

## СТАБИЛОПЛАТФОРМА С МИКРОКОНТРОЛЛЕРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

*Старосотников В.Д., Царик В.А.*

*Брестский государственный технический университет,  
г. Брест, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: Разумейчик В.С. – канд.техн.наук, доцент кафедры ИИТ*

**Аннотация.** В работе раскрыта структура стабилметрической платформы и обосновано применение микроконтроллерного способа управления. Исследована применимость разработанного стабилметрического комплекса для оценки вертикальной устойчивости человека.

**Ключевые слова:** стабилплатформа, тест Ромберга, микроконтроллер, датчик BWT901CL

**Введение.** Поддержание устойчивой вертикальной позы человека – сложный процесс, в котором задействованы различные функциональные системы организма: вестибулярная, опорно-двигательная, зрительная и др. Изучение устойчивости вертикальной позы человека позволяет исследовать состояние этих функциональных систем. Стабилметрия, стабилграфия – способ количественного исследования характеристик управления позой человека, основанный на измерении координат центра давления в плоскости опоры и осуществляемый с помощью стабилплатформы. Является одним из частных исследовательских методов в постурологии (исследования позы), особенно актуальным для практической медицины, физиологии, биомеханики, спорта [1].

Использование современных компьютерных технологий в стабилметрии сделало возможным с высокой точностью количественно оценить характер и степень нарушения одной из важнейших функций опорно-двигательного аппарата – устойчивости в вертикальной позе.

**Основная часть.** Существующие комплексы для оценки психофизического состояния человека включают следующие составляющие:

–стабилплатформа, снабженная датчиками измерения вертикально прилагаемой к ней силы для определения центра давления, создаваемого располагающимся на платформе объектом;

–компьютер с программой для обработки данных от стабилплатформы;

–монитор для обеспечения биологической обратной связи.

Разработка стабилплатформы с микроконтроллерным управлением является актуальной на сегодняшний день задачей. Такая стабилплатформа, структура которой представлена на рисунке 1, способна работать не только в составе стабилметрического комплекса, но и как самостоятельное устройство, например, для недопущения допуска к работе лиц в состоянии интоксикации (например, алкогольной).

В качестве датчиков измерительного блока можно использовать микропереключатели, тензометрические датчики, датчики угла наклона (инклинометры). Для определения центра давления воспользуемся датчиком BWT901CL. Датчик BWT901CL имеет напряжение питания от 3.3 до 5 В, скорость передачи данных 115200 бод, частоту измерения до 200 Гц, небольшие размеры 51.3×36×15 мм<sup>3</sup>. Датчик BWT901CL может измерять ускорение в диапазоне ±16 g с точностью 0.01g, угловую скорость – ±2000 °/с с точностью 0.05°/с, углы наклона по трем осям – ±180° с точностью 0.01°. Датчик BWT901CL имеет интерфейсы подключения UART и Bluetooth [2]. Для определения координат центра давления человека на платформу достаточно одного такого датчика.

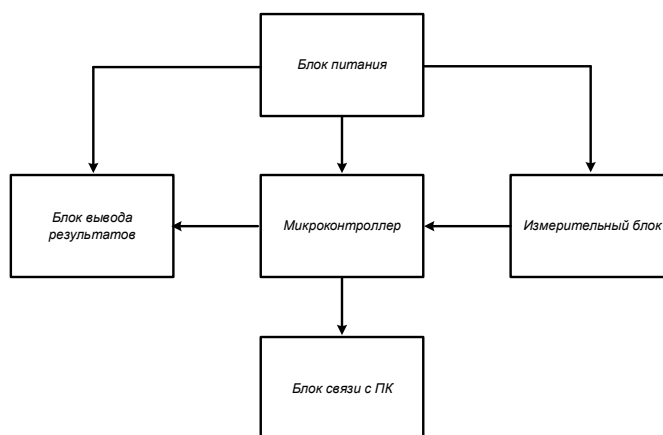


Рисунок 1 – Структурная схема стабилоплатформы с микроконтроллерным управлением

Координаты центра давления человека на опору определяются по формуле:

$$X, Y = H \sin(\alpha), \quad (1)$$

где  $H$  – положение центра масс объекта относительно опорной поверхности (зависит от роста);  
 $\alpha$  – угол наклона опорной поверхности в соответствующей плоскости.

