

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМОЙ

Кучер А.В., Чжен Н.В., Фокин А.В.  
Научный руководитель: Фокин А.В., к.т.н.  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050  
E-mail: avk4@tpu.ru

## CONTROLLING SYSTEM OF STABILOMETRIC PLATFORM

Kucher A.V., Chzhen N.V., Fokin A.V.  
Scientific Supervisor: Ph.D. Fokin A.V.  
Tomsk Polytechnic University  
Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050  
E-mail: avk4@tpu.ru

*В статье рассматривается проблема, связанная с разработкой системы для оценки координационных способностей человека. Многие виды деятельности во многом зависят от координации, что особенно актуально для оценки состояния космонавтов. Существует большое количество систем для оценки вестибулярного аппарата, но немногие из них способны дать полное представление о его состоянии. В данном исследовании были разработаны узлы, позволяющие дополнить комплекс для оценки качества движения динамической платформой, позволяющей менять угол наклона плоскости. Система может быть использована в любых учреждениях, требующих точной оценки вестибулярного аппарата.*

*The article considers the problem of developing systems for assessing coordination abilities of man. Many activities largely depend on coordination, which is especially important for assessing the condition of the astronauts. There are a large number of systems for assessment of the vestibular system, but few of them are able to provide a full picture of his condition. In this study, units were developed that will complement the system to evaluate the quality of motion of the dynamic platform, allowing to change the angle of the plane. The system can be used for any agencies that require accurate assessment of the vestibular system.*

В условиях технического прогресса значительное место занимают проблемы сохранения равновесия, ориентации и координации движений. Вождение транспортных средств, работа с многочисленными механизмами, управление производственными и технологическими процессами предъявляют жёсткие требования к двигательным реакциям. Многие заболевания опорно-двигательного аппарата имеют симптоматику, которая выражается в изменении балансирующих реакций тела пациента в основной стойке, сидя или при ходьбе. Наличие определённых симптомов становится очевидным только при серьёзной патологии. В то же время специальные методы диагностики позволяют обнаруживать такие изменения гораздо раньше [1].

Изучением координации движения занимается область медицинских знаний – стабилметрия. Одним из возможных путей исследования является использование стабилметрических платформ.

Стабилметрическая платформа представляет собой статичную платформу, которая снабжена датчиками измерения вертикально прилагаемой к ней силы для определения центра давления, создаваемого объектом, располагающимся на платформе.

Принцип работы стабилметрического устройства основан на измерении сил, прикладываемых к силоизмерительным датчикам и возникающих в результате размещения исследуемого объекта на опорной поверхности платформы, вычислении координат точки приложения равнодействующей силы, действующей со стороны объекта на опорную поверхность платформы общего центра давления. Цифровой сигнал от стабиллоплатформы поступает в компьютер, где специальная программа по данным измерения анализирует изменение координат общего центра давления человека на опорную поверхность за время исследования [2].

Стабилметрия бывает статической и динамической. Динамическая стабилметрия исследует основную стойку в изменяющихся внешних условиях (перемещение и наклоны платформы, движение

пространства, окружающего пациента). Как правило, эта методика сопровождается исследованием поверхностной ЭМГ. Разработано несколько видов диагностических тестов динамической стабилотрии, например, “тест сенсорной организации” [3]. В настоящее время разработано большое количество комплексов для обследований, в частности стабилотрическая платформа Стабилан-01-2.

Данные платформы позволяют изучать в качестве движения регистрирование изменения положения центра масс человека.

На кафедре медицинской и биологической кибернетики СибГМУ проводится работа по созданию программно-аппаратного комплекса для оценки системы координации движений, включающих в себя стабилотрическую платформу с управлением угла наклона.

В данной работе описывается система управления, позволяющую изменять наклон плоскости стабилотрической платформы в процессе обследования. Это позволит расширить диагностические возможности комплекса.

Стабилотрическая платформа стоит на металлической основе, по центру на карданном шарнире закреплена платформа. Карданный шарнир позволяет осуществлять управление платформой в двух плоскостях под углом 30°.

Стабилотрическая платформа включает в себя актуаторы, металлическую конструкцию, драйверы двигателей, датчики угла наклона.

В качестве системы привода угла наклона могут использоваться как электромеханические, так и гидравлические системы управления. Гидравлические системы, как правило, очень дороги и сложны в работе. Поэтому в нашем проекте было решено использовать актуаторы на основе двигателей постоянного тока для управления углом наклона как более дешевое средство.

Для управления стабилотрической платформой используются два актуатора, один измеряет по оси X, другой – по оси Y.



*Рис. 1. Линейный актуатор ZT-HAD1*

Технические параметры актуатора HAD1.

Длина хода 250 мм

Входной сигнал 12 В DC

Максимальная скорость 8 мм/с

Динамическая нагрузка 1000 Н

Статическая нагрузка 500 Н

Коэффициент заполнения 15 %

IP 65

На стенде были проведены измерения параметров актуатора. Далее разрабатывалась система с драйвером в виде микросхемы L293D, которая является одной из самых известных микросхем, предназначенных для управления положением стабилоплатформы.

Структурная схема стабилометрической платформы представлена на рис. 4.

Стабилометрическая платформа содержит систему привода вращения.

