

УДК 616-072.7

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ПАТОЛОГИЧЕСКОГО ТРЕМОРА ПРИ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Т.С. БОБРОВА, М.В. ДАВЫДОВ, С.А. КОРЕНЕВСКИЙ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
(Минск, Республика Беларусь)*

**Аннотация.** Рассматривается разработанное портативное устройство для обнаружения тремора рук из нескольких акселерометрических датчиков, интегрированных на плате Arduino с микроконтроллером ATmega32u4. Также предложен вариант использования данного портативного устройства в составе аппаратно-программного комплекса для оценки параметров тремора при ранней диагностике и лечении заболеваний центральной нервной системы.

**Ключевые слова:** тремор, диагностика тремора, акселерометрический датчик, портативное устройство, аппаратно-программный комплекс.

## DEVICE FOR ASSESSING PARAMETERS OF PATHOLOGICAL TREMOR IN DISEASES OF THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM

T.S. BABROVA, M.V. DAVYDOV, S.A. KORENEVSKY

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Belarus)*

**Abstract.** The developed portable device for hand tremor detection from several accelerometer sensors integrated on the Arduino board with the ATmega32u4 microcontroller is considered. A variant of using this portable device as part of a hardware-software complex for assessing tremor parameters in the early diagnosis and treatment of diseases of the central nervous system is also proposed.

**Keywords:** tremor, tremor diagnostics, accelerometer sensor, portable device, hardware and software complex.

### Введение

Феномен глобального старения увеличил число людей с возрастными неврологическими двигательными расстройствами, включая болезнь Паркинсона (БП) и эссенциальный тремор (ЭТ), а также наблюдается тенденция к преждевременному старению мозга у представителей более молодого возраста в связи с постоянными переутомлением и стрессами, неправильным питанием и вредными привычками. Патологический тремор рук считается одним из наиболее частых двигательных симптомов таких нарушений и может серьезно повлиять на независимость и качество жизни пациентов.

### Теоритические сведения

*Тремор* (дрожание) – часто встречающееся двигательное расстройство, представляющее собой ритмичные произвольные колебания какой-либо части тела. Наиболее часто дрожание отмечается при болезни Паркинсона, эссенциальном треморе, психогенном треморе и др.

Патологический тремор рук является частым моторным симптомом некоторых возрастных неврологических двигательных нарушений и описывается как произвольные и псевдоритмические движения, влияющие на координацию, точность и скорость предполагаемых движений. В отличие от физиологического тремора, который определяется низкоамплитудными вибрациями в спектральном диапазоне от 6 до 14 Гц, патологический тремор представляет собой движение с более высокой амплитудой, происходящее в более широком диапазоне частот 3–14 Гц и включает следующие виды тремора: *тремор покоя* (3-6

Гц), возникающий, когда конечность расслаблена и на что-нибудь опирается (обычно наблюдается при БП); *тремор действия*, возникающий во время произвольного сокращения мышц; *интенционный тремор*, возникающий при нарушении функции мозжечка (например, вследствие инсульта, травмы, или при рассеянном склерозе).

Тремор действия также имеет видов: постуральный, кинетический и изометрический. Постуральный и кинетический тремор обычно наблюдается у пациентов с ЭТ. Постуральный тремор (5-8 Гц) наиболее максимален, когда конечность удерживается в фиксированном положении против действия силы тяжести (например, при вытянутых руках), кинетический тремор возникает в заключительной части произвольного движения небольшой амплитуды. Подвидом кинетического тремора является интенционный тремор (3-10 Гц), возникающий при целенаправленном движении, его амплитуда высокая, а частота низкая в течение всего движения, но после достижения цели тремор усиливается (например, при пальце-носовой пробе). Изометрический тремор действия возникает во время сокращения мышц против жесткого неподвижного объекта, например, при захвате твердого объекта, который блокирует движение конечности и изменяет длину мышц.

Проблема анализа патологического тремора заключается в разнообразии его видов, субъективной окраске, а также отсутствии значительных объемов экспериментальных данных и общих методов моделирования, которые могли бы в полной мере предоставить спектрально-временные характеристики сигнала движения конечности. Исследование параметров тремора важно для дифференциальной диагностики и лечения различных заболеваний.

