

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

Факультет информационных технологий

Кафедра информационных технологий

# **Информационные измерительные технологии**

*Материалы I заочной научно-технической  
конференции студентов  
(04 декабря 2020 года, г. Барнаул)*

Изд-во АлтГТУ  
Барнаул • 2020

Конференция является завершающим этапом научно-технических, инновационных разработок бакалавров и магистрантов кафедры информационных технологий и других материалов, соответствующих тематике конференции.

Материалы конференции будут опубликованы в виде электронного сборника трудов конференции, который будет размещен на сайте <https://journal.altstu.ru>.

Материалы издаются в авторской редакции.

#### **Ответственные редакторы:**

##### **Председатель конференции:**

**Анастасия Геннадьевна Зрюмова** – кандидат технических наук, заведующая кафедрой «Информационные технологии» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

##### **Секретарь конференции:**

**Соловьев Виталий Андреевич** – старший преподаватель кафедры «Информационные технологии» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Д.Ф. Банников, Т.В. Патрушева</i> К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ ЦИФРОВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ХАОСА ДЛЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВЫХ ПРИБОРОВ КОНТРОЛЯ ДИСКРЕТНОГО ТИПА.....	3
<i>Д.Е. Дюскин, Т.В. Патрушева</i> ОБЗОР ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИБОРОВ НА ОСНОВЕ ГЕНЕРАТОРОВ ХАОСА.....	5
<i>А.А. Калашников, В.Е. Наумов, Д.А. Феночкина, Т.В. Котлубовская</i> РАЗРАБОТКА 3D-МОДЕЛИ ЩЕЛЕВОГО ОПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ.....	9
<i>М.В. Кизаметдинов</i> АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРОБОТКИ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ.....	11
<i>А.С. Коваленко, Р.А. Забеляев, А.А. Кузнецов, А.Г. Зрюмова, П.А. Зрюмов</i> РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ НАВИГАЦИИ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ НА ПЛАТФОРМЕ ANDROID.....	13
<i>А.И. Кокорин, Б.С. Первухин</i> МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ПРИБОРОВ КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ.....	15
<i>И.В. Колосов, Т.В. Патрушева</i> ПОВЫШЕНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ДОПЛЕРОВСКИХ ДАТЧИКОВ, СОЗДАНЫХ НА ОСНОВЕ НЕАВТОНОМНОГО ОСЦИЛЛЯТОРА ДУФФИНГА-ХОЛМСА.....	17
<i>А.В. Краснов</i> АНАЛИЗ АЛГОРИТМА РАЗРАБОТКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ.....	20
<i>П.В. Нефедов</i> РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА КОРРЕКЦИИ ШУМА ДЛЯ МОБИЛЬНОЙ ОПТИКО- ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПО ИЗМЕРЕНИЮ СЕРДЕЧНОГО РИТМА.....	24
<i>Д.М. Пальшин</i> АНАЛИЗ КЛАССОВ ТОЧНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ РОССИЙСКИХ И ЗАРУБЕЖНЫХ РАЗРАБОТЧИКОВ.....	28
<i>Е.А. Пугачева, Р.В. Исаков</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СКОЛЬЗЯЩЕЙ ГИСТОГРАММЫ ДЛЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ.....	30
<i>Д.И. Хацко, Е.Д. Гильдерман, М.С. Шкотов, А.А. Пилецкий, А.А. Халин, П.А. Зрюмов, А.Г. Зрюмова, В.С. Падалко</i> РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ ЗВУКОВОГО СИГНАЛА КОЛЕННОГО СУСТАВА, ПОЛУЧЕННОГО С ЭЛЕКТРОННОГО СТЕТОСКОПА.....	33

# **К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ ЦИФРОВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ХАОСА ДЛЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВЫХ ПРИБОРОВ КОНТРОЛЯ ДИСКРЕТНОГО ТИПА**

Д. Ф. Банников, Т. В. Патрушева

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»  
г. Барнаул

В настоящее время генераторы хаоса нашли применение в технике в качестве генераторов случайных чисел, для создания широкополосных систем связи, в качестве источника сигналов для МЭМС – устройств, задающих элементов радарных систем. На кафедре ИТ АлтГТУ успешно построены помехоустойчивые приборы контроля дискретного типа на основе генераторов хаоса [1].

Высокая чувствительность к начальным условиям и параметрам системы делает принципиально невозможным изготовление идентичных генераторов хаоса на аналоговых элементах. Это приводит к тому, что для генератора, реализованного на аналоговых элементах, работающего в составе бифуркационного измерительного преобразователя, возникает проблема поддержания неизменного уровня близости к границе между хаотическим и периодическим режимами. Действительно, даже едва заметный уход параметров элементов электрической схемы может привести к тому, что бифуркация движения может случиться самопроизвольно, ввиду перехода границы вследствие потери устойчивости движения.

Предлагаемым решением этой проблемы является использование в качестве измерительного преобразователя на основе генератора хаоса его цифровой модели, реализованной программным путём на микроконтроллере. Генератор хаоса, созданный на микроконтроллере и реализующий решение системы нелинейных дифференциальных уравнений должен обеспечить идентичность при массовом выпуске, стабильность параметров, лёгкую перенастройку системы. Данная возможность должна открыть путь к развитию нового типа датчиков на основе связанных генераторов хаоса.

Наиболее обширная библиография работ в данной области представлена текущим десятилетием. На основе обзора научных публикаций перечислим основные пути реализации генератора хаоса в виде цифровой модели. К числу дорогостоящих решений можно отнести реализацию генератора хаоса с помощью программируемых пользователем вентильных матриц (FPGA), например, на основе Virtex-6 на платформе Xilinx ISE [2, 3]. К числу достоинств данного подхода относится высокая производительность вычислителей на основе FPGA, что позволяет создавать широкополосные генераторы хаоса с тактовой частотой системы вплоть до 464 МГц.

Более доступные решения цифровой реализации генераторов хаоса могут быть осуществлены с помощью микроконтроллеров RISC – архитектуры [4, 5, 6]. К числу достоинств подхода следует отнести исключительную доступность практической реализации. Наиболее весомым недостатком при этом можно считать невысокое быстродействие микроконтроллеров и, как следствие, крайне узкую полосу рабочих частот. К числу решений, повышающих быстродействие, можно отнести использование внешнего ЦАП на основе матрицы R-2R. Тем не менее, рассмотренные разновидности генераторов хаоса, также могут быть востребованы в приборостроении в качестве обнаружителя сигналов в датчиках дискретного типа, для случаев, когда обнаруживаемый процесс изменяется достаточно медленно. В этих случаях наибольшую важность приобретает долговременная стабильность средства обнаружения. Время обработки сигнала таким измерительным преобразователем может составлять десятки секунд.

Используя подход, рассмотренный в работе [6] в среде Proteus была создана модель цифрового генератора хаоса типа Цепь Чуа [7], представленная на (рис.).

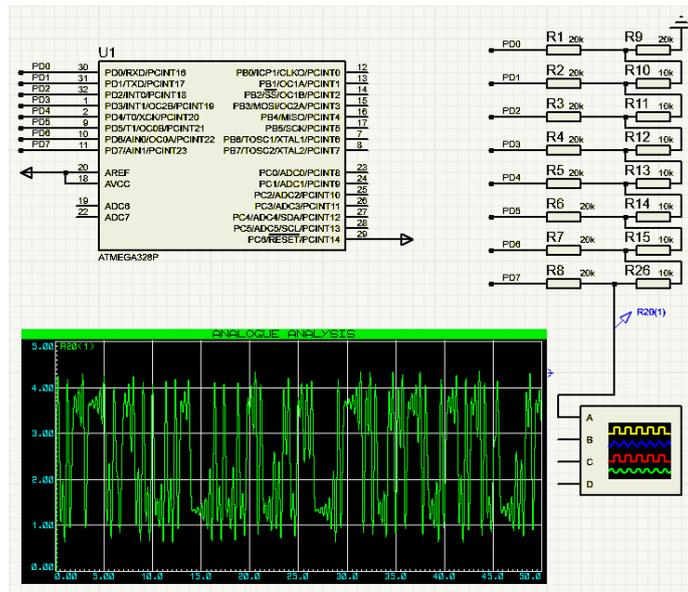


Рисунок 1 – Модель генератора хаоса Цепь Чуа для микроконтроллера ATmega328P, созданная в среде Proteus. Также показана временная реализация сигнала, генерируемая моделью

Цепь Чуа описывается следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \dot{x} = \alpha(y - x - h(x)) \\ \dot{y} = x - y + z \\ \dot{z} = -\beta y \end{cases}, \quad (1)$$

$$h(x) = m_1 x + \frac{1}{2}(m_0 - m_1)(|x + 1| - |x - 1|), \quad (2)$$

где  $x, y, z, \dot{x}, \dot{y}, \dot{z}$  – динамические переменные и их производные;  $\alpha, \beta$  – бифуркационные параметры системы;  $m_0, m_1$  – параметры нелинейного элемента.

В листинге 1 представлена программа на языке Arduino AVR для микроконтроллера ATmega328P. Расчёт осуществляется для модели генератора хаоса Цепь Чуа с базовыми параметрами системы. В качестве способа решения задачи Коши для нахождения решения системы дифференциальных уравнений использован метод Эйлера.

Анализ зависимости, генерируемой представленной моделью, показывает качественное сходство с сигналом, получаемым с помощью средств решения на основе метода Рунге-Кутты 4 порядка [8]. Следует отметить, что колебания, создаваемые таким генератором хаоса, будут псевдослучайными, в отличие от генератора хаоса, созданного на аналоговых элементах. Для получения менее предсказуемой траектории движения в схему может быть добавлен источник истинно случайных сигналов, например фотодиод, включённый по схеме фотосопротивления, освещаемый светодиодом. Многократное считывание напряжения фотодиода позволит сформировать вектор случайных величин, которые можно будет использовать в качестве начальной точки в модели генератора хаоса.

Рассмотренная модель генератора хаоса может быть использована в дискретных приборах контроля природной среды, веществ, материалов, изделий для случаев, когда контролируемый параметр изменяется очень медленно. Благодаря исключительно цифровой реализации генератора хаоса обеспечивается долговременная стабильность параметров системы. Применяв локальный источник шума, можно повысить непредсказуемость генерируемого сигнала.

#### Листинг 1

```
void loop()
{
  //Задаём параметры генератора хаоса "цепь Чуа"
  float alpha = 10.0; //бифуркационный параметр alpha
  float beta = 14; //бифуркационный параметр beta
  float m0 = -1.142857; //параметр m0 нелинейного элемента
  float m1 = -0.714285; //параметр m1 нелинейного элемента
  float TS=0.015; //шаг расчёта
}
```

```

// задаём координаты начальной точки
float x1 = 0.5; float y1 = 0; float z1 = 0;
float x, y, z; // динамические переменные
//Задаём назначение всех линий порта D для вывода
for(int i=0;i<=7;i++) pinMode(i,OUTPUT);
while(1)
{
//расчитываем координаты очередной токи используя метод Эйлера
x = x1 + TS*( alpha*(y1-x1- ( m1*x1+0.5*(m0-m1)*(abs(x1+1)-abs(x1-1))) ) );
y = y1 + TS*( x1-y1+z1 );
z = z1 + TS*( -beta*y1 );
//применяя премасштабирование в диапазон 0..255
//выводим на порт D очередное значение динамической переменной
PORTD = x*40+128;
x1 = x;y1 = y;z1 = z;
}
}

```

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Patrusheva, T. V. Model of the transducer based on Murali-Lakshmanan-Chua non-autonomous chaotic oscillator for discrete sensors intended for monitoring production processes/ T. V. Patrusheva// Journal of Physics: Conference Series, 2019, Vol. 1333. The International Conference "Information Technologies in Business and Industry" 18–20 February 2019, Novosibirsk, Russian Federation. Iss. 2 - Mathematical simulation and computer data analysis. - 032062.
2. Koyuncu, I. Implementation of FPGA-based real time novel chaotic oscillator / I. Koyuncu, A.T.Ozcerit, I. Pehlivan// Nonlinear Dynamics – 2014, №77, pp. 49–59.
3. Tuna, M. High speed FPGA-based chaotic oscillator design/ M. Tuna, M. Alcin, I. Koyuncu, C. B. Fidan, I. Pehlivan// Microprocessors and Microsystems – 2019 №66 pp.72-80.
4. Aho, L. A discrete-time chaotic oscillator based on the logistic map: A secure communication scheme and a simple experiment using Arduino/ L. Aho// Journal of the Franklin Institute - 2015, V. 352, Iss. 8, pp. 3113-3121.
5. Al-Shidaifat, A. Microcontroller-based Chaotic Signal Generator for Securing Power Line Communication: Part I-A System View / A. Al-Shidaifat, C. Jayawickrama, S. Ji, V. H. Nguyen// KEPCO Journal on Electric Power and Energy. – 2016, №2(4). – pp. 563-567.
6. Chiu, R. Implementation of a Chaotic Oscillator into a Simple Microcontroller/R. Chiu, M. Mora-Gonzalez, D. Lopez-Mancilla // IERI Procedia – 2013, №4. – pp. 247 – 252.
7. Chua, L.O. The Double Scroll Family/ L.O. Chua, M. Komuro, T. Matsumoto // IEEE Transactions on Circuits & Systems, 1986 V.CAS-33, №11, - pp.1073-1118.
8. Patrushev, E.M. Software development for modeling and optimization of parameters of measuring transducers based on chaotic oscillators / E.M.Patrushev, A.A.Makarov // Polzunovskiy almanakh. – 2019. – №4 – pp.47-49.

### Реквизиты для справок:

Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, д. 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», АлтГТУ, кандидату технических наук, доценту, **Патрушевой Татьяне Васильевне**, тел. (3852)29-09-13. E-mail:it.patrusheva@gmail.com.

## ОБЗОР ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИБОРОВ НА ОСНОВЕ ГЕНЕРАТОРОВ ХАОСА

Д. Е. Дюскин, Т. В. Патрушева

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»  
г. Барнаул

В последние десятилетия научным сообществом стала активно изучаться тема практического применения детерминированного хаоса. Особенно интересным направлением считается создание приборов, использующих генераторы хаоса (ГХ). Многие идеи по созданию приборов на основе ГХ представлены в зарубежных публикациях. Например, такими авторами как Маньковська В.С. (Украина), Фортуна Л. (Италия), Харт Д. (США), Zheng SiYi, Guo Hong Xia и

Whouging Song (Китай). Хаотические системы еще со времен известного ученого Лоренца Э. привлекают к себе внимание, а исследование таких систем затрагивает различные области науки.

Целью данной статьи является произвести обзор возможных областей применения ГХ.

Из областей науки, в которых находят применение ГХ можно выделить следующие:

1. Криптоанализ (в качестве генератора случайных чисел);
2. Инфокоммуникационные системы связи (применяются в широкополосных и сверхширокополосных системах связи);
3. Приборостроение (в качестве источников сигналов для МЭМС – устройств);
4. Радиолокация (как задающие элементы в радарных системах).

