

**Новосибирская область**  
**Всероссийский конкурс научно-технологических проектов**  
**«Большие вызовы»**

**Направление:**  
**Нейротехнологии и природоподобные технологии**

**Тема проекта: «Стоп стресс!»**

**Автор проекта: Корецкий Алексей Олегович, 9 класс,**  
**МБОУ «Гимназия №16 «Французская»**

Руководители:

**Кузнецова Галина Вячеславовна,**

*учитель физики высшей квалификационной категории*

**Ткачева Наталья Анатольевна,**

*учитель биологии высшей квалификационной категории*

Новосибирск 2020

## Введение

Стресс является частью повседневной жизнью современного человека [1], т.к. мы живём в изменчивой городской среде, и организм вынужден все время адаптироваться к новым условиям. А Стресс негативно сказывается на качестве жизни.

*Актуальность:* стресс часто встречающаяся проблема в настоящем обществе.

*Проблема:* высокая стрессогенность среды, при которой человеку трудно приспособливаться

*Цель:* разработать программно-аппаратное решение (ПАР), основанное на биологической обратной связи (БОС) для снижения уровня стресса.

*Целевая аудитория:* люди, испытывающие проблему стресса, психолого-педагогические центры. ПАР предназначено для домашнего повседневного использования, в профилактических, медицинских, исследовательских целях.

*Продуктом проекта* является аппаратная часть, считывающая 2 биологических показателя, ПО для ПК, визуализирующая данные, проводящая тренинг с возможностью индивидуальной настройки [4]. Система масштабируемая с возможностью замены биопараметров.

В ходе проекта будет проведена апробация (не менее 10-15 участников по 8-10 сеансов каждый) и психологический анализ результатов.

## 1. Анализ существующих решений

Чтобы подтвердить необходимость разработки данного проекта, был проведён анализ существующих аналогов.(Таблица 1) [5,6,7,8,9].

Таблица 1.

Критерии	Цена	Предназначение	Фиксируемые биопараметры
предлагаемое решение	<4.500,00	Определение и снижение уровня стресса	Температура, ЭМГ
BOSLAB Программно-аппаратный комплекс «БОС-ПУЛЬС»	10.500,00	диагностика стрессрезистентности, лечение и профилактика психосоматической патологии, повышение устойчивости к стрессу	Частота Сердечных Сокращений
Беспроводной комплекс БОС Компании Нейротех	25.000,00	Аппаратный комплекс мониторинга здоровья - БОС	ЭЭГ, ЭМГ, ЭКГ, температура, дыхание
Psyfactorplus «Реакор»	>35.000,00	Комплекс реабилитационный психофизиологический для тренинга с БОС	ЭМГ,ЭКГ, температура, электростимуляция
Psyfactorplus БОС терапия	3.000,00	коррекции психологических нарушений вызванных стрессом	ЧСС,КГР,ЭКГ,ЭЭГ,ЭМГ,температура

В результате выявлено, что предполагаемое решение отличается методом определения уровня стресса, а так же примитивностью устройства, вследствие чего низкая цена.

## **2. Описание проблемы и ресурсов**

### ***2.1. Исследование явления стресса и его физиологическое проявление.***

Стресс чаще всего рассматривают как «адаптивную реакцию организма, развивающуюся в ответ на угрозу нарушения гомеостаза» [2]. Физиологические проявления связаны с активацией гипоталамуса, который повышает активность симпатической нервной системы, вызывает секрецию антистрессорных гормонов коры надпочечников. Это на начальных этапах стресса приводит к учащению частоты сердечных сокращений, дыхания, напряжению мышц, бледности. Если стресс-фактор продолжает воздействовать на организм, то наступает адаптация. Но, если стрессорный фактор действует на организм слишком долго, то физиологический стресс сменяется на патологический. Скорость перехода к дистрессу, как отмечал И. П. Павлов, зависит в том числе от врожденного типа ВНД человека. Многие факторы стресса в той или иной степени встречаются у студентов и школьников при подготовке и сдаче ими экзаменов. Это определило выбор участников для апробации ПАР-тренажёра - учащиеся 11-х классов МБОУ «Гимназия №16 «Французская».

