

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
Информатики и радиоэлектроники  
Кафедра инженерной психологии и эргономики

УДК 004.3+[004.9:799.3]

Пивоваров  
Александр Юрьевич

АППАРАТНО ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС  
ДЛЯ ПУЛЕВОЙ СТРЕЛЬБЫ: ТЕХНИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО

### **АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание академической степени магистра технических наук

по специальности 1-23 80 08 Психология труда, инженерная психология,  
эргономика

А.Ю. Пивоваров

Заведующий кафедрой ИПиЭ  
кандидат технических наук,  
доцент К.Д. Яшин

Научный руководитель  
кандидат технических наук,  
доцент В.С. Осипович

Нормоконтролер  
ассистент Е.С. Иванова

Минск 2015

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Основной целью данной магистерской диссертации является разработка аппаратно-программного комплекса для тренировки спортсменов по пулевой стрельбе. В работе рассматриваются вопросы проектирования подобного вида устройств.

В первой главе производится анализ специальной стрелковой литературы, рассматриваются и анализируются методы и условия выполнения правильного с технической стороны выстрела, для достижения максимального результата. Методы правильной постановки дыхания, изготовления спортсмена, точного нажатия на спусковой крючок. Самым совершенным тренажером для подготовки спортсменов по пулевой стрельбе на сегодняшний день является разработка «СКАТТ». Однако в ней существует ряд неразрешенных вопросов, которые ограничивают потенциал использования и эксплуатации, таких как малое удобство использования нескольких комплектов изделия, отсутствие ведения журнала тренировок, слабый упор устройства на психофизиологическое состояние стрелка. Создание аппаратно-программного комплекса преследует ряд технико-экономических целей: разработка платформонезависимой программы управления комплексом с интуитивно-понятным интерфейсом; разработка датчика устанавливаемого на оружие спортсмена; разработка устройства для определения психофизиологического состояния спортсмена; интеграция всех устройств на огневом рубеже с мобильными платформами.

Во второй главе анализируются требования предъявленные к системе. Выделяются различные уровни аппаратно-программного комплекса. Разработана структурная схема системы. Рассматриваются вопросы применения и принцип функционирования различных методов измерения пульса, оксигинации и уровня электродермальной реакции.

В третьей главе, разрабатывается общая структурная схема устройства, описывается разработка датчика измерения физиологических параметров человека, таких как пульс, температура и сопротивление кожи на основе выявленных требований к системе. Проводится анализ существующих компонентов с целью использования в схеме.

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы обусловлена постоянно растущими результатами спортсменов в пулевой стрельбе. Спортсмену необходимо вести записи о проделанных выстрелах, записывать комментарии к текущей тренировке и задание на следующую. Кроме этого необходимо вводить в тренировочный процесс устройства измеряющие и контролирующие работу стрелка. Во время выполнения точного выстрела спортсмену необходимо следить за многими вещами. Например, плавное нажатие на спуск, точное прицеливание, производить выстрел между ударами сердца, следить за дыханием. При скоростной стрельбе из пистолета важен точный перевод оружия с одной мишени на другую.

Целью данной работы является создание полноценного тренировочного комплекса, способного определять динамику подготовки стрелка, измерять физиологические параметры спортсмена на тренировке, вести записи тренировочного процесса. Для результативного проведения тренировок аппаратно-программный комплекс должен:

- следить за точностью прицеливания спортсмена;
- оценивать достоинство пробойны;
- следить за устойчивостью спортсмена;
- следить за изменением физиологических параметров спортсмена;
- комментировать какие-либо выстрелы, или всю тренировку непосредственно во время тренировки;
- назначать задания на тренировку;
- анализировать полученные результаты.

Для успешного выполнения выстрела, стрелку необходимо следить за своей изготойкой, выполнить точное прицеливание, нажим на спусковой крючок. В идеале произвести выстрел между ударами сердца.

