

Рисунок 1 Схема декомпозиции процесса закупки

## НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНЫЙ ИНТЕРФЕЙС НА НАНОСЕНСОРАХ

*Ворона Р.С.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Авдеева Д.К., д.т.н., профессор кафедры физических методов и приборов контроля качества*

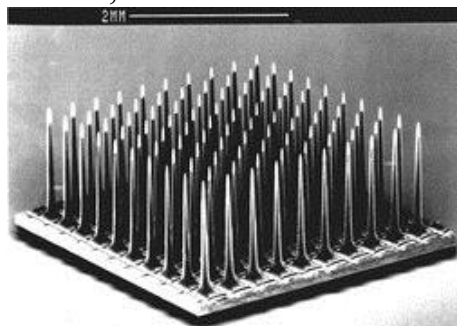
Любой человек не защищен от случаев, в результате которых он может потерять конечность или способность самостоятельно передвигаться. После потери конечности с человеком происходят значительные как психологические, так и физические изменения. Наиболее трудно ему приходится после потери верхних конечностей. Человек без руки не может делать то, что раньше казалось естественным и не требовало никаких усилий. В таких случаях протезирование позволяет людям вернуться к полноценному образу жизни: работать, заниматься спортом, готовить и многое другое. Одной из проблем, которой занималась и продолжает заниматься медицина, является проблема исцеления увечий и физиологических недостатков

человеческого тела. Когда вначале 2000-х, нейробиологи создали нейрокомпьютерный интерфейс, у парализованных людей появилась надежда на то, что чувствительность и подвижность могут вернуться к ним — хотя бы и в виде искусственных конечностей [1].

В 1929 году немецкому врачу-нейрофизиологу Хансу Бергеру впервые удалось снять показания электроэнцефалографа и подтвердить гипотезу о том, что действия человека всегда связаны с повышением активности отдельных зон коры головного мозга [2]. С тех пор многие исследователи неоднократно хотели научиться "читать мысли", пытались расшифровать электроэнцефалограмму. Но мешали технические причины: недостаточное пространственное разрешение электроэнцефалографов (то есть не удавалось в подробностях получить картину распределения потенциалов), а также отсутствие возможности хранить и обрабатывать в режиме реального времени огромные массивы данных. Развитие технологий в конце XX – начале XXI века [3], такой как микропроцессорная техника, позволило по-новому взглянуть на перспективы техники. Миниатюризация микропроцессорной техники и увеличение её мощностей позволило подробно изучить электрическую активность мозга, и открыла возможность управления электрическими устройствами при помощи мысли.

Под нейрокомпьютерным интерфейсом понимают устройство, которое позволяет расшифровать нейронные сигналы мозга, относящиеся к какой-то части тела — скажем, к руке или ноге. Но для этого нужно знать, какие нейроны управляют конечностями и что именно они командуют своими сигналами. И если узнать всё это, то можно научить мозг управлять искусственной ногой или рукой, как своей собственной. Существует несколько конкурирующих между собой подходов к созданию нейрокомпьютерных интерфейсов. По способу передачи электрических сигналов от мозга к компьютеру. Так называемые инвазивные системы основаны на вживлении в нужные участки мозга матрицы из сверхтонких электродов (рисунок 1.а.). Однако вживление матрицы электродов требует небезопасной хирургической операции. К тому же остается открытым вопрос о долговременной биосовместимости материала электродов и мозговой ткани. Неинвазивные системы основаны на улавливании электрических сигналов мозга с поверхности кожи головы (рисунок 1.б.). Иными словами, в них используется та самая электроэнцефалограмма (ЭЭГ) которую можно сделать в любой современной больнице. Конечно, проходя сквозь кости черепа и кожу, электрические сигналы мозга существенно ослабляются и искажаются, поэтому неинвазивные интерфейсы уступают инвазивным по точности выполнения

“бинарных” команд (вверх-вниз, включить-выключить). Соответственно, пациентам, использующим неинвазивные интерфейсы, требуется более длительная тренировка. Однако эти недостатки компенсируются безопасностью неинвазивных интерфейсов. и, возможно, за неинвазивными интерфейсами будущее.



а)



б)

Рисунок 1: а) Имплантируемая электродная матрица — основа инвазивного нейроинтерфейса. б) Датчики для снятия электроэнцефалограммы объединены в шлем

Сейчас нейрокомпьютерные технологии стремительно развиваются. Они нашли свое место в реабилитационной медицине [4], в создании протезов, управляемых не путем подключения к периферическим нервам или мускулатуре, а сигналами, исходящими непосредственно от головного мозга.

В нейрокомпьютерном интерфейсе, в качестве исходной информации для управления протезом используется сигнал, снятый с поверхности кожи головы (ЭЭГ). Для проведения ЭЭГ на голове фиксируются электроды, которые соединяются проводами с системой управления протезом. Аппарат усиливает потенциалы, полученные с датчиков в сотни тысяч раз, и записывает их в память компьютера. Международная федерация обществ электроэнцефалографии приняла так называемую систему "10-20", позволяющую точно указывать расположение электродов. В соответствии с этой системой у каждого испытуемого точно измеряют расстояние между серединой переносицы и твердым костным бугорком на затылке, а также между левой и правой ушными ямками. Возможные точки расположения электродов разделены интервалами, составляющими 10% или 20% этих расстояний на черепе. При этом для удобства регистрации весь череп разбит на области, обозначенные буквами: F — лобная, O — затылочная область, P — теменная, T — височная, C — область центральной борозды. Нечетные номера мест отведения относятся к левому, а четные — к

правому полушарию. Буквой Z — обозначается отведение от вершины черепа. Это место называется вертексом.

