

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 стабилметрической платформы [1].

Большинство существующих стабилметрических комплексов представляют собой стационарные системы, включающие:

- стабилплатформу, снабженную 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.

Классическая структура одного из таких стабилметрических комплексов представлена на рисунке 1.

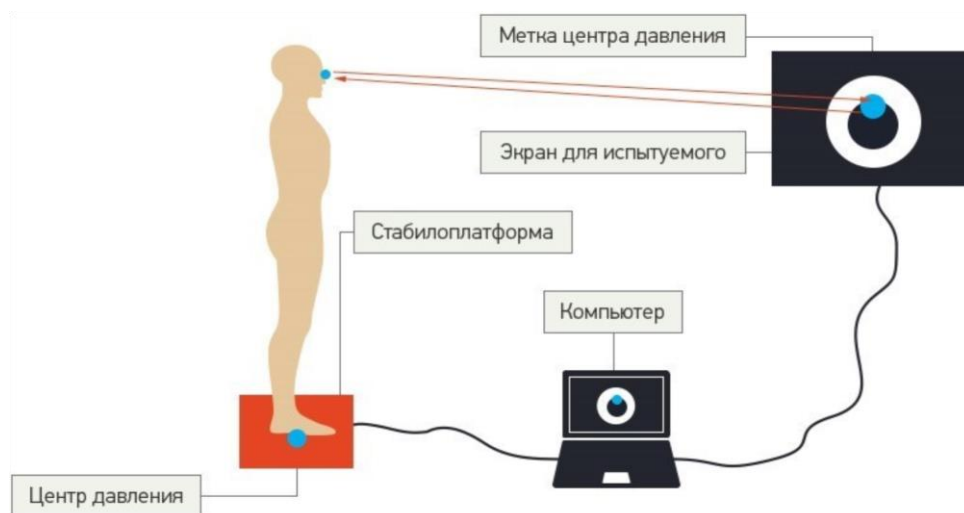


Рисунок 1 – Структура стабилметрического комплекса

Устройством управления в таких системах служит персональный компьютер, что подразумевает наличие оператора и не позволяет пользователю (испытуемому) самому проводить исследования (тренировки). Но поскольку большинство стабилметрических комплексов является медицинским оборудованием и тестирование проходит под наблюдением медицинских работников, данный недостаток не является значимым. Однако для домашнего использования встаёт вопрос мобильности и стоимости устройства.

Стабилметрическая платформа с микроконтроллерным управлением [2] способна работать без ПЭВМ, а значит может использоваться не только в составе сложного стабилметрического комплекса, но и как отдельное, самостоятельное устройство. К недостаткам такого применения можно отнести ограниченность функциональных возможностей, в частности отсутствие средств графической визуализации результатов исследований.

Использование мобильного приложения для организации взаимодействия со стабилметрической платформой дает ряд преимуществ по сравнению с использованием для этих целей ПЭВМ. Стабилметрический комплекс с мобильным доступом характеризуется малыми физическими размерами, мобильностью, оперативностью установки мобильного приложения, удобным пользовательским интерфейсом и более низкой стоимостью.

Все это делает возможным применение стабилплатформы для контроля состояния координационных функций человека в домашних условиях, а также на предприятиях немедицинского профиля, например при допуске работника к выполнению определенного вида работ.

Целью данной работы является разработка концепции стабилотренажера с биоуправлением по опорной реакции, также ориентированного на домашнее использование, на базе разработанной стабилметрической платформы.

Стабилотренажер – это электронное устройство, которое позволяет в игровой форме развивать координацию движений, чувствительность тела и способность к концентрации. Занятия на стабилотренажере помогают улучшить чувствительность ступней и мышц ног, координацию движений, быстроту реакции и физическую ловкость.

Для реализации стабилотренажера с биоуправлением по опорной реакции целесообразной видится следующая структура комплекса:

- стабилметрическая платформа;
- блок управления – портативное устройство (ноутбук либо смартфон), которое принимает данные со стабилметрической платформы и осуществляет управление системой;
- устройство отображения данных (внешний монитор) – отображает инструкции и результаты тренировок;
- сервер – синхронизирует работу управляющего устройства и устройства отображения данных, осуществляет хранение результатов тренировок.

Главным элементом разработанной ранее стабилплатформы [2] является датчик BWT901CL, который 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° [3]. Такой датчик имеет интерфейс беспроводного подключения Bluetooth, что позволяет считывать с него данные измерений непосредственно, подключившись по данному протоколу, например с мобильного телефона.

Таким образом, стабилметрическая платформа лишь передаёт данные на блок управления, а значит для изменения алгоритмов обработки данных, добавления новых функций или тестов достаточно простого обновления приложения (программы для ПЭВМ либо смартфона). Результаты проведенных тренировок будут сохраняться на облачном сервере – это позволит пользователям получать доступ к исследованиям с любого устройства, а также предоставит возможность вести базу данных пользователей.

Поскольку для некоторых тестов, особенно для игровых режимов, размера экрана ноутбука или мобильного телефона может оказаться недостаточно, в системе присутствует внешний монитор. Подключение монитора напрямую к устройству невозможно, так как обработка данных происходит в модуле управления – мобильном телефоне или ноутбуке. Подключение внешнего монитора к блоку управления является непрактичным – для разных моделей мониторов передача данных осуществляется по различным протоколам, что требует разработки большого количества драйверов. Поскольку в системе для хранения данных будет присутствовать сервер, можно использовать его и для генерации веб-страницы, которая будет поддерживаться любым браузером. Таким образом, в качестве модуля отображения данных может быть использовано любое устройство, имеющее доступ к Интернет.