Стандартный неврологический осмотр позволяет лишь дать описательные характеристики тремора (дрожания): данные о его локализации (голова, рука или нога), степени выраженности (низкая, средняя или высокая), отношении к силе притяжения (покой или постуральный). Инструментальные методы позволяют оценить такие параметры тремора как частота и амплитуда.

Для инструментальной диагностики тремора используются следующие методы:

- электромиография (регистрируются электрические потенциалы, генерируемые мышечными волокнами в процессе сокращения);
- акселерометрия (измеряется ускорение движения конечностей);
- гироскопия (измеряются угловые скорости движения конечностей);
- видеорегистрация;
- тензометрия (регистрируется непосредственный тактильный контакт с тензометрическим датчиком) и другие [1].

Акселерометрический метод относится к кинематическим методам, основной чертой которых является непосредственная регистрация колебательных движений с помощью миниатюрных сенсоров (датчиков) изготовленных по МЭМС-технологии. Существуют три основных конструктивных типа акселерометров: пьезоэлектрический, пьезорезистивный (силиконовый, пленочный) и емкостный. Суть метода заключается в измерении ускорения (проекции ускорения) вдоль осей чувствительности X, Y и Z датчика.

Для контроля двигательных симптомов и клинической оценки эффективности лекарств необходимы высокочувствительные шкалы. Среди таких шкал врачи и пациенты все чаще используют данные, полученные с постоянно носимых портативных устройств (миографов и акселерометров), которые для удобства пациента могут быть выполнены в виде колец, браслетов, умных часов и перчаток. Такие устройства чаще всего имеют модули передачи данных на смартфоны, планшеты со специальным программным обеспечением и доступом в Internet, что позволяет врачу контролировать состояние пациента и получать данные в режиме реального времени.

### **Разработка прототипа портативного устройства**

Разработанный прототип портативного устройства для оценки параметров тремора состоит из стандартных модулей акселерометрических датчиков, интегрированных на плате Arduino с микроконтроллером ATmega32u4, имеющей встроенную поддержку USB. В качестве

акселерометрического датчика используется модуль GY-521 состоящий из 3-осевого гироскопа и 3-осевого акселерометра.

Модуль GY-521 построен на базе микросхемы MPU6050. На плате модуля также расположена необходимая обвязка MPU6050, включая подтягивающие резисторы интерфейса I<sup>2</sup>C. Гироскоп используется для измерения линейных ускорений, а акселерометр – угловых скоростей. Совместное использование акселерометра и гироскопа позволяет определить движение тела в трехмерном пространстве. Библиотека MPU6050 позволяет настраивать датчик на диапазоны  $\pm 2g$ , 4g, 8g и 16g. Входные данные преобразовываются из аналоговых сигналов в цифровые с помощью 16-битного АЦП (аналого-цифровой преобразователь) [2].

На рисунке 1 представлена ориентация модуля GY-521 в пространстве.

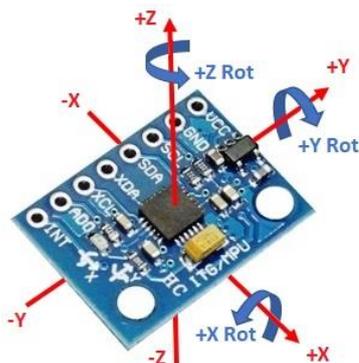


Рис. 1. Модуль GY-521 [3].

На рисунке 2 представлен макет портативного устройства для исследования параметров тремора.