Прототип стабилоплатформы реализован на базе Arduino Uno R3, датчик соединен с ним через порт UART. Для связи с персональным компьютером используется интерфейс USB. Связь с ПК актуальна для проведения вычислительных экспериментов и детального анализа исследуемых биометрических параметров [3]. Регистрация биометрической информации осуществляется динамически (50 раз в секунду), позволяя получить траекторию перемещения проекции общего центра масс на плоскость стабилоплатформы в ходе проведения функционального теста (например, проба Ромберга с открытыми и закрытыми глазами).

Для тестирования разработанного стабилметрического комплекса были проведены серии вычислительных экспериментов (для людей разного возраста и пола) по 10 тестов в каждой. Испытуемый проходил тест Ромберга:

- звуковой сигнал готовности стабилоплатформы – должным образом установить стопы на платформу;
- время выдержки – время до начала регистрации данных, необходимое для завершения переходных процессов при изменении положения;
- звуковой сигнал начала регистрации данных – стоять неподвижно;
- звуковой сигнал окончания 30-секундного теста с открытыми глазами и начала теста с закрытыми глазами – закрыть глаза, стоять неподвижно;
- звуковой сигнал окончания 30-секундного теста с закрытыми глазами – сойти с платформы.

После сбора данных в среде Matlab происходила их обработка и вычисление стабилметрических параметров. Для каждого из тестов определялись следующие показатели: среднее положение центра давления по  $X$ , среднее положение центра давления по  $Y$ , среднеквадратическое отклонение (СКО) по  $X$ , СКО по  $Y$ , длина пути статокинезиограммы, площадь статокинезиограммы, отношение длины статокинезиограммы к ее площади, коэффициент Ромберга.

Стабилограммы по осям  $X$  и  $Y$  одного из испытуемых представлены на рисунке 2. Статокинезиограммы испытуемого в тестах с открытыми и закрытыми глазами представлены на рисунке 3.

На изучаемые параметры влияют: эмоциональное состояние обследуемого, значительная физическая или интеллектуальная нагрузка, состояние интоксикации, последствия черепно-мозговой травмы, снижение остроты зрения, заболевания внутреннего уха и слухового нерва.

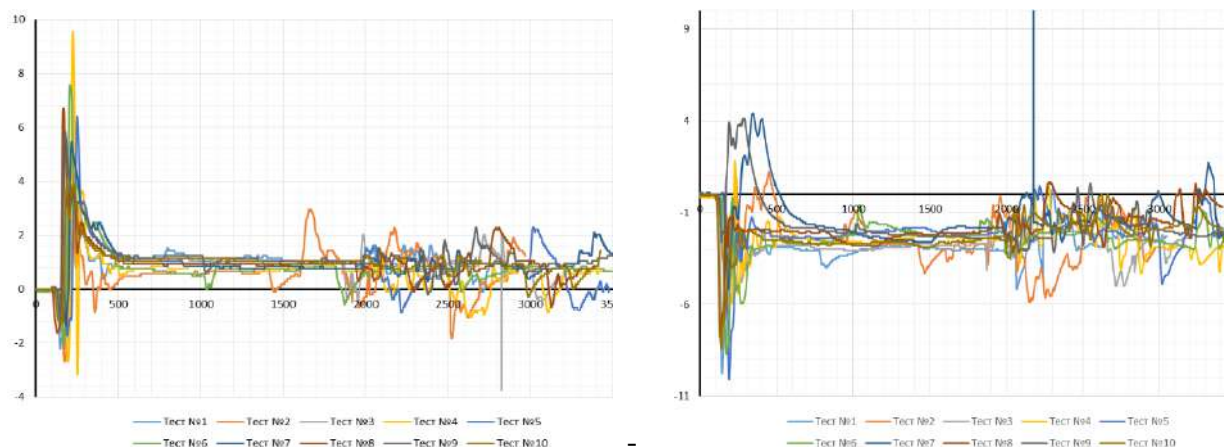


Рисунок 2 – Стабилограммы по оси X (слева) и по оси Y (справа)

