



Муниципальное бюджетное общеобразовательное  
учреждение  
«Лицей №35 – образовательный центр «Галактика»  
Приволжского района г.Казани

Проект:

Программно-аппаратный комплекс  
«Омега» для сопровождения тренировок  
и исследования вестибулярного аппарата

Авторы работы:

Николаева Эльмира Альбертовна, 10 класс

Нугаев Расул Ирекович, 11 класс

Руководитель:

учитель биологии

Сапарова Ксения Игоревна

педагог дополнительного образования

Григорьев Игорь Петрович



## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	4
1. Вестибулярный аппарат человека	4
1.1. Строение вестибулярного аппарата человека	4
1.2. Принцип работы и функции вестибулярного аппарата человека	5
2. Программно-аппаратные средства	7
2.1. Arduino uno	7
2.2. Набор-конструктор «Юный Нейромоделист» BiTronics Lab	10
3. Электрическая активность кожи человека	11
3.1. История изучения электрической активности кожи	11
3.2. Кожно-гальваническая реакция	13
КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА «ОМЕГА»	15
1. Общая характеристика программно-аппаратного комплекса «Омега»	15
2. Характеристики, схема и работа программно-аппаратного комплекса «Омега»	16
ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕСТИБУЛЯРНОГО АППАРАТА С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА «ОМЕГА»	19
1. Объект исследований	19
2. Методы исследований	19
2.1. План сбора анамнеза у испытуемого	20
2.2. Статическая проба Ромберга	20
2.3. Исследования с помощью ПАК «Омега»	21
ВЫВОДЫ	22
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	23

## ВВЕДЕНИЕ

Ни для кого не секрет, что в космической и авиационной отраслях при подготовке космонавтов и летчиков особое значение уделяют тренировке вестибулярного аппарата. Однако на сегодняшний день в Краснодарском и Ульяновском летных училищах методика тренировки вестибулярного аппарата не совершенна: отсутствует необходимая степень автоматизации процесса и точно измеряемые (приборные) объективные показатели, как по нагрузке, которая создаётся испытуемому, так и по оценке его реакции

Мы являемся учениками летной школы Центра аэрокосмического образования г.Казани. В рамках деятельности нашего центра, где проходят занятия на вестибулярном тренажёре, возникла потребность в оперативном мониторинге состояния тренируемого и объективном контроле создаваемой для него нагрузки. Так появилась идея автономного прибора, который легко закрепляется на тренажёр и измеряет угловые скорости, получаемые испытуемым, получает биологическую информацию и дистанционно передаёт данные на компьютер тренера или человека, осуществляющего сопровождение исследования тренировок. Поэтому мы выдвинули идею о создании программно-аппаратного комплекса, который назвали «Омега» для сопровождения тренировок и исследования вестибулярного аппарата. Наша идея получила поддержку от заместителя начальника медицинского управления ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А.Гагарина» Рустама Рамилевича Каспранского.

Цель работы: разработать и внедрить в систему тренировок и исследований вестибулярного аппарата программно-аппаратный комплекс «Омега».

В соответствии с целями были поставлены следующие задачи:

- изучить литературу по теме проекта;
- сконструировать и отладить программно-аппаратный комплекс «Омега»;
- провести исследования вестибулярного аппарата учащихся с помощью программно-аппаратного комплекса «Омега»;
- разработать и опробовать методику отслеживания состояния человека во время тренировки вестибулярного аппарата с помощью программно-аппаратного комплекса «Омега».

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1. Вестибулярный аппарат человека

#### 1.1. Строение вестибулярного аппарата человека

Вестибулярный аппарат – это орган, отвечающий за равновесие. Он помогает человеку даже с закрытыми глазами определить свое положение в пространстве.

Вестибулярный аппарат расположен в костном лабиринте, спрятанном во внутреннем ухе. Он представляет собой систему, состоящую из трех полукружных каналов, которые находятся во взаимно перпендикулярных плоскостях, что позволяет организму анализировать положение тела в трехмерном пространстве. Каждый полукружный канал имеет свое название: передний (фронтальный) канал, латеральный (горизонтальный) канал, задний (сагиттальный, вертикальный) канал (рис.1). Каждый полукружный канал имеет по две ножки, одна из которых перед преддверием расширяется, образуя ампулу. Преддверие представляет собой овальную полость, в которую с одной стороны открываются полукружные каналы, а с другой – улитка [4].



Рисунок 1. Общее строение вестибулярного аппарата человека.

Полукружные каналы заполнены желеобразным веществом – эндолимфой, в которой имеются отолиты – частицы карбоната кальция. В полукружных протоках и мешочках имеются рецепторные клетки, которые помещаются на возвышениях. В рецепторных клетках выделяют один неподвижный волосок – киноцилий и 40-70 подвижных волосков – стереоцилий, которые состоят из прилегающих друг к другу фибрилл (рис.2) [6, 12].