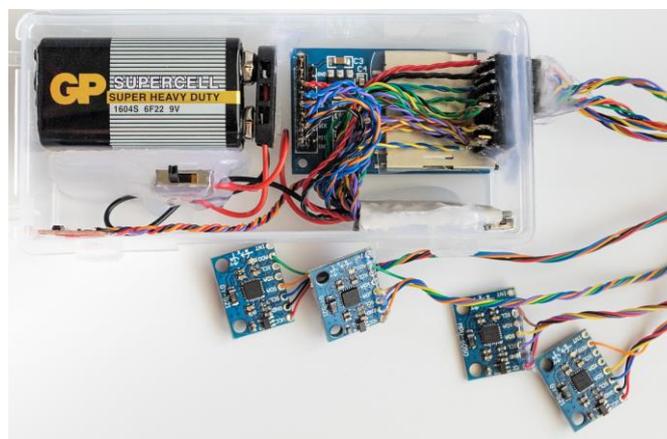


Рис.2. Макет портативного многоканального устройства

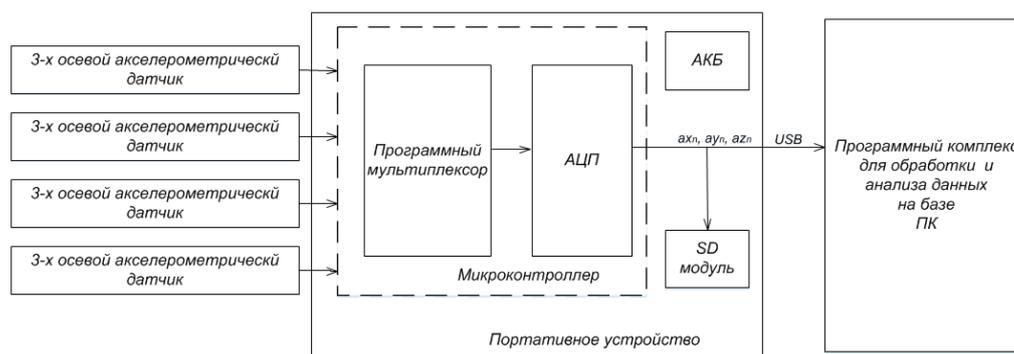
Принцип работы портативного устройства заключается в следующем. Данные с датчика (значения проекций ускорения по трем осям  $a_x$ ,  $a_y$  и  $a_z$ ) в виде аналогового сигнала считываются портативным устройством на основе микроконтроллера. Портативное устройство содержит аналогово-цифровой преобразователь для преобразования аналогового сигнала в цифровой для дальнейшей его передачи и обработки с помощью программного комплекса.

Портативное устройство имеет SD модуль для сохранения данных на карту памяти в виде текстового файла, в случае автономной работы или невозможности передавать данные для обработки в реальном времени. В качестве элемента питания используется аккумуляторная батарея.

Наличие автономного режима работы у портативного устройства позволяет проводить мониторинг движения конечностей при ведении пациентом обычного образа жизни, что является важным для диагностики заболеваний центральной нервной системы на ранних

стадиях, когда тремор слабо выражен или появляется время от времени. Длительная регистрация помогает решить проблему получения типичных фрагментов (паттернов) анализируемого тремора. Такой режим позволит выявить и эссенциальный тремор, который появляется при движении конечностей. При этом могут фиксироваться: частота появления тремора (пропорция времени, в течение которого регистрируется ритмическая активность внутри определенного периода), средняя мощность и частота тремора в пределах конкретного временного интервала и т.д.

На схеме (рис.3) представлен аппаратно-программный комплекс для исследования параметров тремора, включающий в себя разработанное многоканальное портативное устройство, реализованное на основе микроконтроллера и нескольких 3-х осевых акселерометрических датчиков.



**Рис.3.** Схема аппаратно-программного комплекса для количественной оценки параметров тремора

С портативного устройства данные через USB-порт передаются на базовое устройство для дальнейшей обработки и анализа сигнала. В роли этого устройства могут выступать персональный компьютер или ноутбук с установленным на него программным обеспечением, с помощью которого проводится фильтрация и частотный спектральный анализ сигнала тремора (вычисляется его амплитуда, частота, мощность и т.д.).

Перспективой развития данного аппаратно-программного комплекса является создание программного обеспечения, реализующего нейронную сеть для дифференциальной диагностики различных видов паталогического тремора при заболеваниях центральной нервной системы.

## Заключение

Таким образом, акселерометрический метод является на сегодняшний день наиболее используемым и популярным из всех методов регистрации тремора. Предложенное многоканальное портативное устройство реализует акселерометрический метод исследования параметров тремора и может использоваться для ранней диагностики заболеваний центральной нервной системы, сопровождающихся различными видами тремора.

## Список литературы

1. Иванова-Смоленская, И. А. Современные инструментальные методы регистрации тремора / И. А. Иванова-Смоленская, А. В. Карабанов, А. В. Червяков // Новые технологии. – 2011. – № 2. – С. 17–23.
2. Обзор модуля GY-521 (MPU-6050) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://robotchip.ru/obzor-modulya-gy-521/>. – Дата доступа: 23.10.2022.
3. MPU-6050 Datasheet (PDF) - List ofUnclassified Manufacturers [Electronic resurs]. –URL: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/517744/ETC1/MPU-6050.html>