Современные методы криптографии основываются на использовании случайных чисел [1]. Генерация случайных чисел всегда была серьезным вопросом в криптоанализе. Принцип работы генераторов случайных чисел основывается либо на программной реализации, либо на физических явлениях. Реализация случайных чисел с использованием программных средств не позволяет получить истинно случайные числа. Такие генераторы находят применение при научных расчетах. Физические генераторы случайных чисел имеют недостаток, они дают смещенные последовательности, которые можно устранить с помощью специальных алгоритмов обработки. Для генерации случайных или псевдослучайных чисел, возможно использовать ГХ. Если ГХ будет реализован на физическом уровне, получаемый сигнал будет истинно случайным. Недостатком является медленно изменяющаяся последовательность чисел. Зачастую при создании ключей шифрования используется программно реализуемый ГХ. Помимо вышеописанного, генераторы хаоса активно применяются для генерации динамической соли, что, в свою очередь, повышает эффективность шифрования данных [2]. Формирование шифра пароля происходит в несколько этапов. Пользователь вводит пароль, при этом проверяются его аутентификационные данные. Затем с помощью ГХ происходит генерирование так называемой соли, которая представляет собой набор псевдослучайных чисел. Соль подмешивается в зависимости от выбранного алгоритма в конец или в середину пароля.

В широкополосных системах (ШС) связи динамический хаос используется благодаря совокупности свойств, позволяющих повысить эффективность передачи информации. К ним относятся: возможность сделать простую генерацию сигнала; наличие широкой полосы частот, обеспечивающей высокую помехоустойчивость; высокая скорость передачи информации; несложная управляемость характеристиками [3]. На (рис.1) приведен пример схемы связи с использованием генератора хаоса. В приёмнике генерируется хаотический сигнал, к которому подмешивается информационный полезный сигнал. Затем по каналу связи происходит его передача на приёмное устройство. В приёмнике есть второй ГХ, который выделяет из полученной смеси полезный сигнал.

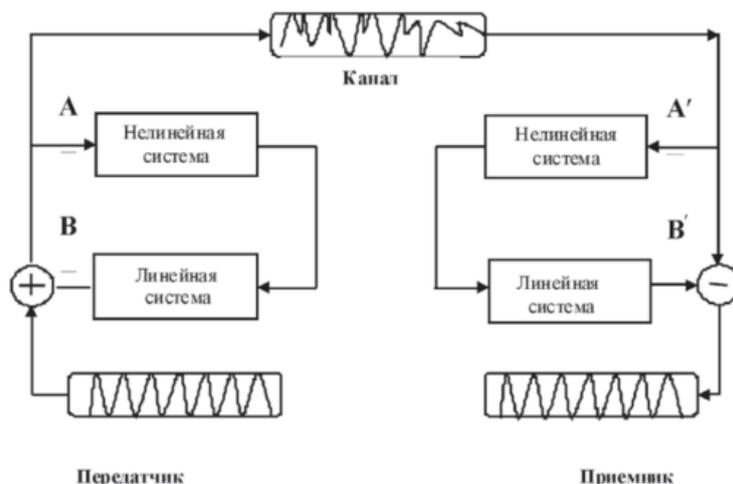


Рисунок 1 – Пример схемы связи с использованием генераторов хаоса [4]

Для передачи информации исследуется возможность использования хаотического сигнала для передачи информации в диапазоне сверхвысоких частот (СВЧ). Хаотический радиоимпульс представляет собой фрагмент хаотического сигнала, длительность которого превышает длину «квазипериода» хаотических колебаний. При сравнении такого импульса с классическим

радиоимпульсом, ширина полосы частот СВЧ-импульса не зависит от его длительности, что позволяет управлять скоростью передачи информации [4].

Прямохаотические системы могут также быть и сверхширокополосными (СШ). По принципу действия СШ система схожа с ШС. Различия будут в характеристиках элементов составляющих СШ систему. В составе СШ системы основными блоками будут передатчик и приёмник. Передатчик содержит генератор хаоса, который обеспечивает сверхширокополосный хаотический сигнал, при этом полосу генерации можно регулировать управляющим устройством. Цифровая информация подлежащая передачи с помощью кодера преобразуется в сигнал. Затем в модуляторе происходит формирование хаотических импульсов и интервалов между ними. Далее сигнал передаётся с помощью сверхширокополосной антенны. Приёмный блок содержит антенну, полосовой фильтр, усилитель, демодулятор и устройство для обработки сигнала. На рисунке 2 приведена математическая схема приёмной части СШ прямохаотической системы связи [4].

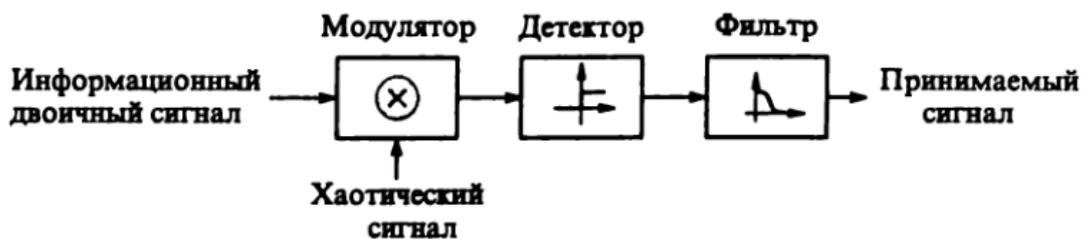


Рисунок 2 – Схема модель приёмной части СШ прямохаотической системы связи [4]

Применение ГХ в МЭМС–устройствах может быть показано на примере из работы [5]. На (рис.3) представлена фотография миниатюрного датчика давления под управлением ГХ.

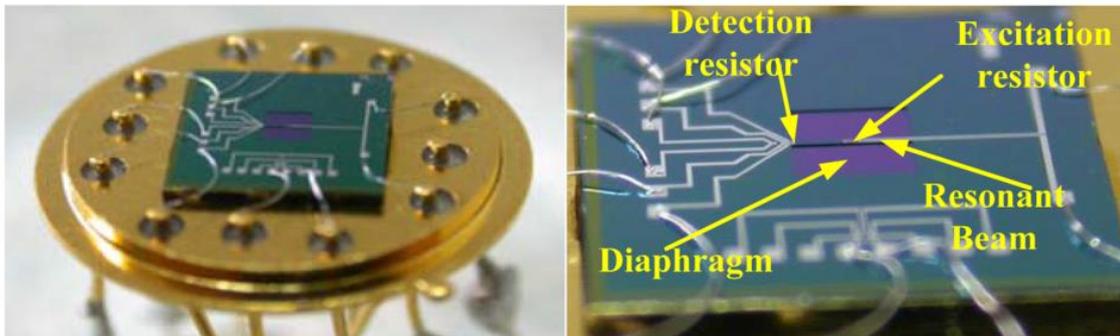


Рисунок 3 – Миниатюрный датчик давления [5]

Резонатор в виде стержня (Resonant Beam) включает в себя резистор обнаружения (Detection resistor) и резистор электротермического возбуждения (Excitation resistor) с зажимами, который изготавливается на квадратной диафрагме (Diaphragm). При измерении давления происходит деформация квадратной диафрагмы, что приводит к изменению механического напряжения внутри стержня. Наблюдается изменение собственной частоты резонатора. Для измерения собственной частоты колебаний стержня авторами применен генератор хаоса. Исходя из определенной собственной частоты резонатора, можно получить измеряемое давление.

Радарные системы в настоящее время используются для обнаружения объектов, измерения дальности и составления радиолокационных карт планет. Использование ГХ в радарных системах в качестве задающих элементов является новым направлением. Высокая чувствительность (рис.4) к начальным условиям и параметрам системы в ГХ является не проблемой, а в данном случае, преимуществом. Пример использования ГХ в качестве задающих элементов рассмотрен в статье [5]. В данной статье рассматривается проблема влияния помех, от датчиков препятствия двух роботов, друг на друга. Решением возникшей проблемы предлагается использование в качестве задающего элемента генератор

детерминированного хаоса. Причиной является невозможность изготовления идентичных экземпляров ГХ, что позволит обеспечить некоррелированность генерируемых сигналов.

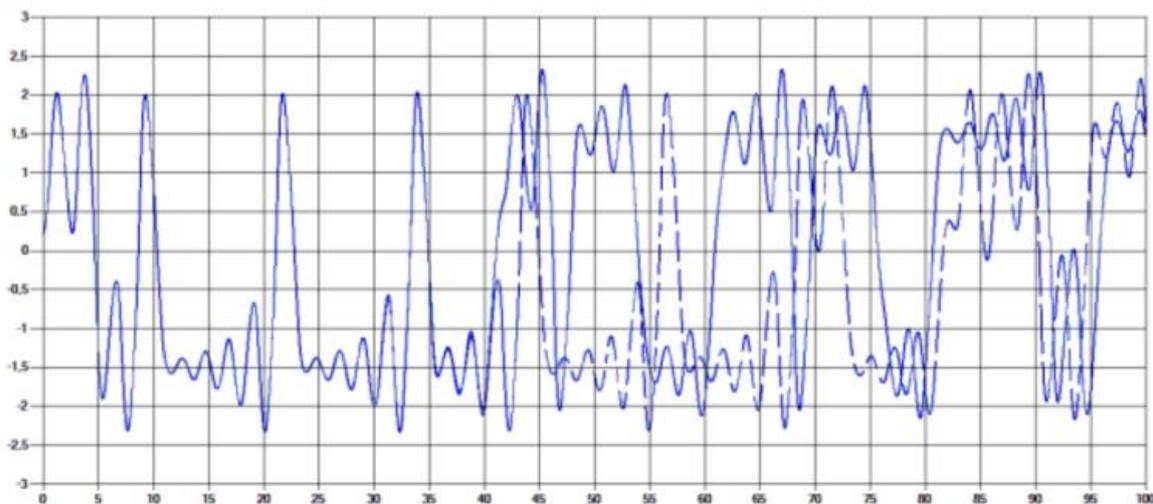


Рисунок 4 – Временные зависимости выходных сигналов генератора хаоса при различии начальных условий на  $10^{-6}$  при использовании в качестве задающего элемента аттрактора Лоренца (траектории показаны сплошной и штриховой линиями) [5]

Исходя из вышеперечисленного, можно сделать вывод, что ГХ находят применения в разных областях науки. Реализация приборов на основе ГХ со временем будет увеличиваться, так как на сегодняшний момент многие идеи пока только представлены моделированием хаотических систем. Практическая реализация генераторов хаоса, может быть простой в аналоговом исполнении, но также возможна и с использованием микроконтроллеров или FPGA. Исследования являются перспективными, что отмечается интересом к данной области у российского научного сообщества.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Земор, Ж. Курс криптографии / Ж. Земор ; перевод В. В. Шуликовская. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2006. — 256 с.
2. A Statistical Test Suite for Random and Pseudorandom Number Generators for Cryptographic Applications : Science report / Rukhin A., Soto J., Nechvatal J., Smid M., Barker E., Leigh S., Levenson M., Vangel M., Banks D., Heckert A., Dray J., Vo S. – NIST Special Publication 800-22, 2008. – 131 p.
3. Дмитриев, А.С. Прямохаотические схемы передачи информации в сверхвысокочастотном диапазоне / А.С. Дмитриев, Б.Е. Кяргинский, А.И. Панас, С.О. Старков // Радиотехника и электроника. – 2001. – №2 – С. 224-233.
4. Дмитриев, А.С. Динамический хаос. Новые носители информации для систем связи / А.С. Дмитриев, А.И. Панас. – Москва : Физматлит, 2002. – 259 с.
5. Shi, H. The application of chaotic oscillator in detecting weak resonant signal of MEMS resonator [Electronic resource] / H. Shi, W. Li // Review of Scientific Instruments. – 2017. – № 88. 055003. – 10.1063/1.4983576. – Mode of access: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4983576>. – Title from screen.
6. Патрушев, Е.М. К вопросу о применении генератора хаотических колебаний в датчиках близости для мобильных роботов / Е.М. Патрушев, Т.В. Патрушева, Н.А. Грищенко // Ползуновский альманах. – 2018. – №4. – С. 77-79.

#### Реквизиты для справок:

Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, д. 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», АлтГТУ, кандидату технических наук, доценту, **Патрушевой Татьяне Васильевне**, тел. (3852)29-09-13. E-mail: [it.patrusheva@gmail.com](mailto:it.patrusheva@gmail.com).

# РАЗРАБОТКА 3D-МОДЕЛИ ЩЕЛЕВОГО ОПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

А. А. Калашников, В. Е. Наумов, Д. А. Феночкина, Т. В. Котлубовская

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»  
г. Барнаул

С развитием производственных процессов предприятий, в связи с заменой большинства устаревших проектировочных решений новыми разработками на базе программного обеспечения, перед производителями, занимающимися процессом производственного моделирования, ставятся задачи, касающиеся вопросов модернизации имеющихся систем автоматизации.

Для визуального представления схем производства, конструкций, деталей или датчиков постепенно внедряются и тестируются технологии трехмерного моделирования. С каждым годом, будь то масштабные или малые предприятия, происходит внедрение новых технологий в производственный процесс. Это приводит к увеличению производственных затрат и затрат, связанных с изготовлением каких-либо изделий. К тому же, если предоставить возможность тестирования изделия непосредственно на этапе его разработки, можно сэкономить имеющиеся ресурсы и материалы разработчика.

В связи с имеющимися проблемами была сформулирована цель работы: разработать 3D-модель щелевого оптического датчика при проектировании системы автоматизированного контроля в приборостроении.

3D-модель щелевого оптического датчика для системы автоматизированного контроля в приборостроении разрабатывалась на основе датчика модели «OU NC3P-43P-20-LZS4» от компании «ТЕКО» [1].

Внешний вид щелевого оптического датчика представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид датчика модели «OU NC3P-43P-20-LZS4»

Для создания 3D-модели необходимо иметь чертеж, соответствующий метрологическим и техническим требованиям, а также определиться с выбором среды проектирования.

Достоинства и недостатки наиболее популярных в области приборостроения сред проектирования (программ 3D – моделирования), приведены в таблице 1.

Проанализировав достоинства и недостатки сред проектирования, для достижения цели работы была выбрана среда Autodesk Inventor. Выбор обусловлен [2]:

- наличием инструментов работы со сборками, что очень подходит для разработки оптического датчика из нескольких составных деталей;
- присутствием опции "Параметрическое моделирование", позволяющей за короткое время опробовать различные комбинации геометрического соотношения и изменения параметров модели, внести необходимые корректировки и избежать дальнейших ошибок;
- возможностью пройти бесплатное обучение. (Учебная лицензия со встроенным бесплатным обучением позволяет освоить в полной мере CAD-систему для проектирования с нуля);
- наличием адаптивного интерфейса с русской локализацией.

Разработка модели начинается с создания 2D-эскиза в плоскостях XY и XZ, затем на модель наносится резьба и применяются операции "Выдавливание" и "Сопряжение", после выполнения которых получаем готовую модель датчика (рисунок 2).

