способа поддержания температуры, универсальные приборы могут быть жидкостными, воздушными, или сочетать в себе оба подхода. В жидкостных приборах, для поддержания определенной температуры используется термостатированный жидкий охладитель, который циркулирует через систему испытаний. В воздушных приборах температура поддерживается путем нагрева или охлаждения воздуха внутри прибора.

Также различают универсальные приборы по вместимости и типу испытываемых объектов. Некоторые приборы предназначены для контроля небольших радиоэлементов, в то время как другие способны испытывать целые электронные системы.

Существуют также мобильные универсальные приборы, которые можно переносить на различные места испытаний, и стационарные, установленные в специализированных лабораториях.

Кроме того, современные универсальные приборы обычно имеют множество дополнительных функций и возможностей, таких как автоматизация процесса испытаний, контроль параметров окружающей среды

и т.д. Эти дополнительные функции могут существенно повысить эффективность и точность испытаний, а также упростить работу операторов.

Камера проходная ПКВ-1 - это один из видов камер для термических испытаний, которая позволяет проводить испытания электронных компонентов, приборов, модулей и систем на высоких температурах в различных условиях окружающей среды.

Камера проходная ПКВ-1 обладает уникальной конструкцией, которая позволяет транспортировать испытуемые образцы через камеру при проведении испытаний. Это значительно упрощает процесс подготовки и проведения испытаний, а также позволяет экономить время и ресурсы.

Основной принцип работы камеры проходной ПКВ-1 заключается в создании заданных условий окружающей среды внутри камеры, а также в транспортировке испытуемых образцов через нее. Камера имеет два отделения - отделение подготовки образцов и отделение испытаний. В отделении подготовки образцов производится подготовка и установка испытуемых образцов на специальные носители, которые затем транспортируются через камеру в отделение испытаний.

В отделении испытаний создаются заданные условия окружающей среды, такие как температура, давление, влажность и другие параметры. Эти условия контролируются и регулируются с помощью различных систем управления и контроля, которые обеспечивают точность и надежность проведения испытаний.

Камера проходная ПКВ-1 может работать в широком диапазоне температур, от $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+180\text{ }^{\circ}\text{C}$, а также поддерживать различные условия окружающей среды, в том числе вакуум, повышенное давление и т.д. Это позволяет проводить различные виды термических испытаний электронных компонентов, приборов, модулей и систем в различных условиях эксплуатации.

Камера проходная ПКВ-1 является высокотехнологичным и надежным оборудованием для проведения термических испытаний, которое широко используется в различных отраслях промышленности и научных исследований.

На рисунке 1 изображена камера в разрезе, на рисунке 2 поперечный разрез камеры.

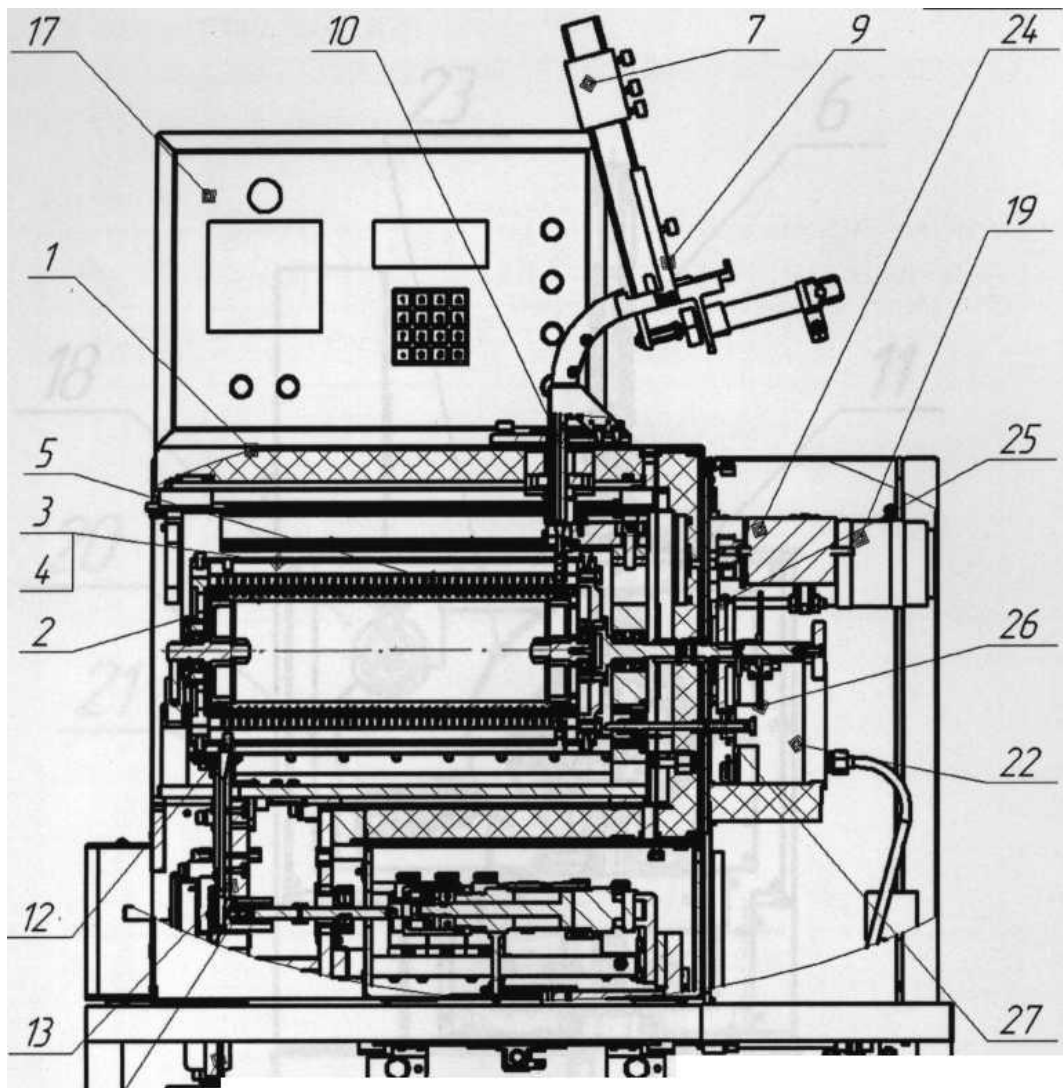


Рисунок 1 – проходная камера в разрезе

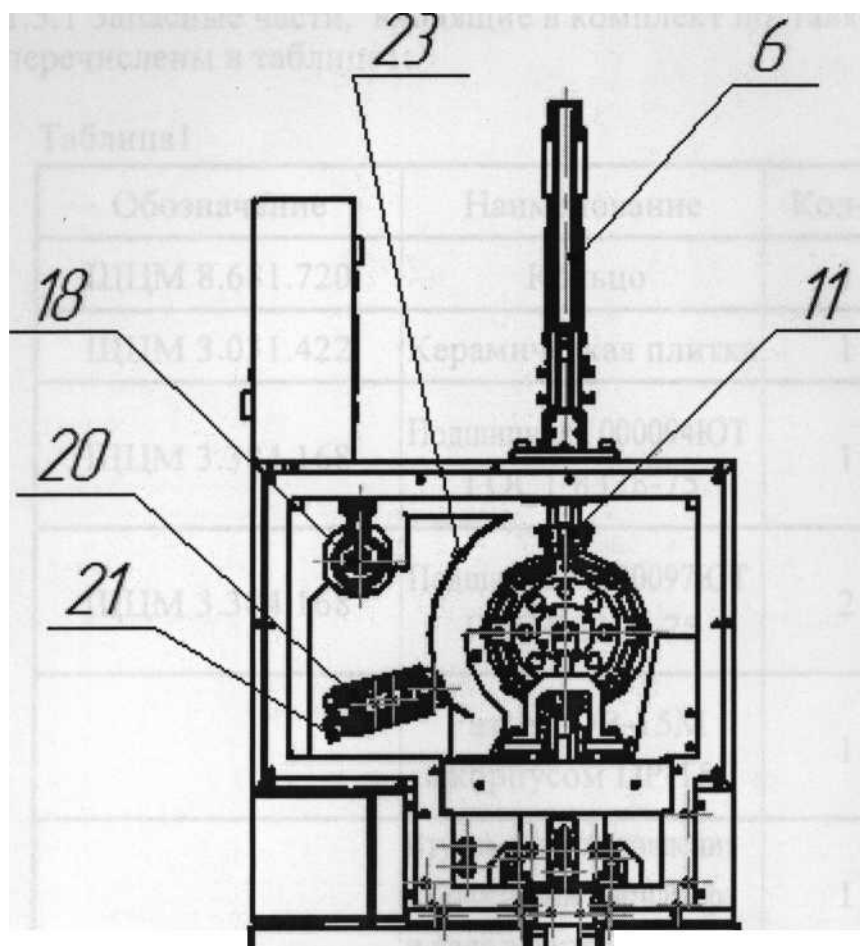


Рисунок 2 – камера проходная в поперечном разрезе

Конструктивные особенности камеры проходной ПКВ-1 включают:

Два отделения: отделение подготовки образцов и отделение испытаний.

Система переноса образцов через камеру, которая позволяет проводить испытания нескольких образцов без остановки камеры.

Многослойная изоляция, которая обеспечивает надежное сохранение заданных условий окружающей среды внутри камеры.

Оборудование для создания заданных условий окружающей среды в отделении испытаний, таких как системы нагрева и охлаждения, системы вакуума и давления, системы управления влажностью и др.

Системы контроля и управления параметрами окружающей среды, которые обеспечивают точность и надежность проведения испытаний.

Различные типы термокамер, включая камеры для проведения тестов на воздействие на образцы тепла, холода и влаги, а также камеры для проведения испытаний на механическую прочность и другие параметры.

Удобный и простой в использовании интерфейс управления, который позволяет быстро и легко настраивать и проводить испытания.

В целом, камера проходная ПКВ-1 является высокотехнологичным и сложным оборудованием, которое обеспечивает точность и надежность проведения термических испытаний электронных компонентов, приборов, модулей и систем. Она является необходимым оборудованием для многих отраслей промышленности и научных исследований, включая электронику, авиацию, автомобильную и медицинскую промышленности.

МЕХАТРОННАЯ СИСТЕМА СТРЕЛКОВОГО ТРЕНАЖЁРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ОФИЦЕРОВ ЗАПАСА В БНТУ

студент гр. 30309119 Пацевич Н. В.

Научный руководитель - Миронов Д. Н.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Первое упоминание о стрелковых соревнованиях из винтовок по мишеням датировано 1452 годом в Швейцарии. Первые мишени были просты в конструкции, они представляли собой массивную деревянную мишень. Стрелки по очереди производили по ней одиночные выстрелы. Места попаданий показывались указкой, и в неё вставлялся деревянный колышек. Победителя определяли по минимальному расстоянию от колышка до центра мишени.

В последнее время соревнования на стрельбищах производятся при помощи электронных мишеней. Самих мишеней в привычном нам виде в них нет. Пробоину в прорезиненной движущейся ленте многократного использования сложно найти. Визуально видимых габаритов тоже нет. В мишени с линии огня видно только чёрное “яблоко” мишени на светлом фоне и две белые горизонтальные полуполосы, не достигающие до центра (рисунок 1).

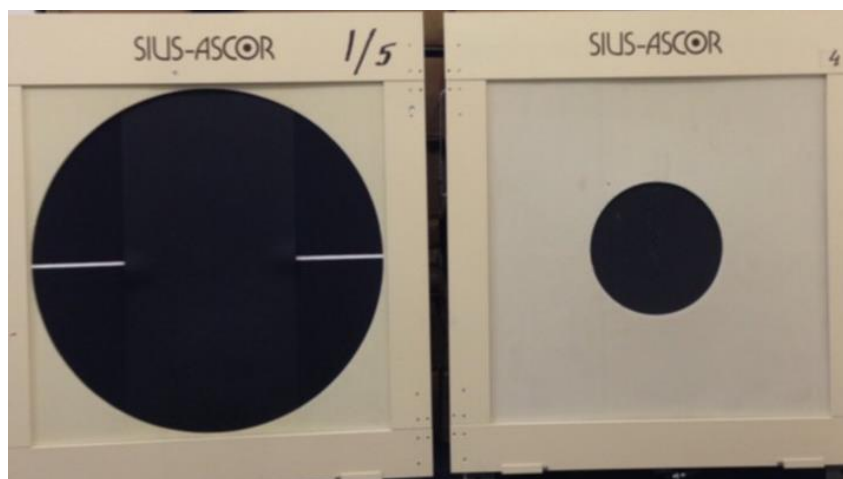


Рисунок 1 - мишень, вид для стрелков

На экранах мониторов изображается эскиз несуществующей мишени с пробойной и её достоинством с точностью до 0.1 очка (рисунок 2).



Рисунок 2 - вид мишени на мониторе

Принцип действия устройства заключён в определении достоинства пробоин(звуковой принцип). Сама мишень находится в памяти компьютера в виде таблицы расстояний габаритов от центра мишени с известными координатами. С помощью сенсорных датчиков(микрофонов), расположенных по периметру мишени засекается время прохождения звукового сигнала удара пули в мишень до каждого сенсора. Зная задержку времени прохождения звуковой волны до каждого сенсора довольно сложными математическими методами вычисляется отклонение центра пробоины от центра мишени.

Принцип действия моей мишени основан на работе такого считывающего устройства как концевые датчики. Каждый сектор мишени представляет собой круглую пластину. На каждой из пластин по всем четырём направлениям закреплён концевой датчик. При попадание пневматическим оружием по пластине, она нажимает на концевой датчик тем самым передавая сигнал на устройство управления, представленного в виде микропроцессор, который, в свою очередь, уже выдаёт показания попадания на монитор.

Мишень представляет собой ростовую форму с целью в центре(рисунок 3). при тренировке она будет располагаться на расстоянии 25 метров на уровне глаз стрелка. Диаметр наибольшего сектора “1” составляет 50 сантиметров.

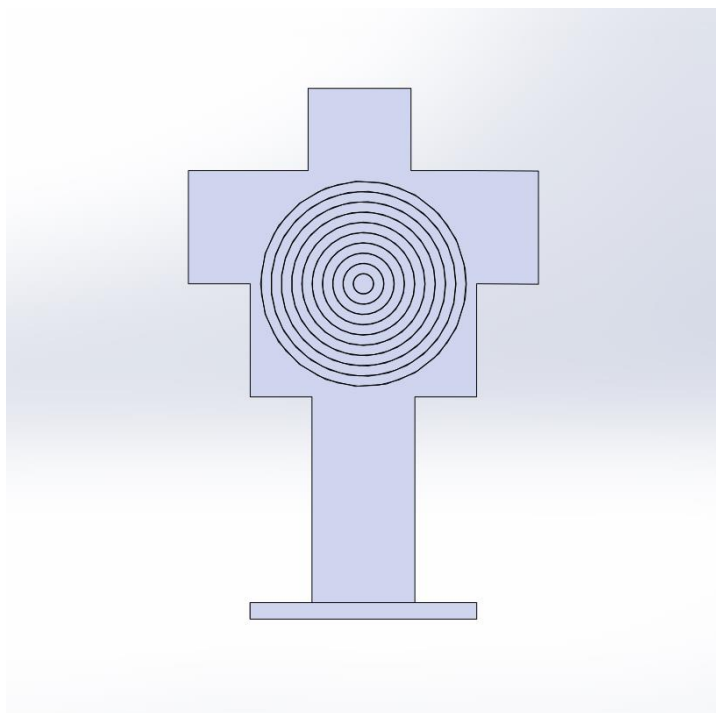


Рисунок 3 - ростовая мишень

МЕХАТРОННЫЙ УЗЕЛ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ЗАПОЛНЕНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАГАЗИНА СВЕРЛИЛЬНОГО СТАНКА С ЧПУ

Студент гр.30309119 Хоменок Е. Д.

