

УДК 616-71

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ВИДЕОРЕГИСТРАЦИИ ТРЕМОРА КОНЕЧНОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА

С.К. Дик, А.С. Терех, А.В. Смирнов, В.К. Конопелько

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск*

## DESIGNING A SYSTEM FOR VIDEO RECORDING OF MAN'S EXTREMITIES TREMOR

S.K. Dick, A.S. Tereh, A.V. Smirnov, V.K. Konopelko

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk*

Рассмотрены существующие приборы для регистрации тремора, проанализированы их недостатки. Разработана система и методика для видеорегистрации тремора конечностей человека. Были проведены лабораторные исследования лекарственной терапии. Был проведен спектральный анализ тремора при болезни Паркинсона и эссенциальном треморе.

**Ключевые слова:** тремор, колебания, болезнь Паркинсона, эссенциальный тремор, амплитудно-частотный анализ, неврология, видеорегистрация, видеокамера, видеоанализ.

The known devices for tremor recording are considered and their drawbacks are analyzed. A system and methods for video recording of man's extremities tremor are developed. The laboratory researches of medical therapy have been carried out. The tremor at Parkinson's disease and at essential tremor has been spectrally evaluated.

**Keywords:** tremor, oscillations, Parkinson's disease, essential tremor, amplitude-frequency analysis, neurology, video recording, video camera, video analysis.

### **Введение**

Тремор (дрожание) – непроизвольные ритмичные колебательные движения всего тела или его частей в результате повторяющихся сокращений и расслаблений мышц.

Разделяют два вида тремора – доброкачественный (физиологический) и патологический. Физиологический тремор может появиться у человека в результате физической нагрузки, а также в результате переутомления. В свою очередь патологический тремор является одним из самых распространенных симптомов таких заболеваний, как болезнь Паркинсона, эссенциальный тремор, рассеянный склероз, алкоголизм, неврозы, и подразделяется на тремор покоя и тремор действия (постуральный и кинетический). Разновидностью кинетического тремора является интенционный тремор, проявляющийся в момент выполнения пациентом движения и усиливающийся, если требуется большая точность движения.

Кроме заболеваний нервной системы, причиной дрожания конечностей и головы человека могут служить травмы, сосудистые заболевания, опухоли головного и спинного мозга, осложнения инфекционных заболеваний, психическое и физическое перенапряжение. Поэтому информация о треморе может использоваться также в других областях, например, в спортивной медицине (выявление физических возможностей спортсменов, проведение реабилитации спортсменов после травм и больших физических нагрузок).

Амплитудно-частотный анализ тремора позволяет получить диагностическую информацию о функциональном состоянии пациента.

### **1 Методика измерения тремора**

Сложности диагностики и дифференциальной диагностики различных видов тремора обусловлены относительной однотипностью его визуальных проявлений при различных уровнях и патогенетических механизмах повреждения нервной системы [1], [2].

Ошибочность клинического определения нозологической принадлежности тремора, по данным ретроспективного анализа, при первичном обращении достигает 20–30%. Диагностика тремора в клинической практике наряду с установлением нозологического диагноза требует проведения регистрации параметров тремора с целью количественной оценки выраженности гиперкинеза, что позволяет осуществлять мониторинг течения заболевания и контролировать эффективность лечения. Современные наиболее простые и надежные методы регистрации и анализа тремора основаны на преобразовании смещения объекта различного рода датчиками в выходной электрический сигнал [3], [4]. Последующая обработка и математический анализ позволяют получать частотно-амплитудные характеристики дрожательного гиперкинеза.

На сегодняшний день существует множество приборов, предназначенных для регистрации тремора человека.

Первые устройства для записи тремора были основаны на механическом восприятии дрожания пальцев руки с последующей записью на движущуюся ленту. В качестве записывающего устройства нередко использовались электрокардиографы, которые выводили на бумагу кривые дрожания пальцев во времени.

Однако выше описанный метод треморометрии имел ряд недостатков: характер записи зависит от давления пальцев на воспринимающий элемент (в нашем случае – на кольцо), смещается изолиния тремограмм и т. д.

Существует устройство, основанное на методе огибающей ЭМГ, которое позволяет оценить параметры не только физиологического, но и эссенциального и паркинсонического видов тремора.

Помимо одноканальных устройств для измерения параметров тремора, существуют и многоканальные тремографы.