Таблица 1 – Достоинства и недостатки систем 3D-проектирования

Название CAD-системы	Достоинства	Недостатки
«Autodesk AutoCAD»	присутствие облачного сервиса для удаленного просмотра 3D-чертежей; ускоренная работа с многослойными сложными проектами	сложная система привязки информационных данных к объектам разработки; присутствие устаревших элементов интерфейса
«КОМПАС-3D»	представление меню инструментов в виде логических категорий; наличие базы типовых параметрических библиотек; представление конструкторских и технических документаций в виде таблиц	затрудненный процесс реформатирования проектов под другие CAD-системы; невозможность нанесения на изделие высококачественных текстур
«Autodesk Inventor»	совместное и раздельное редактирование деталей сборок; поддержка параметрического моделирования; русский пакет локализации; поддержка адаптивного моделирования; использование технологии электронных макетов; учебная лицензия сроком в 1 год; присутствие курса бесплатного обучения	проблемы поверхностного моделирования; затруднительный процесс установки программного обеспечения на персональный компьютер
«SolidWorks»	импортирование проектов из других CAD-систем; наличие инструментов для оценки стоимости изделий; настройка оформления проекта с ссылкой на стандарты	высокие системные требования; система конвертирования вызывает затруднения в работе с интерфейсом

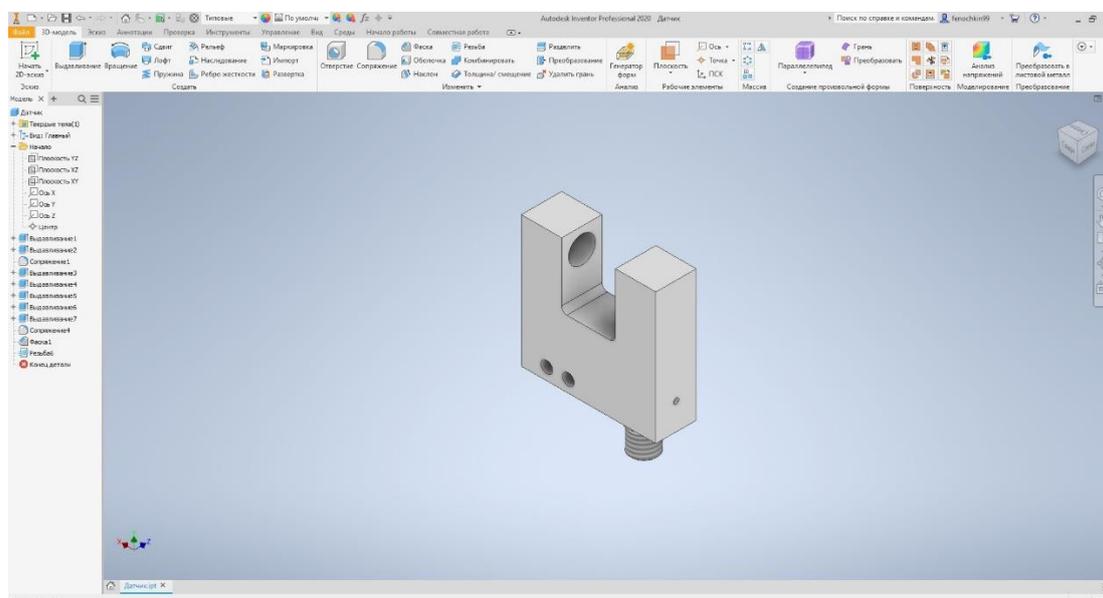


Рисунок 2 – 3D-модель щелевого оптического датчика

После разработки 3D-модели щелевого оптического датчика на базе технологии экструдерного сплавляющего осаждения был разработан опытный образец (макет).

В приборостроении щелевые оптические датчики включаются в состав автоматизированных систем контроля различных технологических параметров, как правило, на

завершающем этапе перед поступлением готовой продукции на склад.

Что касается выбранного для 3D-моделирования щелевого оптического датчика модели «OU NC3P-43P-20-LZS4», то он предназначен для обнаружения контролируемого объекта и коммутации электрических цепей в промышленных автоматизированных устройствах, линиях и системах.

В результате выполнения работы:

- произведен аналитический обзор программ 3D-моделирования;
- обоснован выбор программного обеспечения для разработки 3D-модели щелевого оптического датчика;
- разработана 3D-модель щелевого оптического датчика;
- изготовлен опытный образец.

Разработанная 3D-модель щелевого оптического датчика может быть использована на профильных предприятиях в качестве визуального прототипа.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Щелевой оптический датчик OU NC3P-43P-20-LZS4 // ТЕКО [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://teko-com.ru/katalog/opticheskie-datchiki/shhelevye-opticheskie-datchiki/podbor-shelevih-datchikov/ou-nc3p-43p-20-lzs4.html>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения 22.11.2020).
2. Зиновьев Д. В. Какая САПР самая популярная в СНГ // Студия Vertex [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://autocad-lessons.ru/why-kompas-3d/>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения 22.11.2020).

### Реквизиты для справок:

**Котлубовская Татьяна Викторовна**, научный руководитель, к.т.н., доцент кафедры «Информационные технологии» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», e-mail: [tavikot2010@mail.ru](mailto:tavikot2010@mail.ru).

**Феночкина Дарья Андреевна**, студент кафедры «Информационные технологии», Факультета информационных технологий ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [fenochkina\\_dasha@mail.ru](mailto:fenochkina_dasha@mail.ru).

**Калашиков Андрей Александрович**, магистрант кафедры «Информационные технологии», Факультета информационных технологий ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

**Наумов Владислав Евгеньевич**, магистрант кафедры «Информационные технологии», Факультета информационных технологий ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: [naumov\\_vladislav\\_1996](mailto:naumov_vladislav_1996).

## АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

М. В. Кизаметдинов

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»  
г. Барнаул

Разработка и проектирование изделий приборостроения предполагает решение многопрофильных задач с применением соответствующих систем автоматизированного проектирования (САПР) – проектирование схемотехники, разработка топологии печатных плат, проектирование конструктива, оформление конструкторской документации, проектирование и моделирование различных систем измерения и контроля и т.д.

**Цель** исследования предполагает решение следующих задач: анализ алгоритма разработки изделий приборостроения и оптимизация применения систем автоматизированного проектирования на различных этапах проектирования и конструирования.

Этап конструкторской разработки начинается с определения базовой структуры будущего изделия. Скелетом, на котором в дальнейшем будут наращиваться конкретные составляющие и различные виды документов и данных, можно считать базовый набор сборочных единиц, регистрируемых ведущим конструктором в среде системы управления данными об изделии.

Проектирование электронной «начинки» в механическом обвязке. Формулируется задачи для разработки схемотехники, которые разрабатываются в системе автоматизированного проектирования печатных плат (ЕСАD-системе), схемы электрические принципиальные на отдельные модули и выполняется моделирование работы схемы. Примерами ЕСАD-систем могут служить российские продукты Delta Design, DipTrase.

При конструировании «железа» определяются в КОМПАС-3D габариты плат и расположение основных компонентов для «внешних» связей. Следующий этап – передача этих данных в ЕСАD-систему. Для этого в составе КОМПАС-3D есть специальный модуль Конвертер КОМПАС — IDF, входящий в приложение Конвертер ЕСАD — КОМПАС. Модуль позволяет сформировать обменный файл формата IDF, в котором описывается контур платы, задается ее толщина, а также определяется место расположения ключевых компонентов. Формат IDF поддерживается практически всеми современными ЕСАD-системами. Конструктив печатного узла импортируется в виде IDF-файлов в ЕСАD-систему и полученная геометрия используется в процессе размещения компонентов и трассировки проводников. Затем подготавливаются экспортные IDF-файлы, BOM-файл и производственные файлы.

Авторазмещение компонентов и проектирование топологии печатной платы часто проходит несколько итерационных этапов, на которых плата с компонентами передается в 3D-сборку КОМПАС-3D и обратно в ЕСАD-систему. Эти процедуры выполняются средствами Конвертера ЕСАD — КОМПАС через формат IDF.

Во-первых, необходимо в свойства компонентов сборки платы добавить информацию из атрибутов электрорадиоизделий (ЭРИ), которые хранятся в Базе данных ЭРИ ЕСАD-системы. Для этого также используется Конвертер ЕСАD – КОМПАС. Он получает информацию из текстовых экспортных файлов ЕСАD-системы и заполняет свойства компонентов сборки.

Во-вторых, в состав платы могут входить не только электронные компоненты, но и компоненты механические – стойки, лепестки, кронштейны, радиаторы и т.п. Эти изделия конструктор прибора добавляет в 3D-модель платы с локальных дисков, из базы данных ЛОЦМАН:PLM из «Справочника: Стандартные изделия».

Конструктор кабельно-жгутовой обвязки трассирует жгуты проводов и электрические кабели внутри изделия с помощью КОМПАС-приложения «Оборудование: Кабели и жгуты». Кабельные изделия выбираются из «Справочника: Материалы и сортаменты». Таблицы соединений и параметры проводов могут быть получены из ЕСАD-системы или введены вручную. Затем формируется сборочный чертеж жгута или кабеля, при необходимости — спецификацию к сборочному чертежу и таблицу проводов с длинами. Конструктор прибора получает 3D-модель изделия и его полный электронный состав в ЛОЦМАН:PLM.

После выполнения конструкторской работы над изделием проводятся прочностные, тепловые расчеты и т.п. Прочностные расчеты могут быть реализованы в модуле art fem, который подключается в компас-3d как стандартное приложение. Расчетчик открывает модель платы в приложении и производит ряд подготовительных действий – определяет правила поведения моделей компонентов при той или иной нагрузке, задает места закрепления модели и добавляет собственно нагрузки. Это может быть вибронагружение с определенной частотой и ускорением, линейные нагрузки, скручивающие моменты. Затем создается сетка конечных элементов, производится расчет и формируются модели с отображением на них результатов, например «карта эквивалентных напряжений» и «карта суммарных линейных перемещений».

Когда проектирование и расчеты завершены, и в ЛОЦМАН:PLM имеется полный состав объектов, конструктором создается полный комплект ассоциативных сборочных чертежей и чертежей деталей, а также автоматически формирует комплект текстовой конструкторской документации на изделие, включая «перечень элементов», «спецификацию» и «ведомость покупных изделий». Эти документы формируются как файлы компас или как специальные формы отчетов в ЛОЦМАН:PLM. Причем синхронизация документов с электронной структурой (электронная модель, 3-d модель) позволяет автоматически корректировать их при внесении изменений. Автоматизация этих изменений разрешена лишь до момента завершения проектирования. Когда изделие переходит в стадию «архив», любые изменения в нем допускаются только с помощью механизма выпуска «извещений об изменении».

**Заключение.** Анализ алгоритма проектирования и конструирования технических объекта приборостроения проведен для отечественных систем автоматизированного проектирования (САПР). Алгоритм применения зарубежных САПР для разработки и проектирования электронных изделий не вызывает особых затруднений с учетом унификации интерфейсов, процедур графических построений, унификации форматов файлов, что позволяет применять различные САD-системы исходя в основном из финансовой целесообразности и специфики разрабатываемых объектов.

В дальнейшем целесообразно исследование применения САПР по различным критериям для решения специфических задач.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гатчин, Ю. А. Алгоритмы автоматизации проектирования изделий приборостроения [Текст] / Ю. А. Гатчин, Ю. В. Донецкая, И. Б. Комарова // Известия вузов. Приборостроение. – 2011.
2. Э.В. Фуфаев, Л.И. Фуфаева. Компьютерные технологии в приборостроении. – М.: Академия, 2009.
3. КОМПАС-3D. Руководство пользователя. Москва: АСКОН.

#### Реквизиты для справок:

**Кизаметдинов Михаил Евгеньевич**, магистрант кафедры «Информационные технологии», Факультета информационных технологий ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ НАВИГАЦИИ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ НА ПЛАТФОРМЕ ANDROID

А. С. Коваленко, Р. А. Забеляев, А. А. Кузнецов,  
А. Г. Зрюмова, П. А. Зрюмов

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»  
г. Барнаул

Навигация очень полезная функция в современном мире. Сейчас существует множество программного обеспечения для навигации по улицам города. Навигация осуществляется при помощи GPS. Каждый смартфон обладает таким функционалом и отлично работает на открытом пространстве, но для навигации внутри помещений, куда попадает ослабленный сигнал или же вообще не пробивается через стены, данный функционал не подходит.

Для обеспечения навигации внутри помещений применяется технология Веасоп, которая имеет необходимый функционал, удовлетворяющий требованиям задачи. Веасоп устройства работают по технологии Bluetooth LowEnergy (BLE). BLE – это беспроводная технология, которая обладает низким энергопотреблением. Устройства построенные по данной технологии могут работать без подзарядки более года от одной батарейки типа таблетка.

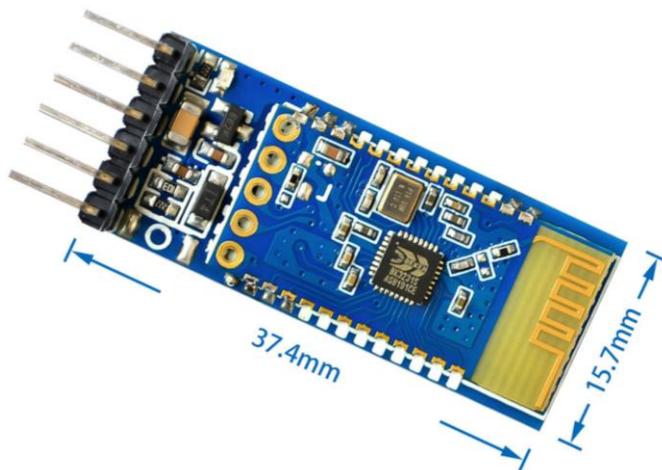


Рисунок 1 – Плата BLE устройства

Суть Веасоп-маяков заключается в периодической рассылке полезной информации по беспроводной технологии Bluetooth. Основной информацией является их идентификаторы. Очень важной особенностью данных BLE устройств является рассылка информации для всех устройств без сопряжения, т.е. любое устройство с включенным Bluetooth и специальным ПО

может получать полезную информацию с маяков информацию с определённой периодичностью.

Для определения местоположения используется метод трилатерации. Данный метод является одним из самых распространенных в построении геодезических сетей. Метод заключается в построении на местности примыкающих треугольников и измерение всех их сторон. Чаще всего используются для построения в свободных сетях, состоящих из отдельных следующих типовых фигур: четырехугольник, центральных систем и комбинаций с треугольниками. Для повышения точности в рядах или сетях трилатерации для повышения точности измеряется как можно больше базисных сторон. Построение сетей может быть не только из треугольников, но также и в виде любой другой фигуры.

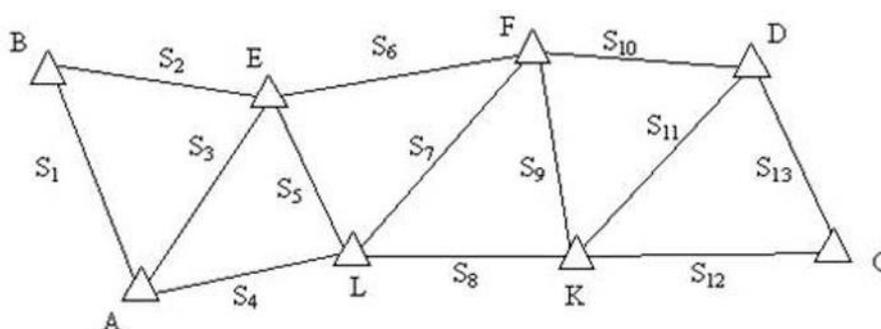


Рисунок 2 – Пример трилатерационной сети

Алгоритм работы системы заключается в определении местоположения методом трилатерации на основе сигналов, полученных с Beacon-маяков. В системе у каждого маяка изначально определены координаты, в которых он находится на карте. По идентифицирующей информации координаты привязаны к маякам. Также для ориентации в пространстве используется компас, который считывает данные о движениях с датчиков смартфона.