### ***2.2. Исследования возможностей тренингов для создания ПАР — тренажёра***

На базе нашей гимназии с 2005 по 2016 год в сотрудничестве с СО РАМН по проблеме психофизиологической коррекции синдрома дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ) был открыт Центр по работе с детьми с СДВГ, где использовался программно-аппаратный комплекс «БОСЛАБ» и лечебно-оздоровительные тренажеры БОС-ПУЛЬС. Анализ результатов подтверждает

эффективность данных тренажеров для раннего выявления и коррекции признаков СДВГ и для профилактики хронического стресса.

В процессе игрового биоуправления (игры «Вира», «Магические кубики», «Ралли») ребенок приобретает умение контролировать психоэмоциональное состояние. В этих играх используется датчик пульса. «Вира», «Гребной канал» и «Ралли» - это соревновательные игры, направленные на концентрацию внимания. «Камни на дороге» (элемент в «Ралли») помогает выявить склонность к сонливости в дневное время. «Магические кубики» - игра для младшего школьного возраста, не предполагает конкурентных отношений [15].

В настоящее время работа Центр не работает, но в планах работы социально-психолого-педагогического центра гимназии продолжить работу с использованием методов игрового биоуправления, в том числе с использованием авторских программных решений после проверки на объективность работы силами педагогов-психологов гимназии, прошедших обучение по Программе “Технология лечебно-реабилитационного биоуправления” (ООО «Компьютерные системы биоуправления»).

*Ресурсы проекта.* Разработка тренажера стала возможна в результате выигрыша в конкурсе на апробацию программно-аппаратного комплекса “Юный нейроисследователь” (ПАК ЮНИор, ответственный исполнитель проекта: ООО «КОМСИБ» и соисполнитель: НГУ). Также использованы условия задачи «Остров «Релакс» из 6-го Турнира Юных Инженеров Исследователей.

*Предполагаемые сроки реализации проекта (декабрь 2019 года – апрель 2020 года)*

декабрь-январь – работа над идеей проекта, обучение с использованием вебинаров «Регистрация физиологических сигналов» из серии вебинаров "От Arduino к нейротехнологиям" <https://www.youtube.com/watch?v=6KZEptfBTfI&t=2551s>, <https://www.youtube.com/watch?v=ObgrUNE0YoQ&t=3250s>, получение и освоение набора с биодатчиками «ПАК – ЮНИОР»;

февраль – доработка ПАР и первый этап апробации;

март – анализ результатов первого этапа, доработка устройства в случае необходимости;

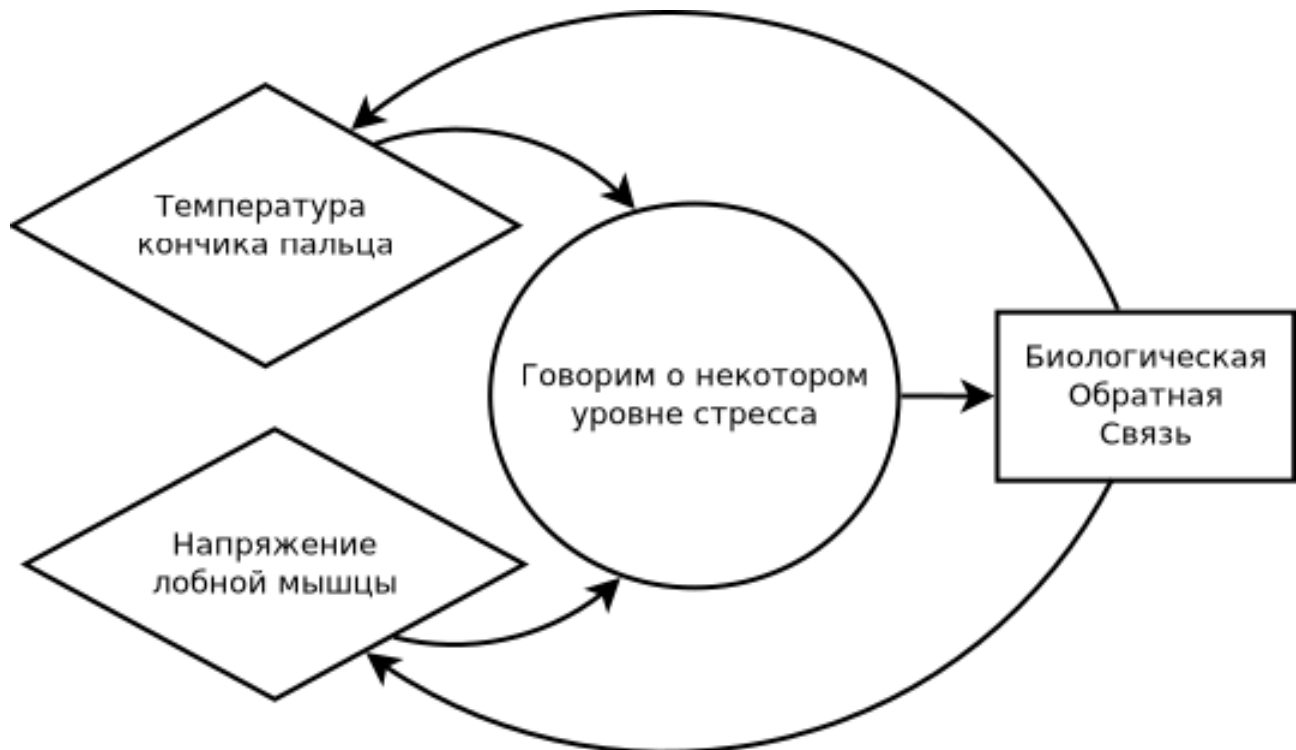
апрель – второй этап апробации и его анализ, разработка рекомендаций для использования системы в дальнейшем другими пользователями, формирования результата.