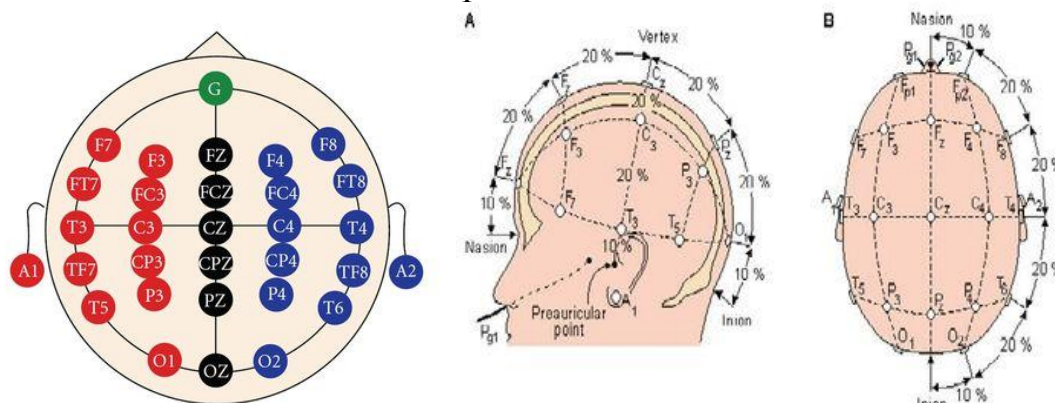


Рисунок 2: Схема расположения электродов на голове пациента.

Сущность такого способа управления протезом заключается в регистрации с помощью поверхностных электродов сигнала электрической активности мозга, затем осуществляется обработка сигнала при помощи входных цепей усилителя и преобразование его в цифровой код, цифровой код анализируется микроконтроллером блока управления и преобразуется в команду для исполнительного механизма протеза (Рис. 2) [5].

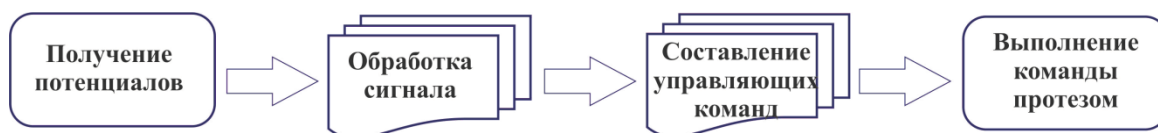


Рисунок 3. Блок-схема работы системы управления протезом

Как уже было сказано ранее, инвазивные нейрокомпьютерные интерфейсы опасны для жизни, так как требуется нейрохирургическая операция. Кроме того, стоимость таких операций на людях очень высока. При использовании ЭЭГ, регистрируемой на поверхности головы, подключение к отдельным нейронам невозможно. Для того чтобы в ЭЭГ возникло совсем небольшое изменение амплитуды электрического сигнала, требуется синхронная активация десятков и сотен тысяч нейронов. В противном случае сигнал не будет пропущен "фильтром", который состоит из других нейронов, кровеносных сосудов, мозговых оболочек, костей черепа, подкожной ткани и кожи. Поэтому создание чувствительных датчиков является приоритетной задачей. В данный момент в Томском политехническом университете имеются разработки наносенсоров, создание неинвазивного

нейрокомпьютерного интерфейса на их основе является перспективной разработкой.

### **Список информационных источников**

1. Monkeys Use Minds to Move Two Virtual Arms // [http://corporate.dukemedicine.org/news\\_and\\_publications/news\\_office/news/monkeys-use-minds-to-move-two-virtual-arms](http://corporate.dukemedicine.org/news_and_publications/news_office/news/monkeys-use-minds-to-move-two-virtual-arms)

2. Крепкий, Р.С., Ласков П.Д., Курио Г.А., Бланкерц Б.В. По моему хотению... Берлинский нейрокомпьютерный интерфейс// Наука и жизнь 2004 - №11.

3. von Neumann, J., 1945. First Draft of a Report on the EDVAC  
URL: [sites.google.com/site/michaeldgodfrey/vonneumann/vnedvac.pdf?attredirects=0&d=1](https://sites.google.com/site/michaeldgodfrey/vonneumann/vnedvac.pdf?attredirects=0&d=1)

4. Медицинский факультет Северо-Западного университета (США)  
// Официальный сайт Northwestern University Feinberg School of Medicine  
URL: [http://news.feinberg.northwestern.edu/2012/04/brain\\_machine/](http://news.feinberg.northwestern.edu/2012/04/brain_machine/)

5. Чернышев А.А., Мустецов Н.П. Алгоритм управления многофункциональным протезом руки // Информационные технологии в медицине. - 2014. - №122. - С. 167-172.

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ТЕРМОГРАММ**

*Го Вэньцзя*

*Томский политехнический университет, г. Томск  
Научный руководитель: Ширяев В.В., к.т.н., ведущий инженер  
лаборатории тепловых методов контроля*

В данной работе показано, что возможно применение вейвлет-анализа для обработки последовательностей термограмм с целью повышения достоверности результатов контроля методами активного теплового неразрушающего контроля. Для вейвлет-анализа были использованы Гауссовы вейвлеты, например, вейвлет «мексиканская шляпа».

### **Описание образца**

Для экспериментальных исследований был изготовлен образец из стеклопластиковых пластин с толщиной 8 мм. Распределение дефектов показано ниже.