

Кравченко Элеонора Николаевна, Леонова Антонина Валериевна,  
Шпаковская Оксана Юрьевна

## **РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ МОБИЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ДВИЖЕНИЙ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ МЭМС ТЕХНОЛОГИЙ**

*Аппаратно-программный комплекс на основе МЭМС технологий, который позволяет проводить анализ движений человека, в частности спортсменов для оценки и улучшения физической активности и их спортивной подготовки. Позволяет проводить точный и детальный анализ движений человека в режиме реального времени. Система оснащена специальными сенсорами, которые фиксируют движения тела человека во время выполнения различных упражнений и заданий. По результатам анализа система выдает данные о качестве движений, уровне координации, гибкости и силы мышц, что помогает пользователям проводить более эффективную самодиагностику и разработку индивидуальных программ тренировок.*

*Анализ движений человека, шагомер, физическая активность, спорт, МЭМС технологии.*

Kravchenko Eleonora Nikolaevna, Leonova Antonina Valerevna,  
Shpakovskaya Oksana Yrievna

## **DEVELOPMENT OF A MODEL OF A MOBILE SYSTEM FOR ANALYZING HUMAN MOVEMENTS BASED ON MEMS TECHNOLOGIES**

*The purpose of this study is to develop a system based on MEMS technologies that allows the analysis of human movements, in particular athletes. The system is an innovative human movement analysis system designed to evaluate and improve physical activity and athletic training. It combines advanced technologies and software that allows for accurate and detailed analysis of human movements in real time. The system is equipped with special sensors that record the movements of the human body during various exercises and tasks. Based on the results of the analysis, the system provides data on the quality of movements, the level of coordination, flexibility and muscle strength, which helps users to conduct more effective self-diagnosis and develop individual training programs.*

*Physical activity, sports, MEMS technologies.*

### **Введение**

Мобильная система анализа движений человека, разработанная на базе МЭМС технологий, оснащена сенсорами и датчиками, которые предоставляют данные о качестве движений, координации и силе мышц. Предназначена для улучшения качества тренировок спортсменов и любителей спорта, оценки их физической активности, повышения безопасности тренировок в следствие предупреждения чрезмерных нагрузок и фиксации опасных состояний тренирующегося.

### **Основная часть**

Система анализа движений человека представляет собой аппаратно-программный комплекс, который состоит из двух блоков: первый крепится на пояс человека, второй - на голень либо бедро. Во время занятия система анализирует физическое состояние человека: проводится анализ перемещений туловища по 6 осям и оценивается движение шага, качественные характеристики шага, а также количество пройденных шагов. Спортсмен может в режиме реального времени проводить самостоятельно анализ своего физического состояния, контролировать положения корпуса и нижних конечностей, благодаря чему упражнения будут выполняться правильно, а также качественно, и снизится риск возникновения травм во

время тренировок. Полученная с датчиков информация поступает в блок обработки и после этого данные передаются на телефон и отображаются в приложении. Все компоненты системы связаны беспроводной связью, например, блютуз. Структурная схема модели мобильной системы анализа движений человека показана на рис. 1.

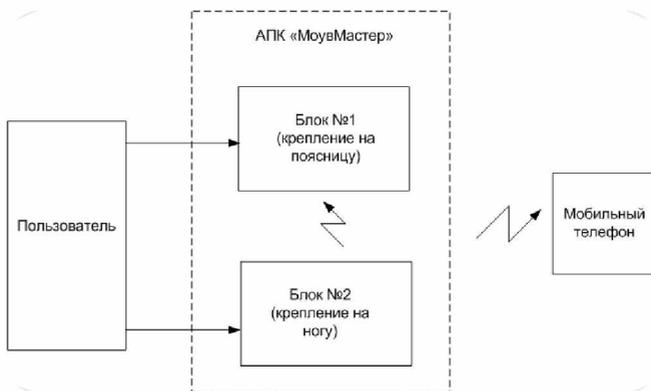


Рис. 1. Структурная схема системы анализа движений человека

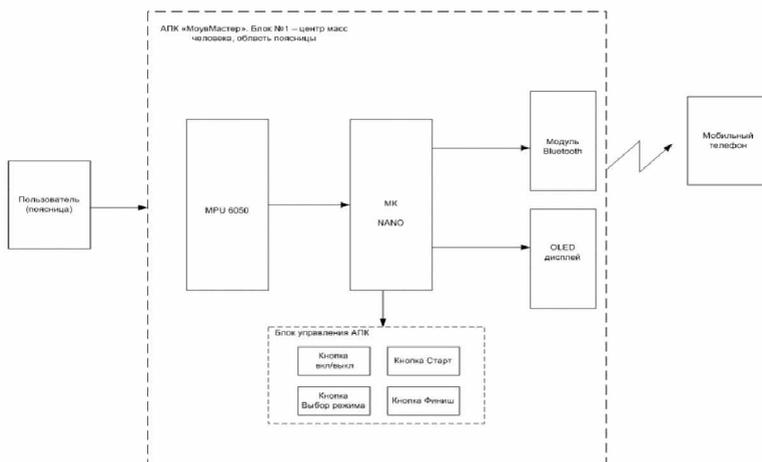


Рис. 2. Схема блок №1

Блок №1 крепиться на поясницу включает в себя: гироскоп MPU-6050 [3], микроконтроллер, дисплей, модуль блютуз и блок управления, состоящий из 4 кнопок – старт, финиш, вкл/выкл и выбор режима.