### 3. Разработка тренажера «Стоп стресс!»

Для достижения цели, был разработан *поэтапный план реализации проекта*.

#### 3.1. Концептуальная схема.

На ресурсе Национального центра биотехнологической информации США опубликованы исследования[16], на основании которых можно сделать вывод, что температура кончиков пальцев, и напряжение лобных мышц могут быть использованы, как маркер, говорящий о некотором уровне стресса, оценивая который, можно визуализировать это пользователю и с помощью механизма БОС достигать понижения уровня стресса и достижения некоторого седативного эффекта.



#### 3.2. Разработка концепта визуализации для тренинга

1. *Определения тематики и объекта, визуализирующего физиологические параметры*

Путём перебора различных вариантов, использования метода от общего к частному были выделены элементы, вошедшие в концепт визуализации:

«Пользователь плывёт на яхте и видит из иллюминатора берег, море и небо. На берегу меняется растительность (природные зоны) в зависимости от данных температурного датчика. Погода меняется в зависимости от мышечного напряжения (датчик ЭМГ).

## *2. Разработка концепта работы, математическое обоснование элементов визуализации*

В сети интернет не удалось найти видео, демонстрирующие визуально смену природных зон. Моей целью является не получение реалистичного изображения на экране монитора, а достижение седативного эффекта, поэтому «не реализм» мне поможет.

ПОПЫТКА 1: я попробовал сразу писать код программы, но промежуточный результат не удовлетворил:

• демонстрация моря: [https://drive.google.com/open?id=10ILOM\\_YbPLtBUxXhwugfbHD6G0E7zo-D](https://drive.google.com/open?id=10ILOM_YbPLtBUxXhwugfbHD6G0E7zo-D)

• демонстрация облаков: [https://drive.google.com/open?id=1\\_sP19QG0rmq\\_0Je5zXx20wz37147mMer](https://drive.google.com/open?id=1_sP19QG0rmq_0Je5zXx20wz37147mMer)

Я не привожу методы реализации, привожу только исходный код (версия с объединением облаков и моря, и с управлением погодой - <https://drive.google.com/open?id=1ib-x4L4GxwYGT4nLNXiHyy8AQs2kL9ZA>) и краткое описание: для моря используются кубические кривые Безье. Изменение их формы и движение происходит за счет алгоритмизации. Для рисования облаков используется уравнение окружности и алгоритм.

Мною сделан упор на математическое моделирование.

ПОПЫТКА 2:



МОРЕ: Для достижения наилучшей визуализации я изучил информацию по моделированию воды [9], в результате чего пришел к уравнению Навье-Стокса ([10], следует посмотреть), описывающее движение вязкой ньютоновской жидкости.

В векторном виде для жидкости система:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = -(\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} + \nu \Delta \vec{v} - \frac{1}{\rho} \nabla p + \vec{f},$$

Решением системы будет моделирование воды. Для этого нужны начальные производные для  $\vec{v}(t)$  и для  $p(t)$

Векторное поле сил  $\vec{f}$  я не учитываю. А из оператора Лапласа можно грубо приравнять скорость к давлению (мне не важно точное моделирование). В этом случае имеем:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \frac{1}{\rho} \Delta p + \nabla p$$

Коэффициент кинематической вязкости я принимаю как  $1/\rho_{\text{жидкости}}$  (ещё одна грубость), т. к. я беру давление жидкости в заданных точках, вместо скорости.

