

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Стабилометрическая платформа – аппаратный модуль для динамической регистрации координат центра давления человека в целях последующей оценки его вертикальной устойчивости. Целью данной работы является разработка мобильного приложения для организации взаимодействия со стабилометрической платформой, тестирования функций равновесия человека (зрительного анализатора, вестибулярного аппарата и других систем, прямо или косвенно связанных с поддержанием равновесия) и визуализации полученных результатов.

Стабилометрия является способом количественного исследования характеристик управления позой человека, на основе измерения координат центра давления в плоскости опоры, осуществляемый с помощью стабиллоплатформы [1].

Сферы применения результатов стабилометрических исследований:

- диагностика атаксии (расстройство координации движений) при неврологической, эндокринной, кардиологической патологиях, заболеваниях ЛОР-органов, психогенных нарушениях;
- проведение стабилометрических тренировок перед авиаперелётом или морским круизом с целью предотвращения «морской болезни»;
- в реабилитологии для объективной оценки результатов лечения и качественного управления реабилитационным процессом при восстановлении функции равновесия, опоры, движения и координации.

На рисунке 1 представлен макет разработанной стабиллоплатформы на основе датчика BWT901CL для определения центра давления [2].



Рисунок 1 – Макет стабилометрической платформы

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 мм³. Датчик BWT901CL может измерять ускорение в диапазоне ± 16 g с точностью 0.01 g, угловую скорость – ± 2000 °/с с точностью 0.05 °/с,

углы наклона по трем осям – $\pm 180^\circ$ с точностью 0.01° . Датчик BWT901CL имеет интерфейсы подключения UART и Bluetooth [3].

Динамическая регистрация биометрической информации позволяет получить траекторию перемещения проекции общего центра масс на плоскость стабиллоплатформы в ходе проведения функционального теста (например, проба Ромберга с открытыми и закрытыми глазами). К существенным преимуществам стабиллометрического комплекса с мобильным доступом можно отнести: малые физические размеры комплекса, его мобильность, возможность быстрой установки мобильного приложения, низкая стоимость. Разработанное на языке Java в среде Arduino Studio мобильное приложение имеет удобный пользовательский интерфейс с простой и наглядной визуализацией результатов тестирования, возможностью сохранения результатов тестирования в удаленной базе данных (реализация клиент-серверной архитектуры). Экранные формы разработанного мобильного приложения на примере тестирования по методу Ромберга представлены на рисунке 2.