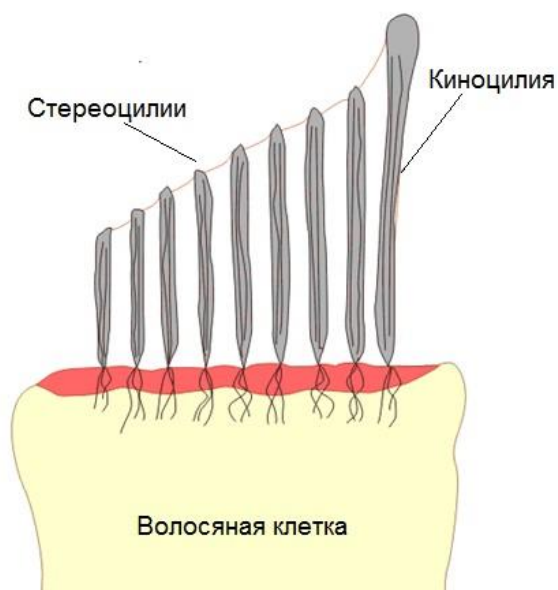


Рисунок 2. Общий план строения рецепторных клеток.

Вестибулярный аппарат ребенка начинает формироваться задолго до его появления на свет. Формирование вестибулярного анализатора заканчивается к 4-му месяцу внутриутробного развития. Столь раннее созревание и начало функционирования вестибулярной системы является необходимым условием поддержания позы плода в утробе матери и нормального развития его центральной нервной системы. Вестибулярный аппарат созревает у детей раньше, чем другие анализаторы, и у 6-месячного плода он развит почти также, как у взрослого. Возбудимость его существует с рождения и тренируется у ребенка при его укачивании. Новорожденный может определить положение тела во внешней среде. У детей вестибулярный аппарат более возбудим, чем у взрослых, возбудимость его возвращается к норме у девочек к 10-11 годам, у мальчиков — к 12—14 годам.

### 1.2. Принцип работы и функции вестибулярного аппарата человека

Главная функция вестибулярного аппарата – анализировать изменения положения рук, ног, туловища или головы и передавать данные в мозг. Орган быстро реагирует на минимальное воздействие извне, улавливая даже малейшие изменения гравитационного поля планеты, помогая поддерживать равновесие при полной слепоте или ориентироваться в незнакомом пространстве. Вестибулярная функция зависит от деятельности вестибулярных рецепторов, расположенных в ампулах полукружных каналов и мешочках преддверия.

Механизм работы вестибулярного аппарата следующий [1, 8, 11]:

1. При изменении положения тела, эндолимфа и отолиты в полукружных каналах и мешочках смещаются, смещая рецепторные волоски.
2. В связи с тем, что волосковый аппарат рецепторных клеток пространственно поляризован, их механическое смещение преобразуется в нервный импульс.
3. Возникающие в рецепторных клетках вестибулярного аппарата нервные импульсы передаются по чувствительным нервным волокнам VIII пары черепных нервов в головной мозг и попадают в вестибулярные центры продолговатого мозга.
4. Далее сигналы направляются во многие отделы центральной нервной системы: спинной мозг, мозжечок, кору полушарий большого мозга, ядра глазодвигательных нервов, ретикулярную формацию и вегетативные ядра.

Различают вестибулярные реакции, которые по природе своей могут быть сенсорные, вегетативные или соматические [2]. Все вестибулогенные реакции являются системными реакциями организма и могут быть физиологическими или патологическими.

- Вестибулосенсорные реакции обусловлены наличием вестибуло-кортикальных связей и проявляются осознанием положения и изменения положения головы в пространстве. Патологической спонтанной вестибулосенсорной реакцией является головокружение.
- Вестибуловегетативные реакции связаны с тесным взаимодействием ядерного вестибулярного комплекса и ретикулярной фармации. Вестибулярные влияния на висцеральные органы опосредованы через симпатические и парасимпатические отделы нервной системы. Они имеют адаптационный характер и могут проявляться изменением самых разнообразных жизненных функций: возрастанием артериального давления, учащением сердцебиения, изменением дыхательного ритма, возникновением тошноты и даже рвоты при воздействии вестибулярного раздражения.
- Вестибулосоматические (анимальные) реакции обусловлены связями вестибулярных структур с мозжечком, поперечно-полосатой мускулатурой конечностей, туловища и шеи, а также с глазодвигательной мускулатурой. Соответственно различают вестибуломозжечковые, вестибулоспиальные и вестибулогла-зодвигательные реакции. Вестибуломозжечковые реакции направлены на поддержание положения тела в пространстве посредством перераспределения мышечного тонуса в динамическом состоянии организма, т.е. в момент совершения активных движений на фоне воздействия ускорений.
- Вестибулоспиальные реакции связаны с влиянием вестибулярной импульсации на мышечный тонус шеи, туловища и конечностей. При этом возрастание импульсации

от вестибулярных рецепторов одного из лабиринтов приводит к повышению тонуса поперечно-полосатой мускулатуры противоположной стороны, одновременно ослабляется тонус мышц на стороне возбужденного лабиринта.

- Вестибулоглазодвигательные (окуломоторные) реакции обусловлены связями вестибулярной системы с ядрами глазодвигательных нервов. Эти связи делают возможными рефлекторные сочетанные отклонения глаз, в результате которых направление взгляда не меняется при перемене положения головы. Они же определяют возникновение нистагма.

Способность человека сохранять вертикальное положение тела в покое и при движении, обозначаемая как функция равновесия, может быть реализована лишь при содружественном функционировании ряда систем, среди которых важную роль играет вестибулярный анализатор [5]. Наряду с другими сенсорными системами, зрительной и проприоцептивной, вестибулярный аппарат участвует в информационном обеспечении и реализации функции равновесия. Информация о положении тела в пространстве от различных сенсорных входов поступает в центральные отделы вестибулярного анализатора, мозжечок, ретикулярную формацию и кору головного мозга. Здесь осуществляется интеграция поступающей информации и переработка поступающих сигналов для воздействия на эффекторные органы.