Полученное уравнение не может использоваться для расчётов, прогнозирования, но оно достаточно правдоподобно, на мой взгляд, передаёт физику воды.

ОБЛАКА: для моделирования облаков использую шум Перлина [11]. Не расписываю его, т. к. никаких преобразований не делал. Я накладываю друг на друга сгенерированный с разными октавами шум и фильтрую по глубине (амплитуде). Шум Перлина, который я использую, имеет три оси измерения:

- X и Y — плоскости неба

- $Z$  — время, для имитации изменения формы

БЕРЕГ: Я не использовал готовых решений и формул, а на основе всего, что знал. Я не придумал нового, и «взял из воздуха уравнение», но формировал на основе простой логики.

Пусть есть некоторая функция  $h(t)$ , определяющая изменение формы рельефа со временем.

Пусть конечная функция  $H(t)$  стремиться приблизиться к  $h(t)$ , на основе собственного поведения, то есть на основе своей производной, тогда:

$$H'(t) = H'(t-1) + h'(t) + (h(t) - H(t-1)) \cdot k$$

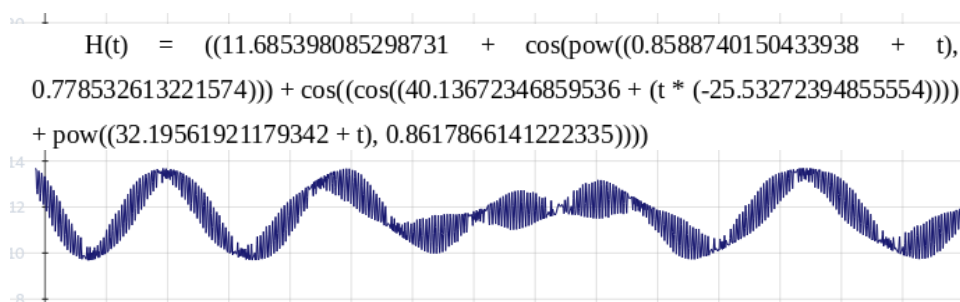
то есть производная сейчас = производная прошлая + производная функции к которой нам надо прийти + (значение к которому надо прийти - значение прошлого) \*  $k$

где  $k$ - коэффициент перехода, подбирается таким образом, чтобы добиться плавной интерполяции (у меня он равен 0.2)

для решения уравнения надо задать  $H_1, H_2$

Осталось определить функцию  $h(t)$ . Для этого я использую алгоритм символьной регрессии. В моём случае это всего лишь инструмент, поэтому я не описываю его. Была нарисована от руки функция, после дискретизации и оцифровки данные были переданы алгоритму.

Результат:



**РАСТИТЕЛЬНОСТЬ и ОСАДКИ:** для построения использовался алгоритм (рекурсия — деревья).

Для отображения иллюминатора, использовался рендер тора и плоскости с имитацией металла и дерева соответственно. Рендеринг и моделирование производилось в Blender.