При эвакуации подается сигнал на смартфон пользователя при котором автоматически вычисляется кратчайший путь к нужному выходу с последующим сопровождением и подсказками. Изначально все возможные пути определены в системе.

По мощности полученных сигналов определяется вес координат каждого маяка, из которых и формируется текущее местоположение устройства пользователя. Для построения сети маяков для сектора выбрана форма треугольника. Чем больше смартфон уловит маяков, тем точнее будет результат. Конечно от маяков тоже зависит точность определения местоположения. Для получения более чистого сигнала необходимо питать маяки достаточной мощностью.

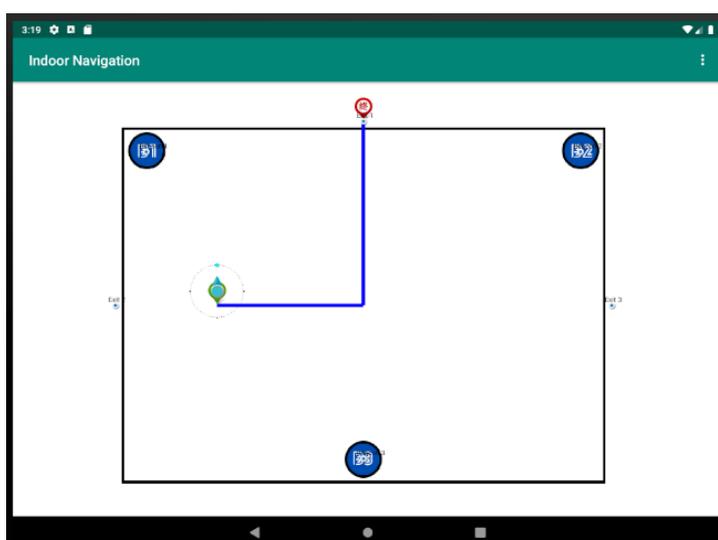


Рисунок 3 – Пример работы приложения

При опросе маяков в 500 мс значения могут часто изменяться из-за чего будет меняться и местоположение пользователя. Для исключения данного момента используется фильтр скользящего среднего по 10 значениям, который выравнивает скачкообразное изменение местоположения.

Разработка программного обеспечения производилась на платформу Android. Подключены библиотеки для работы с картами, для взаимодействия с beacon маяками. Работа с компасом производилась стандартными средствами android.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Серапинас, Б.Б. Глобальные системы позиционирования . – М.: ИКФ «Каталог», 2010. – 106 с.
2. Android Studio Overview [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.developer.apple.com/ibeacon/Getting-Started-with-iBeacon.pdf>. – Загл. с экрана. Дата обращения: 10.04.2018)
3. Эрпера, М. Внутренняя навигация с использованием маяков Bluetooth Low Energy / М. Эрпера – Degree Programme in Information Technology | Internet Technology, 2016. – 54с.
4. Bluetooth Core Specification [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bluetooth.com/specifications/bluetooth-core-specification> – Загл. с экрана.

### Реквизиты для справок:

**Зрюмов Павел Александрович**, к.т.н., доцент кафедры «Информационные технологии», Факультета информационных технологий ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

**Зрюмова Анастасия Геннадьевна**, к.т.н., доцент кафедры «Информационные технологии», Факультета информационных технологий ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: (3852) 29-09-13, e-mail: [a.zrjmov@mail.ru](mailto:a.zrjmov@mail.ru).

**Коваленко Александр Сергеевич**, магистрант кафедры «Информационные технологии», Факультета информационных технологий ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

**Забеляев Роман Андреевич**, магистрант кафедры «Информационные технологии», Факультета информационных технологий ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

**Кузнецов Андрей Александрович**, магистрант кафедры «Информационные технологии», Факультета информационных технологий ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

## МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ПРИБОРОВ КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

А. И. Кокорин, Б. С. Первухин

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»  
г. Барнаул

Основной задачей при проектировании любого средства измерения является необходимость обеспечения требуемой погрешности в диапазоне измерения, оговоренном в техническом задании на проектирование прибора контроля. Предложен способ проектирования кондуктометрических анализаторов жидкости [1,2] основанный на достижении этого значения систематической погрешности. Для достижения этой цели предложено использовать математические модели абсолютной или относительной погрешности приборов реализующих контактный и емкостной способы измерения. При этом отмечено, что величина систематической погрешности зависит от значений таких параметров контролируемой среды как ее удельная электрическая проводимость и относительная диэлектрическая проницаемость. Кроме этого на величину этой погрешности влияет выбранный способ измерения. Наиболее часто для оценки величины измеряемого параметра применяют его оценку по следующим значениям выходного сигнала измерительной цепи: по амплитуде тока через первичный преобразователь; по среднему значению тока через первичный преобразователь определенное в интервале времени ограниченном половиной периода напряжения питания первичного преобразователя; амплитуде падения напряжения на первичном преобразователе; по среднему значению падения напряжения на этом

преобразователем которое определено в интервале времени ограниченном длительностью половины периода напряжения питания; по величине среднего значения этого падения напряжения взятого за интервал времени ограниченном половиной периода тока через первичный преобразователь. Кроме перечисленных параметров и методов на погрешность будет влиять частота напряжения питания измерительной цепи и постоянная первичного преобразователя (коэффициент преобразования активного сопротивления первичного преобразователя в удельную электрическую проводимость анализируемого раствора зависит от его геометрических размеров и распределения поля между электродами).

Перед выбором метода оценки измеряемой величины по известным математическим моделям систематической погрешности необходимо спроектировать и изготовить первичный преобразователь который реализует контактный или емкостной способ измерения и обеспечивает удобство встраивания в контролируемые технологический процесс и обеспечивающий постоянный контакт с контролируемой средой. После этого необходимо определить его постоянную.

Для определения постоянной первичного преобразователя можно использовать [3,4,5,6] один из известных способов. Для определения постоянной во всех методах используются несколько растворов с известной величиной удельной электрической проводимости. Измеряется активная составляющая импеданса каждого из растворов по последовательной схеме замещения при различных частотах напряжения питания первичного преобразователя. Затем определяется активное сопротивление каждого из контрольных растворов путем аппроксимации их зависимостью  $R_i = R_f \cdot f^1$ , где:  $R_i$  – активное сопротивление  $i$ -го раствора находящегося в первичном преобразователе;  $R_f$  – измеренное значение активной составляющей импеданса первичного преобразователя с раствором на частоте  $f$ ;  $f$  – частота на которой проводилось измерение. Полученные значения  $R_i$  аппроксимируют линейной функцией вида  $R = r + A \cdot \rho_i$ , где:  $R$  – активное сопротивление раствора;  $r$  – сумма активных сопротивлений проводов и поляризационного сопротивления электродов первичного преобразователя;  $\rho_i$  – удельное сопротивление  $i$ -го раствора. Полученное значение коэффициента  $A$  принять за постоянную первичного преобразователя.

Величину источников систематической погрешности контактных кондуктометров, таких как поляризационное сопротивление и емкость двойного электрического слоя его электродов необходимо проводить с использованием контролируемой среды. Для этого необходимо провести измерения активной составляющей сопротивления первичного преобразователя с контролируемой средой по последовательной и параллельной схемам его замещения. Эти измерения необходимо провести при нескольких частотах напряжения питания первичного преобразователя. Обработав полученные результаты по методике, изложенной в [3,4,5], получить значения емкости двойного электрического слоя электродов и их поляризационного сопротивления. После поручения этих данных можно приступить к выбору метода измерения используя математические модели систематической погрешности.

Последовательность операций по выбору метода измерения выглядит следующим образом:

- определить постоянную первичного преобразователя с помощью растворов и известной удельной электрической проводимостью;
- определить величину суммарного поляризационного сопротивления и суммарной емкости двойного электрического слоя первичного преобразователя с использованием контролируемой среды;
- используя математические модели систематической погрешности выбрать метод измерения и частоту напряжения питания измерительной цепи, которые обеспечивают требуемую погрешность в заданном диапазоне измерения.

Использование предложенной методики позволяют сократить сроки и затраты на разработку требуемого прибора кондуктометрического контроля.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Первухин Б.С. Методическая погрешность контактных кондуктометров.// Естественные и технические науки. 2011. №1- С.176-182
2. Первухин Б.С. Проектирование контактных кондуктометров с использованием в качестве критерия оптимизации заданной систематической погрешности. // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. -2011. №2– С.41 – 44.
3. Латышенко К.П., Первухин Б.С. Метрология и измерительная техника. Микропроцессорные анализаторы жидкости./ Учебное пособие/ Москва, 2017.Сер. 11 Университеты России (2-е изд., испр. и доп).

4. Первухин Б.С. Определение параметров контактных первичных преобразователей кондуктометров.// Измерительная техника. – 2008. №3. – С.61-63.
5. Pervukhin B.S. Parameter determination for contact conductometer sensors.// Measurement Techniques. – 2008. T.51.№3-С332-335.
6. Первухин Б.С. Состояние и перспективы развития средств метрологического обеспечения кондуктометрических анализаторов жидкости. / Первухин Б.С., Афонин В.С., Юшкова В.Б.// Ползуновский альманах – 2016 - №2-С42-45.

**Реквизиты для справок:**

**Первухин Борис Семенович**, научный руководитель, д.т.н., профессор кафедры «Информационные технологии» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: bspervuhin@mail.ru.

**Кокорин Александр Иванович**, магистрант кафедры «Информационные технологии», Факультета информационных технологий ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: mussing22@yandex.ru.

## **ПОВЫШЕНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ДОПЛЕРОВСКИХ ДАТЧИКОВ, СОЗДАННЫХ НА ОСНОВЕ НЕАВТОНОМНОГО ОСЦИЛЛЯТОРА ДУФФИНГА-ХОЛМСА**

И. В. Колосов, Т. В. Патрушева

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»  
г. Барнаул

В настоящее время доплеровские датчики скорости широко применяются при контроле движущихся объектов жидкостей или газов в медицине, в навигационных приборах, приборах охраны. Эффект Доплера проявляется в системах, где имеет место волновое движение, например в ультразвуковых и электромагнитных датчиках (рис.1).

Нередко, разработчик доплеровского датчика может столкнуться с проблемой слабого принимаемого сигнала, а также может иметь место воздействие аддитивных и мультипликативных случайных помех. Мощность таких помех может изменяться непредсказуемо в широких пределах в процессе измерения. Следовательно, определение доплеровской частоты становится непростой технической задачей, реализация которой требует привлечения технологий, применяемых в радиолокации.

В качестве решения данной проблемы предлагается альтернативный способ преобразования измерительного сигнала, состоящий в использовании нелинейной динамической системы для выделения измерительной информации из принятого сигнала [1].

Осуществление данного преобразования возможно в динамической системе с хаотическим характером движения. Одним из характерных свойств хаотического обнаружителя является то, что мощность помехи на его входе практически не оказывает влияния на вид установившегося в системе движения, которое, в свою очередь, определяет выходной сигнал. Применение функционального преобразования принимаемого сигнала генератором хаоса позволит обеспечить необходимую помехоустойчивость, что показано в работах [2, 3].



Рисунок 1 – Микроволновый датчик движения RCWL-0516 [1]

Проблемой данной работы является сложность определения доплеровской частоты при слабом принимаемом сигнале и воздействии нестационарных по мощности помех. Данные условия могут наблюдаться, к примеру, при измерении скорости кровотока в сосудах.

Датчик работает по принципу сравнения частот излучаемых и принимаемых колебаний. Разность этих частот зависит от скорости контролируемого объекта или контролируемой среды.

Обзор научных публикаций в данной области позволяет сделать вывод о том, что в качестве нелинейного измерительного преобразователя для доплеровского датчика может быть применён практически любой генератор хаоса. К числу наиболее популярных у исследователей в этой области можно отнести неавтономный генератор Дуффинга-Холмса.

Уравнение Дуффинга-Холмса хотя и второго порядка, однако, содержит функцию времени для вынуждающей силы, а значит способно демонстрировать хаос:

$$\ddot{x} + b\dot{x} - x + x^3 = a \cdot \sin \tilde{\omega}\tau, \quad (1)$$

где  $x, \dot{x}, \ddot{x}$  – динамическая переменная и её производные;  $a, b$  – постоянные коэффициенты;  $\tilde{\omega}$  – частота внешнего гармонического воздействия;  $\tau$  – время.

Уравнение (1) можно переписать в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений, если ввести новую динамическую переменную  $y$ :

$$\begin{cases} \dot{x} = y \\ \dot{y} = x - x^3 - by + a \cdot \sin \tilde{\omega}\tau \end{cases} \quad (2)$$

Для составления математической модели в Matlab/Simulink (рис.2) были заданы следующие коэффициенты:  $b = 0,5$ ;  $a = 0,82$ ;  $\tilde{\omega} = 1$ .

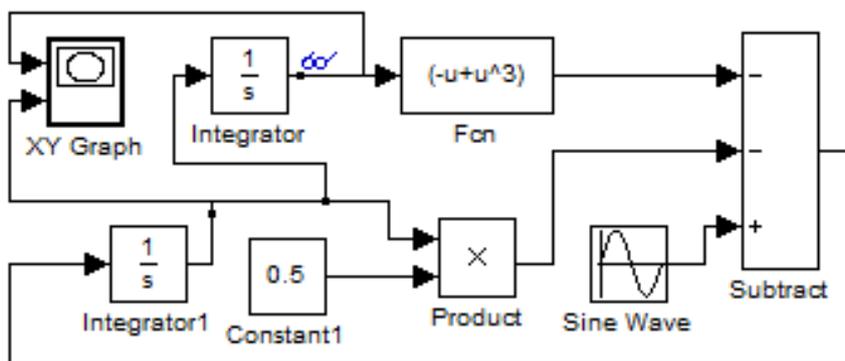


Рисунок 2 – Схема математической модели неавтономного осциллятора Дуффинга-Холмса в среде Matlab/Simulink

Временная зависимость сигнала (рис.3) выглядит как периодический сигнал (3-4 периода), содержащий короткие выбросы (1-2 периода). Такое движение, как правило, наблюдается на границе между периодическим и хаотическим режимами в неавтономных системах и называется перемежаемостью.

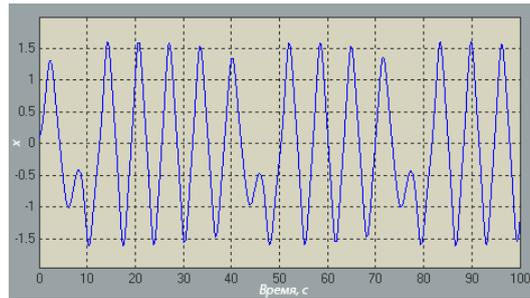


Рисунок 3 – Временная зависимость для динамической переменной  $x$ , полученная на численной модели в Matlab/Simulink

В фазовом пространстве динамических систем, как правило, есть точки равновесия. Чтобы вывести систему из равновесия достаточно лишь малого отклонения. Если точка обладает устойчивостью, то система совершит некоторое движение в её окрестностях, а затем вернётся к положению равновесия. Если же точка равновесия неустойчива, то начальное возмущение будет нарастать.