## 2. Программно-аппаратные средства

### 2.1. Arduino uno

Arduino — торговая марка аппаратно-программных средств для построения простых систем автоматики и робототехники, ориентированная на непрофессиональных пользователей. Программная часть состоит из бесплатной программной оболочки (IDE) для написания программ, их компиляции и программирования аппаратуры. Аппаратная часть представляет собой набор смонтированных печатных плат. Полностью открытая архитектура системы позволяет свободно копировать или дополнять линейку продукции Arduino.

Название платформы происходит от названия одноимённого кафе в Иврее, часто посещавшейся учредителями проекта, а название это в свою очередь было дано в честь короля Италии Ардуина Иврейского.



Arduino может использоваться как для создания автономных объектов автоматике, так и подключаться к программному обеспечению на компьютере через стандартные проводные и беспроводные интерфейсы.

**Arduino uno** (рис.3) [10]. Это последняя модель Arduino Rev3, произведённая в Италии. Она выполнена на базе процессора ATmega328p с тактовой частотой 16 МГц, обладает памятью 32 кБ и имеет 20 контролируемых контактов ввода и вывода для взаимодействия с внешним миром. Для программирования используется упрощённая версия C++, известная так же как Wiring. Разработку можно вести как с использованием бесплатной среды Arduino IDE, так и с помощью произвольного C/C++ инструментария. Поддерживаются операционные системы Windows, MacOS X и Linux.



Рисунок 3. Arduino uno.

Arduino Uno может питаться как от USB подключения, так и от внешнего источника: батарейки или обычной электрической сети. Источник определяется автоматически. Платформа может работать при наличии напряжения от 6 до 20 В. Однако при напряжении менее 7 В работа может быть неустойчивой, а напряжение более 12 В может привести к перегреву и повреждению. Поэтому рекомендуемый диапазон: 7–12 В.

На Arduino доступны следующие контакты для доступа к питанию:

- Vin предоставляет тот же вольтаж, что используется для питания платформы. При подключении через USB будет равен 5 В.
- 5V предоставляет 5 В вне зависимости от входного напряжения. На этом напряжении работает процессор. Максимальный допустимый ток, получаемый с этого контакта — 800 мА.



- 3.3V предоставляет 3,3 В. Максимальный допустимый ток, получаемый с этого контакта — 50 мА.
- GND — земля.

Платформа оснащена 32 кБ flash-памяти, 2 кБ из которых отведено под так называемый bootloader. Он позволяет прошивать Arduino с обычного компьютера через USB. Эта память постоянна и не предназначена для изменения по ходу работы устройства. Её предназначение — хранение программы и сопутствующих статических ресурсов. Также имеется 2 кБ SRAM-памяти, которые используются для хранения временных данных вроде переменных программы. По сути, это оперативная память платформы. SRAM-память очищается при обесточивании. Ещё имеется 1 кБ EEPROM-памяти для долговременного хранения данных. По своему назначению это аналог жёсткого диска для Arduino.

На платформе расположены 14 контактов (pins), которые могут быть использованы для цифрового ввода и вывода. Какую роль исполняет каждый контакт, зависит от вашей программы. Все они работают с напряжением 5 В, и рассчитаны на ток до 40 мА. Также каждый контакт имеет встроенный, но отключённый по умолчанию резистор на 20 – 50 кОм. Некоторые контакты обладают дополнительными ролями:

- Serial: 0-й и 1-й. Используются для приёма и передачи данных по USB.
- Внешнее прерывание: 2-й и 3-й. Эти контакты могут быть настроены так, что они будут провоцировать вызов заданной функции при изменении входного сигнала.
- PWM: 3-й, 5-й, 6-й, 9-й, 10-й и 11-й. Могут являться выходами с широтно-импульсной модуляцией (pulse-width modulation) с 256 градациями.
- LED: 13-й. К этому контакту подключен встроенный в плату светодиод. Если на контакт выводится 5 В, светодиод загорается; при нуле — светодиод гаснет.

Помимо контактов цифрового ввода/вывода на Arduino uno имеется 6 контактов аналогового ввода, каждый из которых предоставляет разрешение в 1024 градации. По умолчанию значение меряется между землёй и 5 В, однако возможно изменить верхнюю границу, подав напряжение требуемой величины на специальный контакт *AREF*. Кроме этого на плате имеется входной контакт *Reset*. Его установка в логический ноль приводит к сбросу процессора. Это аналог кнопки Reset обычного компьютера.

Arduino Uno обладает несколькими способами общения с другими Arduino, микроконтроллерами и обычными компьютерами. Платформа позволяет установить последовательное (Serial UART TTL) соединение через контакты 0 (RX) и 1 (TX). Установленный на платформе чип Atmega16U2 транслирует это соединение через USB: на компьютере становится доступен виртуальный COM-порт. Программная часть Arduino

включает утилиту, которая позволяет обмениваться текстовыми сообщениями по этому каналу.

Встроенные в плату светодиоды RX и TX светятся, когда идёт передача данных между чипом Atmega162U и USB компьютера.

Отдельная библиотека позволяет организовать последовательное соединение с использованием любых других контактов, не ограничиваясь штатными 0-м и 1-м.

С помощью отдельных плат расширения становится возможной организация других способов взаимодействия, таких как ethernet-сеть, радиоканал, Wi-Fi.