Научный руководитель – Шпургалова М. Ю.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

ВВЕДЕНИЕ

Промышленное устройство, которым человек может управлять в ручном режиме называется роботом манипулятором. Такое устройство может не только существовать как отдельная единица, но и входить в сложный роботизированный комплекс. Манипулятор состоит из узлов, каждый из них отвечает за конкретные задачи, одни позволяют совершать вращательное движение, другие же поступательное.

Современные технологии в настоящее время заняли очень высокие позиции, производства стали чаще устанавливать роботов, тем самым минимизируя человеческий ручной труд. В самых сложных производственных процессах роботы могут исполнять управляющие и двигательные функции. Все роботы-манипуляторы могут с успехом заместить собой несколько десятков профессионалов. На данный момент времени данный вопрос актуален, так как применение роботов-манипуляторов позволяет автоматизировать практически любой процесс промышленности.

Каждый год перед промышленностью остро стоит вопрос о сокращении экономических затрат. Благодаря применению роботов-манипуляторов на производстве можно сократить количество ошибок во время производственного процесса, сократить бракованные изделия, а также уменьшить потери сырья и снизить уровень травматичности. С помощью робототехники предприятие можно оптимизировать под разные технологии, обеспечить должный уровень труда и безопасности.

1.1 Разновидности

Так как общей классификации роботов-манипуляторов нет, условно их можно разделить на несколько видов, которые объединяются по технологическому назначению, особенностям конструкции и другим параметрам.

По типу монтажа роботизированного оборудования:

- Мобильные
- Вертикальные

- Стационарные
- Горизонтальные

По типу применения:

- Автономные
- Автономные с колесами всенаправленного действия
- С ручным управлением
- Коллаборативные
- По типу привода
- Гидравлические
- Электрические
- Пневматические

1.2 Конструктивные особенности

Конструктивные особенности роботов-манипуляторов:

Минимальная занимаемая площадь, эргономичность;

Точность позиционирования – $\pm 0,05$ мм

Оборудование предназначено для 24 часовой работы.

Периметр безопасности

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА

Структурная схема для манипулятора для смены инструмента представлена на рисунке 2.1

Всего устройство состоит из 6 условных частей:

- Питание
- Устройство управления
- Пульт управления
- Исполнительные устройства
- Устройство передвижения
- Программа

Питание

Питание представляет из себя электрическую схему, предназначенную для запитывания различных элементов манипулятора соответствующим образом. Первичным источником питания является сеть ~ 220 В.

Устройство управления

Устройство управления – часть центрального процессора. Оно вырабатывает распределенную во времени и пространстве

последовательность внутренних и внешних управляющих сигналов, обеспечивающих выборку и выполнение команд.

Пульт управления

Пульт управления станком с ЧПУ — это устройство для удаленного управления процессами обработки и выполнения различных действий без обращения к стойке управления.

Исполнительный устройства

Исполнительное устройство (исполнительный элемент) функциональный элемент системы автоматического управления, который воздействует на объект управления, изменяя поток энергии или материалов, которые поступают на объект. Большинство исполнительных устройств имеет механический или электрический выход.

Устройство передвижения

Устройство передвижения служит для перемещения манипулятора или робота в целом в нужное место рабочего пространства (рабочей зоны) и состоит из ходовой части и приводных устройств (привода).

Программа

Для того чтобы микропроцессор манипулятора стал его мозгом, программист должен загрузить в него программу, соответствующую функционалу устройства. Обычный человеческий язык машина понять неспособна, поэтому для общения с ней используются специальные языки программирования. Они могут обеспечить четкую формализацию поставленных задач, точность и надежность их оценки с точки зрения логических связей, и т. д.

Структурная схема автоматизированного мехатронного модуля для транспортировки паллет в складских помещениях КП-3030911919-2023-01-ГЧ представлена в графической части.

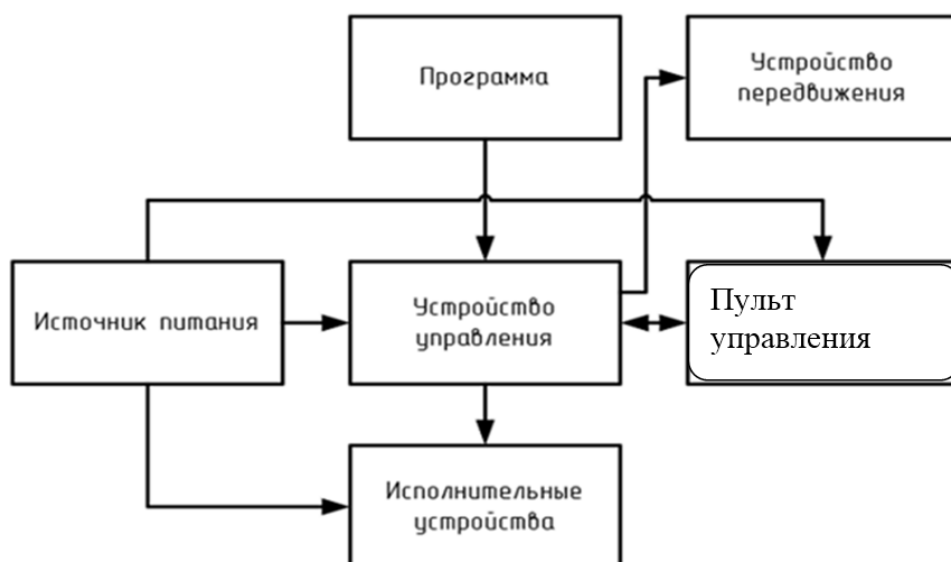


Рисунок 2.1 – Структурная схема

БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМА РАБОТЫ

Блок-схема алгоритма работы мехатронного модуля для сортировки грузов представлена на рисунке 3.1

Блок схема алгоритма работы состоит из следующих этапов:

Процесс 1 – Инициализация. На данном этапе модуль выходит в определенную точку.

Процесс 2 – Проверка наличия груза. На данном этапе сканер штрих-кода ожидает поступления груза.

Процесс 3 – Сканирование. Сканер штрих-кода считывает код с груза и передаёт его в базу данных.

Процесс 4 –Транспортировка. После того как управляющее устройство обработало код, оно задается алгоритм работы исполняющему устройству, которое транспортирует груз в определенную точку.

Процесс 5- Выход в исходную точку. После того как груз доставлен в необходимую точку, исполняющее устройство возвращается в исходную точку и ожидает поступления следующего груза.

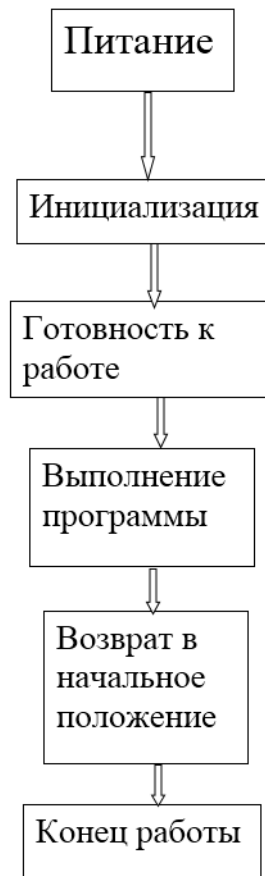


Рисунок 3.1 Блок схема алгоритма работы

МЕХАТРОННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО СНЯТИЯ СЛОЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ СО СТАНКА С ЧПУ

студент гр. 30309119 Чепик А. А

Научный руководитель – Штургалова М. Ю.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Обзор литературных источников

Существуют различные типы моделей манипуляторов для снятия сложных деталей со станка ЧПУ :

Промышленные роботы предназначены для замены человека при выполнении основных и вспомогательных технологических операций в процессе промышленного производства. При этом решается важная социальная задача - освобождения человека от работ, связанных с опасностями для здоровья или с тяжелым физическим трудом, а также от простых монотонных операций, не требующих высокой квалификации. Гибкие автоматизированные производства, создаваемые на базе промышленных роботов, позволяют решать задачи автоматизации на предприятиях с широкой номенклатурой продукции при мелкосерийном и штучном производстве. Копирующие манипуляторы, управляемые человеком-оператором, необходимы при выполнении различных работ с радиоактивными материалами. Кроме того, эти устройства незаменимы при выполнении работ в космосе, под водой, в химически активных средах. Таким образом, промышленные роботы и копирующие манипуляторы являются важными составными частями современного промышленного производства.

Манипулятор промышленного робота по своему функциональному назначению должен обеспечивать движение выходного звена и, закрепленного в нем, объекта манипулирования в пространстве по заданной траектории и с заданной ориентацией. Для полного выполнения этого требования основной рычажный механизм манипулятора должен иметь не менее шести подвижностей, причем движение по каждой из них должно быть управляемым. Промышленный робот с шестью подвижностями является сложной автоматической системой. Эта система сложна как в изготовлении, так и в эксплуатации. Поэтому в реальных конструкциях промышленных роботов часто используются механизмы с числом подвижностей менее шести. Наиболее простые манипуляторы имеют три, реже две, подвижности. Такие манипуляторы значительно дешевле в изготовлении и эксплуатации, но предъявляют специфические требования к организации рабочей среды. Эти требования связаны с заданной ориентацией объектов манипулирования

относительно механизма робота. Поэтому оборудование должно располагаться относительно такого робота с требуемой ориентацией.

Схема электрическая структурная состоит из пяти блоков: «Пульт управления», «Устройство управления», «Исполнительный механизм», «Сенсоры» и «Источник питания».

Блок «Дисплей» отвечает за передачу управляющего сигнала на блок «Устройство управления» и отображения состояния устройства.

Блок «Сенсоры» отвечают за сбор информации и передачу этой информации на блок «Устройство управления».

Блок «Устройство управления» отвечает за приём управляющего сигнала от блока «Пульт управления», за приём информации от блока «Сенсоры», преобразование управляющего сигнала для передачи его на блок «Исполнительный механизм».

Блок «Исполнительный механизм» отвечает выполнение перемещения устройства, приём управляющих сигналов от блока «Устройство управления» и отправку информации о состоянии устройства на блок «Устройство управления».

Блок «Источник питания» отвечает за стабильное питание блоков «Устройство управления», «Исполнительный механизм», «Дисплей» и «Сенсоры».



Рисунок 1 – Блок схема

Блок-схема алгоритма работы

Блок-схема алгоритма работы мехатронного устройства для автоматического снятия сложных изделий представлена на рисунке 2 «Блок-схема алгоритма работы робота манипулятора».

Блок-схема алгоритма работы мехатронного устройства для автоматического снятия сложных изделий со станка с ЧПУ



Рисунок 2 – блок-схема алгоритма работы

Трёхмерная модель мехатронного устройства для автоматического снятия сложных изделий со станка с ЧПУ

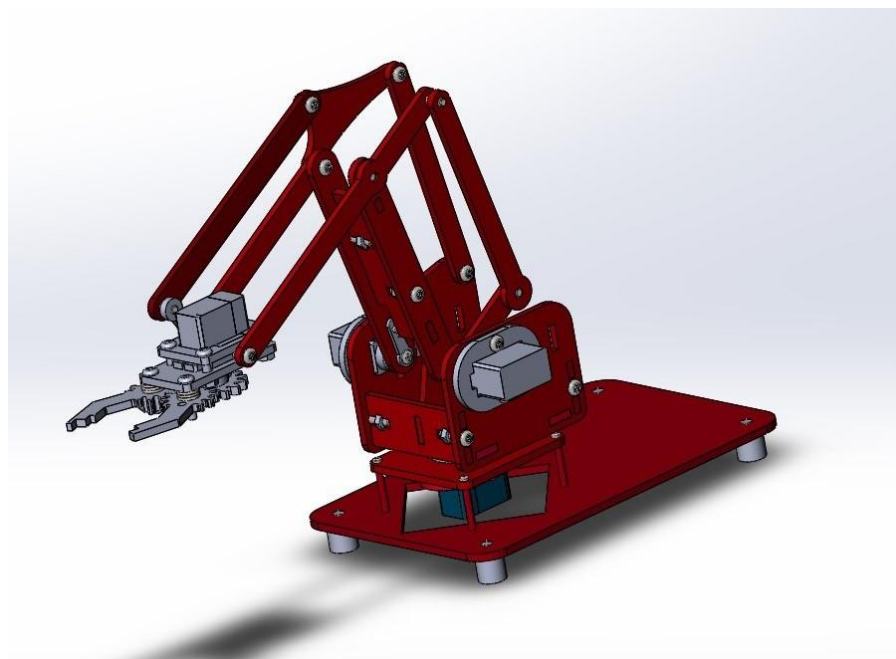


Рисунок 3 – трехмерная модель мехатронного устройства для автоматического снятия сложных изделий со станка с ЧПУ

Литература

1. Зенкевич С. Л., Ющенко А. С. Основы управления манипуляционными роботами. 2-е изд. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. — 480 с. — ISBN 5-7038-2567-9.

РАЗРАБОТКА МЕХАТРОННОЙ ГРАВИРОВАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ФУНКЦИЕЙ ПЕРЕВОДА МАШИННОГО ТЕКСТА В РУКОПИСНУЮ ФОРМУ

студент гр.30309119 Чикунов Е. Ю.

Научный руководитель – Миронов Д. Н.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

ВВЕДЕНИЕ

Проектируемое устройство можно отнести к категории принтеров.

Принтер – это устройство вывода изображения на определенный носитель, например, бумагу, ткань, плёнку, пластмассу и другие. Технология печати и тип носителя зависит от самого типа принтера, о которых мы и говорим в статье.

Типы принтеров:

Матричный

Устаревшая модель, изобретённая японцами в 70-е гг. прошлого столетия. Конструкция имеет общие черты с печатной машинкой. Отличаются только тем, что у матричного принтера может быть от 9 до 24 печатающих головок (игольчатых матриц), ударяющих по красящей ленте. В действие головки приводят электромагниты. Крайняя головка распечатывает текст на бумажный носитель. Иглы имеют разный диаметр, от которого зависит диагональ точек, образующих символы. В качестве носителя, на который выводится текст или картинка, применяется специальная рулонная или фальцованная бумага.

1.2 Струйный

Создаёт рисунок на бумаге точками, но с использованием матрицы, печатающей жидкими чернилами. Вдоль картриджа или печатающей головки есть маленькие дюзы, через которые вытекают чернила на бумагу.

Чернила должны иметь определённую консистенцию. Слишком жидкие будут долго сохнуть на бумаге, а густые быстро засорят дюзы.