Для нахождения точек равновесия из уравнения (2) нужно исключить внешнюю вынуждающую силу, а производные  $\dot{x}$  и  $\dot{y}$  заменить нулями. Получим алгебраическую систему уравнений (3):

$$\begin{cases} y = 0 \\ -by + x - x^3 = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Решим систему (3) относительно  $x$ ,  $y$  и получим три точки равновесия:

$$X_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, X_2 = \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \end{pmatrix}, X_3 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Для анализа системы на устойчивость необходимо найти собственные значения матрицы, которые можно получить из характеристического уравнения:

$$M = |J - \lambda \cdot E|, \quad (4)$$

где  $J$  – якобиан системы уравнений (3);  $E$  – единичная матрица:

$$J = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 - 2x^2 & -b \end{pmatrix}, E = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Выполнив подстановки из (5) в (4), получим характеристическое уравнение, которое будет выглядеть следующим образом:

$$\lambda^2 + 0,5\lambda + 2x^2 - 1 = 0 \quad (6)$$

Решение уравнения (6) для точек равновесия  $X_1$  и  $X_2$  даёт корни  $\lambda_1 = -0,25 + 0,968i$ ;  $\lambda_2 = -0,25 - 0,968i$ . Такой вид корней свидетельствует о том, что точки равновесия  $X_1$  и  $X_2$  являются устойчивыми фокусами (рис.4).

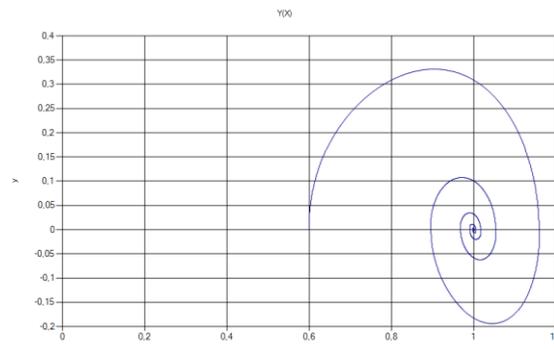


Рисунок 4 – Устойчивый фокус – график уменьшения возмущения от точки равновесия с координатами (1,0)

Для точки равновесия  $X_3$  решение уравнения (6) даёт корни  $\lambda_1 = -1,28$ ;  $\lambda_2 = 0,78$ . Эти корни действительные, с разными знаками, что говорит о наличии седловой точки равновесия, которая всегда неустойчива (рис.5).

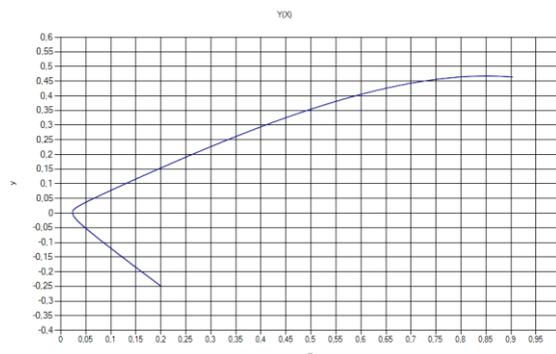


Рисунок 5 – График движения изображающей точки вблизи седла с координатами (0,0)

Таким образом, наличие неустойчивой точки равновесия в фазовом пространстве системы говорит о её высокой чувствительности к начальным условиям, что является одним из признаков хаотического движения. Кроме этого, хаотические системы могут демонстрировать бифуркации. Бифуркации, то есть смены устойчивости вида движения, могут быть использованы для обнаружения сигналов на фоне случайных помех. Такая способность объясняется нечувствительностью хаотической системы к шумам, и, в тоже время, высокой чувствительностью к периодическим воздействиям. Эта способность в настоящее время активно исследуется и может найти применения для обнаружения доплеровской частоты в датчиках, работающих в условиях преобладающих помех.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Патрушева, Т.В. Синтез возможных путей построения измерительных преобразователей на основе генераторов хаоса [Текст] / Т. В. Патрушева // Ползуновский альманах. – Барнаул, 2012. – № 2. – С. 96–98.
2. Горенков, Д.В. Функциональное преобразование измерительного сигнала в доплеровском датчике на основе генераторов детерминированного хаоса / Д.В. Горенков, Е.М. Патрушев, Т.В. Патрушева // Ползуновский альманах – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2018. – №4. – С. 13-16.
3. Chaos weak signal detecting algorithm and its application in the ultrasonic Doppler bloodstream speed measuring / H. Y. Chen, J. T. Lv, S. Q. Zhang, L. G. Zhang, J. Li. // Journal of Physics : Conference Series 13. – London, 2005. – P. 320-324.

#### Реквизиты для справок:

Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, д. 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», АлтГТУ, кандидату технических наук, доценту, **Патрушевой Татьяне Васильевне**, тел. (3852)29-09-13. E-mail:it.patrusheva@gmail.com.

## АНАЛИЗ АЛГОРИТМА РАЗРАБОТКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

А. В. Краснов

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»  
г. Барнаул

Техническая документация (ТД) – совокупность документов, участвующих при проектировании, изготовлении и использовании объектов техники: зданий, сооружений, промышленных изделий, включая программное и аппаратное обеспечение. Техническая документация важна как вовремя разработки, так и на всех последующих этапах. Например, техническая документация на измерительное средство необходима для поверки прибора, монтажа, ремонта и т. д. Также старая документация необходима для утверждения новых проектов их сравнения и корректировка на современный лад [1].

Целью исследования является анализ процесса разработки технической документации

(ТД).

Прежде, чем начать производство новой продукции, необходимо разработать необходимые документы как в текстовой, так и в графической форме. В процессе разработки ТД участвуют:

- заказчик, выдающий заказ на создание, производство и поставку какой-либо продукции;
- разработчик создает документацию о технических и экономических особенностях, которые учитываются при изготовлении продукции;
- изготовитель выпускает продукцию и отвечает за её качество, а также соответствие требованиям документов, в соответствии с которыми она изготавливалась.

Все участники процесса разработки (юридические и физические лица) работают на основе законного договора. Разработчик плоды своей работы передает клиенту или же не посредственно на производство. Обязанности разработчика сводятся к определению требований заказчика, изучению спроса и предложения на товары, выяснение условий применения, востребованность разработки в какой-либо сфере. Разработчик осуществляет необходимые исследования, конструирует, исходя из технических документов, содержащих показатели этой продукции, которые отражают её технический уровень, требования к безопасности, охраны труда и пр.

Техническая документация – это комплекс документов, необходимых и требуемых для применения на любом этапе жизненного цикла изделия. К ней причисляют техническое задание на разработку продукции, конструкторскую, технологическую, программную документацию и др.

Техническое задание (ТЗ) считается начальным и важным документом для разработки продукта. Оно включает технические и финансовые требования к продукту, характеризующий спрос на него и результативность использования. ТЗ разрабатывается инженерами при совместной работе с экономистами и включает особый раздел, в котором описывается экономическая эффективность продукции. Клиент и разработчик устанавливают сущность технического задания и согласовывают документ с компетентными органами, а потом утверждают его в определенном порядке [2]. Правила разработки технической документации для материалов и веществ устанавливает разработчик с учетом специфики продукции и производства, на котором она изготавливается.

Конструкторская документация (КД) содержит техническое задание и считается первостепенным элементом всего комплекса технической документации. Конструкторские документы разрабатываются согласно стандартам единой системы конструкторской документации. К КД причисляют текстовые и графические документы, включающие в себя необходимые сведения для разработки, производства, контролирования, приема, поставки и эксплуатации продукта, в том числе и ремонт [3].

Структура конструкторских документов зависит от ряда условий, однако абсолютно во всех вариантах он обязан отвечать условиям стандартов. Главными конструкторскими документами считается чертеж детали (графическое изображение, с предписанием размеров и разных условий для изготовления и контроля детали или изделия) и спецификация (руководство, описывающая процесс изготовления) [4]. Все без исключения конструкторские документы определены в стандарте ГОСТ 2.102 (ЕСКД).

Уже после готовности конструкторской документации или же при параллельной разработке создается технологическая документация.

Технологическая документация предполагает собою комплекс документов, которые представляют описание процедуры производства продукта и устанавливаются в стандартах единой системы технологической документации [5].

Стандартные технологические документы:

1) маршрутная карта (МК) – документ, содержащий инструкцию по изготовлению и ремонту изделия, включая контроль и наблюдение за всеми этапами производства, указывая используемое оборудование.

2) операционная карта (ОК) – документ, описывающий переход этапов обработки изделия и средства технологического оснащения. ОК используются при разных производствах, кроме одиночного.

Под одиночную продукцию формируются регламенты, которые разрабатываются на группы или отдельные виды продукта для определенных предприятий. Технологический регламент выполняется в соответствии с определенными требованиями нормативных документов и включает в себя ряд технологических разделов, описывающие схему и процесс производства, выработку отходов и их воздействие на природу, контроль качества производства и другие.

После разработки и принятия ТД производят, а затем испытывают опытный образец

продукции в ходе проверочного тестирования, которые проводит приёмная комиссия или специализированная организация. В зависимости от итогов тестирования завершают работу над документацией, которая устанавливает требования к данной продукции. Присутствие плохой оценки тестирования приводит к разработке предложений по доработке и усовершенствованию продукции, и повторному тестированию либо к прекращению работ над продуктом. Присутствие положительных итогов проверки гарантирует готовность предприятия, освоить производство продукции и наладить её массовое производство. После проведения тестирований начинается корректировка всей документации и обучение персонала для стабильной работы по выпуску продукции

Для того чтобы доказать готовность к производству продукции выполняются квалификационные испытания для образцов продукции первой изготовленной серии. Тестирование показывает, что продукция не нарушает допустимые пределы ошибок, а также не нарушает требований безопасности, охраны здоровья и природы, а все выявленные недостатки устраняются [6]. Если тесты выявили плохие результаты, то продукцию не допускают до производства, пока все ошибки не будут устранены. При хороших результатах теста освоение производства считается законченным, а произведенная продукция может поставляться клиенту по утвержденным документам.

Все виды работ и расчетов в конечном счете предоставляются в виде технической документации. Алгоритм разработки технической документации, закрепленный в ГОСТах, приведен ниже на рисунке 1.

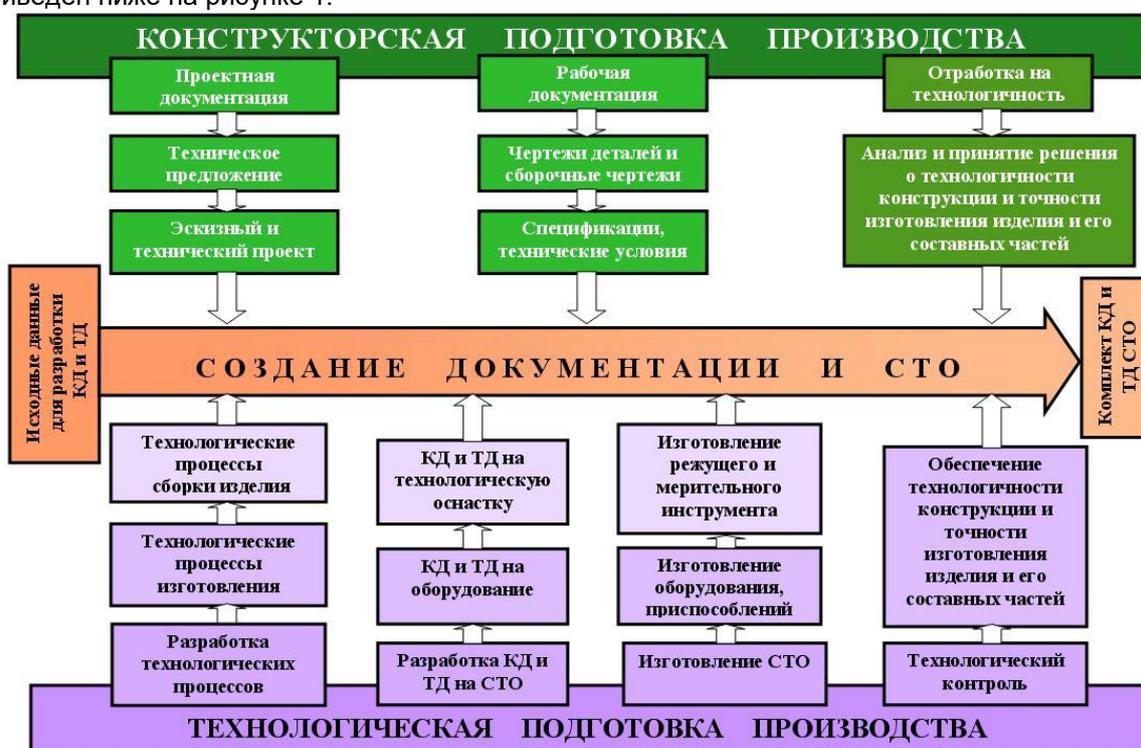


Рисунок 1 – Процесс создания технической документации

Оптимизация данного алгоритма разработки технической документации. Например, эскизы в технологической и конструкторской документации можно выполнять параллельно в целях экономии времени, также в технологической документации можно объединить ведомость оснастки и ведомость материалов в одну форму, что также позволит сократить время разработки. В дальнейшем можно игнорировать некоторые документы, сразу перейдя к представлению продукции в графическом виде, чтобы было проще создать полноценный рабочий образец, который проходит тестирование на изъяны и корректировку ошибок, а после отправляется на производство. Таким образом, сокращается объем документации за счёт исключения некоторых документов, повышая скорость разработки документации. Так как на чертежах прописывают все размеры, а в спецификации указываются материалы для изготовления, то это позволяет сократить время на производство производственной образец и протестировать его. Оптимизированный алгоритм создания технической документации приведен на рисунке 2.