Arduino Uno обладает предохранителем, защищающим USB-порты вашего компьютера от перенапряжения и коротких замыканий. Хотя большинство компьютеров обладают собственными средствами защиты, предохранитель даёт дополнительную уверенность. Он разрывает соединение, если на USB-порт подаётся более 500 мА, и восстанавливает его после нормализации ситуации.

## 2.2.Набор-конструктор «Юный Нейромоделист» ViTronics Lab

Набор-конструктор «Юный Нейромоделист» ViTronics Lab (рис.4) представляет собой набор модулей для измерения физиологических показателей живых объектов. Набор совместим с Arduino [13].

В состав набора-конструктора входит:

- Модуль мышечной активности – ЭМГ/ЭКГ (1 шт.);
- Модуль мозговой активности – ЭЭГ (1 шт.);
- Оптический плетизмограф – Пульс (1 шт.);
- Модуль сопротивления кожи – КГР (1 шт.);
- Платформа Arduino Uno/Leonardo (1 шт.);
- Провод для подключения модулей ЭЭГ (1 шт.);
- Провода для подключения модулей ЭМГ/ЭКГ (1 шт.);
- Провод для подключения модулей КГР (1 шт.);
- Соединительные провода типа «мама-папа», «папа-папа» для модулей (по 10 шт.);
- Электроды (20 шт.), светодиоды (3 шт.), резисторы (3 шт.), макетная плата (1 шт.);
- Элемент питания (1шт.), соединительный кабель для элемента питания (1 шт.);



Рисунок 4. Общий вид набора-конструктора «Юный Нейромоделист» В BiTronics Lab.

Описание модулей:

- Модуль ЭМГ (модуль электромиографии) -сенсор мышечной активности, регистрирующий разность потенциалов, возникающую в мышце при ее сокращении или расслаблении.
- Модуль ЭЭГ (модуль электроэнцефалографии) –сенсор мозговой активности, фиксирующий сигналы, поступающие с коры головного мозга.
- Модуль пульса - простой и готовый к использованию и встраиванию модуль, фиксирующий пульс человека.
- Модуль КГР (модуль кожно-гальванической реакции) -сенсор кожно-гальванической реакции, уникальный функционирующий модуль, который позволит создать вам свой собственный детектор лжи.
- Модуль ЭКГ (сенсор электрокардиографии) –сенсор сердечной активности, позволяющий вести регистрацию кардио сигнала. Если вы давно хотели понять, как устроена процедура ЭКГ.

### 3. Электрическая активность кожи человека

#### 3.1.История изучения электрической активности кожи

Первым, кто обратил внимание на электрические потенциалы кожи, был французский физиолог Дюбуа-Реймон. На изолированной коже лягушки он показал, что ее электробиотоки по своей величине превосходят даже нервные и мышечные [15].

Возникновение электрических потенциалов кожи впервые в мире исследовал

русский физиолог, знаток «животного электричества», ученик И.М.Сеченова, И.Р.. В 1888 году И.Р.Тарханов открывает изменение электрических явлений в коже человека при раздражении органов чувств и различных формах психической деятельности, о чем уже в следующем году он докладывает на заседании Петербургского общества психиатров и невропатологов.

И.Р.Тарханов заметил, что электрические явления в коже человека резко усиливаются при мнимом воображении ощущения, при абстрактной умственной деятельности, при возбуждении нервной системы, при утомлении [9]. Он открыл, что сопротивление человека прохождению небольшого электрического тока через руки, держащие электроды, изменяется согласно субъективному эмоциональному состоянию. Простой психогальванометр, который он изобрел, чтобы исследовать это явление, был одним из самых ранних инструментов психологического исследования.

Исследование «животного магнетизма» привело Р.Вигуру к измерению сопротивления кожи при прохождении электрического тока. Этой методикой с успехом воспользовался У.Фере и в 1888 году с ее помощью впервые систематизировал связи между ощущениями и эмоциями, с одной стороны, и колебаниями кожного сопротивления, – с другой. В.Вундт в Лейпцигской лаборатории в конце 90-х годов XIX века также проводил измерения электричества тела, как часть своей линии исследования, известной под названием «психофизика».

Еще в 1884 году американский психолог У.Джеймс, а годом позже датский Г.Ланге, подметили взаимосвязь между эмоциями и физиологическими сдвигами организма. Первое упоминание об использовании гальванометра в психоаналитическом исследовании находится в книге К.Г.Юнга «Изучения и анализ слов» (1906 г.). Здесь швейцарский психолог описывает методику подсоединения человека, держащего в руках электроды, к прибору, измеряющему изменения в сопротивлении кожи, в то время как ему читаются слова из подготовленного заранее списка. При этом происходило изменение в сопротивлении тела, вызывая отклонение стрелки гальванометра. Таким образом, К.Г.Юнг работал для локализации (определения) и разгрузки отрицательного неосознанного материала. Этот метод исследования, используемый Юнгом, по крайней мере, с начала 1900-х, снова упоминался в работе М.Коллинз и Дж.Драйвера «Экспериментальная Психология» (1926 г.). К.Г.Юнг ввел сам термин «кожно-гальваническая реакция» (КГР).

В нашей стране исследования в области связи электрических процессов тела и процессов психических вел в середине 1920-х годов А.Р.Лурия (соратник Л.С.Выготского и один из зачинателей российской психологии и психофизиологии).