Если в принтере несколько картриджей, то он может делать цветную печать. Могут устанавливаться системы непрерывной подачи чернил. Одной полной заправки чернильницы достаточно для распечатки минимум 500 страниц. Струйный принтер представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Струйный принтер

1.3 Лазерный

Работают по технологии фотокопирования, которая известна с начала Второй мировой войны. Основным конструктивным элементом лазерных принтеров – фотобарабан, который удерживает электрический заряд.

Лазер, попавший на фотобарабан, изменяет заряд только на определённом участке. Поверх вала наносится порошковый краситель – тонер. Он примагничивается только в местах, где не совпадает по заряду с поверхностью вала. Так получается изображение, которое переносится на бумагу. Под действием высоких температур порошок запекается и остаётся на листе бумаги. Лазерный принтер представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Лазерный принтер

1.4 МФУ

Многофункциональное устройство – одновременно выполняет функции принтера, сканера и ксерокса. Покупают для больших офисов, где нужно работать с большими объёмами печатной информации. Имеющийся в аппарате сканер, считывает данные с распечатанных листов и переводит их в электронный формат на компьютер (скан-копия). Информация в электронном виде может храниться и обрабатываться. Ксерокс делает копии уже распечатанных страниц. Из-за больших габаритов МФУ чаще ставят в офисах, но есть и компактные модели для дома. Существуют струйные и лазерные МФУ.

1.5 Сублимационный

Ещё называют термосублимационным. Может выводить изображение и текст на плотный материал наподобие пластика. Внутри аппарата есть чёрный, цветной и защитный картридж.

1.6 Led-технология

Принцип действия сравним с лазерной техникой. В led-аппаратах другой источник света, меняющий заряд на фотобарабане. Вместо лазера установлены светодиоды по 2,5-10 тыс. штук. За каждую нанесённую на бумагу точку отвечает отдельный светодиод, из-за чего получается высококачественная печать. Из-за отсутствия внутри механических элементов led-принтеры менее склонны к механическим неисправностям.

1.7 Термопринтер

Изображение переносится термочувствительными носителями, в частности, нагревательными элементами или инфракрасным излучением, созданным светодиодами. Термопринтеры печатают на поверхности разной плотности и твёрдости.

3D принтер

Можно печатать объёмные детали из специфических материалов. Есть домашние модели и офисные. Широко применяется в медицине и других профессиональных направлениях. 3D принтер представлен на рисунке 3.

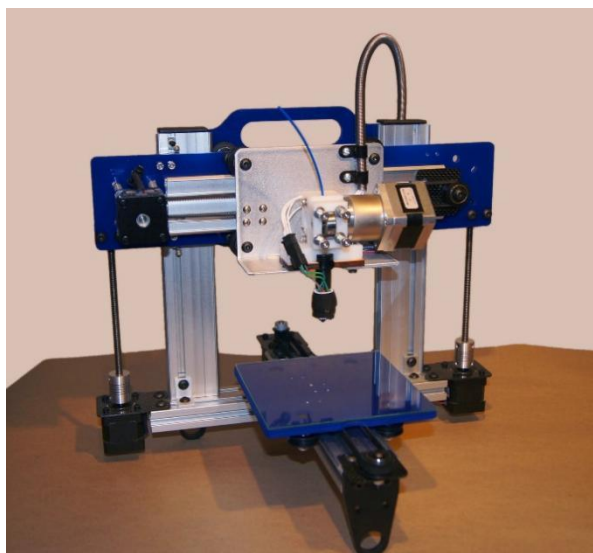


Рисунок 3 – 3D принтер

3D-принтер может быть струйным или лазерным, а красителем выступают полимеры или порошок. Есть отдельные разработки, распечатающие магнитной пылью, песком или глиной. В кулинарии применяются пищевые 3D-устройства.

Барабанные принтеры

В наше время не применяются. Внутри принтера барабан, ширина которого совпадает с шириной страницы. На вале размещаются рельефные символы. Вращаясь, вал ударяет по бумаге металлическим наконечником, создавая элементы изображения по подобию печатной машинки. Барабанный принтер представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Барабанный принтер

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА

Структурная схема устройства представлена на рисунке 5. Из структурной схемы видно, что устройство состоит из следующих блоков:

2.1 Источник питания

Источник питания служит для обеспечения электроэнергией работающего устройства. При выборе источника питания стоит учесть бесперебойность питания и автономность работы исходя из выбираемого источника питания.

2.2 Устройство управления

Устройство управления служит для приёма запроса пользователя, дальнейшей обработки запроса заложенным программным обеспечением и дальнейшей выдачи команд для исполняющих устройств.

2.3 Исполняющие устройства

Исполняющие устройства принимают команды и выполняют поставленные задачи. При выборе исполняющих устройств стоит учесть их точность при выполнении работы.

2.4 Считывающее устройство

Считывающие устройства служат в роли помощников для определения исполняющих устройств в пространстве. При выборе стоит учесть скорость реагирования датчиков.



Рисунок 5 – структурная схема

БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМА РАБОТЫ УСТРОЙСТВА (рисунок 6)

На блок-схеме алгоритма работы системы, приведенной в графической части проекта, показан алгоритм выполнения программы.

Как мы видим, с помощью данного алгоритма можно управлять:

Постановкой задачи для ее выполнения;

Установкой рабочей зоны;

Выбор исполняющего устройства.

С помощью алгоритма мы управляем движением системы.

Описание работы блок-схемы алгоритма работы устройства

В начале происходит подача питания. Питается система от внешнего источника питания (Блок питания).

Затем происходит инициализация. На этом этапе происходит включение микроконтроллера и наладка его связи с периферийными устройствами.

Затем идёт выполнение основного этапа программы. В данном этапе мы ставим задачу устройству при помощи ПО. Устройство обрабатывает поставленную задачу и при помощи сервоприводов приступает к её исполнению.

После выполнения необходимых работ при помощи ПО устройство завершает работу сервоприводов.

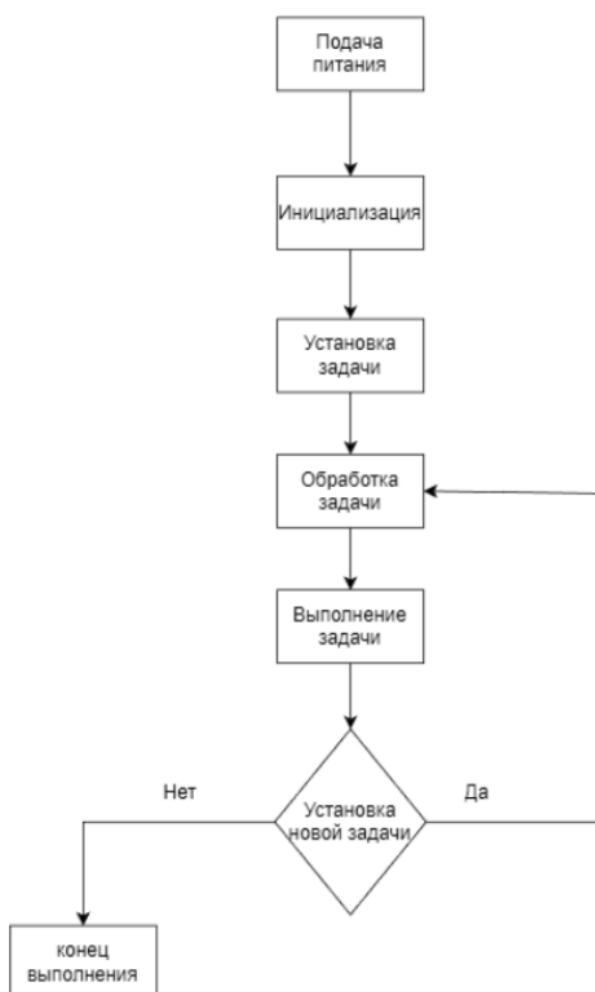


Рисунок 6 – Блок-схема алгоритма работы

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО НАТЯЖЕНИЯ МЕДНОГО ПРОВОДА НАМОТОЧНОГО СТАНКА

студент гр.10309119 Гамеза А. В.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Намоточный станок – это электромеханическая машина вспомогательного назначения, предназначенная для волочения проволоки, которое используется для намотки катушек трансформаторов, роторов и статоров электродвигателей.

На производстве используется два способа намотки статоров и роторов:

Ручная

Автоматическая

При изготовлении прототипа электрического мотора преимущественно применять ручную намотку. Это позволит сэкономить средства на наладку производства. Однако если говорить о серийном производстве, то предпочтительнее использовать автоматическую намотку, что уменьшит вероятность негативного влияния человеческого фактора. Для автоматической намотки применяют специализированные намоточные станки.

Станок для намотки статоров состоит из:

- основания
- устройства для установки и поворота статора на шаг намотки
- устройство для укладки провода в пазы статора
- устройства натяжения провода
- электронный блок управления
- система фиксации статора

Процесс намотки статора представлен на рисунке 1.

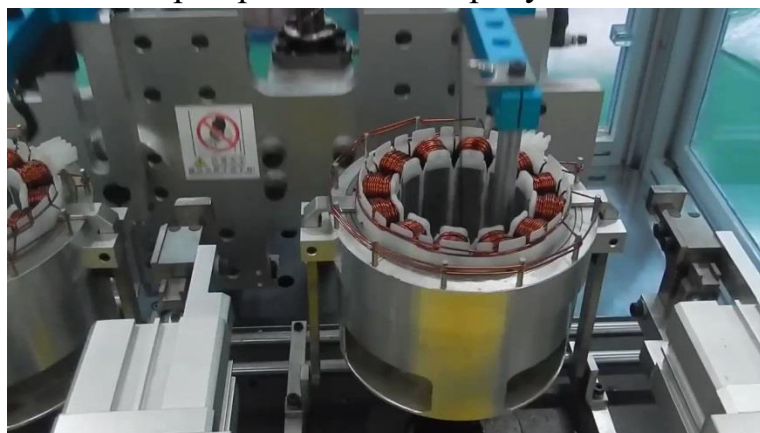


Рисунок 1 – Процесс намотки статора

В данной статье рассмотрим процесс проектирования устройства автоматического натяжения медного провода.

Для проектирования устройства была спроектирована структурная схема (Рисунок 2).

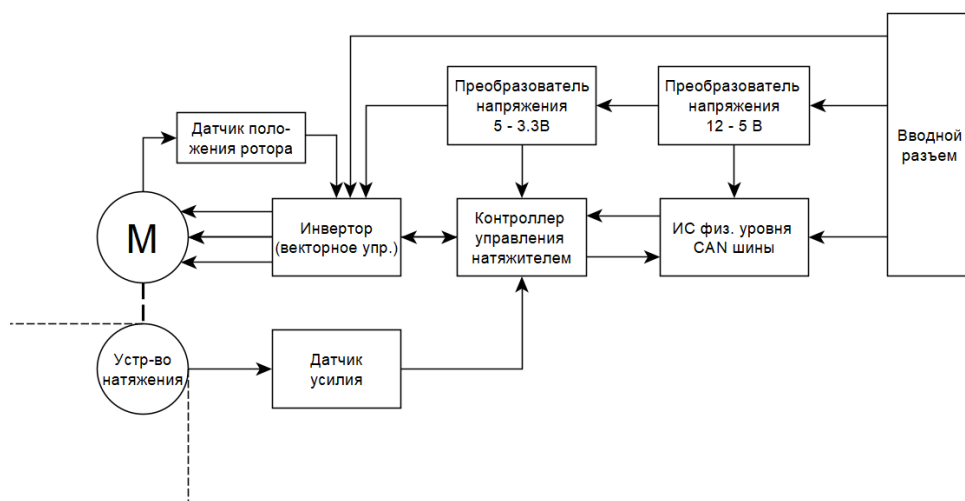


Рисунок 2 – Структурная схема устройства

На основании принципиальной схемы (Рисунок 2) была спроектирована схема электрическая принципиальная (Рисунок 3).



Рисунок 5 - 3D модель устройства натяжения медного провода

После чего была составлена блок-схема алгоритма работы данного устройства (Рисунок 6).

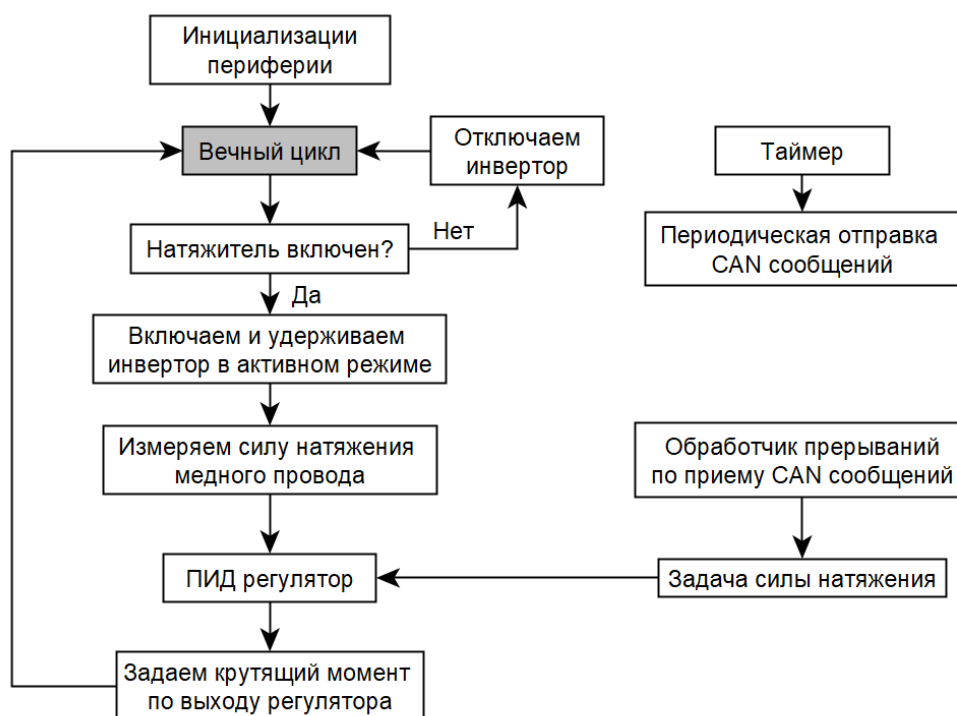


Рисунок 6 – Блок-схема алгоритма работы устройства автоматического натяжения медного провода

Заключение

Было спроектировано устройство автоматического натяжения медного провода для намоточного станка, разработана структурная схема на основании требований к системе. Исходя из структурной схемы разработали

электрическую принципиальную схему устройства автоматического натяжения медного провода. Также была разработана трехмерная модель устройства. И описан алгоритм работы в виде блок-схемы.

ЭКЗОСКЕЛЕТ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОХОДКИ ЧЕЛОВЕКА С НАРУШЕНИЯМИ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

студент гр.10309119 Антонов Н. Г.