Таким образом, описав задачи тренажера и технику правильного выстрела, можно разделить его на функционально самостоятельные звенья: электронная мишень, датчик прицеливания, датчик нажима на спусковой крючок, датчики измерения физиологических показателей, компьютер с программным обеспечением для получения данных от измерительных приборов, приложение для мобильных платформ, веб сервис для хранения и использования результатов

## КРАТНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Самым совершенным тренажером для подготовки спортсменов по пулевой стрельбе на сегодняшний день является разработка «СКАТТ». Однако в ней существует ряд неразрешенных вопросов, которые ограничивают потенциал использования и эксплуатации, таких как малое удобство использования нескольких комплектов изделия, отсутствие ведения журнала тренировок, слабый упор устройства на психофизиологическое состояние стрелка.

Целью разработки является создание аппаратно-программного комплекса для тренировки спортсменов, способного превзойти по удобству эксплуатации, точности визуализации информации, а так же более привлекательного для потребителей в ценовом диапазоне.

На основании этого можно утверждать что создание аппаратно-программного комплекса преследует ряд технико-экономических целей:

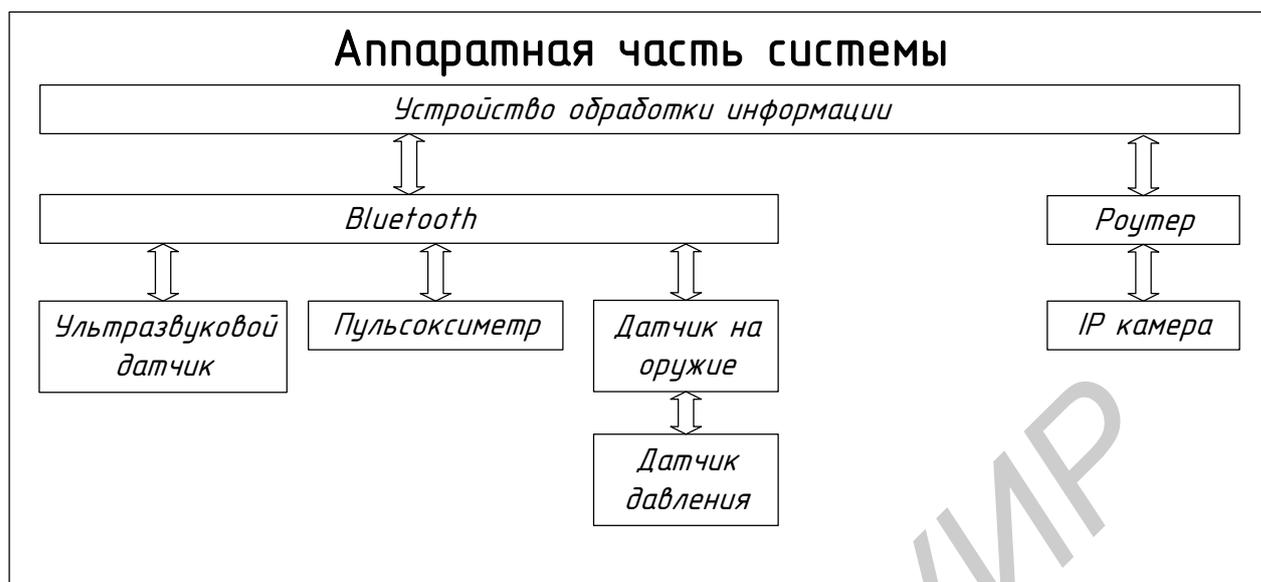
- разработка платформонезависимой программы управления комплексом с интуитивно-понятным интерфейсом;
- разработка датчика устанавливаемого на оружие спортсмена;
- разработка устройства для определения психофизиологического состояния спортсмена;
- интеграция всех устройств на огневом рубеже с мобильными платформами.

Для реализации данных целей можно выделить следующие задачи:

- разработка структурной схемы аппаратно-программного комплекса для пулевой стрельбы;
- разработка структурной схемы датчика измерения психофизиологического состояния спортсмена;
- разработка схемы электрической принципиальной датчика фотоплетизмографии;
- разработка алгоритма работы программы микроконтроллера обеспечивающего работы системы датчиков.