Известный психолог и психотерапевт В.Н.Мясищев, тщательно исследовав психологическое значение электрокожной характеристики человека, пришел к выводу, что особое значение эмоций в психогальванической реакции представляется убедительно доказанным. Другой выдающийся теоретик психологии СЛ.Рубинштейн, – обсуждая психологическое значение КГР, отмечал: «несомненно, что КГР является реакцией вегетативной нервной системы человека, и эмоциональные состояния отражаются в ней».

Наиболее ранние исследования явлений сопротивления кожи были выполнены в Германии. В связи со Второй мировой войной дальнейшие разработки в этой области были прекращены во многих странах, кроме некоторых исследований в США. В 30-40-е годы гальванометр активно применялся в составе полиграфов («Многофакторных детекторов лжи»), которые разрабатывали американцы К.Бакстер, В.Мэтисон и ряд других исследователей.

### 3.2.Кожно-гальваническая реакция

Кожно-гальваническая реакция (КГР) – одна из разновидностей электродермальной активности (электрической активности кожи) и показатель электропроводимости кожи [15]. Этот показатель имеет физическую и тоническую формы. Физическая форма КГР – один из компонентов ориентировочного рефлекса, возникающего в ответ на новый стимул и угасающего с его повторением. Тоническая форма КГР характеризует медленные изменения кожной проводимости, которые развиваются, например, при утомлении. В настоящее время наряду с термином КГР используется и термин ЭАК (электрическая активность кожи). ЭАК связывает психические процессы человека с электрическими явлениями в организме.

КГР широко используется для изучения активности вегетативной нервной системы, определения особенностей психофизиологических реакций и исследования черт личности. КГР широко применяется в психофизиологических, физиологических и клинко-физиологических исследованиях в качестве высокочувствительного, простого и технически легко определяемого показателя уровня активности симпатической нервной системы, а также для оценки нейрпсихического напряжения человека.

Известен «феномен Краснова» – эффект изменения разности потенциалов сопротивления кожи в связи с ориентировочной реакцией и эмоциями. Особенно важно, что неосознанный эмоционально значимый стимул может быть не способен вызвать словесный отчет, но вызывает кожно-гальваническую реакцию, не может вызвать

двигательную реакцию, но может косвенно влиять на быстроту реагирования на последующие стимулы.

Каждый человек имеет свой физиологический уровень кожного сопротивления [15]. Диагностика физического, и особенно психологического состояния должна проводиться только в динамике. При этом устанавливается индивидуальный для человека нормальный диапазон уровней сигнала и по отклонению от этого диапазона можно судить о стрессовом воздействии. Таким образом, становится возможным выявлять события, которые имели стрессовый или психотравматический характер для данного человека.

## КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА «ОМЕГА»

### 1. Общая характеристика программно-аппаратного комплекса «Омега»

Программно-аппаратный комплекс «Омега» предназначен для исследования влияния нагрузок на вестибулярный аппарат человека при тренировке на тренажере вестибулярного аппарата. Программно-аппаратный комплекс «Омега» сконструирован на основе платформы Arduino uno и набора-конструктора «Юный Нейромоделист» ViTronics Lab. Программно-аппаратный комплекс «Омега» крепится на испытуемом во время тренировки вестибулярного аппарата на тренажере. Возможности ПАК «Омега»:

- непрерывная регистрация изменений кожной проводимости лба;
- регистрация изменения пульса;
- регистрация значения углового ускорения при тренировке на тренажере вестибулярного аппарата.

ПАК «Омега» фиксирует изменение кожной проводимости лба, если быть точнее, то физическую форму КГР, которая является компонентом ориентировочного рефлекса [3, 7]. В качестве объекта для измерений показателя лоб выбран не случайно. Обоснованием для выбора лба служит:

- Во время тренировки, оказываемые на вестибулярный аппарат нагрузки, вызывают вестибуловегетативные и окуломоторные реакции [5, 8].
- Поперечно-полосатая мышечная ткань приводится в тонус, следовательно, улучшается её кровоснабжение. Особенно усиливается кровоснабжение глазодвигательных мышц в связи с явлением окуломоторной реакции.
- При усилении кровотока, увеличивается давление в кровеносных сосудах, что влечет за собой повышение температуры тела, вызывая потоотделение. Помимо повышения температуры тела, потоотделение увеличивается в связи со стрессовой обстановкой для организма.
- Кровоснабжение мышц глазного яблока осуществляется с помощью затылочной артерии и задней ушной артерии (рис.5), сосуды и капилляры которых проходят через лобную мышцу.



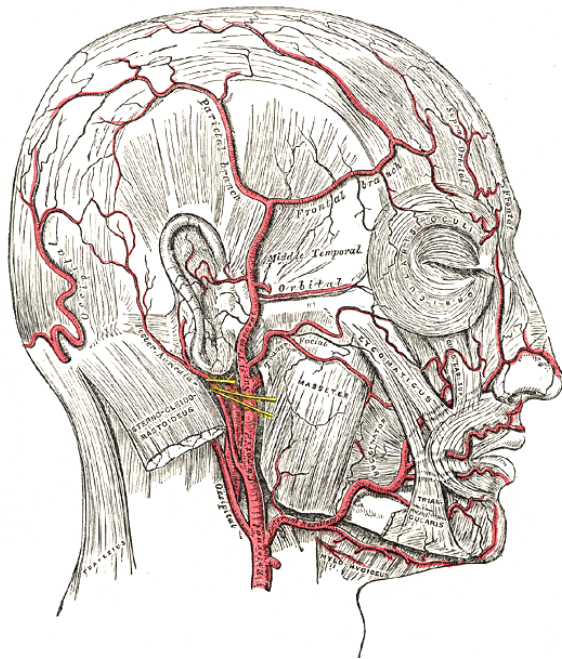


Рисунок 5. Кровоснабжение головы.