### *3. Разработка динамического параметрического изображения на экране монитора*

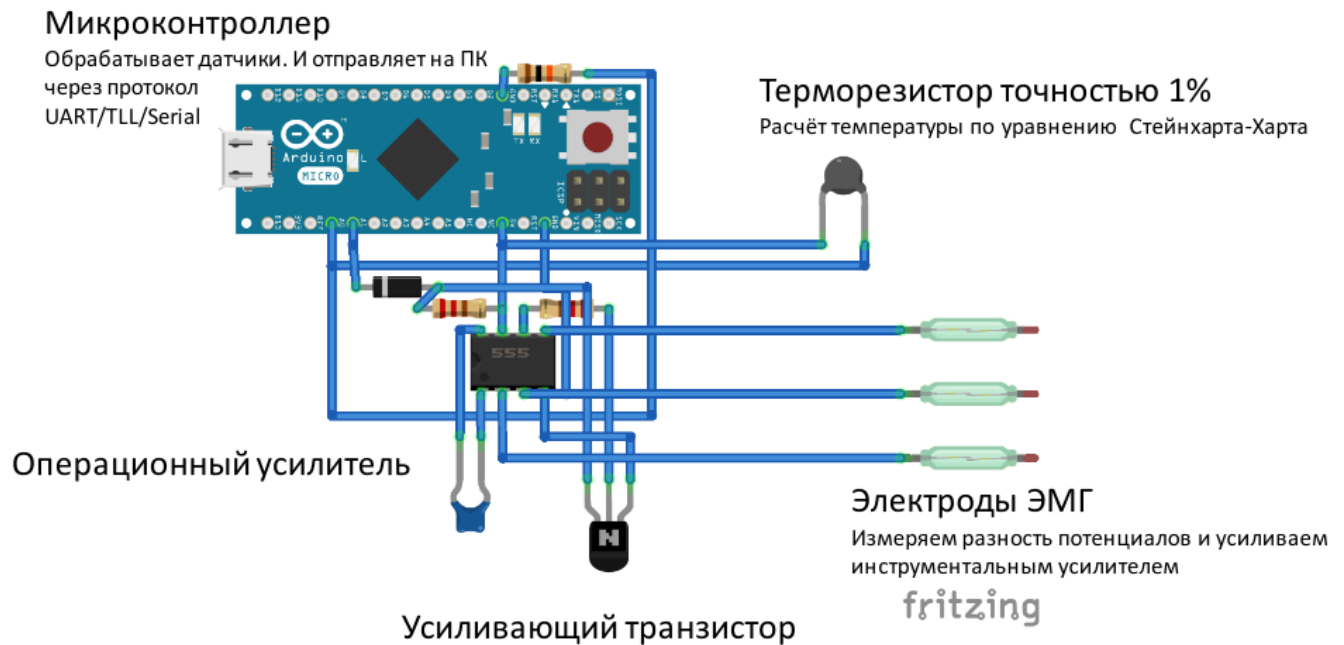
В качестве языка ПО использовался язык Java (кроссплатформенность и опыт работы), а для отображения примитивов графики -Processing API [12].

- демонстрация: <https://drive.google.com/open?id=1sbhLi2hZFS-6lq1Fo8c08y7DZXxERVq4> ,

- исходный код (с малой интеграцией с микроконтроллером):  
<https://drive.google.com/open?id=19dewWYizncQd2gFZTKyGNzoQKS5-0Q4r>

### **3.2. Разработка аппаратного комплекса и экономическое обоснование**

Аппаратная часть - блок с датчиками, подключаемый к ПК. Для считывания сигналов, обработки и передачи на ПК использую микроконтроллер Ardiuno Pro Micro (цена, простота программирования, TTL → USB → VTTL и эмуляция HID устройства — альтернативный протокол передачи данных(избавит от проблем с драйверами)). Для считывания температуры использую подключённый через делитель напряжения термистор. Для считывания электропотенциалов мышц использую инструментальный усилитель INA128 [13], (+ он малый фильтр высоких частот).



Компоненты:

Arduino Pro Micro, INA128PA DIP-8, Resistor 10k $\Omega$ , Capacitor 25V 47 $\mu$ F, Thermistor MF52AT 10k $\Omega$ , Doid Shotky 1N5819, Twisted Wire 2m, Device Body, Usb Cable, Electrode Cable.

Расчётная стоимость с учётом налогов, без учёта работы: 2299.98 руб.

### 3.3. Разработка модуля обработки сигналов физиологических параметров

В ходе тренинга будем использовать два сигнала: температура (термистор) и электрический сигнал мышц (электромиограмма (ЭМГ) поверхностными биполярными электродами). О работе с данными датчиками и обработке сигналов можно посмотреть <https://www.youtube.com/watch?v=6KZEptfBTfI&t=2551s> и <https://www.youtube.com/watch?v=ObgrUNE0YoQ&t=3250s>

Работа с сигналом ЭМГ проходит в два этапа:

1. Метод «корень квадратный из среднего значения квадрата сигнала»

$$\frac{\sqrt{\int_t^{t+\Delta t} s(t)^2 dt}}{\sqrt{\Delta t}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N s(t_i)^2}{N-1}}$$

где  $s(t)$  — ЭМГ-сигнал, зарегистрированный с помощью АЦП в точках  $s(t_i)$ ;

$\Delta t$  — период усреднения;  $N$  — количество отсчетов  $\Delta t$ .