Пример такого устройства содержит датчики движений, блоки для регистрации и представления данных о тремограмме. Недостаток подобного устройства состоит в отсутствии возможности непосредственного наблюдения за тремором конечностей. Такой прибор на выходе предоставляет исключительно математическую обработку результатов измерения гироскопов. При этом датчики могут быть неисправны и выдавать результат с погрешностью больше заявленной (0.5%) величины.

С целью устранения недостатков существующих устройств, предназначенных для регистрации тремора конечностей человека, в БГУИР был разработан программно-аппаратный комплекс для регистрации тремора конечностей человека – видеотремограф.

Структурная схема устройства представлена на рисунке 1.1 и включает в себя маркер, видеокамеру и ПЭВМ.



Рисунок 1.1 – Структурная схема системы видеорегистрации тремора

Маркер представляет собой квадрат со сторонами 10x10 мм, изготавливаемый из самоклеящейся бумаги черного цвета. Предпочтение было отдано квадратной форме перед круглой из-за специфики определения центра маркера. Размеры маркера подбирались таким образом, чтобы обеспечить удобство закрепления маркера на конечности и сделать его размеры достаточно большими для достоверного распознавания программным обеспечением. Маркер обладает незначительной массой и возможностью крепления

на любом участке тела человека. Цвет имеет хороший контраст с цветом кожи, что повышает качество распознавания.

В программно-аппаратном комплексе используется цветная USB камера с разрешением не менее 640x480 и скоростью съёмки не менее 60 кадров в секунду.

Методика измерения тремора заключается в следующем:

- Для измерения тремора покоя пациенту необходимо слегка сжать руку в кулак и положить её на твердую поверхность (стол или подлокотник кресла) таким образом, чтобы кисть находилась в горизонтальном положении пальцами вниз. Предплечье должно быть слегка прижато к твердой поверхности. При регистрации тремора покоя на исследуемую конечность пациента, поочередно ко всем пальцам к первой фаланге крепится маркер, затем производится съёмка колебания маркера в течение 60 секунд (для каждого пальца).

- При исследовании постурального тремора пациенту необходимо вытянуть руки перед собой параллельно полу ладонью вниз, а пальцы должны быть слегка согнуты. К первой фаланге всех пальцев поочередно крепится маркер, и производится съёмка колебаний маркера в течение 60 секунд.

- Для исследования кинетического тремора маркер закрепляется к ногтевой фаланге указательного пальца. Пациент должен нарисовать в пространстве квадрат. Для всех видов измерения видеокамера должна быть установлена на расстоянии 30 см, напротив исследуемой конечности.

Полученные видеофайлы обрабатываются с помощью программного обеспечения, в функции которого входит поиск маркера в кадре, вычисление координат центра маркера и его смещения.

После запуска программы пользователю необходимо либо запустить новое измерение, либо загрузить заранее сохраненный файл. Затем на первом кадре с помощью мыши необходимо указать любую точку, принадлежащую области маркера. Поскольку не всегда возможно закрепить маркер параллельно плоскости съёмки видеокамеры, то в некоторых случаях проекция квадратного маркера будет представлять собой параллелограмм или прямоугольник.

Последующая обработка первого кадра заключается в поиске всех точек, у которых зелёная составляющая отличается от указанной пользователем не более чем на 15%. Затем программное обеспечение осуществляет поиск центра маркера, который будет в точке пересечения диагоналей получившегося четырехугольника.

Следующим шагом программы является автоматический поиск маркера и координат его центра на следующем кадре.

На заключительной стадии программное обеспечение производит построение амплитудно-частотных характеристик.

Достоинством разработанной системы является прежде всего возможность проведения исследований тремора покоя, постурального и кинетического, а также интенционного тремора, что не позволяют сделать приборы на основе датчиков акселерометрического типа. Кроме того, применение маркера дает возможность исключить использование дополнительного крепежа.

## 2 Результаты исследований

Опытное использование разработанного макетного образца видеотремографа было проведено на базе неврологического отделения РНПЦ неврологии и нейрохирургии.