Таким образом, использование ПАК «Омега» будет актуально в летных училищах, при отборе и подготовке кандидатов в космонавты. Также можно будет изучать влияние невесомости на вестибулярный аппарат. Мы уверены, что наша система будет полезна спортсменам, балеринам, морякам, в общем, всем тем людям, чья профессия зависит от хорошо натренированного вестибулярного аппарата. Также мы сможем помочь даже обычным людям, которых укачивает в машине, поезде, самолёте и у которых морская болезнь.

## 2. Характеристики, схема и работа программно-аппаратного комплекса «Омега»

Как уже отмечалось выше, программно-аппаратный комплекс «Омега» сконструирован на основе платформы Arduino uno и набора-конструктора «Юный Нейромоделист» ViTronics Lab.

На рисунке 6 представлена схема ПАК «Омега». К нашему микроконтроллеру (Arduino uno) подключаются такие модули, как три 650, КГР (GSR), модуль пульса (Pulse) и Wi-Fi модуль esp 8266. Все датчики за исключением Wi-Fi модуля подключаются к напряжению 5V и аналоговым портам. Модуль esp 8266 подключается к пинам RX, TX, 3.3 и соответственно к gnd (земля) [11].

Изначально в наборе ViTronics Lab модуль для измерения кожной проводимости крепился на указательные пальцы, однако для возможности регистрации изменения

кожной проводимости лба он был преобразован и прикреплен к эластичной ленте, фиксируемой на голове.

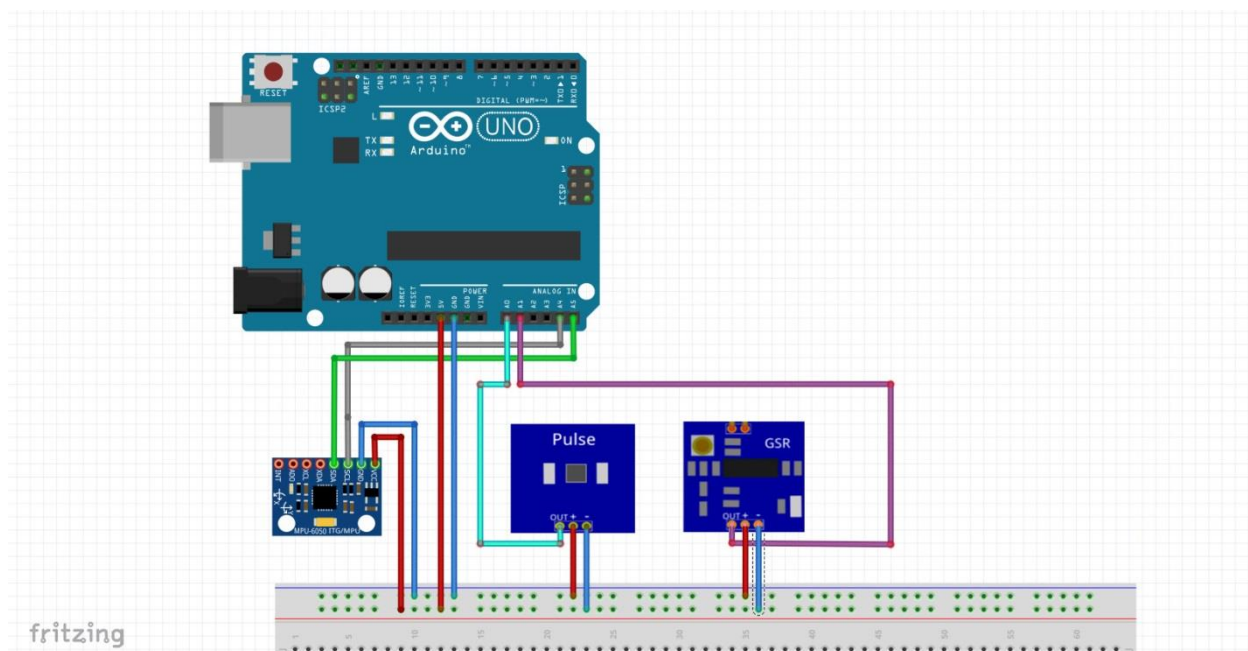


Рисунок 6. Схема ПАК «Омега».

Таким образом, мы будем подключать датчики, которые будут передавать информацию по Wi-fi в виде графиков на компьютер, и уже с помощью этих графиков мы будем анализировать изменения кожной проводимости и делать вывод о состоянии организма при нагрузках на вестибулярный аппарат во время его тренировок.

В результате разработанный программно-аппаратный комплекс «Омега» имеет следующие возможности:

- 1) Прибор измеряет угловые ускорения по трём осям с интервалом не реже 0,1с и передает информацию дистанционно на рабочее место исследователя;
- 2) Прибор измеряет кожную проводимость с помощью электродов, прикрепленных ко лбу испытуемого при подаваемой силе тока 800мА. Чувствительность прибора позволяет фиксировать сопротивление кожи с точностью до 0,2%;
- 3) Прибор позволяет измерять пульс испытуемого с частотой 0,5 с.;
- 4) Передача информации с прибора на рабочее место исследователя осуществляется по беспроводному каналу связи, электропитание прибора автономно и обеспечивает непрерывную работу в течение двух часов;
- 5) В целях электробезопасности подводимое напряжение не превышает 12 Вольт, а на датчике не более 5 Вольт.