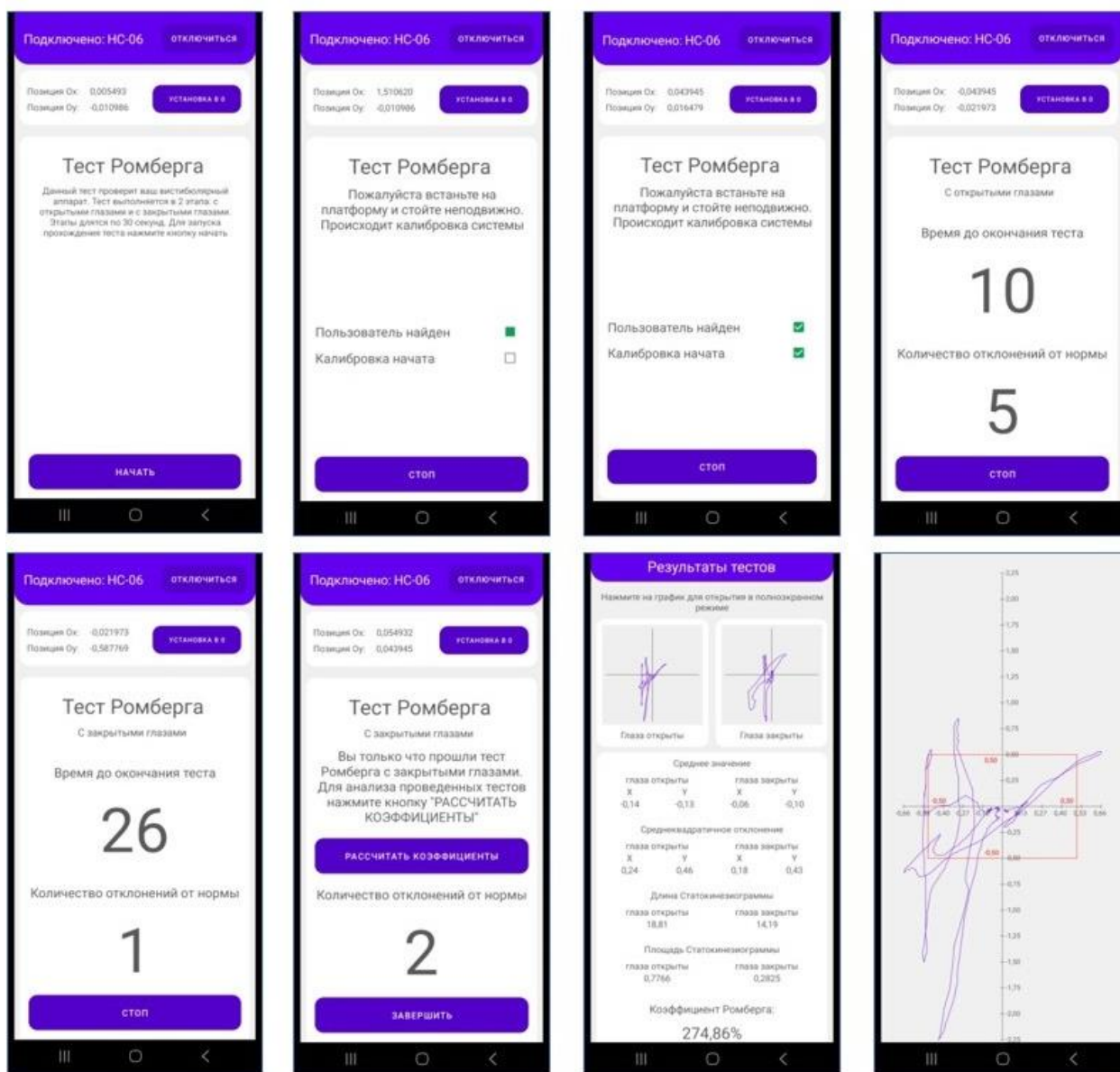


Рисунок 2 – Экранные формы мобильного приложения

Каждый тест Ромберга состоит из двух частей – с открытыми и закрытыми глазами, по 30 секунд каждая. Для оценки вертикальной устойчивости человека используют следующие расчётные показатели:

- абсолютное положение центра давления;
- девиация центра давления в саггитальной и фронтальной плоскостях;
- средняя скорость движения центра давления;
- длина статокинезиограммы – находится путем накопления суммы расстояний между точками статокинезиограммы и характеризует величину пути, пройденную центром давления за время исследования;
- площадь статокинезиограммы – показатель, характеризующий поверхность, занимаемую статокинезиограммой;
- коэффициент LFS – длина пути за единицу площади – отношение длины статокинезиограммы к ее площади;
- коэффициент Ромберга – отношение площади статокинезиограммы в тесте с открытыми глазами к площади статокинезиограммы в тесте с закрытыми глазами, умноженное на 100.

Для подтверждения адекватности работы стабилметрического комплекса с мобильным доступом проведены четыре серии вычислительных экспериментов с одним испытуемым, но находящимся в четырех различных психофизиологических состояниях в течении дня, по 10 тестов в каждом:

- состояние 1 – сразу же после пробуждения;
- состояние 2 – бодрое;
- состояние 3 – после физической нагрузки;
- состояние 4 – состояние усталости в конце дня.

Результаты 10 тестов усреднялись в каждой серии. В таблице 1 приведены используемые обозначения расчетных показателей.