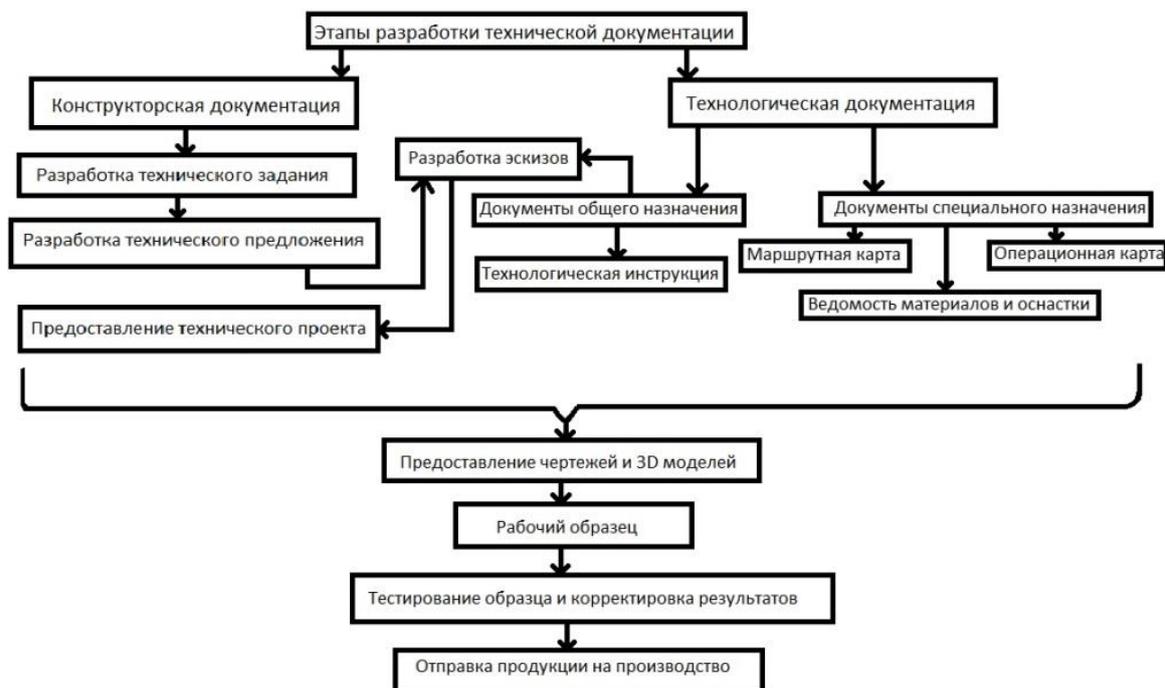


Рисунок 2 – Усовершенствованный процесс создания технической документации

**Заключение.** В работе проведен анализ понятие технической документации, состав и порядок её составления, обязанности сторон, участвующих в создании технической документации, технического задания – ТЗ (при этом существует полемика на предмет нужности составления ТЗ, что было абсолютно недопустимо в советский период). Рассмотрен закрепленный в ГОСТах алгоритм разработки технической документации. Приведены оптимизированные этапы создания технической документации, сокращающие объем документации и ускоряющие разработки как самой документации, так и создание промышленного образца.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Глаголев, В.А. Разработка технической документации. Руководство для технических писателей и локализаторов ПО (+CD) / В.А. Глаголев. - М.: СПб: Питер, 2016. - 192 с.
2. Кузнецова, Т.В. Делопроизводство и техническая документация / Т.В. Кузнецова, Е.А. Степанов, Н.Г. Филиппов. - М.: Высшая школа, 2012. - 159 с.
3. Богданов М.Б. Конструирование измерительных приборов. Разработка конструкторской документации и конструирование деталей: учебное пособие / М.Б. Богданов. – Тула: Изд-во: ТулГУ, 2007. – 100 с.
4. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Периодически изменяемые и переутверждаемые ГОСТ (Р) 2.001 – 2.901.
5. ГОСТ 3.1001-2011 Единая система технологической документации. Общие положения. — Введ. 2012-01-01. — М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2011. – 27 с.
6. ГОСТ 4.005.005-79. Организация и порядок проведения метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации. - М.: ВНИИ, 2015. – 19 с.

#### Реквизиты для справок:

**Краснов Александр Владимирович**, магистрант кафедры «Информационные технологии», Факультета информационных технологий ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

# РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА КОРРЕКЦИИ ШУМА ДЛЯ МОБИЛЬНОЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПО ИЗМЕРЕНИЮ СЕРДЕЧНОГО РИТМА

П. В. Нефедов

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»  
г. Барнаул

На сегодняшний день постоянное отслеживание состояния своего здоровья стало очень популярным, а для многих людей это не просто желание, а жизненно важная необходимость. Это означает, что методы и средства диагностики здоровья становятся всё более востребованными. Естественно, что в первую очередь люди следят за состоянием жизненно важных органов, а одними из самых важных органов человека является сердце и сердечнососудистая система. Самый простой способ отслеживания состояния и диагностировать нарушения работы сердца и сосудов является измерение пульса.

Сейчас существует множество методов, позволяющих измерить частоту биения сердца. Начиная от придуманного ещё в Древнем Китае метода пальпации и заканчивая современными электрокардиографами, пульсоксиметрами и пульсометрами. Метод пальпации является общедоступным, но при этом крайне неточным, поэтому для точного измерения пульса современными методами обязательно требуется специальный прибор. Зачастую возникают ситуации, когда нужно точно измерить частоту сердцебиения, а специализированного прибора под рукой нет. Именно для таких ситуаций существуют мобильные приложения, позволяющие измерить пульс при помощи мобильного телефона [1].

Основной проблемой существующих сегодня приложений для измерения сердечного ритма является их недостаточная точность, так как на сигнал, заложенный в основу данных приложений, сильно влияет шум, снижая точность измерения.

Целью исследования является разработка программного обеспечения для мобильной оптико-электронной системы контроля состояния человека по измерению сердечного ритма.

Мобильная оптико-электронная система контроля состояния человека по изменению его пульса строится на основе мобильного телефона, а в качестве первичного измерительного устройства используется встроенная камера со вспышкой. Программное обеспечение будет разрабатываться под операционную систему Android.

Отличительной особенностью данного приложения является наличие простого и удобного интерфейса, а также более высокая точность измерения по сравнению с аналогами.

Приложение имеет три основных окна:

- главное – загружаемое при запуске проекта, позволяет измерить пульс;
- измерения – должно содержать предыдущие результаты измерений пользователя;
- помощь – инструкция, разъясняющая последовательность действий для измерения

пульса.

Функциональные требования

Разработанное мобильное приложения позволяет пользователю измерить пульс в интервале от 40 до 150 ударов в минуту [2]. При измерении значение пульса, не входящего в установленный интервал, должно быть не более 0.01%. Сердечный ритм здорового человека в спокойном состоянии попадает в промежуток от 60 до 90 ударов в минуту. Исходя из этого, приложение анализирует полученный результат и отображает, является ли полученный результат нормой.

Данные, полученные при измерении пульса на главном экране, передаются в базу данных, включая дату и время измерения сердечного ритма.

При выборе окна, содержащего предыдущие результаты измерений, создается список предыдущих измерений, который создаётся на основе собираемой базы данных. Каждая строка должна предоставлять исчерпывающую информацию об предыдущих измерениях: дату и время измерения, полученное значения пульса и картинку, которая обозначает принадлежность имеющихся данных к норме (от 60 до 90 ударов в минуту).

Для улучшения качества обрабатываемых изображений полученных с помощью мобильной камеры и упрощения обработки, используются такие алгоритмы как: алгоритм AutoLevel, алгоритм гамма-коррекции, алгоритм Multi-ScaleRetinex [3].

В большинстве алгоритмов, в качестве входного сигнала для вычисления частоты пульса используется средняя интенсивность красной компоненты кадра и считается дискретным с частотой дискретизации равной частоте кадров, получаемых с камеры мобильного устройства.

Как правило, полученный необработанный сигнал содержит в себе большое количество шумов, из-за которых могут появляться лишние пики, не соответствующие сердечному ритму, либо же отсутствовать необходимые пики. В связи с этим при вычислении частоты сердечных сокращений нельзя полагаться на количество пиков полученного исходного сигнала. Отсюда следует, что необходим алгоритм, который отфильтрует полученные данные, выбрав только те пики, которые действительно соответствуют сердечным сокращениям. Разработка алгоритма, отвечающего вышеуказанным требованиям, является основной задачей и главной сложностью при решении данной задачи [4].

На данный момент в существующих приложениях используются три основных алгоритма решения данной проблемы.

В первом алгоритме полученный исходный сигнал разбивается на окна фиксированной длины. Далее сигнал в каждом конкретном окне сравнивается с синусоидальным шаблоном. При совпадении сигнала и шаблона, количество пиков в окне подсчитывается. Частота пульса вычисляется по формуле:

$$HR = n \cdot \frac{60}{l}, \quad (1)$$

где HR – частота пульса, n–количество пиков, l–длина окна в секундах [4].

При использовании второго алгоритма сигнал сначала нормализуется. Для этого используется сглаживающее дифференцирование. Далее происходит подсчёт числа пиков в полученном после нормализации сигнале [4]. Частота пульса, как и в первом алгоритме, вычисляется по формуле (1).

Главная особенность третьего алгоритма – решение считать среднее расстояние между пиками, а не их число.

Алгоритм состоит из следующих шагов:

Дифференцируем сигнал. Данный шаг необходим для того, чтобы выровнять сигнал. Выровненный сигнал должен быть таким, чтобы появилась возможность сравнивать высоты пиков. Дифференцирование производится по следующей формуле:

$$f'(x_i) \approx \frac{f(x_{i+1}) - f(x_{i-1}))}{2}, \quad (2)$$

где  $f(x_i)$  и  $f'(x_i)$  – значение сигнала и его производной для i-го кадра соответственно ( $2 \leq i \leq \text{frame\_number} - 1$ ), а  $\text{frame\_number}$  – общее количество кадров [4].

Создаётся набор из k самых высоких пиков. Здесь k изменяется от 3 до n, где n – максимальное количество рассматриваемых пиков. Для рассматриваемого сигнала, который длится 10 секунд, используем n равное 20.

Используя наборы, полученные в предыдущем шаге, и высчитывается дисперсия расстояний между соседними пиками для них. Дисперсии для каждого набора определяется по формуле:

$$\text{variance} = \frac{1}{k-1} \cdot \sum_{i=1}^{k-1} (l_i - \frac{1}{k-1} \cdot \sum_{j=1}^{k-1} l_j)^2, \quad (3)$$

где  $l_i$  – расстояние между i-м и (i + 1)-м пиками набора (здесь мы считаем, что пики в наборе упорядочены по времени их появления), а k– общее количество пиков в наборе [4].

Выбирается подходящий набор пиков. Подходящий набор пиков – набор с наименьшим значением дисперсии расстояний.

Вычисляется частота пульса по формуле:

$$HR = \frac{\text{frame\_rate} \cdot 60}{\text{mean}}, \quad (4)$$

где HR – частота пульса,  $\text{frame\_rate}$  – частота кадров исходного видеофайла,  $\text{mean}$  – среднее значение разностей между соседними пиками из набора с наименьшим значением дисперсии расстояний [9].

Алгоритм работы программного обеспечения для мобильной оптико-электронной системы контроля состояния человека по измерению сердечного ритма имеет следующий вид.

1. При наборе значений красной компоненты изображений происходит проверка наличия пиков на заданном интервале времени t. То есть, в течение времени t набираются изображения и вычисляются средние значения R компоненты для этих изображений [3].

2. Выявляется максимальное и минимальное значение R компоненты на интервале  $t_i$  рассчитывается их разность. Далее, те же самые действия производятся для следующего интервала равного t.

3. Значения разностей сравниваются. Если значение, полученное в ходе второго интервала, больше половины и меньше полутора значения первого интервала то набор значений продолжается аналогично. Если проверка не была пройдена, есть два возможных способа обхода ошибки.

Методы обхода ошибки.

Первый способ: набранные значения сбрасываются, и сбор данных начинается сначала. Так продолжается, пока не наберётся 10 интервалов. Данный способ гарантирует обход ошибки, но при этом может сильно замедлить сбор необходимых данных.

Второй способ: изначально каждая полученная разность сохраняется в отдельную ячейку специального массива. Затем, если полученная разность меньше половины или больше полутора значения предыдущей, поочерёдно начиная с конца, происходит сравнение с предыдущими измерениями. Как только находится предыдущее измерение, для которого текущее больше половины и меньше полутора, текущее измерение считается следующим после подошедшего, и набор значений продолжается с данной позиции. Если текущее измерение не проходит проверку ни с одним, включая первое, все полученные значения сбрасываются, и сбор данных начинается сначала. Так продолжается, пока не наберётся 10 интервалов.

Данный способ так же должен гарантировать обход ошибок и при этом работать быстрее предыдущего. Блок-схема второго варианта алгоритма набора значений представлена на рисунке 1.

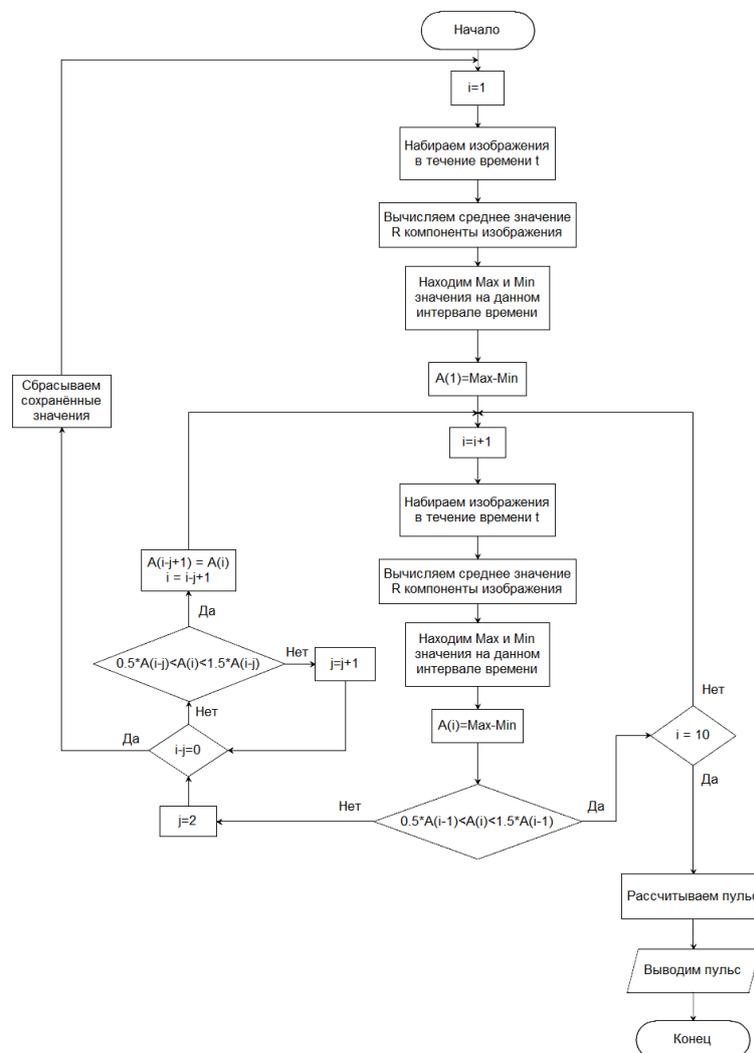


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма по набору значений R компоненты изображения для расчета пульса

Далее полученный с видеокамеры сигнал обрабатывается с помощью скользящего среднего для сглаживания высокочастотных всплесков (рисунок 2). Как видно из представленного рисунка детектировать пики очень сложно, как и найти среднее расстояние между ними [3].

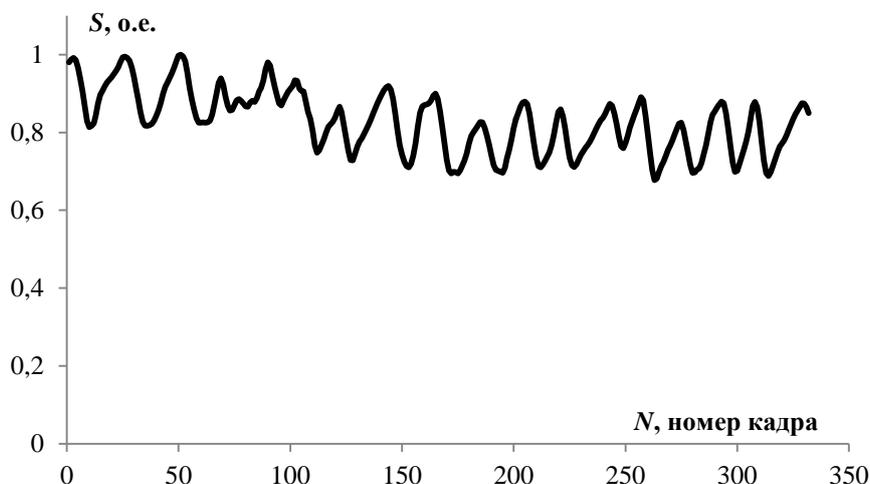


Рисунок 2 – График изменения сигнала от номера кадра при частоте пульса 72 уд/мин и кадровой частоте видеокамеры 30 Гц

Далее полученный сигнал разбивается на 10 интервалов, длительность которых ТИ изменяется от 0,4 до 1,5 сек, что соответствует частоте сердечного ритма 150 и 40 уд/мин. После этого для каждого значения ТИ в сигнале подсчитывается количество глобальных максимумов N в каждом интервале. Затем вычисляется первое значение ТИ МАХ, соответствующее максимальному количеству NМАХ. После этого находят глобальные максимумы в первом и десятом интервале, длительность которых равна ТИ МАХ, рассчитывается время между ними Т, по которому определяется значение пульса Р по формуле  $600 / T$  (уд/мин) [57].