Научный руководитель – Гулай А. Н.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

При упрощении схемы выполнения движений скелетной мускулатуры, в обычных ситуациях сокращение мышц осуществляется с помощью сигналов, которые посылает головной мозг через структуры периферической и центральной нервной системы. При определенных травмах или заболеваниях проведение данных сигналов, как правило, затрудняется и их становится недостаточно, для самостоятельного осуществления движений. Экзоскелет пассивного типа выполняет и поддерживает движение путём регистрации и усиления этих минимальных импульсов в мышцах ног, которых не хватает, чтобы выполнить движения самостоятельно. Специальные моторы в устройстве, выполняют движение конечностей. Они расположены в области коленных и тазобедренных суставов. Таким образом, пациент сам своим желанием и телом обуславливает процесс движения. Это является важным отличием от схожих систем других производителей. После инициирования движения самим пациентом, мозг регистрирует обратную связь от ног. Желание выполнить шаговое движение приводит к сгибанию и разгибанию суставов, изменению положения ног, что в итоге фиксируется мозгом и в результате создается обратная связь согласно схеме «желание и результат». Такие действия ведут к реактивации отделов мозга, которые были затронуты. Такая способность человеческого мозга уметь восстанавливать утраченные связи в результате повреждения называется “нейропластичность”.

Экзоскелет – это носимое (надеваемое на человека) механическое устройство или программно-мехатронный комплекс с элементами антропоморфных структур, конструктивно предназначенный для преумножения физических возможностей человека путём синхронного дублирования и поддержки двигательной активности последнего. Говоря о преумножении физических способностей, мы подразумеваем, что экзоскелет способен сделать человека здоровее, выносливее, эффективнее, технически правильнее. Экзоскелеты бывают пассивные (механические) и активные

Главным отличием пассивного экзоскелета от активного является отсутствие электроники и дополнительных, способствующих движению, устройств. Пассивный экзоскелет принимает на себя всю нагрузку от переносимого предмета, тем самым разгружая опорно-двигательный аппарат. Из-за отсутствия электроники увеличивается надёжность системы, но при это

накладывается ограничение на массу переносимого объекта. Также пассивный экзоскелет имеет сложность в расчётах неагрузок действующих на него. Главным плюсом будет то, что пассивный экзоскелет своей конструкцией не ограничивает естественную свободу движений конечностей человека.

Активный Экзоскелет представляет собой автоматическую конструкцию, усиливающей функции тела человека. В ее состав входят каркас и приводы(электрические, гидравлические или пневматические). Благодаря приводам осуществляется функция перемещения и дублируется работа опорно-двигательной системы. Другими словами, они позволяют рассчитать усилие и двигательную безопасность. Наличие электроники позволяет облегчить количество расчётов нагрузок устройства и возложить часть расчётов на программное обеспечение экзоскелета. Благодаря наличию приводов увеличивается возможности использования экзоскелета. Однако большим минусом являются сложность и габариты конструкции активного экзоскелета, что не позволяет обеспечить полную свободу естественным движениям конечностей человека.

КОНСТРУКЦИЯ КОЛЕСНОГО РОБОТА ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПО ТРУБОПРОВОДУ С ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ ПОПЕРЕЧНЫМ СЕЧЕНИЕМ

студент группы 10309119 Костерев Д.А.

Научный руководитель: старший преподаватель Глембоцкий А.В.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Неотъемлемой и одной из самых важных составляющих инфраструктуры современной промышленности являются трубопроводные сети. Для их бесперебойного функционирования и сведения к минимуму аварийных ситуаций необходимы обслуживание, мониторинг состояния и ремонт трубопроводов, что является сложно реализуемой технически и достаточно затратной экономической задачей. Одним из вариантов решения указанной задачи является использование внутритрубных роботов, которые могут контролировать состояние трубопроводов, обнаруживать трещины, загрязнения, проводить достаточно простые ремонтные работы и т.д.

Особенностью обследования трубопроводов является выполнение внутритрубной диагностики в условиях переменности поперечного сечения. При движении мобильного робота в трубопроводе устройству приходится преодолевать различные препятствия путем изменения поведения на основе данных подсистемы датчиков робота. [1]

Рассмотрим подробнее каждый прецедент, что позволит сделать вывод о конструкции мобильного робота, предназначенного для диагностики трубопроводов. Иллюстрации прецедентов представлены на рисунке 1.

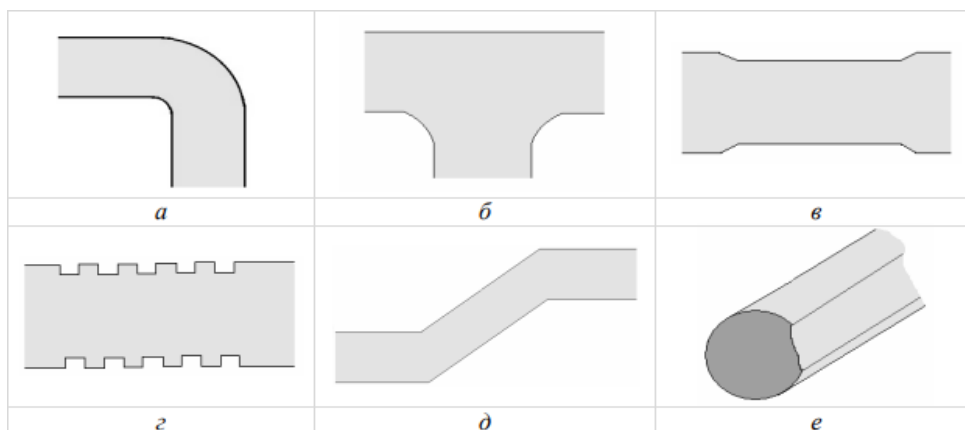


Рисунок 1 – Типичные ситуации (прецеденты):

а – повороты трубопровода; б – тройники; в – внутренние подкладки;
г – гофры; д – изменения наклона трубы; е – изменения формы трубы

1. Повороты трубопровода (рисунок 1, а). Для эффективного движения в трубопроводах с поворотами нужно учитывать, что в изгибах трубопровода невозможен контакт всех колес робота с внутренней поверхностью трубы. Траектории движения каждого колеса различны, что может вызвать перегрузку ведущей системы робота и оказать негативное влияние на стабильность перемещения в трубопроводах с большим количеством поворотов.

2. Тройники, отводы трубопровода (рисунок 1, б). Технология прохождения тройников аналогична прохождению поворотов трубопровода.

3. Сужения (увеличения) диаметра трубы: – внутренние подкладки, сварные швы (рисунок 1, в). Роботизированный комплекс должен обладать механизмом адаптации поджатия движителей для изменения своего внешнего радиуса и подстройки под текущий внутренний радиус трубопровода; – гофры (рисунок 1, г). В случае если размер колес много больше шага гофрированной трубы, адаптация поджатия движителей происходит согласно размеру внутреннего радиуса гофрированной трубы.

4. Изменение наклона трубы, вертикальные участки (рисунок 1, д). Чтобы исключить проскальзывание колес робота и обеспечить прохождение наклонных и вертикальных участков трубопровода, необходимо за счет увеличения силы давления колеса на трубу обеспечить высокий коэффициент трения между этими движителями и внутренней поверхностью трубопровода. [2]

5. Изменения диаметра и формы трубы – вмятины, овальности, сплющивания (рисунок 1, е). Основная сложность движения в данных ситуациях – сохранение управления при потере контакта с поверхностью одного или нескольких колес робота.

Проанализировав возможные ситуации движения внутри трубопровода, можно сделать вывод, что наилучшее конструкторское исполнение диагностического робота – использование колесного роботизированного комплекса с трехпорной лучеобразной кинематикой. Основным преимуществом данной конструкции перед традиционной для мобильных роботов мобильной конструкцией является преодоление наклонных и вертикальных участков трубопроводов.

В качестве роботизированной системы, служащей для перемещения дефектоскопического оборудования, используется робот, конструкция которого аналогична роботу, представленному на рисунке 2. [3]



Рисунок 2 – Конструкция роботизированной платформы

Робот состоит из трех частей: 1) основание робота, в передней части которого установлено устройство визуального контроля; 2) три одинаковых колесных модуля (блока), расположенных относительно друг друга под углом 120° ; 3) устройство визуального контроля, предназначенное для навигации робота внутри трубопроводов и осмотра трубопровода. Робот преодолевает повороты, изменяя скорость ведущих модулей. Механизм связи принимает участие в управлении роботом. Это позволяет производить необходимый контакт колес каждого ведущего модуля со стенами трубопроводов так, чтобы робот мог эффективно преодолевать встречающиеся в трубопроводе повороты.

Конструкция колесных модулей, представленная на рисунке 3, разработана таким образом, чтобы обеспечить необходимую тяговую силу и гибкость в управлении. Три колесных модуля прикреплены концами опор к каркасу.

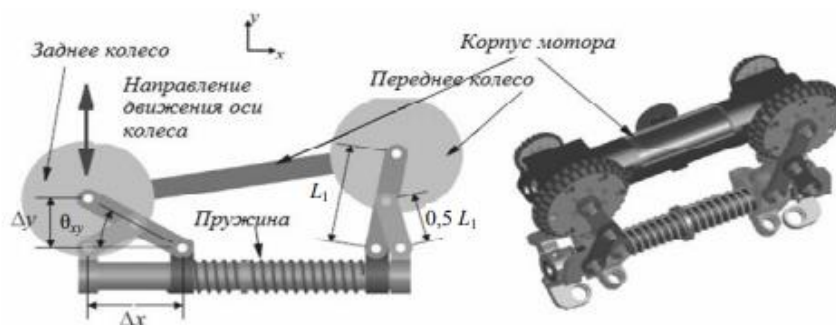


Рисунок 3 – Конструкция колесных модулей

Такая конструкция обеспечивает множество преимуществ при движении по горизонтальным и вертикальным участкам труб, при преодолении сужений, клапанов, изгибов и т. д.

Заключение: внутритрубные дефектоскопы активно применяются в наше время, в т.ч. и с другой конструкцией. Также, следует отметить, что «доставка» датчиков на место проведения анализа это только половина успеха. В совокупности с этим необходимо разработать методики и алгоритмы обработки данных.

Разработанное устройство имеет возможность доработки путём добавления датчиков магнитного поля для более углубленного анализа трубопроводов, колёса на магнитах, ультразвуковые датчики для контроля сварных швов и т.д.

Литература

1. Голубкин, И.А. Универсальная сенсорная подсистема мобильного колесного робота / И. А. Голубкин, И. А. Щербатов. – Астрахань : АГТУ, 2010. – 35с.
2. Systems analysis of gas pipeline inspection by mobile robot / L&L Publishing. – Titusville, Fl, 2013.
3. Differential-drive in-pipe robot for moving inside urban gas pipelines / IEEE Transactions on Robotics. – 2005.

ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ ПОДВЕСКА С СИСТЕМОЙ ЭЛЕКТРОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АВТОМОБИЛЯ МАЗ

студент гр.10309119 Криворот А.П.

Научный руководитель - Козлов Ю.В.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Наименование разрабатываемого устройства: Пневматическая подвеска с системой электронного управления для автомобиля МАЗ.

Назначение устройства: осуществлять регулировку уровня автомобиля, эффективно поглощать неровности дорожного покрытия.

Цель создания устройства: импортозамещение покупных пневматических подвесок, ввод в производство и продажа отечественной системы.

Сегодня пневматические подвески активно используются в автомобилестроении, особенно в пассажирских автобусах и грузовом транспорте. При движении по неровностям дороги на колёса автомобиля действуют ударные нагрузки. Эти нагрузки через систему поддресоривания и направляющие элементы передаются на кузов автомобиля. Одна из задач пневматической подвески - демпфирование этих нагрузок.

Пневматическая подвеска обеспечивает:

Безопасность

Сохраняется постоянный контакт колеса с дорогой, имеющий большое значение для эффективной работы тормозов и точности рулевого управления.

Комфорт

Надёжность работы

Под понятием комфорта подразумевается защита пассажиров от воздействия колебаний, угрожающих их здоровью или создающих неприятные ощущения, а также сохранение целостности перевозимого груза [1].

Основное назначение такой подвески - компенсация отклонений в регулировке. Отклонения в регулировке возникают вследствие возмущающих воздействий или изменений в заданных значениях. Это приводит к изменению расстояния между осью автомобиля и его конструкцией. Подвеска выравнивает отклонения в регулировке, корректируя уровень.

Пневматическая система с электронным управлением представляет собой систему автотранспорта с множеством функций. Особенностью является то, что регулирование происходит за счёт электроники. Управление пневматической подвеской осуществляется через магнитные клапаны с помощью данных измерения, полученных от датчиков. Наравне с управлением

нормальным уровнем система производит управление также с помощью пульта или панели управления.

Основные элементы пневматической подвески:

пневматические упругие элементы;

компрессор;

ресивер;

датчики положения кузова;

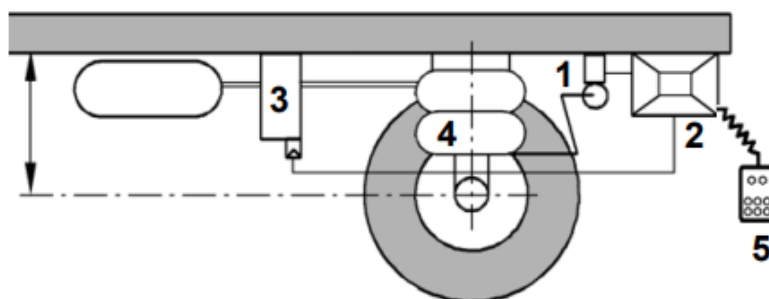
система управления.

Пневмоэлементы - пневмобаллоны, пневматическая рессора, упругий элемент, называть их можно по-разному. Суть от этого не меняется. Задача пневмоэлемента состоит в том, чтобы эффективно воспринимать нагрузки от неровностей дороги и сохранять клиренс автомобиля на заданном уровне. Для этого ему необходимо поддерживать определённое давление воздуха и сохранять его в своём объеме. Конструктивно пневмобаллон может быть либо выполнен вместе с амортизатором, либо устанавливаться отдельно.

Компрессор. Его задача сводится к тому, чтобы обеспечивать все пневморессоры воздухом под заданным давлением. Это не просто компрессор, а цепь элементов, контролирующая подачу воздуха и общее давление в системе; кроме того, в конструкцию компрессора обязательно входит осушитель для предотвращения накапливания влаги в системе.

Ресивер - резервуар, который служит для накопления сжатого воздуха и дальнейшего поддержания заданного давления в системе. Это необязательный элемент, однако его применение крайне желательно, тк позволяет не заставлять компрессор качать воздух постоянно. После понижения давления в ресивере до определенного предела электроника даст команду компрессору на включение.

Основная система (Рисунок 2):



1 - датчик хода; 2 - ECU (электронный блок управления); 3 - магнитный клапан ECAS; 4 - пневмобаллон; 5 - дополнительный блок управления.

Рисунок 2 – основные функции системы ECAS

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЫЧАЖНЫМ ШАГАЮЩИМ МЕХАТРОННЫМ МЕХАНИЗМОМ В АВТОНОМНОМ РЕЖИМЕ

студент гр.10309119 Кузнецов Д. И.

Научный руководитель - Костюк И. Р.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Наименование разрабатываемой системы – Система автоматического управления рычажным шагающим мехатронным механизмом в автономном режиме.

Цель создания системы – демонстрация процесса ходьбы робототехнических автономных систем.