2. Фильтрация и сглаживание сигнала.

$$s(t) = \frac{s'(t) - s(t-1)}{k}$$

$s(t)$  — функция обработанного сигнала

$s'(t)$  — функция результата первого этапа

$k$  — уровень дискретизации  $t$

Для обработки сигнала температурного датчика используется формула второго этапа обработки ЭМГ.

В ПО предусмотрена возможность установки пороговых значений.

Для передачи данных используется протокол COMM порта ( виртуализация, на деле TTL/UART → USB → virtual TTL/UART) (в перспективе HID).

Данные передаются в простом виде: EMG temperature\n

В ПО реализована панель(по умолчанию скрыта) с отображением графика данных датчиков, ползунков для установки пороговых значений, списка доступных устройств и кнопка их подключения.

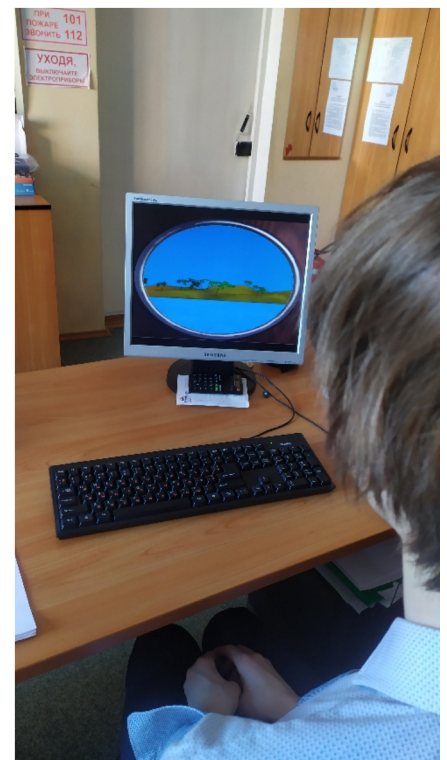
#### 4. Апробация ПАР и его совершенствование

Для апробации разработанного тренажера «Стоп стресс!» были сформированы две группы из учащихся 11-х классов. Они не имели опыта саморегуляции. Главной особенностью лечебно-оздоровительного тренинга, основанного на технологии игрового биоуправления - соревновательный элемент. В ходе тренинга человек может просматривать в каком состоянии он находился в тоже время в прошлом сеансе. Выиграть можно научившись управлять собственными механизмами саморегуляции, используя методики мышечной релаксации в сочетании с высокой степенью контроля сознания, постоянным сканированием внутренних ощущений и наблюдением за динамикой показателей на экране монитора. → Формируется модель эффективного поведения. [15].

Всем участникам предложены психологические тесты (опросник Айзенка, методика САН, опросник УСК). Далее они приступили к прохождению 7-10 сессий с перерывами между занятиями не более 2 дней. Продолжительность каждой сессии 20-30 минут (8-10 попыток).

На этапе апробации предполагаем возникновение проблем с обработкой сигналов, учетом границ допустимых значений сигналов, калибровкой, устойчивостью алгоритмов к нестандартным ситуациям и артефактам.

У каждого участника мы будем анализировать начальную и конечную сессии курса.



*Гипотеза:* если ПАР соответствует требованиям к тренажёрам с БОС, то все участники продемонстрируют способность произвольного расслабления мышц и регуляции температуры в конечных сеансах.

*Качественным показателем* будем считать достижение состояния «релакса» (спокойное море, тропический пляж).

*Количественным показателем* является разница между временем, необходимым для достижения спокойного тропического пейзажа на первом и последнем сеансе.

Предполагаем по успешности выполнения тренинга можно выделить две группы: с быстрым положительным приростом по результатам и с отрицательным приростом или его отсутствием, что связывают с индивидуальным типом ВНД.

Подробная психологическая диагностика будет проведена педагогом – психологом гимназии после окончания тренингов.