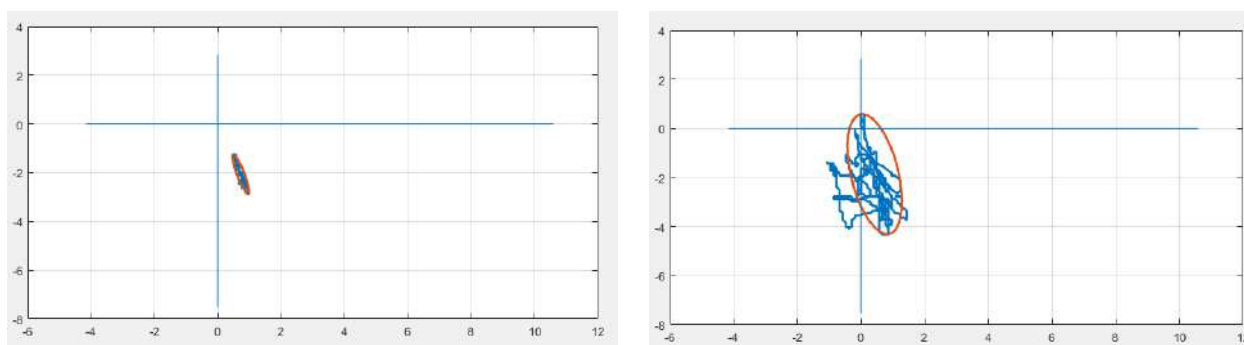


Рисунок 3 – Статокинезиограммы в тестах с открытыми (слева) и закрытыми (справа) глазами

**Заключение.** Разработанный стабилметрический комплекс может применяться для оценки устойчивости вертикальной позы человека. Блок управления на базе микроконтроллера позволяет использовать стабилоплатформу как самостоятельное устройство, программное обеспечение для ПК служит средством визуального отображения результатов и детального исследования отдельных параметров, имеющих доминирующее значение в клиническом анализе.

### Список литературы

1. Стабилметрия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Стабилметрия\\_\(исследование\\_позы\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Стабилметрия_(исследование_позы)). – Дата доступа: 02.04.2022.
2. Gyroscope Bluetooth Version BWT901CL. SPECIFICATION. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://wiki.wit-motion.com/english/lib/exe/fetch.php?media=bluetooth\\_inclinometer:bwt901cl:docs:bwt901cl\\_user\\_manualv1.0pdf.pdf](http://wiki.wit-motion.com/english/lib/exe/fetch.php?media=bluetooth_inclinometer:bwt901cl:docs:bwt901cl_user_manualv1.0pdf.pdf). – Дата доступа: 02.04.2022.
3. Костюк Д.А., Латий О.О., Маркина А.А. Биометрическая измерительная система для оценки состояния пользователя ПК. // Информационные технологии и системы 2018 (ИТС 2018): материалы международной научной конференции. Минск, БГУИР, 25 октября 2018 г. – С. 166–167.

UDC 004.383::611.85

## STABILOMETRIC PLATFORM WITH MICROCONTROLLER

*Starosotnikov V.D., Tsaryk V.A.*

*Brest State Technical University, Brest, Republic of Belarus, Republic of Belarus*

*Razumeichyk V.S. – PhD, associate professor of the department of IIT*

**Annotation.** The paper reveals the structure of the stabilometric platform and justifies the use of micro-controller management in it. The applicability of the developed stabilometric complex for assessing person's vertical stability is investigated.

**Keywords:** stabilometric platform, microcontroller, BWT901CL sensor, Romberg test