Разрабатываемый комплекс можно разделить на три самостоятельных структуры: аппаратную часть, программную часть и внешнюю часть системы.

Во главе аппаратной части системы стоит устройство обработки информации. Это устройство служит центральным узлом системы, на него ставится операционная система с программным обеспечением. Данным узлом системы может являться любой компьютер, подходящий под требования к производительности а так же другие вычислительные приборы, имеющие экран, для отображения графической информации рисунок 1.



**Рисунок 1 – Структурная схема системы**

Среди основных типов датчиков можно выделить: ультразвуковой датчик, фотоплетизмограф (оксипульсометр), датчик на оружие. По сети подключается роутер, обеспечивающий связь с IP камерам, которые располагаются на линии мишеней и производят съёмку. Так же роутер по возможности должен обеспечивать выход в интернет, и возможность подключения к интернету зрителей на огневом рубеже.

Ультразвуковой датчик, представляет собой систему из расположенных на теле спортсмена излучающих динамиков, измерительной рамки с микрофонами и обрабатывающего устройства, обеспечивающего передачу сигналов и результаты измерений на главное вычислительное устройство (компьютер либо телефон).

Пульсоксиметр (фотоплетизмограф), датчик необходимый для слежения за психофизиологическим состоянием спортсмена. За основные характеристики, примем частоту сердечных сокращений и насыщение кислородом крови. Частью данного датчика так же может являться модуль отображения информации и модуль измерения кожно-гальванической реакции кожи.

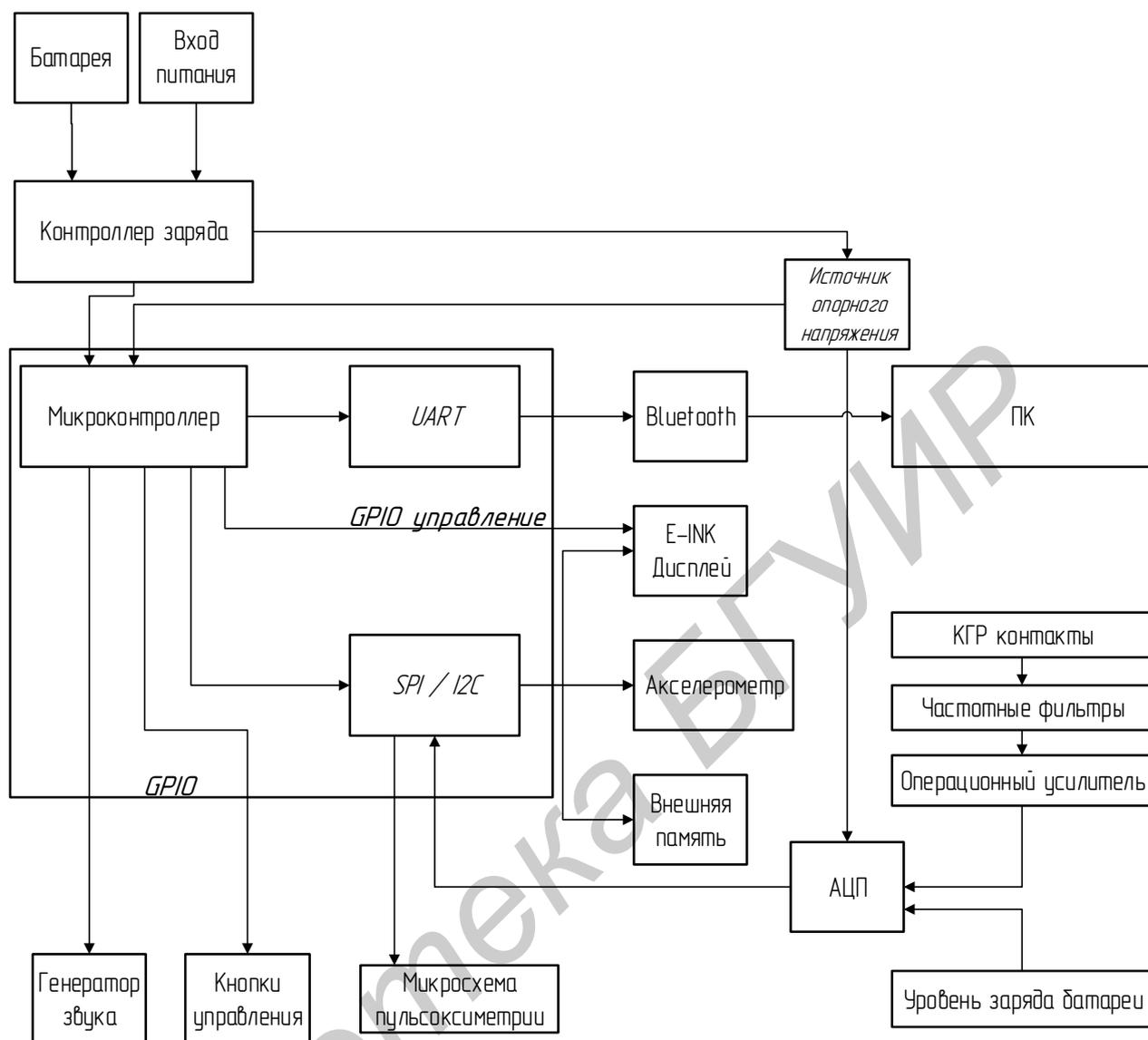
Кожно-гальваническая реакция (КГР) показатель электропроводности кожи, оцениваемый величиной электрического сопротивления кожи либо разностью электрических потенциалов между двумя точками кожи. Наиболее выраженной КГР бывает при ее регистрации с кончиков пальцев, ладоней и тыльной поверхности кистей рук, а также с подошвы стопы. КГР имеет фазическую и тоническую формы. В первом случае КГР – один из компонентов ориентировочного рефлекса, возникающего в ответ на новый стимул и угасающего с его повторением. В отличие от фазических кратковременных