В данном описании алгоритма взято количество измерений равное 10, как среднее и наиболее удобное для описания. Способ набора значений является новым и лишен недостатка, связанного с точностью измерения.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Heart Beat Rate [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://play.google.com/store/apps/details?id=air.com.bio2imaging.HeartBeatRate>.
2. Основы физиологии сердца: учебное пособие / В.И. Евлахов, А.П. Пуговкин, Т.Л. Рудакова, Л.Н. Шалковская; под ред. А.П. Пуговкин. – СПб : СпецЛит, 2015. – 336 с.
3. Красильников Н.Н. Цифровая обработка изображений. М.: Вузовская книга, 2001. 320 с.
4. Алгоритмизация. Введение в язык программирования С++/ И.Е. Белоцерковская, Н.В. Галина, Л.Ю. Катаева – М.: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016.

#### Реквизиты для справок:

Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, магистрант Нефедов Павел Викторович, тел. (385-2) 29-09-13, e-mail: iit\_kafit@mail.ru.

# АНАЛИЗ КЛАССОВ ТОЧНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ РОССИЙСКИХ И ЗАРУБЕЖНЫХ РАЗРАБОТЧИКОВ

Д. М. Пальшин

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»  
г. Барнаул

Точность изготовления печатных плат (ПП) напрямую влияет на работоспособность конечного изделия, отсюда значимость анализа и оптимизации классов точности электронных печатных плат российских и зарубежных производителей.

ГОСТ 23.751-86 включает в себя пять классов точности печатных плат (ПП). Класс точности указывается в конструкторской документации на ПП [1]. Это связано с использованием технологического оборудования в зависимости от класса точности ПП.

В таблице 1:  $t$  – ширина печатного проводника;  $S$  – расстояние между краями соседних элементов проводящего рисунка;  $b$  – гарантированный поясок;  $f$  – отношение номинального значения диаметра наименьшего из металлизированных отверстий к толщине печатной платы.

Наиболее востребованы печатные платы 3-го класса точности [2]. К платам любительского или макетного уровня относят платы 1-го и 2-го уровня точности.

У зарубежных производителей принята иная классификация печатных плат по уровню точности (таблица 2).

Исходя из анализа данных двух таблиц можно сделать вывод - есть существенная разница между российскими и зарубежными стандартами классов точности, заключающаяся в минимальной ширине проводников и расстоянии между краями проводящего рисунка. В российских стандартах она шире. Также в зарубежных нормах учитывается шаг трассировки, что позволяет разработчикам на начальных этапах идентифицировать возможности производства [3].

Анализ результирующий в таблице 3. Первые два класса практически не изменены, но для них приводится шаг координатной сетки, что в свою очередь позволит разработчику на начальных этапах работы определить возможные местоположения монтажных отверстий, контактных площадок для поверхностно монтируемых компонентов. Начиная с 3-го класса точности, изменены такие параметры, как размер печатного проводника, расстояние между краями соседних элементов проводящего рисунка, отношение номинального значения диаметра наименьшего из металлизированных отверстий к толщине печатной платы.

Российские параметры допустимо приближены к зарубежным параметрам из следующих соображений - уменьшение ширины печатного проводника и зазора приведет к производству более компактных печатных плат, созданию более удобных и мобильных приборов.

В качестве примера - печатная плата солемера, разработанная по стандартным и изменённым параметрам третьего класса точности.

Печатная плата солемера со стандартными параметрами третьего класса точности:

- ширина печатной платы 80 мм.
- высота печатной палаты 15 мм.
- ширина печатного проводника 0,25 мм;
- расстояние между краями соседних элементов проводящего рисунка 0,25 мм [4];
- гарантийный поясок 0,05 мм;
- отношение номинального значения диаметра наименьшего из металлизированных отверстий, к толщине печатной платы 0,33 мм;
- шаг координатной сетки 0,25 мм.
- предельное отклонение диаметров монтажных и переходных отверстий 0,05 мм;
- предельные отклонения размеров проводящего рисунка для узкого места 0,05 мм;
- позиционные допуски для расположения осей отверстий в диаметральном выражении 0,08 мм [4].

Печатная плата солемера с изменёнными параметрами третьего класса точности:

- ширина печатной платы 75 мм.
- высота печатной палаты 15 мм.
- ширина печатного проводника 0,15 мм;
- расстояние между краями соседних элементов проводящего рисунка 0,15 мм;
- гарантийный поясок 0,1 мм;
- отношение номинального значения диаметра наименьшего из металлизированных

отверстий, к толщине печатной платы 0,33 мм;  
 – шаг координатной сетки 0,15 мм.  
 – предельное отклонение диаметров монтажных и переходных отверстий 0,1 мм;  
 – предельные отклонения размеров проводящего рисунка для узкого места 0,02 мм;  
 – позиционные допуски для расположения осей отверстий в диаметральном выражении 0,04 мм.

**Заключение.** Полученные 3D-модели плат позволяют сделать вывод – для изготовления печатной платы, полученной с измененными параметрами, требуется меньше ресурсов, нежели у стандартной; плата конструктивно компактнее. Размеры платы с параметрами обычной классификации по большей стороне 80 мм и по меньшей 40. Размеры второй платы по большей стороне 75 мм и по меньшей стороне 35. 3D-модели ПП проиллюстрированы на рисунках 1 и 2. Среда проектирования и моделирования DipTrace.

Результаты оптимизации можно рекомендовать как разработчикам любительского уровня, так и на этапах макетирования, моделирования небольших производств, при возможности «гибкого» обращения с технологическим оборудованием

Таблица 1 - Отечественная классификация печатных плат по уровню точности

Условное обозначение	Номинальное значение основных параметров				
	1	2	3	4	5
t, мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,1
S, мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,1
B, мм	0,3	0,2	0,1	0,05	0,025
f, мм	0,4	0,4	0,33	0,25	0,2

Таблица 2 - Зарубежные стандарты классов точности для печатных плат

Класс точности	t, мм	S, мм	b, мм	f, мм	e, мм
1	0,75	0,75	0,3	0,4	3,5
2	0,40	0,40	0,2	0,4	2,5
3	0,15	0,15	0,1	0,3	1,5
4	0,1	0,1	0,05	0,25	1,0
5	0,05	0,05	0,025	0,15	0,5

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Конструкторское производственное объединение [Электронный ресурс]: точность плат. – Режим доступа: <http://www.pcb.spb.ru/precise>. – Загл. с экрана (дата обращения 01.04.2019).
2. ГОСТ 20406-75 Платы печатные. Термины и определения (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200015696>. – Загл. с экрана (дата обращения 21.03.19).
3. ГОСТ Р 51040–97 Государственный стандарт РФ. Платы печатные. Шаги координатной сетки. Printed boards. Grid systems [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-51040-97>. – Загл. с экрана (дата обращения 22.03.19).
4. ГОСТ Р 53429 – 2009 Платы печатные. Основные параметры конструкции. Режим доступа: <http://www.pselectro.ru/upload/u0008.pdf>. – Загл. с экрана.

#### Реквизиты для справок:

*Пальшин Дмитрий Михайлович*, магистрант кафедры «Информационные технологии», Факультета информационных технологий ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СКОЛЬЗЯЩЕЙ ГИСТОГРАММЫ ДЛЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

Е. А. Пугачева, Р. В. Исаков

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых»  
г. Владимир

Артериальное давление — жизненно важный параметр, который при оптимальных значениях необходимо регулярно измерять и поддерживать в норме для контроля состояния и скачков, которые могут представлять угрозу для сосудистой системы и в целом для здоровья человека [1].

**Целью** данной работы являлось разработка альтернативного метода анализа результатов артериального давления, на основе метода скользящей гистограммы.

**Задачами** представленной работы являются построение скользящих гистограмм для систолического и диастолического артериальных давлений, а также частоты сердечных сокращений, а также нахождение области нормы и выявление мод распределения параметров.

Гистограмма частот - график, который показывает частоту появления данных [2]. Гистограмма позволяет рассмотреть поведение исследуемого параметра, однако если параметр не стационарен, то мода и вид распределения меняется во времени. В таком случае обычная гистограмма не даст информации обо всех этих изменениях.

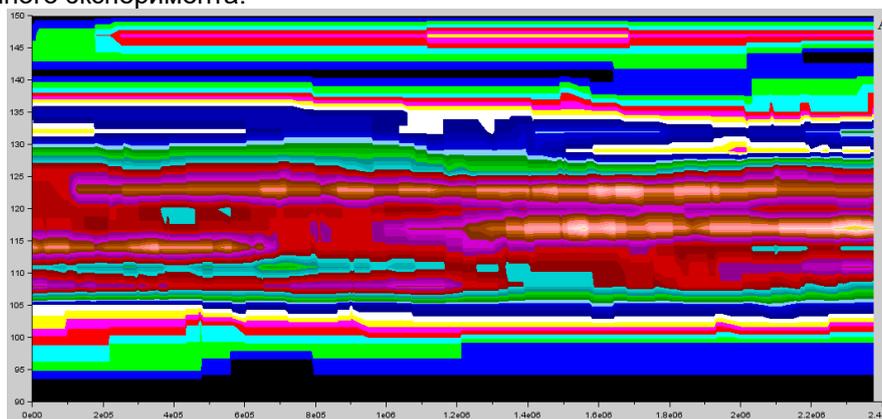
При вычислении гистограммы во временном окне и последующим его смещением (скольжении) выявляется новая информация об изменениях распределения параметра. Данный метод называется скользящая гистограмма.

Визуализация полученных результатов осуществляется в форме цветового картирования величины частоты (или вероятности).

Для проверки информативности данного подхода был проведен эксперимент. С исследуемого в возрасте двадцати двух лет по 6 раз в день при помощи тонометра в течение двух месяцев проводились измерения систолического (САД), диастолического артериального давления (ДАД) и частоты сердечных сокращений (ЧСС). Вторая серия измерений проводилась через 3,5 года от 6 до 12 раз в день для получения более детальной картины. Таким образом, можно оценить изменения, происходящие в организме человека.

## Результаты

На рисунках 1, 2, 3 показан результат обработки данных артериального давления, представленного эксперимента.



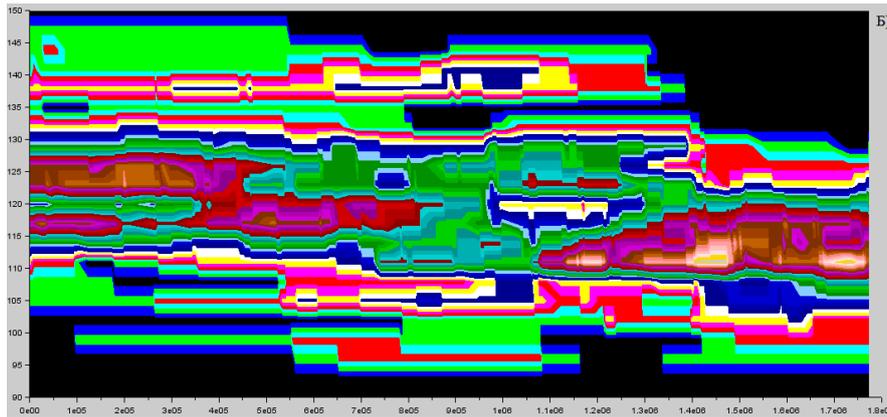


Рисунок 1 - Результаты обработки данных САД скользящей гистограммой (по горизонтальной оси – время в сек, по вертикальной – АД, мм.рт.ст.): А) данные измерений 1 серии и Б) данные измерений 2 серии

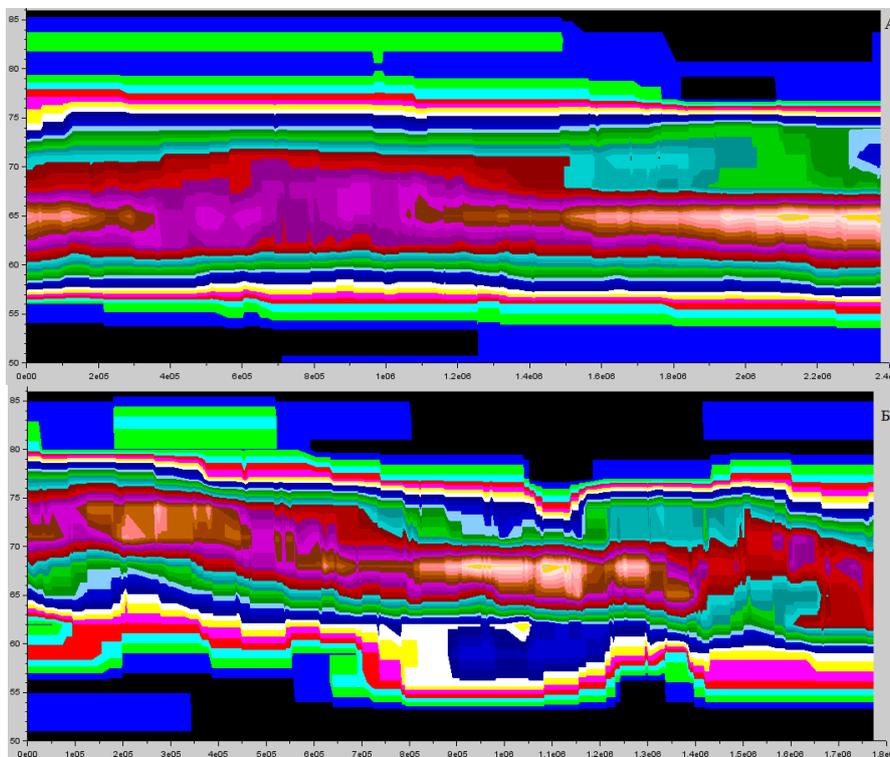


Рисунок 2 - Результаты обработки данных ДАД скользящей гистограммой (по горизонтальной оси – время в сек, по вертикальной – АД, мм.рт.ст.): А) данные измерений 1 серии и Б) данные измерений 2 серии