Задачи, решение которых предусматривается в процессе проектирования системы:

- Обзор литературных источников.
- Обзор существующих аналогов.
- Разработка структурной схемы.
- Разработка электрической схемы соединений.
- Разработка трёхмерной модели устройства
- Расчет НДС
- Разработка блок-схемы алгоритма работы.

В настоящее время практически во всех промышленно развитых странах интенсивно ведутся работы по созданию и исследованию шагающих роботов. Это вызвано тем, что шагающие машины по сравнению с традиционными колёсными и гусеничными машинами имеют ряд преимуществ перед традиционными транспортными средствами при движении по поверхности со сложным рельефом, такими как пресечённая местность, завалы, а также внутри зданий и сооружений, где необходимо перемещаться по лестницам и узким коридорам и шахтам.

В целом идея использования шагающих роботов рассматривается многими исследователями. Выбор конструкций зависит от задач, поставленных перед шагающей машиной. Возможность применения упрощённой конструкции, сокращения подвижности конечностей, упрощения систем управления, обеспечения движения возникает в случаях, когда к роботу не предъявлены требования перемещения по сложным поверхностям, в случаях, когда часть управления берет на себя оператор. В более жестких условиях, при необходимости действовать полностью или частично автономно и при заранее неизвестном состоянии опорной поверхностью,

робот должен иметь конструкцию с большей степенью подвижности конечностей. Это приводит к необходимости построения сложной системы управления.

Наиболее перспективным решением является заимствование алгоритмов перемещения конечностей у представителей живой природы (насекомых, млекопитающих, членистоногих). Однако простое копирование алгоритмов и траекторий движения конечностей недостаточно для того, чтобы обеспечить движение робота по сложному рельефу. Необходимо построить систему очувствления робота и разработать алгоритмы корректировки движения каждой конечности, представляющую собой отдельный объект управления с одной стороны и часть системы обеспечения устойчивости — с другой.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ 3D МОДЕЛИ КЛИМАТИЧЕСКОЙ КАМЕРЫ «ТЕПЛА И ВЛАГИ» ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

студент гр 10309119 Леоник А. И.

Научный руководитель – Полынькова Е. В.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Климатическая камера (англ. climate chamber) — камера, позволяющая точно моделировать агрессивное воздействие окружающей среды и применяемая в научно-исследовательских учреждениях, разрабатывающих оборудование для машиностроения, а также оборонной и авиационной промышленности, предполагает наличие высокоточного измерительного прибора для контроля влажности и температуры воздуха [8].

Разновидности испытательных камер

Видов испытательных камер множество. Все они спроектированы таким образом, чтобы имитировать конкретные погодные условия и атмосферные воздействия. Эти камеры представлены в различных моделях, а потому могут функционировать в самых разных режимах [8]:

- термокамеры (холод, тепло);
- климатические (к температуре добавляется влажность);
- термоудара (кратковременного воздействия температурой – как низкой, так и высокой);
- соляного тумана;
- солнечной радиации;
- барокамеры (в емкости создаются нужные показатели давления);
- термоциклирования и прочие вариации.

Конструктивные особенности

На примере рассмотрим стандартное климатическое оборудование, которое пользуется наибольшим распространением. Такие аппараты состоят из четырех главных элементов:

- рабочий объем (теплоизолированная емкость) – имеет самое важное значение, поскольку именно сюда помещается испытуемый материал или предмет;
- паровой генератор;
- панель с управлением – располагается все электрооборудование, с помощью которого представляется возможным настраивать процесс испытания;
- корпус камеры – здесь находятся все ключевые элементы аппарата;

- охладитель (холодильный агрегат) – здесь проходит последующая обработка материала после первоначального воздействия; это необходимо для сохранения материалом первоначальных технико-эксплуатационных характеристик.

Внутри камеры имеются теплообменники. Обязательно встроена защита дверцы, а также смотровой иллюминатор. Всем зазорам и отверстиям уделяется должное внимание, поскольку режим испытания ни в коем случае не может быть нарушен. Также и продолжительность открытия дверцы должна быть минимальна.

Если говорить о камерах малых или средних размеров, объем внутреннего резервуара которых составляет до 500 литров, то такое оборудование изготавливается с жесткой колесной рамой – высокопрочные прорезиненные ролики. Большие системы обычно исполняются стационарными. Охлаждающая часть защищена особыми кожухами. На наружной стене – автоматическая панель управления со всем необходимым дополнительным оборудованием.

Для конкурентоспособности, разрабатываемая камера должна обладать характеристиками, соотносимыми с характеристиками своих аналогов, что будет учтено и отразится на приведенной далее разработке модели.

Разработка моделей составных элементов климатической камеры

1 Трехмерная модель корпуса

Корпус это основной элемент сборки, так как к нему крепятся все остальные элементы сборки. К корпусу крепятся лампы, система увлажнения, система осушения, система тепло-холод и датчики. Для всех систем и датчиков предусмотрены отверстия и резьбы для крепления. Для системы осушения предусмотрено крепление грубого воздушного фильтра, крепление фильтра-осушителя и крепление вентилятора системы осушения. Для системы тепло-холод предусмотрены отверстия для крепления испарителя, отверстия для крепления нагревателя, отверстия для крепление вентиляторов, а также предусмотрено крепление крышек для закрытия воздушного канала тепло-холод.

Трехмерная модель корпуса представлена на рисунке 18.

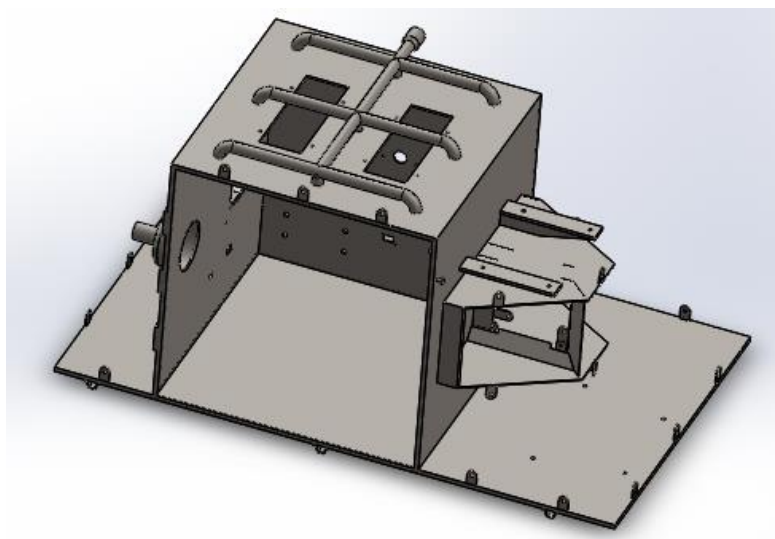


Рисунок 18 – 3D модель корпуса

2 Трехмерная модель дверцы

Дверца состоит из дверных петель, резиновых прокладок, стеклянного барьера, пластмассовых крепежей для стеклянного барьера, ручки дверцы, крышки дверцы, а также всех элементов крепежей, типа винтов и болтов.

Трехмерная модель дверцы представлена на рисунке 19.

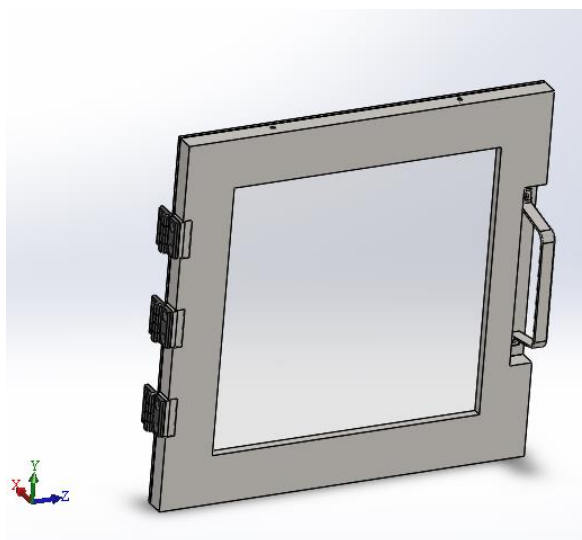


Рисунок 19 – Трехмерная модель дверцы

3 Трехмерная модель лампы

Единичная лампа состоит из алюминиевой подложки для отвода тепла, светодиодов 3W, пластмассовой крышки-корпуса с эффектом диффузного пропускания для широкого диапазона света, платы с разъемами для подвода питания.

Трехмерная модель лампы представлена на рисунке 20.

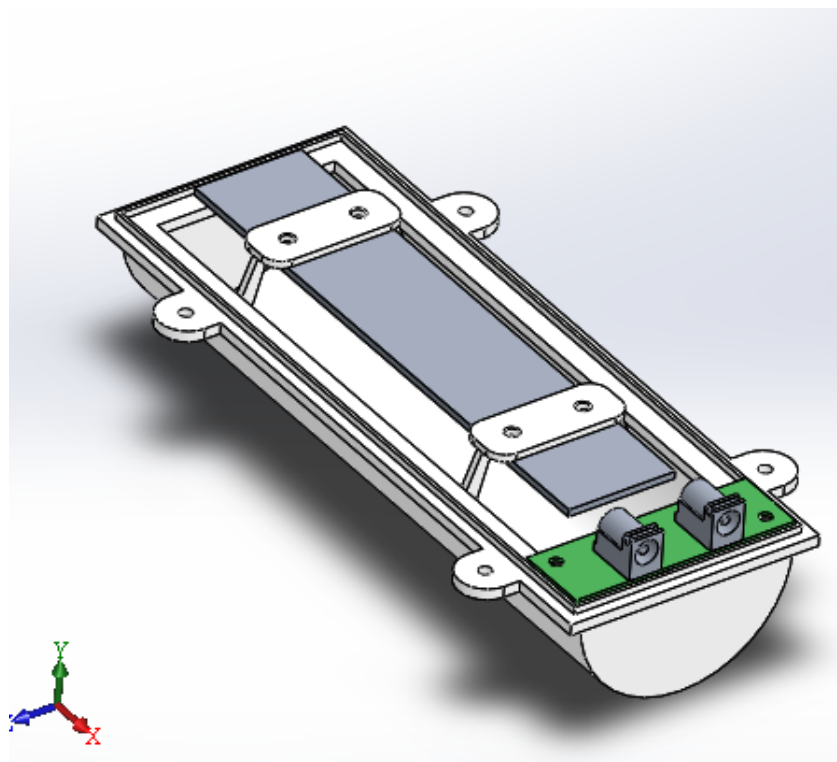


Рисунок 20 – Трехмерная модель лампы

4 Трехмерная модель увлажнителя

Увлажнитель состоит из ультразвукового излучателя, корпуса, крышки и вентилятора. Увлажнитель представляет собой емкость с водой, над поверхностью которой проходит воздушный канал. Вентилятор приводит воздух в движения, подбирая увлажненный воздух и возвращая этот увлажненный воздух по трубкам в рабочую область.

Трехмерная модель увлажнителя представлена на рисунке 21. Трехмерная модель увлажнителя в разрезе представлена на рисунке 22.

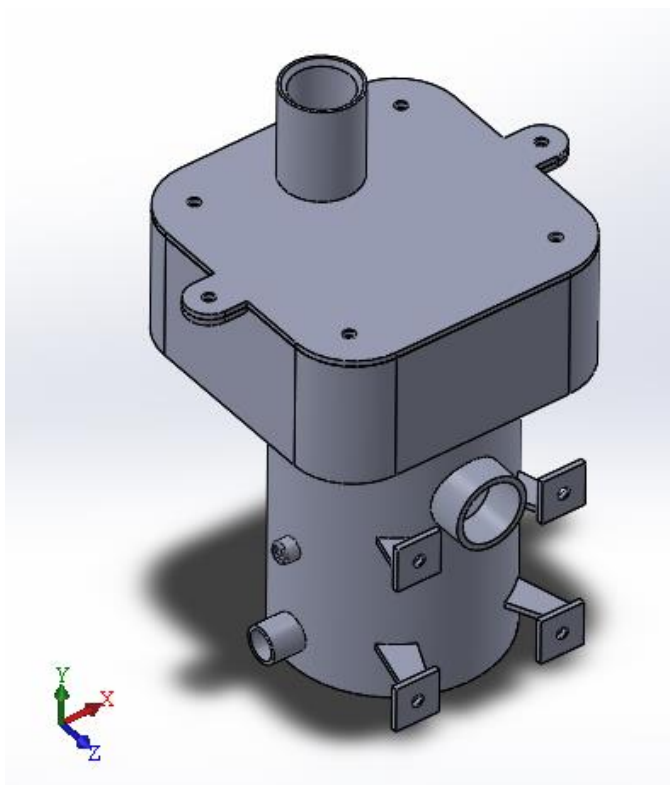


Рисунок 21 – Трехмерная модель увлажнителя

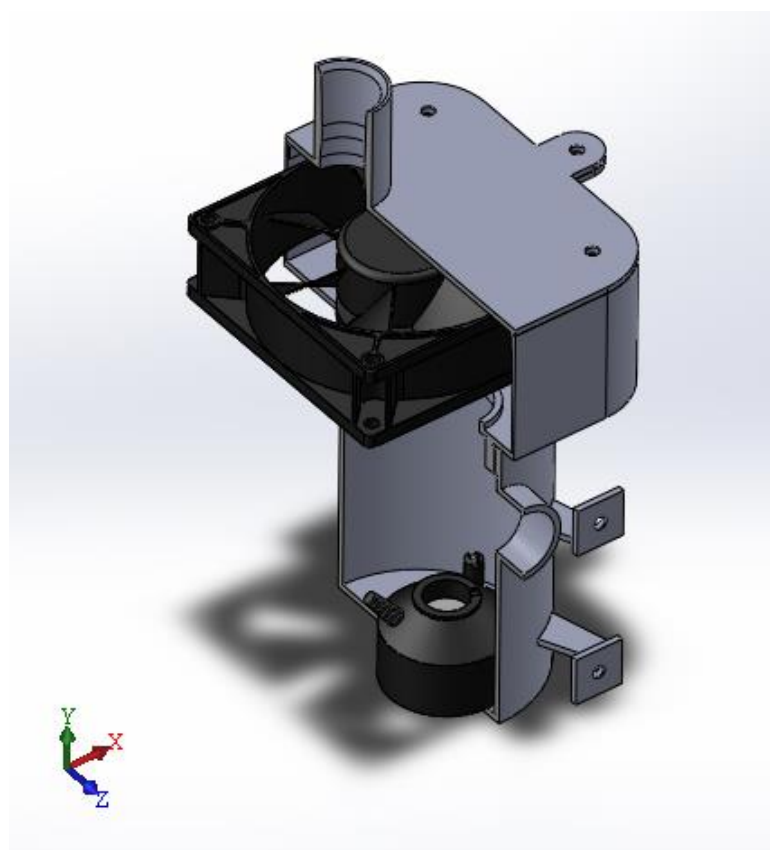


Рисунок 22 – Трехмерная модель увлажнителя в разрезе

5. Трехмерная модель главной платы

Главная плата необходима для управления всей системой КИК: контроль вентиляторов, нагревателя, охладителя, вращения двигателей, прием сигналов с датчиков.

Трехмерная модель главной платы представлена на рисунке 23.