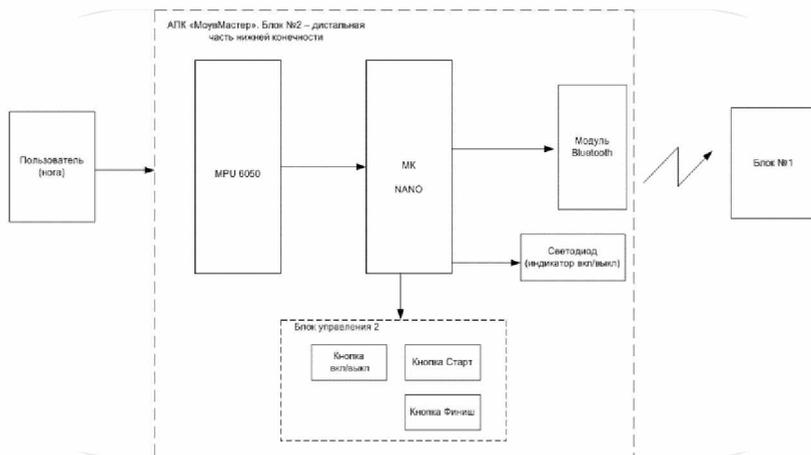


Рис. 3. Схема блок №2

Блок №2 имеет аналогичную Блоку №1 схему, однако вместо дисплея находится светодиод, подтверждающий о включенном состоянии устройства и связь с блоком 1.

### Принцип работы алгоритма исследования шагов:

Одной из функции системы является качественный и количественный анализ шага человека, который производится на основе акселерометра, измеряющий отрицательное ускорение тела в момент соприкосновения ступни с землей [2]. По анализу этих изменений формируется волна сигнала (рис. 4), по которой устанавливаются параметры шага, такие как пороговое значение амплитуды и период шага.

Акселерометр в начале анализа непрерывно обновляет максимальное и минимальное значения ускорения по осям X, Y и Z после определенного количества шагов. Потом вычисляется динамическое пороговое значение — это среднее значение трех осей  $((Max + Min) / 2)$  для каждого отсчета шага. Затем сравнивается текущее значение ускорения с динамическим пороговым значением. Первые пороговые значения — это значения максимумов осей, когда человек поднял ногу, вторые – минимумов, то есть, когда человек опустил на ногу на землю. Если текущее значение превышает

пороговое, то считается, что произошло значительное изменение ускорения, что говорит о сделанном шаге. Определяется ось, вдоль которой произошли наибольшие изменения ускорения, и считается этот шаг вдоль данной оси. Общее количество подсчитывается на основе выполненных шагов вдоль различных осей ускорения.

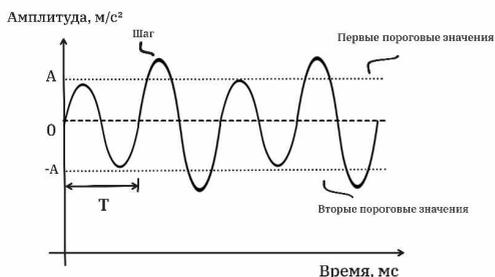


Рис. 4. График изменения ускорения

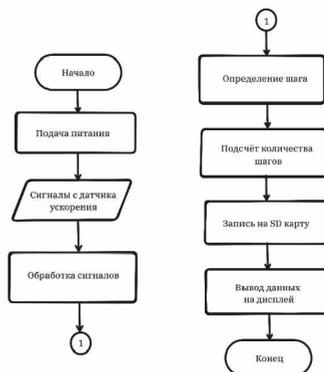


Рис. 5. Алгоритм выделения шагов из данных инерциального датчика

Используется датчик MPU-6050 [4] (рисунок 6), который объединяет в себе акселерометр для измерения линейных ускорений, и гироскоп - угловых скоростей. Совместное их использование позволяет более точно определить изменение движения тела в трёхмерном пространстве [5]. Полный набор данных включает в себя данные 3-осевого гироскопа, 3-осевого акселерометра и о температуре. Может также включать данные с цифрового 3-осевого стороннего магнитометра.