Также существует идея в дальнейшем реализовать систему визуального наблюдения лица испытуемого с выводом изображения на экран монитора. После того, как мы собрали

ПАК «Омега», удовлетворяющий нашим требованиям, мы провели определение погрешности прибора с помощью встроенного мультиметра в пятикратной повторности.

На рисунке 7 представлено расположение ПАК «Омега» во время работы. Эластичная лента с модулем для измерения кожной проводимости одевается на голову испытуемого, пульсометр крепится на указательный палец. К задней стенке кресла, на котором располагается испытуемый, крепится модуль для измерения углового ускорения. Информация посредством Wi-Fi передается на компьютер исследователя и представляется в виде графиков (рис.8).

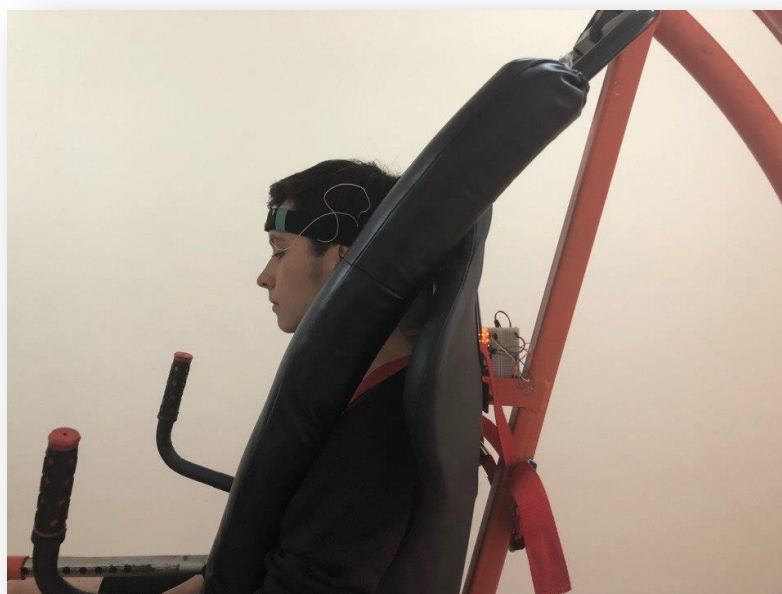


Рисунок 7. Расположение программно-аппаратного комплекса «Омега» во время работы.

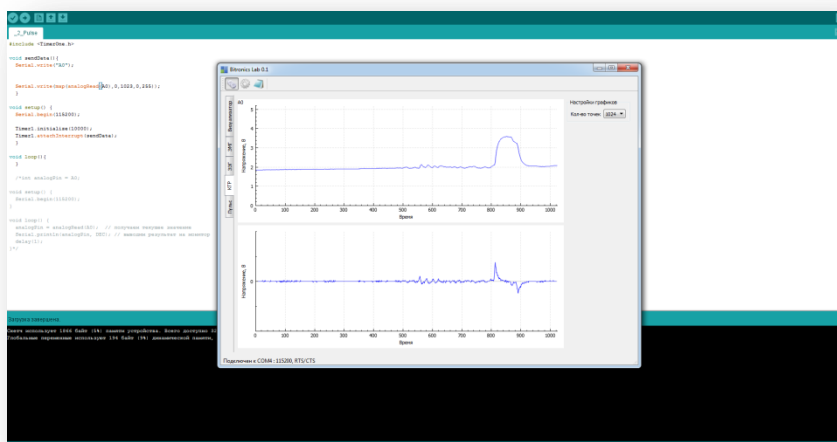


Рисунок 8. Представление информации об изменении кожной проводимости испытуемого на экране исследователя.

# ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕСТИБУЛЯРНОГО АППАРАТА С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА «ОМЕГА»

## 1. Объект исследований

В изучении зависимости нагрузок, оказываемых на вестибулярный аппарат при тренировке на вестибулярном тренажере, на состояние человека с помощью ПАК «Омега» задействовано 40 учащихся лица №35 г.Казани 2000 и 2001 года рождения: 20 юношей и 20 девушек. Личные данные учащихся в работе не разглашаются, поэтому была создана система кодировки учеников.

Учащиеся, задействованные в исследованиях, не имеют хронических и наследственных заболеваний и согласно медицинскому заключению относятся к основной группе по физической культуре.

## 2. Методы исследований

Для установления зависимости кожной проводимости и состояния человека от нагрузок на вестибулярный аппарат используется ПАК «Омега». В работе применяются следующие методы исследований:

1. Собирается анамнез у испытуемого согласно плану;
2. Проведение статической пробы Ромберга;
3. Исследование влияния нагрузок на вестибулярном тренажере на изменение пульса и кожной проводимости испытуемого с помощью ПАК «Омега»;
4. Сбор анамнеза состояния испытуемого во время тренировки на тренажере вестибулярного аппарата;
5. Проведение статической пробы Ромберга-3 по окончании тренировки;
6. Сбор анамнеза у испытуемого по окончании тренировки согласно плану.

Так как мы пока не знаем точную зависимость кожной проводимости человека от длительности и силы нагрузки при тренировке вестибулярного аппарата на тренажере, то посчитали необходимым для большего понимания состояния испытуемого собирать анамнез до тренировки, во время и после тренировки. Но так как анамнез является субъективным, то подкрепить понимание состояния человека решили проведением статической пробы Ромберга-3 до и после тренировки.