## Результаты

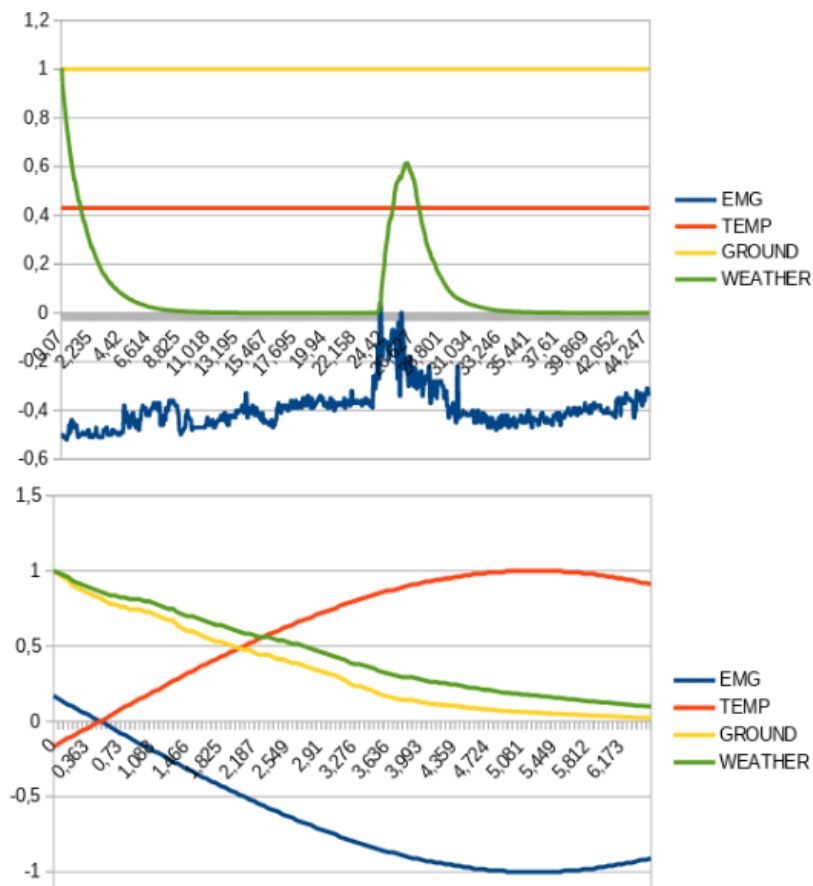
Предполагаемым результатом является разработанное ПАР, основанное на технологии БОС для борьбы со стрессом. Решение является простым в использовании, экономически выгодным. При этом соответствует требованиям к тренингам по биоуправлению, как эффективного способа самопроизвольной корректировки состояния человека.

В случае успешной апробации данный тренажёр будет использован психологами гимназии, причём не только для борьбы со стрессом у обычных школьников, но и для работы с детьми с СДВГ и ОВЗ.

Устройство в макетном виде: и Устройство в собранном виде:

<https://drive.google.com/open?id=1DsrAamQgLB05uTUgrnYRuk16xxQEYY58>

Тестовая апробация(х-время в секундах,у-условные единицы +-1):





*Примечание на март-апрель 2020: в связи с пандемией COVID-19 апробация на группе школьников не состоялась.*

**Источники, замечания и литература.**

1. Распространённость стресса  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4377029/>
2. Ганс Селье, "Стресс жизни" <http://adaptometry.narod.ru/StressZhizni.htm>
3. 74,59% населения в РФ проживают в городах  
<https://showdata.gks.ru/report/278932/>
4. идеология персонализированной медицины
5. [http://boslab.ru/products/biofeedback\\_games/pulse\\_prof.php](http://boslab.ru/products/biofeedback_games/pulse_prof.php)
6. <https://fortis-med.ru/products/besprovodnoiy-kompleks-bos>
7. <https://www.psyfactorplus.com/about3>
8. <https://www.psyfactorplus.com/slideshow-c24kp>
9. основной информационный ресурс Wikipedia <https://ru.wikipedia.org>
10. Уравнения Навье — Стокса  
[https://ru.wikipedia.org/wiki/Уравнения\\_Навье\\_—\\_Стокса](https://ru.wikipedia.org/wiki/Уравнения_Навье_—_Стокса)
11. Шум Перлина [https://ru.wikipedia.org/wiki/Шум\\_Перлина](https://ru.wikipedia.org/wiki/Шум_Перлина)
12. <https://processing.org/>
13. DataSheet IN128 <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina128.pdf>
14. ЭМГ — регистрация электрической активности мышц <http://biosoftvideo.ru/myography/>
15. Штарк М.Б. и О.А. Джафарова соответственно  
[http://sibmed.net/archive/2004/3\\_2004\\_Оглавление-Contents.pdf](http://sibmed.net/archive/2004/3_2004_Оглавление-Contents.pdf)

16. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7326267>

И

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23790072>