КГР, тоническая форма характеризует медленные изменения электрокожного сопротивления. Его величина может служить показателем функционального состояния человека. Во сне, при потере бдительности величина сопротивления становится больше, а при высоком уровне активации организма (напр., в состоянии эмоционального напряжения) – понижается. Фазические колебания электрокожных потенциалов, спонтанно возникающие при отсутствии внешних раздражителей, также отражают состояния человека, связанные с тревогой, напряжением, внутренней мыслительной деятельностью. В общей и инженерной психологии КГР широко используется в качестве средства для контроля и диагностики функционального состояния человека, а также в исследованиях интеллектуальной деятельности, особенностей эмоциональной и волевой сферы человека. На основе анализа КГР построен и такой прибор, как детектор лжи (см. также Электрическая активность кожи).

Для слежение за центральной точкой прицеливания спортсмена, предполагается использовать датчик, размещенный на оружии. Основным элементом данной части системы будет служить лазерный диод, который в процессе выполнения выстрела, будет проецировать точку на мишень спортсмена. Спроецированную на мишени, либо в непосредственной близости к мишени, точку будет снимать на видео расположенная на линии огня камера и передавать видеоряд на обрабатывающее устройство для дальнейшей обработки. Стоит отметить что для подобной обработки сигнала требуются большие вычислительные мощности. Хотя в данный момент существует довольно распространенная система компьютерного зрения OpenCV, со всей её кроссплатформенностью и высоким уровнем оптимизации, написанные программы обладают высокими системными требованиями, которые может не удовлетворить любая мобильная платформа.

Кроме лазерного диода в подсистему датчика, расположенного на оружии, должен входить акселерометр и модуль измерения усилия нажатия на спусковой крючок, который на схеме обозначен как датчик давления.

Разработана подробная структурная схема с перечисление всех частей устройства. Подробная структурная схема представлена на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Подробная структурная схема оксипульсометра**

Была разработана принципиальная плата устройства, согласно структурной схеме (рисунок 2) способного измерять кожно-гальваническую реакцию кожи. Пульс спортсмена а так же содержания кислорода в крови.

Разработанное устройство так же может служить в качестве обучающего маке и лабораторного стенда.