Проведено исследование параметров тремора у двух групп пациентов. Первую группу составили 30 больных ригидно-дрожательной формой болезни Паркинсона (БП) (15 мужчин и 15 женщин), вторая группа включала 10 пациентов с эссенциальным тремором Минора (ЭТ) (5 мужчин и 5 женщин). Все пациенты с паркинсоническим тремором принимали леводопа-содержащие препараты (мадопар, наком) в индивидуально подобранных дозировках, 24 пациента (80%) – прамирапексол, 18 (55%) больных принимали амидантадины. Среди пациентов с эссенциальным тремором Минора 8 (80%) принимали клоназепам, 4 (40%) –  $\beta$ -адреноблокаторы (пропранолол) [5]–[6].

Трёморометрия проводилась следующим способом. На тыльной поверхности проксимальной фаланги 3-го пальца кисти фиксировался самоклеющийся маркер, имеющий определенный цвет и размеры (черный квадрат со стороной 1 см). Изображение положения маркера регистрировалось видеокамерой, электрический сигнал с выхода которой поступал в цифровом виде в персональный компьютер, где обрабатывался программой, позволяющей осуществлять построение спектральных характеристик тремора.

Изучение тремора проводилось дважды: первый раз – утром после 12-часового перерыва в приеме медикаментов, и второй раз – через 1 час после приема препаратов в индивидуально подобранных дозировках. С помощью разработанного программно-аппаратного комплекса производилась регистрация тремора покоя и постурального тремора рук до приема препаратов и на фоне лекарственной терапии. При регистрации тремора покоя пациент сидел на стуле перед столом, на котором свободно лежали руки. Постуральный тремор регистрировался при вытянутых вперед руках. Обследование каждого варианта тремора проводилось в течение 1 минуты.

Спектральный анализ тремора при БП выявлял наличие доминирующего пика в диапазоне 3–6 Гц. В 16 случаях (53,3%) было обнаружено присутствие нескольких пиков в спектре тремора покоя (рисунок 2.1). Дополнительные пики отмечались в диапазоне 8–11 Гц, и 13–15 Гц.

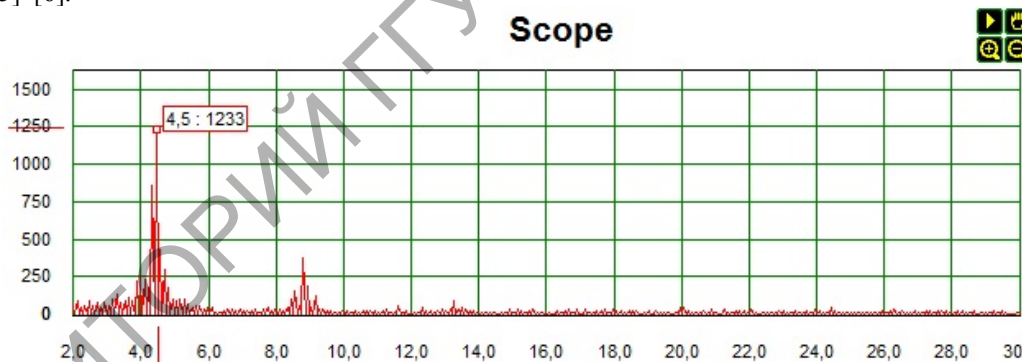


Рисунок 2.1 – Спектральная характеристика тремора покоя пациента с дрожательно-ригидной формой болезни Паркинсона

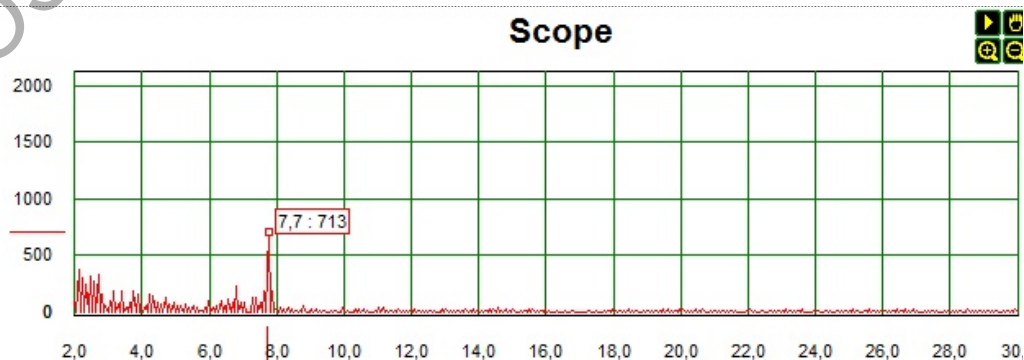


Рисунок 2.2 – Спектральная характеристика тремора пациента с эссенциальным тремором Минора