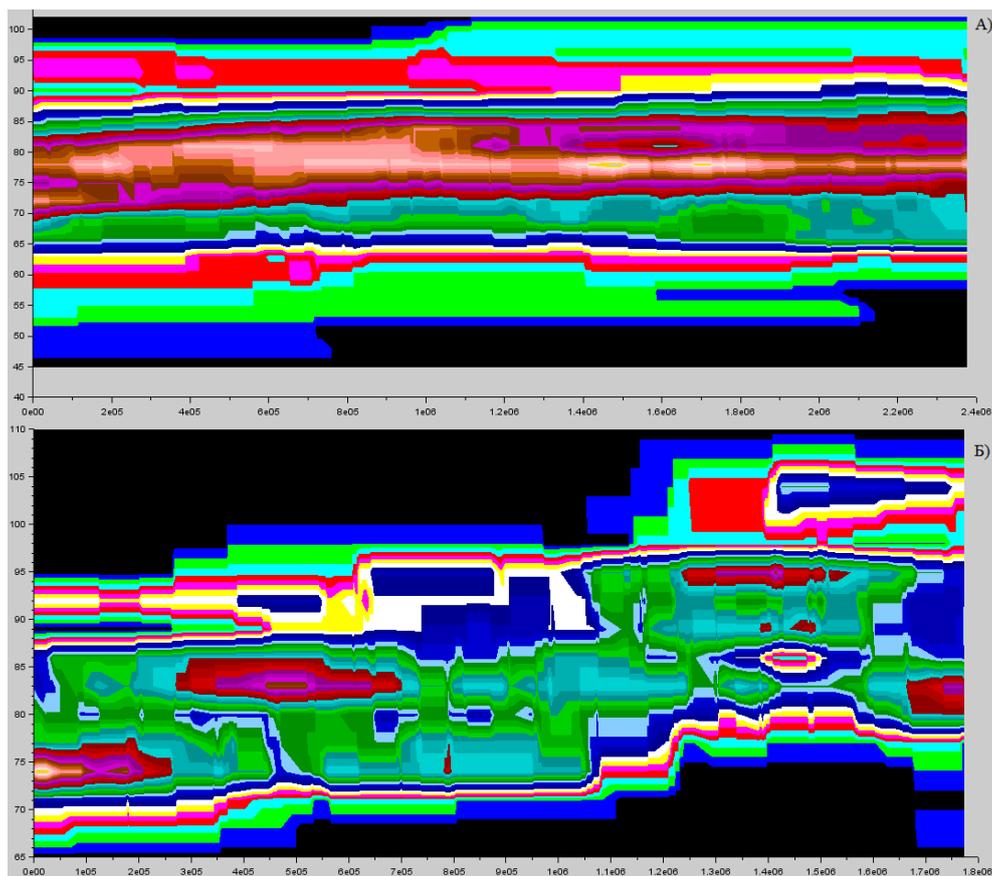


Рисунок 3 – Результаты обработки данных ЧСС скользящей гистограммой (по горизонтальной оси – время в сек, по вертикальной – ЧСС, уд/мин А) данные измерений 1 серии и Б) данные измерений 2 серии

### Обсуждение результатов

На представленных рисунках можно увидеть область «нормы» для конкретного человека по яркой линии в средней части гистограммы, соответствующей моде. Границами нормы можно считать соседние с ней области, выделяющиеся в форме контура (для количественного определения границ нормы, можно использовать среднеквадратическое отклонение от моды). Также заметны изменения моды, особенно на второй серии измерений. Все остальные области, лежащие выше или ниже выделенной области в окрестности моды можно считать отклонением от данной персонализированной нормы. Для конкретного примера по данным 1 серии измерений, модой САД (рис.1 А) можно считать окрестность значений 120 мм.рт.ст., ДАД (рис.2 А) – 65 мм.рт.ст., а ЧСС (рис.3 А) – 77 уд/мин. Причем состояние было относительно стабильным. Во второй серии измерений виден процесс плавного изменения состояния, при котором моды САД и ДАД падают (рис.1Б, 2Б), а ЧСС – растет (рис.3Б).

### Выводы

Представленный метод обработки больших массивов данных измерений АД позволит более точно выявлять границы нормы для конкретного человека и дает новую аналитическую информацию об изменениях его состояния. Может применяться как дополнительное средство анализа в программном обеспечении систем измерения АД.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. «Опасные скачки» Чем чреваты резкие перепады артериального давления? Как обезопасить себя и предотвратить сосудистые катастрофы? [Электронный ресурс]. URL: <https://stoletnik.ru/articles/chelovek-simptomy-bolezni/opasnye-skachki-chem-chrevaty-rezkie-perepady-arterialnogo-davleniya-kak-obeopasit-sebya-i-predotvr/> (дата обращения: 05.11.2020)
2. Скользящая гистограмма [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.it-brain.online/tutorial/dip/histogram\\_sliding/](https://ru.it-brain.online/tutorial/dip/histogram_sliding/) (дата обращения: 05.11.2020)

**Реквизиты для справок:**

**Исаков Роман Владимирович**, научный руководитель, доцент кафедры «Биомедицинские и электронные средства и технологии» (БЭСТ), ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых» (ВлГУ), e-mail: isakov-rv@mail.ru

**Пугачева Елена Александровна**, магистрант кафедры «Биомедицинские и электронные средства и технологии» (БЭСТ), ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых» (ВлГУ), e-mail: len.pugacheva2018@yandex.ru.

## **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ ЗВУКОВОГО СИГНАЛА КОЛЕННОГО СУСТАВА, ПОЛУЧЕННОГО С ЭЛЕКТРОННОГО СТЕТОСКОПА**

Д. И. Хацко, Е. Д. Гильдерман, М. С. Шкотов, А. А. Пилецкий, А. А. Халин,  
П. А. Зрюмов, А. Г. Зрюмова, В. С. Падалко

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»  
г. Барнаул

**Целью** работы является разработка алгоритма обработки сигнала, полученного с электронного стетоскопа, который предназначен для измерения звукового сигнала, возникающего при движении в коленном суставе. Данный аппарат позволит исследовать патологии опорно-двигательного аппарата человека без хирургического вмешательства и дополнительных систем диагностики. Данный аппарат должен удовлетворять следующим требованиям:

- портативность;
- возможность передачи снимаемого сигнала на анализирующий блок.
- простота использования;
- недорогая стоимость в сравнении с современными реалиями российского рынка.

Необходимые функциональные особенности системы:

- регистрация звуковых сигналов, воспроизводимых частями тела человека.
- предварительная фильтрация и передача на анализирующий блок.
- обработка и анализ полученных данных для определения состояния исследуемой конечности.

- составление заключения для последующей диагностики или лечения пациента.

**Задачами** данной работы являются:

1. провести анализ разработанной системы со стороны аппаратной и программной части;
2. определить полосу частот, свойственную исследуемым сигналам;
3. провести эксперимент по проверке работоспособности аппарата;

На рисунке 2 представлена функциональная схема системы.

Предполагалось, что система будет построена на широкополосном микрофоне, а сам анализ данных будет основан на анализе передаточной функции полученного сигнала.

Основные блоки схемы:

1. Широкополосный микрофон.
2. Аналоговый звуковой фильтр.
3. Контроллер, получающий и передающий данные.
4. Система фильтрации (цифровой), обработки сигнала и выдачи результатов.

Общий алгоритм работы системы:

1. К пациенту подключается устройство, получающее звуковые сигналы с части тела пациента при определенных действиях.
2. Сигнал проходит первичный фильтр и при помощи микроконтроллера отправляется на анализирующую систему.
3. Система, получая информацию анализирует ее и выдает результат исследования.

В результате, в полученной системе анализирующим блоком является смартфон с установленным на него программным обеспечением. В современных реалиях это самый практичный и недорогой в разработке вариант ввиду повсеместного распространения мобильных устройств.

Разработанное приложение было реализовано через разработанную компанией Google среду разработки AndroidStudio. Для простоты использования приложение состоит из одного активного окна, на котором происходят все манипуляции. Подключение к измерительному устройству по протоколу Bluetooth происходит автоматически.

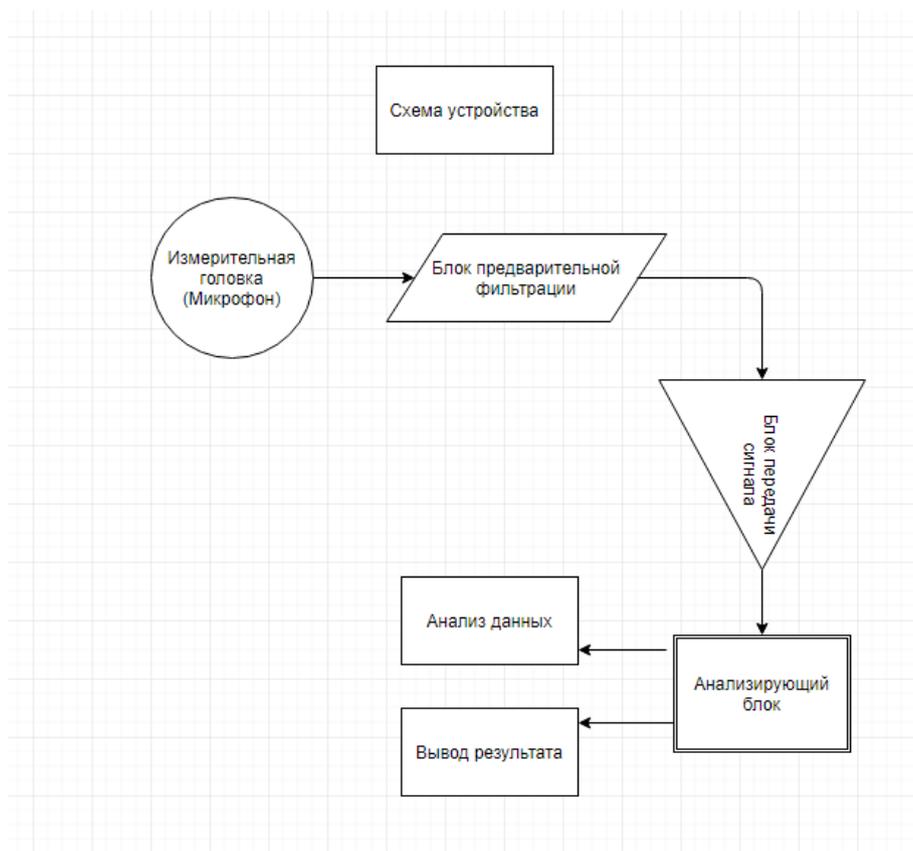


Рисунок 1 – Блок-схема системы

На данном этапе разработки приложение без визуального оформления выглядит так:

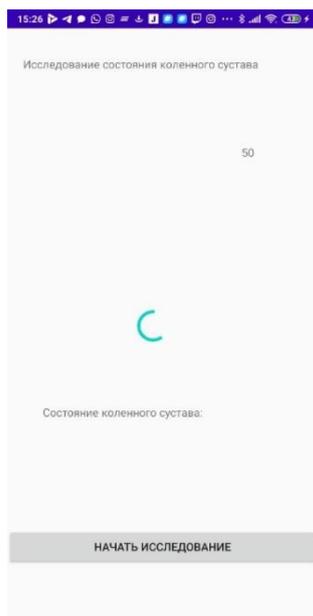


Рисунок 2 – Основное окно приложения

При нажатии кнопки «Начать исследование» приложение начинает записывать получаемые данные в массив и анализировать их, с характерной анимацией. По окончании исследования на экран выводится результат о состоянии коленного сустава пациента. Предусмотрено получение ошибок при неудачном подключении, приостановка приложения и соединения при сворачивании. В процессе исследования амплитуды сигнала записываются в массив данных, по которому следом проводится анализ состояния коленного сустава.

Для проверки работоспособности аппарата, было проведено экспериментальное исследование метода. При помощи разъема TRS в аппарат поступает сигнал, который имитирует сигнал, записанный с коленного сустава. Экспериментально доказано, что крепитации (скрипы и хрусты) коленного сустава происходят в частотном диапазоне от 50 до 170 Гц, что позволяет создать сигналы, которые будут имитировать записи сигнала здорового и больного сустава. Для моделирования сигналов использовались быстрое преобразование Фурье, впоследствии на сигналы были наложены шумовые фильтры для приближения сигнала к реальному результату, так как при записи сигнала с коленного сустава так же могут быть записаны и посторонние звуки, которые так же могут повлиять на точность результата. Данные сигналы были смоделированы в среде MathLab.

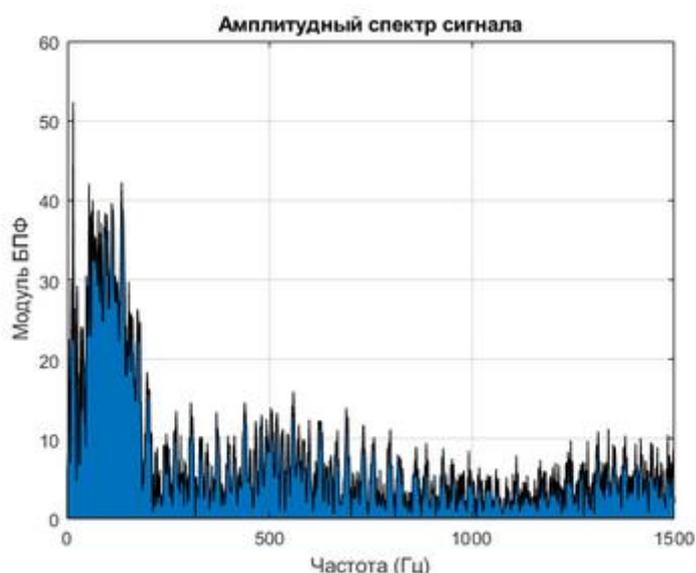


Рисунок 3 – Блок-схема системы

По данному амплитудно-частотному графику смоделированного сигнала мы можем наглядно наблюдать, что полезная часть исследуемого сигнала находится в приблизительно частотных пределах от 50 до 170 Гц, как и было сказано ранее. Далее сигнал принимает монотонную форму, которая не является полезной для данного исследования.

Для начала эксперимента, запускаем устройство и приложение на смартфоне, далее необходимо произвести сопряжение Bluetooth – устройств, после сопряжения устройство готово к записи сигналов, в данном случае сигналы не будут записываться через микрофон, а будут переданы с компьютера на устройство при помощи разъема TRS, который позволяет устройству анализировать уже записанные сигналы. Для передачи сигнала с компьютера необходимо подключить разъем TRS в выход звуковой карты компьютера и запустить проигрывание сигнала в программе, которая воспроизводит файлы формата wav, одновременно с этим, необходимо начать запись сигнала в программе на смартфоне. После записи сигнала, программа производит частотный анализ и предоставляет отчет о возможности заболевания коленного сустава.

При проведении эксперимента устройством было обработано 30 сигналов, 15 из которых имитируют больной сустав, а 15 сигналов имитируют здоровый сустав. На основе данных результатов можно судить о наличии заболевания, но нельзя судить о том, чем именно болен пациент.

На данном этапе устройство прошло проверку, но нельзя судить о его работоспособности в реальных условиях, для этого требуется провести эксперимент в медицинском учреждении с

группой людей, у которых есть подтвержденные заболевания коленного сустава. После испытания устройства в реальных условиях можно будет сделать вывод о точности результатов.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Строев, В. М. Проектирование измерительных медицинских приборов с микропроцессорным управлением // Издательско-полиграфический центр ФГБОУ ВПО «ТГТУ» 2012г.
2. Реман, К. Как контролировать боль при остеоартрите. Современные варианты лечения / К. Реман, Н. Лейн // Международный медицинский журнал. – 1999. – №1. – С.22-26.
3. Степанов, Д.А. Электронный стетоскоп: адаптация концепции под российские реалии. Санкт-Петербургский государственный университет, 2019 г.
4. Голощапов, А. GoogleAndroid. Программирование для мобильных устройств / Алексей Голощапов. – М.: БХВ-Петербург, 2012. - 448 с.

#### **Реквизиты для справок:**

*Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, к.т.н, доцент **Зрюмова Анастасия Геннадьевна**, тел. (385-2) 29-09-13. E-mail: a.zrumova@mail.ru.*