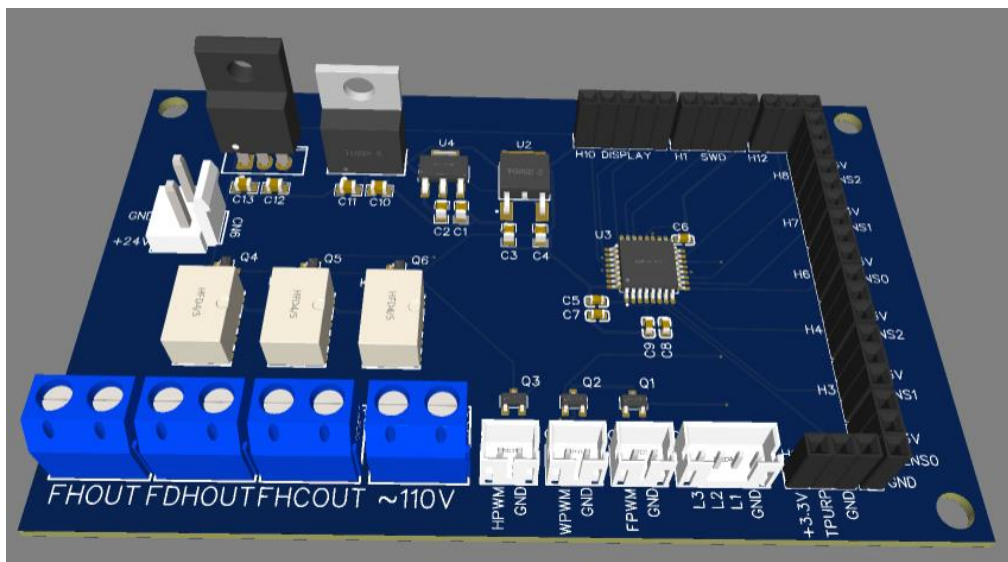


Рисунок 23 – Трехмерная модель главной платы

6 Трехмерная модель сборки

Данная сборка состоит из большого числа компонентов, образуя сложную систему температура-влажность контроля внутри камеры. Все компоненты устанавливаются на корпус и закрываются с помощью кожуха.

Трехмерная модель полной сборки КИК представлена на рисунке 23. Трехмерная модель полной сборки КИК с прозрачным кожухом представлена на рисунке 24.

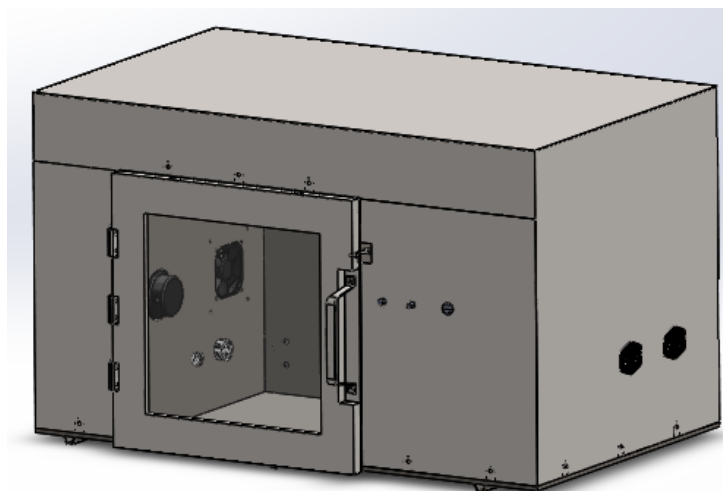


Рисунок 24 – Трехмерная модель полной сборки КИК

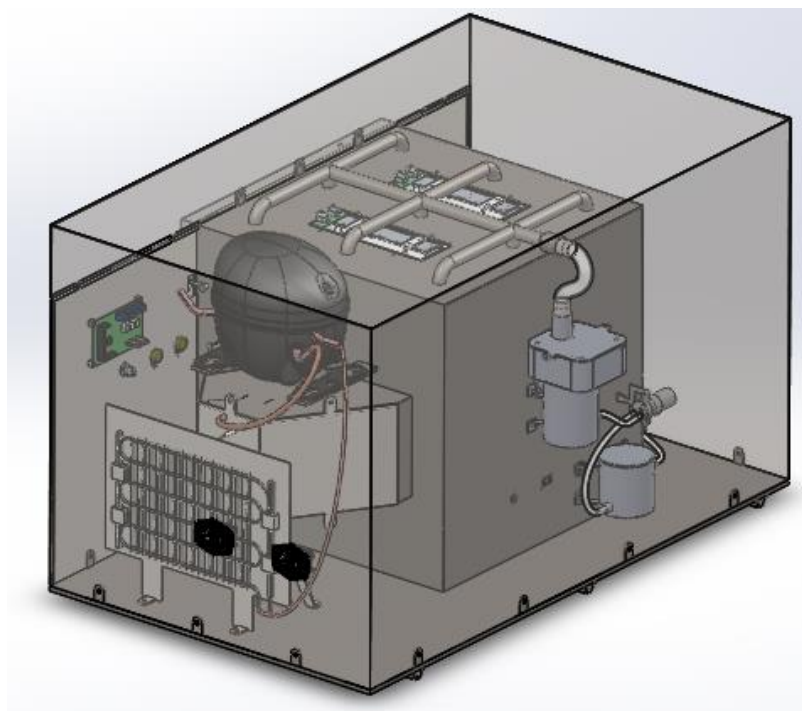


Рисунок 25 – Трехмерная модель полной сборки КИК с прозрачным кожухом

Заключение

Разработанная модель при помощи встроенных функций программы Solidworks 3D CAD, была подвергнута ряду проверок на устойчивость к внешним воздействиям. Данная камера искусственного климата прошла испытание на прочность, соответствует условиям герметичности и обладает рабочими функциями регуляции температуры и влажности внутрикамерной среды, и, следовательно, годится для использования в реальных условиях.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ В ТЕХНОЛОГИИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

студент гр. 10309119 Литвин Н. Д.

Научный руководитель – Глембоцкий А. В.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Точное земледелие — комплексная высокотехнологичная система сельскохозяйственного менеджмента, включающая в себя технологии глобального позиционирования (GPS), географические информационные системы (GIS), технологии оценки урожайности (Yield Monitor Technologies), технологию переменного нормирования (Variable Rate Technology), технологии дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) и решения технологии "интернет вещей" (IoT) [1].

В основе всей системы точного земледелия лежит использование точных карт полей. К каждому участку поля привязываются точные агротехнические характеристики — это данные о химическом составе почвы, уровне ее влажности (в том числе глубине подземных вод), количестве получаемой солнечной радиации [2].

Датчик влажности почвы — это прибор для измерения текущего уровня влажности почвы. Внедренные в систему орошения, датчики помогают составить более благоприятный график подачи и распределения воды. С помощью датчиков также можно увеличить или уменьшить полив для оптимального роста культур.

В зависимости от того, как работают датчики влажности почвы, они делятся на три вида:

- Наземные — устанавливаются под землей для мониторинга корневой зоны;
- Воздушные — получение данных через беспилотные летательные аппараты; иногда используются для картографирования влажности почв;
- Спутниковые — оценка ситуации из космоса. Не мешают проведению работ в поле и помогают сэкономить средства; трудоемкой установки не требуют.

Целью создания системы является проектирование системы контроля влажности почвы в технологии точного земледелия для облегчения контроля влажности грунтов на полях, а также для более точного планирования полевых работ.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: разработать структурную схему и подобрать компоненты для системы контроля влажности почвы; разработать принципиальную электрическую

схему соединений для системы контроля влажности почвы; построить трёхмерную модель для системы контроля влажности почвы; разработать блок-схему алгоритма работы для системы контроля влажности почвы.

Структурная схема системы для контроля влажности почвы представлена на рисунке 1. Из структурной схемы видно, что макет состоит из следующих компонентов: источник питания 1, источник питания 2, устройство управления, датчики, исполнительное устройство.

Исполнительное устройство (ИУ) представляет собой мехатронную систему, предназначенную для автоматической установки датчика влажности в почву. Устройство управления (УУ) производит автоматическую установку датчика влажности, получает значения влажности почвы, запрашивает и получает координаты точного местоположения, записывает полученные на съемный носитель. Устройство управления и исполнительное устройство обязаны иметь обратные связи для получения положения каретки с датчиком влажности почвы.

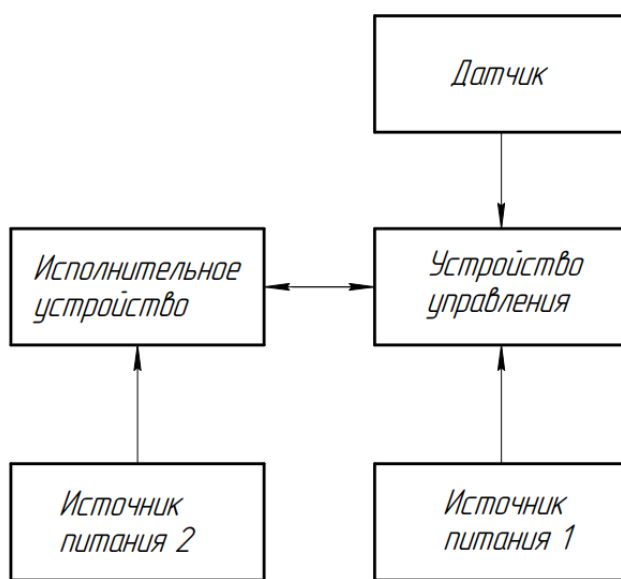


Рисунок 1 – Структурная схема

Взаимосвязь УУ и ИУ имеет полный дуплекс, так как в одно и то же время мы отправляем и принимаем аналоговые и цифровые сигналы. УУ и ИУ связаны со своими источниками питания симплексами, так как управление параметрами источника питания не предусматривается. Используем 2 отдельных источника питания для увеличения точности измерения. Первый источник предназначен для питания цифровой части схемы. Второй источник питания питает чувствительную к помехам аналоговую часть схемы. Датчик

представляет собой сам датчик влажности. Он измеряет диэлектрическую проницаемость почвы, значение которой напрямую зависит от объемного содержания влаги в почве.

В ходе разработки системы все поставленные в начале задачи были решены.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Якушев В. В. Точное земледелие: Теория и практика. – СПб.: ФГБНУ АФИ, 2016 год. – 364 с.

2. Балабанов В. И., Железова С. В., Березовский Е. В. Навигационные системы в сельском хозяйстве. Координатное земледелие. – М.: Из-во РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2013. 143 с.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ МЕХАТРОННАЯ СИСТЕМА ТРАНСПОРТИРОВКИ ГРУЗА НА СКЛАДАХ

студент гр 10309119 Машко Д. Е.

Научный руководитель – Миронов Д. Н.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Люди вынуждены трудиться на складах крупных компаний на низкоквалифицированной и физически тяжелой работе. Увеличение грузопотоков остро ставит проблему автоматизации складских и логистических операций. Автоматическая мехатронная система транспортировки груза поможет решить эту проблему, высвобождая человека для более важных задач. Примером автоматической системы транспортировки груза является автоматически управляемая тележка (АУТ).

Автоматически управляемая тележка (рисунок 1) — это промышленное транспортное средство, которое можно предварительно запрограммировать для перевозки грузов на производстве, складе и между ними [1].



Рисунок 1 – Автоматически управляемая тележка

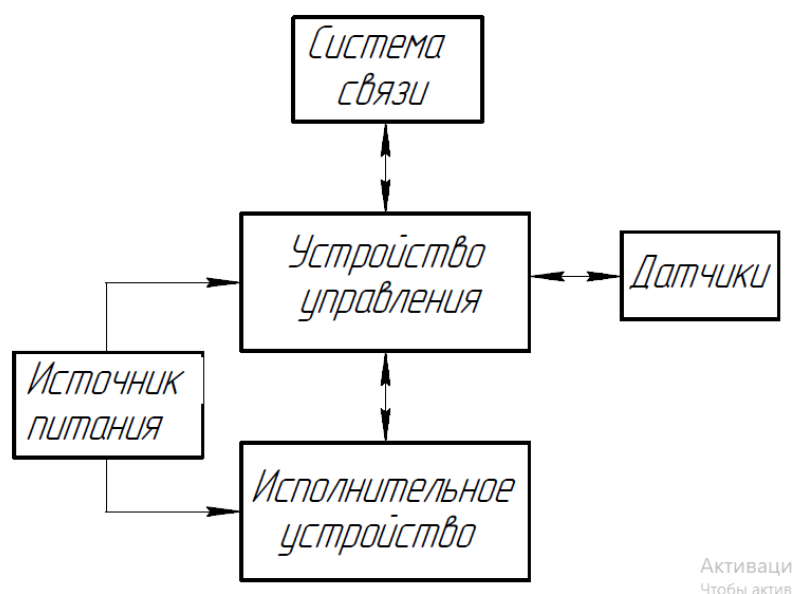
Это важное оборудование в современной системе промышленной логистики. Оно широко используется на предприятиях для транспортировки сырья — со склада в цеха, заготовок — между производственными этапами, готовой продукции — с производства на склад и со склада на отгрузку. Используется в местах, где много работников, а также на площадках с небезопасными для человека средами. АУТ может выступать в роли буксировщика, который цепляет вспомогательные телеги с грузом (деталью) и перевозит их. Может приподнимать на себе мобильные стеллажи или тележки, подъезжая под них [2].

Целью создания системы является оценка потенциала и перспектив использования данной системы на территории РБ. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: обзор литературы;

обзор существующих аналогов; разработка структурной и принципиальной схемы системы; подбор компонентов, необходимых для создания системы; разработка 3D-модели системы.

Автоматическая мехатронная система включает в себя источник питания, устройство управления, исполнительное устройство, датчики и система связи.

Питание устройства управления и исполнительного устройства осуществляется от источника питания, а питание датчиков от устройства управления. Блок датчиков необходим для считывания информации о положении робота. В устройство управления стекается вся информация с датчиков, и попадает на цифровые и аналоговые входы контроллера. Далее с устройства управления подаётся сигнал на исполнительное устройство, которое обеспечивает движение робота. Начинает свою работу робот благодаря системе связи. На основе данной информации построена структурная схема системы (рисунок 2).



Активаци
Чтобы актив

Рисунок 2 – Структурная схема

Таким образом в данной статье была рассмотрена автоматическая мехатронная система транспортировки груза на складах, позволяющего переносить различные грузы без участия оператора. Оснащение такими работами может повысить эффективность и экономическую выгоду на крупных складах с активным движением товаров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вильяме Д. Программируемый робот, управляемый с КПК.; пер. с англ. А. Ю. Карцева. — М.: НТ Пресс, 2006. 224 с.
2. Козырев Ю. Г. "Промышленные роботы. Основные типы и технические характеристики. Учебное пособие" — М.: НТ Офсет, 2019. 560 с.
3. В. Э. Карпов, М. В. Платонова «Система навигации мобильного робота» Москва: Техносфера, 2007. – 488 с.

МЕХАТРОННАЯ СИСТЕМА ВЕТРОГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ

студент гр.10309119 Мурашко Д. А.