В процессе проектирования устройства важным моментом было получение качественных данных, максимально возможная минимизация помех. Для этого были разделены линии питания аналоговой и цифровой части схемы, а так же аналоговой и цифровой земли. Вблизи входов питания микросхем установлены фильтрующие конденсаторы различной емкости с целью сглаживания пиковых нагрузок потребления тока.

Выбраны наиболее оптимальные компоненты для реализации платы, которые рекомендуются производителями для новых разработок, что в

ближайшие несколько лет обеспечит бесперебойную поставку элементов при организации серийного производства устройств.

Плата является макетным образцом для разработки программного кода, тестирования микросхем и схемотехнических решений примененных при производстве. Как упоминалось ранее, второстепенной задачей для разработанного устройства можно выделить использование устройства в качестве лабораторного стенда для студентов специальностей связанных с медицинской электроникой, проектирование печатных плат, программирование микроконтроллеров на языках «Си» и «Ассемблер». При использовании в качестве лабораторного стенда, устройство позволит получить навыки работы с различными датчиками, представленными на отечественном и зарубежном рынках. Это и акселерометры, аналого-цифровые преобразователи, АРМ процессоры, устройство протоколов передачи данных SPI и UART, а так же технологию передачи данных Bluetooth.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения магистерской работы был проведен анализ существующих аппаратно-программных комплексов для тренировки спортсменов по пулевой стрельбе. Была проанализирована спортивная и специально-техническая литература с целью выделения необходимого функционала устройства. Самым совершенным тренажером для подготовки спортсменов по пулевой стрельбе на сегодняшний день является разработка «СКАТТ». Однако в ней существует ряд неразрешенных вопросов, которые ограничивают потенциал использования и эксплуатации, таких как малое удобство использования нескольких комплектов изделия, отсутствие ведения журнала тренировок, слабый упор устройства на психофизиологическое состояние стрелка. В соответствии со сформулированными целями и задачами на диссертационное исследование была спроектирована структурная схема аппаратно-программного комплекса в которой было выделено четыре подсистемы:

- определения положения тела стрелка;
- спортивный браслет;
- датчик на оружие;
- детектирование пробоин.

В качестве реализации первой очереди был выделен спортивный браслет, как наиболее необходимый атрибут экипировки современного спортсмена. Были выделены наиболее перспективные, с нашей точки зрения биомаркеры: данные пульсоксиметрического сенсора и показания кожно-гальванической реакции человека. Изучена теоретическая часть и принцип функционирования датчиков фотоплетизмографии и измерителей электродермальной реакции.

Разработана схема электрическая принципиальная спортивного браслета, включающего в себя: дисплей для индикации информации, блока детектирования и усиления сигнала измерения кожно-гальванической реакции, микроконтроллера с ARM архитектурой и беспроводного приемо-передатчика обеспечивающего связь по протоколу Bluetooth.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1-А] Пивоваров А.Ю. Спортивный браслет для тренировки спортсменов по пулевой стрельбе / А.Ю. Пивоваров, В.С. Осипович, А.Н. Яцук, Е.А. Криштопова // Инженерно-педагогическое образование: проблемы и пути развития : материалы (по итогам работы МНПК) – Мн.:МГВРК, 2015 – С. 174 – 175.

[2-А] Пивоваров А.Ю. Управление распределенными системами / А.Ю. Пивоваров, И.А. Рубанова // 48-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Сб. докладов. – Мн.:БГУИР, – 2012 – С. 160.

[3-А] Пивоваров А.Ю. Совершенствование технической подготовки спортсменов в пулевой стрельбе : 49-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Сб. докладов. – Мн.:БГУИР, – 2013.

[4-А] Пивоваров А.Ю. Аппаратно-программный комплекс для тренировки спортсменов по пулевой стрельбе : 50-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Сб. докладов. – Мн.:БГУИР, – 2014.

[5-А] Пивоваров А.Ю. Аппаратно-программный комплекс для пулевой стрельбы: техническое устройство : 50-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Сб. докладов. – Мн.:БГУИР, – 2015.