### Выводы

Здоровый образ жизни требует активности, которая часто падает из-за неблагоприятных факторов среды и стресса. Это вредит здоровью, снижая стрессоустойчивость и ухудшая кровообращение [6]. Многочисленные работы [7-10] подтверждают актуальность проблемы, посвященной анализу движений человека. Регулярные тренировки, помогают поддерживать здоровой образ жизни, рассмотренный выше аппаратно-программный анализа движений человека на основе МЭМС технологий поможет в отслеживании самочувствия, упростит процесс тренировки, повысит эффек-

тивность, снизит риск возникновения травм и перегрузок, других негативных состояний, позволит проводить объективный анализ тренировок.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Многие россияне занимаются спортом неправильно, нанося себе вред // Ведомости URL: <https://www.vedomosti.ru/lifestyle/articles/2014/11/14/mnogie-rossiyane-zanimayutsya-sportom-nepravilno-nanosya> (дата обращения: 06.05.2024).
2. Асада Юдзи (JP), Хасино Кендзи (JP). Шагомер // Патент №2459181. 20.08.2012. Бюл. № 23.
3. Обзор продукта MPU - 60X0 // URL: [http://pro-interes.com/wp-content/uploads/2019/12/MPU-6050\\_rus.pdf](http://pro-interes.com/wp-content/uploads/2019/12/MPU-6050_rus.pdf) (дата обращения: 02.05.2024).
4. Акселерометр и гироскоп mpu6050: первое включение на stm32 и исследование показаний в статике // Cyberleninka URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/akselerometr-i-giroskop-mpu6050-pervoe-vklyuchenie-na-stm32-i-issledovanie-pokazaniy-v-statike/viewer> (дата обращения: 04.05.2024).
5. Работа с Arduino и MPU6050 // Alexgyver URL: [https://alexgyver.ru/arduino-mpu6050/#Arduino\\_и\\_датчик\\_MPU6050\\_\(дата\\_обращения:05.05.2024\)](https://alexgyver.ru/arduino-mpu6050/#Arduino_и_датчик_MPU6050_(дата_обращения:05.05.2024)).
6. *Салахова Н. О.* Применение IT-технологий в проведении занятий студенческих групп лечебной физической культуры и специальных медицинских групп // «Науки о здоровье». - Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия: Казанский вестник молодых учёных, 2019
7. Анализ характеристик цикла шага человека при движении по беговой дорожке с различной скоростью Фомина Е.Е., Косухина О.И., Леонов С.В., Власюк И.В. Дальневосточный медицинский журнал. 2023. № 2. С. 52-57.
8. К фазовому анализу ходьбы и некоторых ритмических движений человека Витензон А.С., Петрушанская К.А. Российский журнал биомеханики. 2005. Т. 9. № 1. С. 19-35.
9. Биомеханический анализ координации позы и движения у стоящего человека при наклонах корпуса в сагиттальной плоскости Александров А.В., Фролов А.А. Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 2017. Т. 67. № 1. С. 33-48.
10. Проблематика анализа и измерения движений человека в спорте Кузнецов А.О. Физическая культура студентов. 2010. № 59. С. 98-99.

**Кравченко Элеонора Николаевна** – студентка колледжа прикладного профессионального образования при институте радиотехнических систем и управления Южного федерального университета, Россия, город Таганрог, ул. Шевченко, 2, ул. Чехова, 2 корпус К, Таганрог, Ростовская обл., 347000, телефон: +7 (991) 078-40-52, email: [ekravchen@sfedu.ru](mailto:ekravchen@sfedu.ru).

**Леонова Антонина Валериевна** – доцент кафедры встраиваемых и радиоприемных систем института радиотехнических систем и управления Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», Россия, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; 347928; телефон: + 7(904) 346-79-91, email: [leonova@sfedu.ru](mailto:leonova@sfedu.ru).

**Шпаковская Оксана Юрьевна** – аспирант кафедры систем автоматического управления, заведующая лабораторией кафедры встраиваемых и радиоприемных систем Института радиотехнических систем и управления Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», Россия, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; 347928; телефон: + 7 (961) 292-85-15, email: [oshpakovskaya@sfedu.ru](mailto:oshpakovskaya@sfedu.ru).

**Kravchenko Eleonora Nikolaevna** – student of the College of Applied Professional Education at the Institute of Radio Engineering Systems and Management of the Southern Federal University, Russia, Taganrog, Shevchenko str., 2, Chekhov str., 2 building K, Taganrog, Rostov region, 347000, phone: +7 (991)078-40-52, email: [ekravchen@sfedu.ru](mailto:ekravchen@sfedu.ru).

**Leonova Antonina Valerevna** – Associate Professor of the Department of Embedded and Radio Receiving Systems of the Institute of Radio Engineering Systems and Management Federal State Educational Institution of Higher Education "Southern Federal University", Russia, Taganrog, trans. Nekrasovsky 44; 347928; phone: +7(904)346-79-91, email: [leonova@sfedu.ru](mailto:leonova@sfedu.ru).

**Shpakovskaya Oksana Yrievna** – postgraduate student of the Department of Automatic Control Systems, Head of the Laboratory of the Department of Embedded and Radio Receiving Systems of the Institute of Radio Engineering Systems and Management Federal State Educational Institution of Higher Education "Southern Federal University", Russia, Taganrog, lane. Nekrasovsky, 44; 347928; phone: +7(961)292-85-15, email: [oshpakovskaya@sfedu.ru](mailto:oshpakovskaya@sfedu.ru).