Типичные упражнения на стабилотренажерах:

- удерживать в центре – это упражнение на максимальную стабильность – необходимо удерживать курсор как можно ближе к центру окружности;

- обойти окружности – изменением центра тяжести тела необходимо по очереди поместить курсор в центр каждой из отображаемых на мониторе окружностей – аналог теста «Мишень»;

- слалом – необходимо максимально точно следовать синусоидальной направляющей (ширина допустимого отклонения и параметры синусоиды задаются до начала тренировки).

Рассмотрим принцип реализации в разрабатываемом стабилотренажере классического теста «Мишень». Для взаимодействия мобильного приложения и внешнего монитора будет использован веб-сокет. На первом этапе смартфон и внешний монитор с помощью сервера должны создать общий канал связи и подключиться к нему. После создания канала связи мобильное приложение генерирует матрицу перемещения точки по экрану и передает ее внешнему монитору. На обоих устройствах начинается обратный отсчёт времени до начала теста, после чего на внешнем мониторе отображается красная точка, которая с заданной скоростью перемещается по экрану в соответствии с полученными координатами. Смартфон в это время считывает и сохраняет данные, получаемые от стабилметрической платформы. После окончания теста определяется отклонение траектории движения центра давления человека от траектории движения точки на экране, результат теста сохраняется в базу данных.

Для взаимодействия мобильного приложения и сервера будет использоваться принцип «запрос-ответ». Сервер будет принимать один из шести типов запросов: авторизация, регистрация, сохранение результата, получения списка результатов, создание общего канала связи (веб-сокета), отправка сообщения через веб-сокет.

Остальные тесты реализуются подобным же образом, отличия лишь в алгоритме управляющей программы.

Для наглядности как самого процесса прохождения теста, так и его результатов, а также повышения мотивации к тренировкам планируется разработать приложение в виде 3D-игры. Например, спуск с горы на лыжах – чтобы не упасть, необходимо поддерживать равновесие в той или иной ситуации. Такая игра – аналог теста «Слалом».

Для создания 3D-приложений на сегодняшний день существует множество инструментов и готовых библиотек. Так, игровой движок jMonkeyEngine (jME) – проект с открытым исходным кодом – предназначен для создания современных трёхмерных приложений, активно использующих шейдеры [4]. Написан на языке программирования Java и использует по умолчанию LWJGL для рендеринга. По сути это набор библиотек, служащий для низкоуровневой разработки игровых приложений. Но при использовании совместно с интегрированной средой разработки, например, с официальным jMonkeyEngine 3 SDK, он превращается в высокоуровневый инструментарий разработки графических приложений. SDK основан на платформе NetBeans, позволяющей использовать графические редакторы и плагины. Поддерживает разработку приложений под Android.

Заключение

Представлена концепция стабилотренажера с биоуправлением по опорной реакции, ориентированного на домашнее использование, на базе разработанной ранее стабилметрической платформы. Предложен вариант геймификации про-

цесса тестирования. Результаты проведенных тренировок удобно сохранять на облачном сервере – это позволит пользователям получать доступ к исследованиям с любого устройства, а также предоставит возможность вести базу данных пользователей. Сервис авторизации и регистрации пользователей позволит каждому пользователю иметь свой набор сохранённых результатов, а также разграничить доступ к базе данных.

Список цитированных источников

1. Стабилометрия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Стабилометрия_\(исследование_позы\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Стабилометрия_(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 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 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.
4. jMonkeyEngine [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/JMonkeyEngine> – Дата доступа: 02.04.2022.

УДК 629.359

Ефимович В. Ф.

Научные руководители: к. т. н., доцент Костюк Д. А.;

доцент кафедры Буслюк В. В.

ПРОБЛЕМАТИКА СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ РЕСПИРАЦИИ

Заболевания дыхательных путей и легочной ткани в большинстве случаев вызывают изменения функциональных параметров дыхания. Таким образом, исследуя функциональное состояние респираторной системы, можно получить представление о характере патологического процесса в бронхах и легких.

Спирометрия – один из первых методов оценки легочной функции, точнее – измерения легочных объемов при различных дыхательных маневрах, как спокойных, так и форсированных. Спирометрия показана для выявления обструктивных и рестриктивных нарушений, установления причины различных респираторных симптомов, нарушений газообмена, изменений других показателей, определения риска оперативного вмешательства, оценки физического состояния пациента, оценки эффективности лечения бронхолёгочной патологии [1].

В 1846 году была опубликована первая статья доктора Джона Хадчинсона о спирометрии и, в частности, его приборе – спирометре. Для измерения этим устройством испытуемый вдыхал или выдыхал воздух из прибора с ограниченным газовым пространством. После этого строили график зависимости объема лёгких от времени, то есть спирограмму «объём-время».

Позднее появился альтернативный способ, при использовании которого способа необходимо измерять поток воздуха и время. Объём в этом случае рассчитывается умножением потока на время, а затем строится спирограмма