Научный руководитель – Штургалова М. Ю.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

С увеличением населения Земли экономика требует все больше энергии, а запасы ископаемого топлива, на котором основана традиционная энергетика, не безграничны. Рост стоимости ископаемого топлива усугубляется и тем, что достигшее колоссальных размеров использование углеводородов наносит ощутимый вред окружающей среде, что отражается на качестве жизни населения. А это значит, что в будущем потребности в энергии и в новых способах её получения будут только увеличиваться. На смену эре углеводородов (нефти и газа), придет эра использования альтернативной энергии [1].

В связи с этим актуальной научно-технической задачей является эффективное использование ветрового потенциала, которая заключается не только в улучшении аэродинамических характеристик ВЭУ, но и в увеличении производительности ВЭУ в целом [2]. Проектирование систем управления базируется на требовании обеспечить надежную и экономичную работу ветроэлектростанций. Принятие проектных решений, как правило, выполняется на основе типовых, уже имеющихся проектов. Но наука и техника постоянно развиваются. Создаются новые, более совершенные алгоритмы управления и аппаратные решения [3]. Поэтому данная тема является актуальной.

Целью создания мехатронной системы является оценка потенциала и перспектив использования альтернативных источников энергии на территории РБ на примере создания мехатронной системы ветрогенераторной установки средней мощности.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: изучение круга основных понятий, относящихся к данной теме; обзор литературы по данной тематике; обзор существующих аналогов ветрогенераторной установки; выработка технических требований к проектируемой системе; разработка необходимых схем системы; подбор аппаратных и программных средств, необходимых для создания макета системы; разработка 3D-модели системы; расчет напряженно-деформированного состояния системы.

Система должна включать в свой состав внешний источник (ВИ), блок управления (БУ), датчики (Д), аккумуляторные батареи (АКБ), инвертор (И),

счетчик электроэнергии (С). На основе проведенного литературного обзора и обзора аналогов построена структурная схема мехатронной системы (рисунок 1). В проектируемой системе используется вертикальный тип ветрогенератора на основе ротора Савониуса. В системе выполняются следующие процессы:

1. ВИ – БУ – АКБ – И – С. Ветрогенератор предназначен для сбора и преобразования энергии ветра в электроэнергию, которая после преобразования попадает в блок управления. Блок управления распределяет генерируемую энергию с внешнего источника между АКБ, служащими для накопления электроэнергии и последующего ее использования в безветренные часы, и внешней нагрузкой.

Инвертор преобразовывает постоянный ток в переменный для внешней нагрузки и регулирует выходное напряжение. Счетчик является прибором учета электроэнергии. 2. Д – БУ. Информация о скорости ветра и климатических показателях окружающей среды с датчиков передается в блок управления, где эта информация обрабатывается и поступает в верхний уровень управления (персональный компьютер).



Рисунок 1 – Структурная схема системы

Дальнейшее развитие традиционной энергетики столкнулось с рядом проблем, основными из которых являются: экологическая угроза человечеству; быстрое истощение запасов ископаемого топлива; значительный рост цен на электроэнергию.

Именно поэтому перспективным направлением в электроэнергетике считается применение возобновляемых источников энергии, что подтверждается мировой практикой.

В ходе разработки проекта все поставленные в начале задачи были решены.

Литература

1. Баскаков А. П., Мунц В. А. «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии». М.: Издательский дом «Бастет», 2013. - 368 с.

2. Безруких П. П. Эффективность возобновляемой энергетики: мифы и факты. Вестник аграрной науки Дона, 2015. – 17 с.

3. Божко С.В. Современное состояние и перспективы развития ветроэнергетики в Европе / С.В. Божко // Промэлектро. - 2007. - №5. – 36 с.

ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ ПОДВЕСКА С СИСТЕМОЙ ЭЛЕКТРОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АВТОМОБИЛЯ

Студент - Криворот А.П. гр.10309119

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

При движении по неровностям дороги на колёса автомобиля действуют ударные нагрузки, которые нагрузки через систему поддресоривания и направляющие элементы передаются на кузов автомобиля. Демпфирование этих нагрузок производится с помощью пневматической подвески. В настоящее время пневматические подвески активно используется в автомобилестроении, особенно в пассажирских автобусах и грузовом транспорте.

Пневматическая подвеска обеспечивает:

безопасность движения;

сохранение постоянного контакта колеса с дорогой, имеющего большое значение для обеспечения эффективной работы тормозов и точности рулевого управления;

комфорт транспортирования;

надёжность работы.

Под понятием комфорта подразумевается защита пассажиров от воздействия колебаний, угрожающих их здоровью или создающих неприятные ощущения, а также сохранение целостности перевозимого груза.

Основное назначение такой подвески - компенсация отклонений в регулировке, возникающих вследствие возмущающих внешних воздействий или изменений в заданных исходных значениях. Указанные отклонения приводят к изменению расстояния между осью автомобиля и его конструкцией, а подвеска выравнивает эти отклонения.

Отечественная система пневматической подвески имеет ряд преимуществ перед аналогами, разработанными в других странах:

лучшая адаптация к работе в белорусских условиях; это может включать в себя учет особенностей дорожной инфраструктуры, изменений климатических условий, а также требований к автомобилям на рынке СНГ;

низкая стоимость в сравнении с импортными аналогами; это может сделать устройство более доступным для автовладельцев, что способствует повышению спроса на него;

удобство в эксплуатации и обслуживании; операторы и сервисные специалисты, имеющие опыт работы с отечественным оборудованием, могут

легко справиться с обслуживанием и ремонтом системы пневматической подвески;

возможность учета особенностей местной экономики; создание отечественной системы пневматической подвески позволяет рассчитывать на использование местных технологий и компонентов, что может снизить затраты на производство и улучшить экономический эффект.

Системы пневматических подвесок с электронным управлением используют ряд компонентов, которые отвечают за контроль и регулирование работы подвески (рисунок 1). Они включают в себя:

датчики положения подвески - используются для определения высоты автомобиля и передачи соответствующей информации в электронную систему управления;

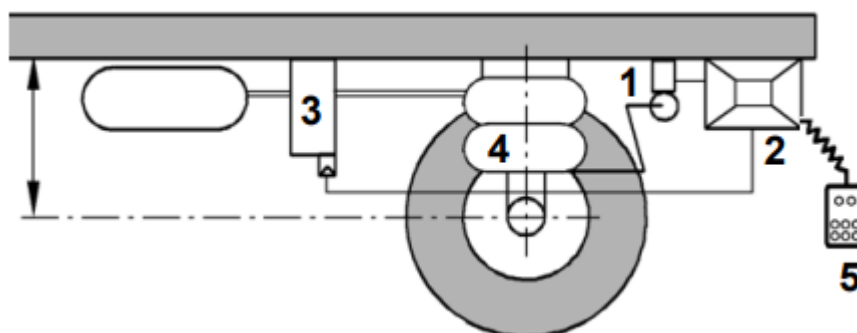
блоки электромагнитных клапанов - используются для регулирования давления воздуха в системе, чтобы поддерживать заданную высоту автомобиля; выполняются вместе с дросселем для выравнивания давления в контурах;

электронная система управления - контролирует все компоненты пневматической подвески, осуществляет регулирование работы и получает информацию от датчиков;

панель или пульт управления - используются для управления системой;

ресивер – резервуар с сжатым воздухом; например, для аэродромного электробуса используются два ресивера по 30 литров.

Источником питания служит основной источник напряжения в автомобилях – аккумуляторная батарея. Воздух в систему, как пневматическую, так и тормозную, накачивает компрессор.



1 - датчик перемещения; 2 - электронный блок управления; 3 - блок клапанов; 4 - пневмобаллон; 5 - блок управления.

Рисунок 1 – Основные компоненты системы

В процессе разработки и исследования подвески проведён анализ напряженно-деформированного состояния ресивера при критических нагрузках. Материал ресивера – АМГ-5М. Максимальное напряжение – $3,2 \times 10^8$ Н/м² (рисунок 2).

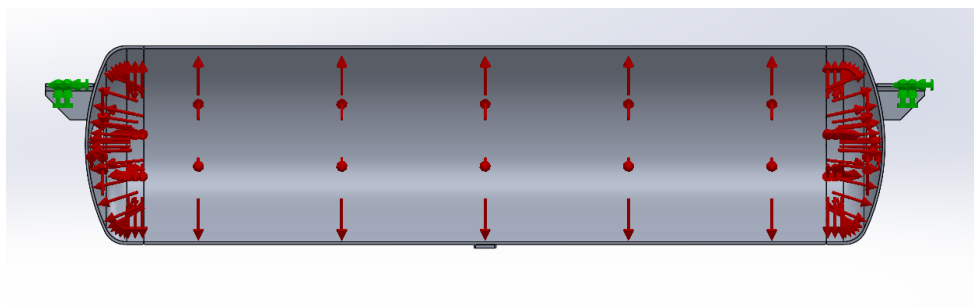


Рисунок 2– Преднагруженная модель ресивера в разрезе

Исследование показало, что давление, при котором напряжение будет наиболее близко к максимально допустимому, составляет $3,4 \times 10^6$ Н/м² (рисунок 3, таблица 1).

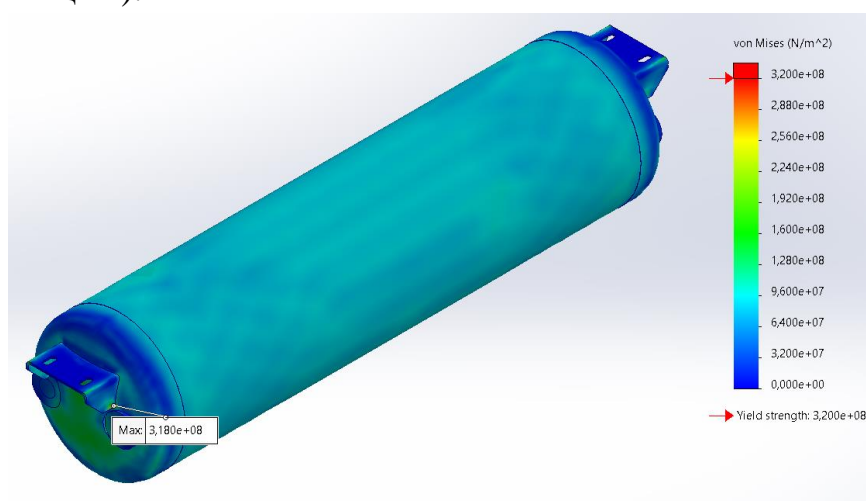


Рисунок 3 – Напряжения при давлении $3,4 \times 10^6$ Н/м²

Таблица 1 – Результаты расчёта НДС.

Давление	Максимальное Напряжение	Максимальное Перемещение	Максимальная деформация
2×10^6 Н/м ²	$1,871 \times 10^8$ Н/м ²	0,430 мм	$1,630 \times 10^{-3}$ Н/м ²
3×10^6 Н/м ²	$2,806 \times 10^8$ Н/м ²	0,645 мм	$2,445 \times 10^{-3}$ Н/м ²
$3,4 \times 10^6$ Н/м ²	$3,180 \times 10^8$ Н/м ²	0,732 мм	$2,771 \times 10^{-3}$ Н/м ²
4×10^6 Н/м ²	$3,741 \times 10^8$ Н/м ²	0,861 мм	$3,260 \times 10^{-3}$ Н/м ²

Самой нагруженной частью является сварочный шов у кронштейна ресивера. С целью снижения нагрузок можно изменить метод крепления.

Таким образом, пневматическая подвеска с системой электронного управления позволяет улучшить устойчивость и управляемость автомобиля на дороге, а также обеспечивает его плавность и комфортность хода при перевозке грузов. Система подвески включает в себя комплекс электронных датчиков, которые следят за состоянием дороги и принимают решение о необходимости изменения жёсткости подвески. Это позволяет поддерживать равномерный зазор между колёсами и дорогой, улучшает управляемость автомобиля, а также снижает вибрации и обеспечивает плавность и комфорт хода. Создание отечественной системы пневматической подвески улучшит экономический эффект, снизив затраты на производство и обслуживание.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ МЕХАТРОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВНУТРИСКЛАДСКОГО ТРАНСПОРТА

студент гр.10309119 Машко Д.Е.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Увеличение грузопотоков остро ставит проблему автоматизации складских и логистических операций. Автоматическая мехатронная система для внутрискладского транспорта поможет решить эту проблему, высвобождая человека для более важных задач.

Автоматически управляемая тележка в современной системе промышленной логистики, решает большое количество задач. Она широко используется на предприятиях для транспортировки сырья — со склада в цеха, заготовок — между производственными этапами, готовой продукции — с производства на склад и со склада на отгрузку. Используется, например, на площадках с небезопасными для человека средами. Автоматически управляемая тележка может выступать в роли буксировщика, а также может приподнимать мобильные стеллажи или тележки, подъезжая под них.

Разработана структурная схема автоматической мехатронной системы для внутрискладского транспорта (рисунок 1), электрическая схема принципиальная и электрическая схема соединений автоматической мехатронной системы для внутрискладского транспорта, разработана блок-схема алгоритма работы системы и программа к ней.

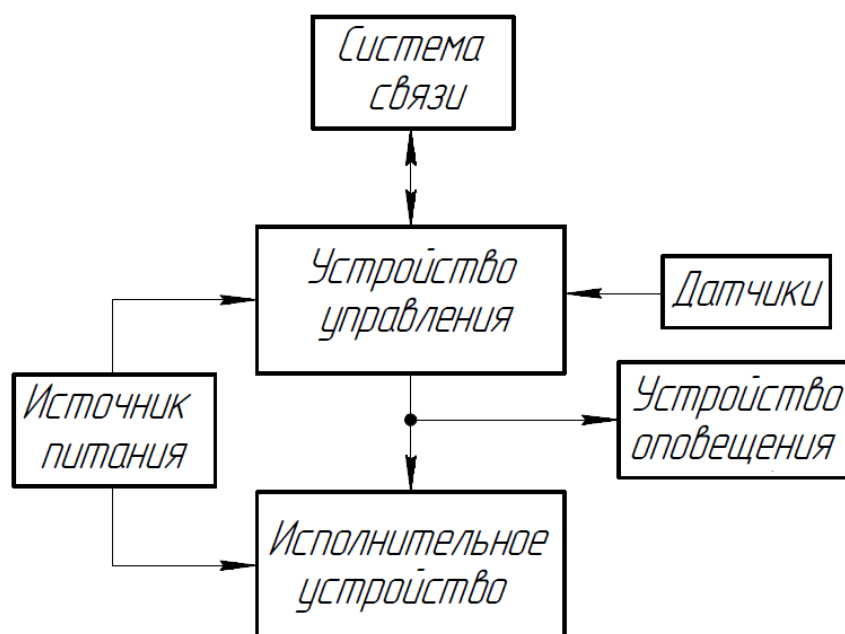


Рисунок 1 – Схема электрическая структурная

Трёхмерная модель мехатронной системы (рисунок 2), состоит из корпуса, двух двигателей, четырёх аккумуляторов, магнитного датчика, инфракрасного датчика, платы, звукового извещателя, двух ведущих колёс, четырёх опорных, двух опор для вала с подшипниками и кнопкой включения/выключения устройства с разъёмом для зарядки.