Таблица 1 – Обозначение параметров

Параметр	Обозначение
Среднее положение центра давления по оси X	$\sim X$
Среднее положение центра давления по оси Y	$\sim Y$
Среднеквадратическое отклонение по оси X	σX
Среднеквадратическое отклонение по оси Y	σY
Длина статокинезиограммы	L
Площадь статокинезиограммы	S
Отношение длины статокинезиограммы к ее площади	LFS
Коэффициент Ромберга	QR

Для вычисления площади статокинезиограммы использовался алгоритм вычисления площади простого многоугольника, вершины которого представлены в виде списка координат, при последовательном обходе которых не образуются пересекающиеся линии. Такой алгоритм основан на формуле Гаусса, иначе называемой "формулой землемера", "алгоритмом шнурования", "методом треугольников". Предварительно отсортированный пузырьковым методом массив полученных от стабиллоплатформы точек был преобразован в подходящий для данного алгоритма список координат, в порядке обхода вершин многоугольника по часовой стрелке.

В таблице 2 представлены результаты проведения вычислительных экспериментов (ГО – глаза открыты, ГЗ – глаза закрыты).

Таблица 2 – Результаты вычислительного эксперимента

Параметр	Состояние 1		Состояние 2		Состояние 3		Состояние 4	
	ГО	ГЗ	ГО	ГЗ	ГО	ГЗ	ГО	ГЗ
~X	-0,21	-0,03	0,08	-0,20	0,04	-0,06	-0,04	-0,17
~Y	0,20	0,08	-0,16	0,04	-0,02	0,29	-0,04	0,21
σX	0,05	0,28	0,05	0,14	0,03	0,20	0,08	0,32
σY	0,09	0,37	0,09	0,29	0,05	0,25	0,12	0,12
L	6,10	12,46	6,74	10,00	6,79	9,88	6,69	9,97
S	0,07	0,66	0,06	0,39	0,04	0,53	0,10	0,55
LFS	87,14	18,88	112,33	25,64	169,75	18,64	66,90	18,13
QR	10,61		15,38		7,54		18,18	

Как видно из таблицы, минимальные значения среднеквадратического отклонения по осям X и Y, а также площади статокинезиограммы закономерно наблюдаются в состоянии 3 (после физической нагрузки) в тесте с открытыми глазами. Показатель LFS этом состоянии максимален, а коэффициент Ромберга – минимален. Длина статокинезиограммы в состояниях 2, 3 и 4 – величина относительно постоянная.

Заключение

Разработанное мобильное приложение для организации взаимодействия со стабилметрической платформой может применяться для оценки устойчивости вертикальной позы человека. Стабилметрический комплекс с мобильным доступом характеризуется малыми физическими размерами, мобильностью, оперативностью установки мобильного приложения, удобным пользовательским интерфейсом, низкой стоимостью.

Список цитированных источников

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. Старосотников, В. Д. Стабилоплатформа с микроконтроллерным управлением / В. Д. Старосотников, В. А. Царик // Электронные системы и технологии: сборник материалов 58-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 18–22 апреля 2022 г. – Минск : БГУИР, 2022. – С. 321–323.
3. Gyroscope Bluetooth Version BWT901CL. SPECIFICATION [Electronic resource]. – Mode of access: http://wiki.wit-motion.com/english/lib/exe/fetch.php?media=bluetooth_inclinometer:bwt901cl:docs:bwt901cl_user_manualv1.0pdf.pdf. – Date of access: 02.04.2022.

УДК 004.383:611.85

Лютыч А. В.

Научный руководитель: к. т. н. Разумейчик В. С.

СТАБИЛОТРЕНАЖЕР С БИОУПРАВЛЕНИЕМ ПО ОПОРНОЙ РЕАКЦИИ

Стабилметрия является способом количественного исследования характеристик управления позой человека. Она основана на измерении координат центра давления в плоскости опоры, осуществляемым с помощью стабиллоплатформы [1].