Таблица 2.1 – Амплитудно-частотные характеристики тремора при БП

	Тремор покоя		Постуральный тремор	
	До лекарств	После лекарств	До лекарств	После лекарств
Частота	4,96±0,68 Гц	4,92±0,71 Гц	4,87±0,81 Гц	4,93±0,79 Гц
Амплитуда	989,3±476,3 ед	390,5±243,9 ед	1042±723,7 ед	498,6±289,4 ед

Спектральный анализ эссенциального тремора Минора в большинстве случаев выявлял наличие единичного доминирующего пика в диапазоне 6–8 Гц (рисунок 2.2). Наличие дополнительных пиков не было характерно для больных с ЭТ.

Частотно-амплитудные характеристики тремора обследованных пациентов с болезнью Паркинсона представлены в таблице 2.1.

Амплитудно-частотные характеристики тремора обследованных пациентов с эссенциальным тремором представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Амплитудно-частотные характеристики тремора при ЭТ

	Постуральный тремор	
	До лекарств	После лекарств
Частота	6,91±0,79 Гц	6,92±0,92 Гц
Амплитуда	1428±818,1 ед	359,7±191 ед

Анализ полученных результатов измерения параметров тремора показал, что средняя частота тремора покоя и постурального тремора при БП не имели достоверных отличий как до, так и после приема препаратов. Средняя частота постурального тремора при ЭТ составила 6,91 Гц и была достоверно больше постурального тремора пациентов с БП ( $p < 0,01$ ).

Амплитуда тремора при БП как в покое, так и при постуральной нагрузке при измерении после приема лекарств стала значительно меньше ( $p < 0,01$ ). Амплитуда тремора у пациентов с ЭТ также имела выраженную положительную динамику на фоне лекарственной терапии: 1428±818,1 ед, 359,7±191 ед соответственно до и после приема лекарств ( $p < 0,01$ ).

### Заключение

Была создана система и методика видеорегистрации тремора, которая позволяет проводить качественный анализ колебаний конечностей человека. Система на основе маркера, видеокамеры и ПЭВМ обладает высокой гибкостью и

широким потенциалом использования в учреждениях здравоохранения. Был проведен ряд исследований, показывающих, что разработанная система видеорегистрации тремора позволила достаточно успешно производить диагностику различных типов тремора и осуществлять контроль эффективности медикаментозного лечения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Голубев, В.Л. Спектральный анализ вариабельности частотно-амплитудных характеристик дрожания при эссенциальном треморе и дрожательной форме болезни Паркинсона / В.Л. Голубев, Р.К. Магомедова // Журн. неврологии и психиатрии. – 2006. – № 1. – С. 16.
2. Jancovic, J. Quantitative assessment of parkinsonian and essential tremor: clinical application of triaxial accelerometry / J. Jancovic, J.D. Frost // Neurology. – 1981. – № 31. – С. 1235–1240.
3. *Тремومتر*: пат. 2102922 РФ, А61В5/11 Ю.Б. Власов, П.Б. Дергачев, И.В. Попова, В.С. Лабунец, О.А. Балуннов, К.В. Черенков; заявитель П.Б. Дергачев – № 95122711/14; заявл. 05.12.1995; опубл. 27.01.1998 // Офиц. бюллетень / Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. – 1998. – № 3. – С. 100.
4. *Способ оценки функционального состояния центральной нервной системы человека и устройство для его реализации*: пат. 2195869 РФ, А61В5/16, А61В5/11 В.В. Манойлов; С.П. Романов; заявитель Институт аналитического приборостроения РАН – №2000128698/14; заявл. 08.11.2000; опубл. 10.01.2003 // Офиц. бюллетень / Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. – 2003. – № 3. – С. 243.
5. Шток, В.Н. Экстрапирамидные расстройства / В.Н. Шток, И.А. Иванова-Смоленская, О.С. Левин. – М.: МЕДпресс-информ, 2002.
6. Tremor Investigation Group. Tremor: Basic mechanisms and clinical aspects // Mov. Dis. – 1998. – 13 (Suppl. 3). – 149 p.

Поступила в редакцию 29.05.12.