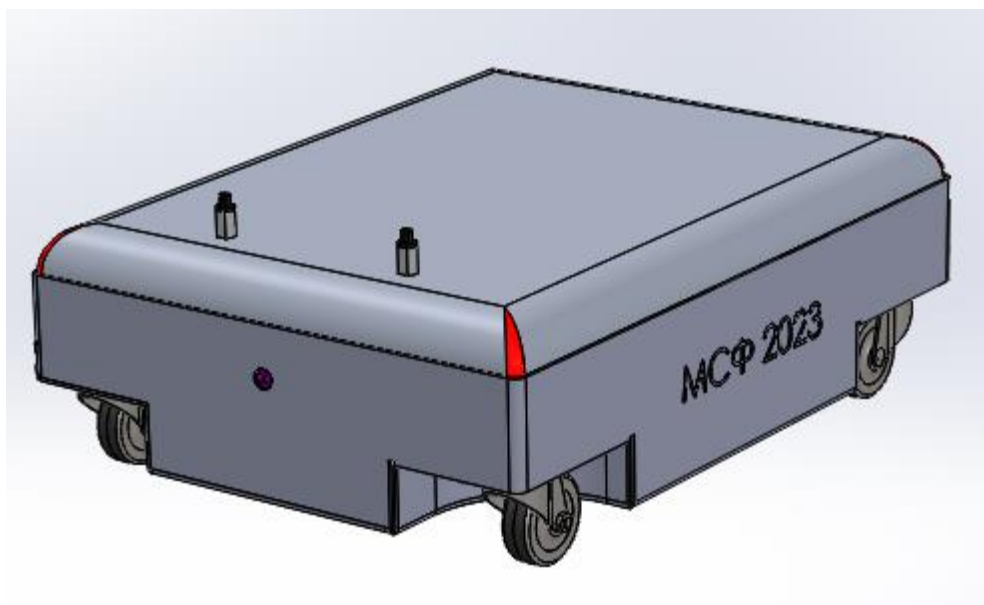


Рисунок 2 – Трёхмерная модель мехатронной системы

Автоматическая мехатронная система для внутрискладского транспорта имеет следующие параметры, отраженные в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики автоматической мехатронной системы для внутрискладского транспорта

Параметр	Значение
Длина устройства, мм	650
Ширина устройства, мм	500
Высота устройства, мм	225
Вес устройства, кг	40

Выполнен расчет напряженно-деформированного состояния мехатронной системы, В частности, корпуса устройства, так как он является самой нагруженной частью системы. К корпусу приложена нагрузка, равная 1000 Н, что соответствует массе 100 кг.

Получены следующие значения напряжений, перемещений и деформаций:

- напряжение по фон Мизесу равняется $1,498 \cdot 10^7$ (МПа), при пределе текучести $2,757 \cdot 10^8$ (МПа); следовательно, корпус выдержит приложенную нагрузку, равную 1000 Н.

- максимальное смещение наблюдается в месте, где наибольшее напряжение, а именно в центре крышки корпуса; максимальное смещение равняется 1,372 мм;

- максимальная деформация наблюдается в центре крышки корпуса, в местах плохого соединения с корпусом, а также в уголках, на которых крепится данная крышка; максимальная деформация равна $1,362 \cdot 10^{-4}$.

Можно сказать, что самым нагруженным местом корпуса является центр крышки корпуса. Для уменьшения данной нагрузки можно поставить дополнительный упор к центру крышки или изменить материал конструкции на более прочный.

Разработка алгоритма работы устройства

После подачи питания устройство ожидает сигнал от системы связи. При отсутствии препятствия на пути робота устройство может начинать движение. Далее идёт считывание информации с магнитного датчика и начинается движение.

После этого идёт поиск магнитных маркеров, наклеенных по при помощи магнитной ленты. Если маркеры будут обнаружены, то подаётся сигнал на устройство сопряжения об остановке двигателей, автоматически управляемая тележка останавливается и включается линейный электропривод. После этого устройство продолжает своё движение, пока не будет отключено питание автоматически управляемой тележки.

Таким образом, была рассмотрена автоматическая мехатронная система для внутрискладского транспорта, позволяющего переносить различные грузы без участия оператора.

ОГЛАВЛЕНИЕ

БЕСПИЛОТНАЯ ТЕЛЕЖКА

Сидоренко А. А.

Марач М. С.

Научный руководитель - Шуть В. Н. 3

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПАДЕНИЯ УСТРОЙСТВ

Русак И. В.

Научный руководитель - Ролич О. Ч. 11

ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ПИТАНИЯ МАГНЕТРОНА НА ИОННЫЙ ТОК ПОДЛОЖКИ

Нестерчик Р. И.

Нгуен Ван Ту Ань

Чан Динь Ньат Хань

Научный руководитель - Завадский С. М. 15

ИЗМЕРЕНИЕ ИММИТАНСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МОТОРНОГО МАСЛА С ПОМОЩЬЮ ДАТЧИКОВ

Колеснёв Е. С.

Научный руководитель - Жилияк Н. А. 17

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕАКТИВНОГО РАСПЫЛЕНИЯ ТАНТАЛ-АЛЮМИНИЕВОЙ СОСТАВНОЙ МИШЕНИ МЕТОДОМ ОПТИЧЕСКОЙ ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Доан Тхе Хоанг

Нгуен Ван Ту Ань

Чан Динь Ньат Хань

Научный руководитель – Голосов Д.А. 20

ГЕНЕРАЦИЯ ПСЕВДОСЛУЧАЙНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ С ЗАДАННЫМ ЗАКОНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГЕНЕРАТОРА БЕЛОГО ШУМА

Бабицкий К. П.

Научный руководитель – Ролич О. Ч. 25

УСТРОЙСТВО ОРИЕНТАЦИИ И НАВИГАЦИИ ТЕЛЕЖКИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА

Сидоренко А. А.

Марач М. С.

Научный руководитель - Шуть В. Н. 33

СКАНИРУЮЩАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ БЕСКОНТАКТНОГО КОНТРОЛЯ ЗАРЯДОВЫХ СВОЙСТВ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ	
Гурский А. О.	
<i>Научный руководитель - Гулай А. В.</i>	43
ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНАЯ МОДУЛЯЦИЯ ЦИФРОВОГО СИГНАЛА	
Пасмурцев Д. О.	
<i>Научный руководитель - Ролич О. Ч.</i>	46
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ КОРРЕЛЯЦИИ К ПОВОРОТУ ИЗОБРАЖЕНИЯ	
Семенидо Н. С.	
<i>Научный руководитель - Ролич О. Ч.</i>	53
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ВИБРОДИАГНОСТИКИ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ МОБИЛЬНЫХ МАШИН	
Робилко Е. М.	
Научный руководитель – Ишин Н. Н.	57
КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ	
Лоско Е.В.	
Научный руководитель – Гулай А. В.	65
МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК MEMS-ДАТЧИКОВ	
Ващилов А. Д.	
<i>Научный руководитель - Ролич О. Ч.</i>	69
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦЕЛОСТНОСТИ ФАЙЛОВОЙ СИСТЕМЫ ВО ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМАХ ПОСРЕДСТВОМ КОНТРОЛЯ CRC	
Ващилов А. Д.	
Туровец Н. О.	
<i>Научный руководитель - Ролич О. Ч.</i>	74
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПНЕВМОТОНОМЕТРИИ ГЛАЗНОГО ДАВЛЕНИЯ	
Михнович М. О.	
<i>Научный руководитель – Чигарев А. В.</i>	79
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНЕРАТИВНО-СОСЯЗАТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ В СТЕГОСИСТЕМАХ ДЛЯ СИНТЕЗА КОНТЕЙНЕРОВ	
Борисюк Д. С.	
Научный руководитель - Садов В. С.	86

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ НЕЙРОСЕТЕВОГО АЛГОРИТМА
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭМОЦИЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УГЛАХ ПОВОРОТА
ЛИЦА

Небышинец С. В.

Научный руководитель - Садов В. С. 96

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРАТКОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ
МИМИКИ ЛИЦА И ЕГО ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Помоз А. В.

Научный руководитель - Садов В. С. 103

КОМПЕНСАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ИСКАЖЕНИЙ ПРИ
ВСТРАИВАНИИ ЦВЗ В ПОЛИГРАФИЧЕСКУЮ ПРОДУКЦИЮ

Липницкий Д. М.

Научный руководитель - Садов В. С. 108

СТРУКТУРА НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО
СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Федосеев В. С.

Научный руководитель - Садов В. С. 115

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕГРУППИРОВКИ ЧИСЛОВОЙ
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ
НА КОЭФФИЦИЕНТ КОРРЕЛЯЦИИ

Королевская Д. Т.

Научный руководитель - Ролич О. Ч. 123

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Рондель И.Д.

Научный руководитель - Ролич О. Ч. 127

АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИ-ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ИЗОБРАЖЕНИЙ И РАЗРАБОТКА ИХ КЛАССИФИКАЦИИ

Тармин А.М.

Научный руководитель – Ролич О. Ч. 140

ЧАСТОТНО-ИМПУЛЬСНАЯ МОДУЛЯЦИЯ
ЦИФРОВОГО СИГНАЛА

Бричковская М.С.

Научный руководитель - Ролич О. Ч. 149

ПРОБЛЕМЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИХ КОНТЕЙНЕРОВ-ИЗОБРАЖЕНИЙ

Ху Битай

<i>Научный руководитель - Садов В. С.</i>	157
АВТОМАТИЧЕСКАЯ МЕХАТРОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ДОЗИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ	
Денисюк И.В.	
<i>Научный руководитель – Козлов Ю. В.</i>	165
РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОЙ МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ С АВТОМАТИЧЕСКИМ КОНТРОЛЕМ БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ	
Севрюков А. В.	
<i>Научный руководитель – Миргородский С. А.</i>	167
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ТОРМОЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ МАЗ	
Шпаковский А. Д.	
<i>Научный руководитель – Глембоцкий А. В.</i>	173
УНИВЕРСАЛЬНОЕ МЕХАТРОННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ УДАРНО- ТОЧЕЧНОЙ ГРАВИРОВКИ ПО МЕТАЛЛУ	
Бельков Д. А.	
<i>Научный руководитель – доцент Миронов Д. Н.</i>	176
БЛОК УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРОМ ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ТВЕРДЫХ ГРУЗОВ	
Бойко С. А.	
<i>Научный руководитель Миргородский С. А.</i>	180
МЕХАТРОННЫЙ МОДУЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОКРАСКИ ОБЪЕМНЫХ ИЗДЕЛИЙ	
Василевская В. А.	
<i>Научный руководитель – Шпургалова М. Ю.</i>	184
МЕХАТРОННЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ СОРТИРОВКИ ГРУЗОВ	
Виткарь К. В.	
<i>Научный руководитель - Костюк И. Р.</i>	188
АВИАЦИОННАЯ БЕСПИЛОТНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПОЖАРНОГО СОСТОЯНИЯ ТОРФЯНИКОВ	
Волосач Д. Г.	
<i>Научный руководитель Глембоцкий А. В.</i>	196
СИСТЕМА ОЧУВСТВЛЕНИЯ ДЛЯ ЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ УНИВЕРСАЛЬНОГО МАНИПУЛЯТОРА	
Зайцев А. А.	

<i>Научный руководитель – Миргородский С. А.</i>	204
РАЗРАБОТКА МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОРИЕНТАЦИИ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ	
Кашкур Р. П.	209
РАЗРАБОТКА МЕХАТРОННОГО УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОКРАСКИ ПЛОСКИХ ДЕТАЛЕЙ	
Киселёв А. А.	214
УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАДИОЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ТЕРМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЯХ	
Куприянчик И. В.	
<i>Научный руководитель Миргородский С.А.</i>	222
МЕХАТРОННАЯ СИСТЕМА СТРЕЛКОВОГО ТРЕНАЖЁРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ОФИЦЕРОВ ЗАПАСА В БНТУ	
Пацевич Н. В.	
<i>Научный руководитель - Миронов Д. Н.</i>	229
МЕХАТРОННЫЙ УЗЕЛ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ЗАПОЛНЕНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАГАЗИНА СВЕРЛИЛЬНОГО СТАНКА С ЧПУ	
Хоменок Е. Д.	
<i>Научный руководитель – Шпургалова М. Ю.</i>	232
МЕХАТРОННОЕ УТСРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО СНЯТИЯ СЛОЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ СО СТАНКА С ЧПУ	
Чепик А. А.	
<i>Научный руководитель – Шпургалова М. Ю.</i>	237
РАЗРАБОТКА МЕХАТРОННОЙ ГРАВИРОВАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ФУНКЦИЕЙ ПЕРЕВОДА МАШИННОГО ТЕКСТА В РУКОПИСНУЮ ФОРМУ	
Чикунев Е. Ю.	
<i>Научный руководитель – Миронов Д. Н.</i>	241
ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТРОЙСВА АВТОМАТИЧЕСКОГО НАТЯЖЕНИЯ МЕДНОГО ПРОВОДА НАМОТОЧНОГО СТАНКА	
Гамеза А. В.	247
ЭКЗОСКЕЛЕТ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОХОДКИ ЧЕЛОВЕКА С НАРУШЕНИЯМИ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА	
Антонов Н. Г.	
<i>Научный руководитель – Гулай А. Н.</i>	252

<p>КОНСТРУКЦИЯ КОЛЕСНОГО РОБОТА ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПО ТРУБОПРОВОДУ С ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ ПОПЕРЕЧНЫМ СЕЧЕНИЕМ группы Костерев Д. А. <i>Научный руководитель - Глембоцкий А. В.</i>.....</p>	254
<p>ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ ПОДВЕСКА С СИСТЕМОЙ ЭЛЕКТРОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АВТОМОБИЛЯ МАЗ Криворот А. П. <i>Научный руководитель - Козлов Ю. В.</i>.....</p>	258
<p>СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЫЧАЖНЫМ ШАГАЮЩИМ МЕХАТРОННЫМ МЕХАНИЗМОМ В АВТОНОМНОМ РЕЖИМЕ Кузнецов Д. И. <i>Научный руководитель - Костюк И. Р.</i>.....</p>	260
<p>ПРОЕКТИРОВАНИЕ 3D МОДЕЛИ КЛИМАТИЧЕСКОЙ КАМЕРЫ «ТЕПЛА И ВЛАГИ» ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ Леоник А. И. <i>Научный руководитель – Полюнкова Е. В.</i>.....</p>	262
<p>РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ В ТЕХНОЛОГИИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ Литвин Н. Д. <i>Научный руководитель – Глембоцкий А. В.</i>.....</p>	269
<p>АВТОМАТИЧЕСКАЯ МЕХАТРОННАЯ СИСТЕМА ТРАНСПОРТИРОВКИ ГРУЗА НА СКЛАДАХ Машко Д. Е. <i>Научный руководитель – Миронов Д. Н.</i>.....</p>	272
<p>МЕХАТРОННАЯ СИСТЕМА ВЕТРОГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ Мурашко Д. А. <i>Научный руководитель – Шпургалова М. Ю.</i>.....</p>	275
<p>АВТОМАТИЧЕСКАЯ МЕХАТРОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВНУТРИСКЛАДСКОГО ТРАНСПОРТА Машко Д.Е. <i>Научный руководитель – Шпургалова М. Ю.</i>.....</p>	282