## 2.1. План сбора анамнеза у испытуемого

План сбора анамнеза до тренировки:

1. Возраст;
2. Время сна ночью, предшествующей проведению исследований;
3. Перенесенные заболевания;
4. Самочувствие: степень усталости, возможные недомогания, настроение;
5. Важные события дня.

План сбора анамнеза во время тренировки (проводится с периодичностью 1 минута):

1. Общие ощущения при нагрузке;
2. Испытывает ли испытуемый головокружение?
3. Испытывает ли тошноту или чувство тяжести в животе? В груди?
4. Посещает ли чувство тревоги?

План анамнеза после тренировки (проводится спустя 1 минуту после окончания тренировки):

1. Общие ощущения после нагрузки;
2. Испытывает ли испытуемый головокружение?
3. Испытывает ли тошноту или чувство тяжести в животе? В груди?
4. Посещает ли чувство тревоги?
5. Измерить пульс.

## 2.2. Статическая проба Ромберга

Для оценки статической координации применяется усложненная проба Ромберга.

Проба Ромберга: исследуемый стоит на одной ноге, пятка другой касается коленной чашечки опорной ноги, при этом глаза закрыты, руки вытянуты вперед.

Твердая устойчивость позы более 15 сек при отсутствии тремора пальцев и век оценивается как «хорошо»; покачивание, небольшой тремор век и пальцев при удержании позы в течение 15 сек - «удовлетворительно»; выраженный тремор век и пальцев при удержании позы менее 15 сек - «неудовлетворительно». Покачивание, а тем более быстрая потеря равновесия, указывают на нарушение координации.

### 2.3. Исследование с помощью ПАК «Омега»

Предполагается, что испытуемый будет испытывать различные нагрузки на тренажере вестибулярного аппарата до состояний «удовлетворительно» и «неудовлетворительно» при проведении пробы Ромберга при одновременной фиксации показаний на компьютере. Это позволит составить общую картину понимания влияния нагрузок на кожную проводимость, и как следствие влияния на организм человека, что в дальнейшем поможет разработать методику тренировки вестибулярного аппарата и диагностики нарушений функционирования вестибулярного аппарата с помощью ПАК «Омега».

В настоящий момент сконструирован программно-аппаратный комплекс «Омега». Методика проведения исследований вестибулярного аппарата с помощью ПАК требует значительной доработки, направления которой становятся ясными в процессе исследований. На данный момент нет данных о зависимости кожной проводимости от нагрузок на вестибулярный аппарат при его тренировке, однако к декабрю 2017 года планируется получить первые результаты исследований.

## ВЫВОДЫ

1. Сконструирован программно-аппаратный комплекс «Омега», позволяющий фиксировать пульс и изменение кожной проводимости лба человека при различных значениях углового ускорения во время тренировки на вестибулярном тренажере.
2. Разработан план исследования зависимости изменения кожной проводимости от нагрузок, оказываемых на вестибулярный аппарат.
3. В настоящий момент ведется исследований зависимости изменения кожной проводимости от нагрузок, оказываемых на вестибулярный аппарат.
4. ПАК «Омега» имеет широкий спектр применения в авиационной, космической, спортивной и здравоохранительной областях.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Билич Г.Л., Крыжановский В.А. Биология, полный курс. Том 1. Анатомия. – М.: «Оникс 21 век», 2002. – 864с.;
2. Гланц С. Медико-биологическая статистика Пер. с англ. – М.: Практика, 1998 – с. 17-119;
3. Гурфинкель В.С., Регуляция позы человека / В.С.Гурфинкель, Я.М.Коц, М.Л.Шик. – М.: Наука, 1965. – 256 с.;
4. Колесов Д.В., Маш Р.Д., Беляев И.Н. Биология. Человек. 8 класс / учебник для общеобразовательных организаций/ под ред. В.В.Пасечника. – Изд-во: Дрофа, 2016. – с. 276-327;
5. Массион Ж., Центральная координация позы и движения / Ж.Массион // Ассоциативные системы мозга: сборник научных трудов / под ред. А.С.Батуева. – Л.: Наука, 1985. – с.18-24;
6. Меерсон Ф.З., Пшенникова М.Г. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам. Электронная книга;
7. Могендович М.Р., Темкин И.Б. Анализаторы и внутренние органы. Электронная книга;
8. Синельникова А.Н. Взаимодействие зрительного и проприоцептивного анализаторов при поддержании вертикальной позы / А.Н.Синельникова, Е.Г.Сологубов, Я.Б.Яровский // Физиология человека. – 2001 – Т.27 - №3 – с. 61-65;
9. Фонг К. Extremis. На пределе. Границы возможностей человеческого организма. Электронная книга ;
10. Яценков В.С. Электроника. Твой первый квадрокоптер: теория и практика. – Изд-во: БХВ-Петербург, 2016. – 256 с.

### Интернет-источники:

11. <http://amperka.ru/product/arduino-uno>;
12. <http://meduniver.com/Medical/Anatom/8.html>;
13. <http://www.bitronicslab.com/#block-new5>;
14. [www.gctc.ru/](http://www.gctc.ru/);
15. [http://www.osoznanie.biz/info/concept\\_gar.pdf](http://www.osoznanie.biz/info/concept_gar.pdf).