Повороты платформы относительно осей X и Y фиксируются датчиками, выходы которых связаны с входами системы управления и индикации.

Работа стабилометрической платформы происходит следующим образом. При нахождении пациента на платформе проекция его общего центра масс совершает движения относительно центра подвеса платформы. Возникающие при этом моменты сил приводят к деформации упругих элементов и соответственно повороту платформы. Повороты платформы относительно осей X и Y фиксируются актуаторами. Далее вырабатываются сигналы об углах поворота платформы. Сигналы поступают на усилители обратной связи, сигналы которых подаются на устройство силового воздействия на опорную платформу, которое возвращает платформу в первоначальное положение. Использование цепей обратной связи и устройства силового воздействия позволяет минимизировать угловое отклонение платформы, а значит, уменьшить жесткость упругих элементов и повысить точность регистрации движения общего центра масс человека.

Для дополнительного исследования вестибулярного аппарата пациента используется привод вертикального вращения платформы, управляемый по сигналам датчика оборотов [4].

Рассмотрим узел измерения положения угла наклона.

На данный момент разработано огромное количество систем для определения угла наклона, основанных на различных физических эффектах. Задачей работы является измерение угла наклона подвижной стабилометрической платформы. Наиболее используемыми устройствами для определения угла наклона являются акселерометры, гироскопы и различные типы датчиков. Для обработки сигналов, получаемых с датчиков, обычно используются микропроцессорные системы. Рассмотрим некоторые системы для определения угла наклона на их основе.

Одним из вариантов для выполнения поставленной задачи является использование трехосевого акселерометра. Данный акселерометр позволяет отслеживать изменения скорости по трем осям координат.

Углы наклона можно вычислить по формулам:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{A_x}{\sqrt{A_y^2 + A_z^2}}\right) \quad (1)$$

$$\beta = \arctan\left(\frac{A_y}{\sqrt{A_x^2 + A_z^2}}\right) \quad (2)$$

$$\gamma = \arctan\left(\frac{A_z}{\sqrt{A_x^2 + A_y^2}}\right), \quad (3)$$

где A - проекция ускорения на соответствующую ось [5].

Таким образом, для определения угла наклона с помощью акселерометра требуется выбрать микросхему акселерометра и микроконтроллер, провести соответствующие настройки и реализовать считывание и преобразование получаемых с датчика данных. Недостатком акселерометра является чувствительность, так как чувствительность изменяется при приближении угла наклона к 90 градусам,

также следует учесть, что изменение положения платформы может быть слишком медленным для регистрации его акселерометром.

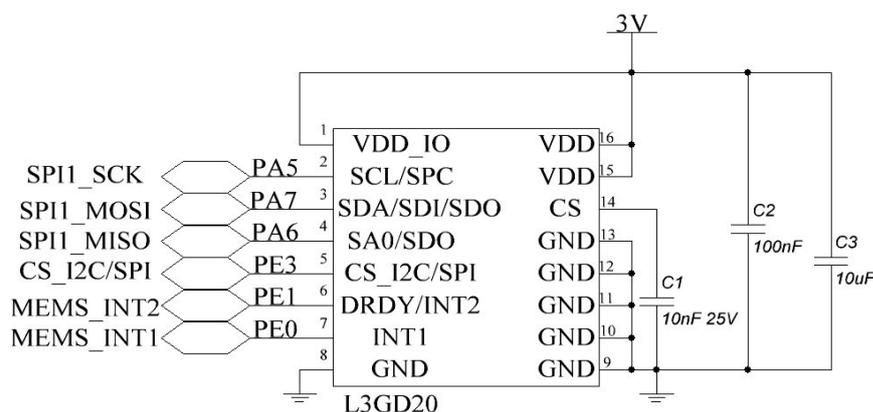


Рис. 2. Схема подключения L3GD20 к микроконтроллеру

Также для определения угла наклона можно использовать различные типы резистивных, индуктивных или емкостных датчиков. Для получения значения угла наклона потребуется использовать несколько датчиков и микроконтроллер. Но учитывая, форму платформы, потребуется несколько датчиков, также для преобразования выходных величин датчиков в углы потребуется калибровка датчиков. Помимо перечисленного, возможно, возникновение трудностей при монтаже датчиков на платформу.

Другим вариантом измерения угла наклона является использование гироскопа. Гироскоп не зависит от ускорения движения платформы, а также монтаж датчика на платформу не представляет особых сложностей. Для выполнения поставленной задачи разработаем подобную систему. Используется отладочную плату STM32F3DISCOVERY для отладки и демонстрации методики измерения угла наклона. На плате монтирована микросхема трехосевого гироскопа(L3GD20)

Рассмотрим измерение угла наклона с помощью гироскопа. В микросхеме предусмотрены два варианта передачи данных: через интерфейсы I2C или SPI. На отладочной плате реализована передача данных через SPI. Внешний цифровой интерфейс реализован по КМОП-технологии, позволяющей создать дизайн, подходящий под характеристики чувствительного элемента датчика. L3GD20 имеет шкалы  $\pm 250/\pm 500/\pm 2000$  dps и может измерять скорость изменения угла в выбранной полосе частот. Для настроек датчика требуется записать в соответствующие значения в регистры, указанные в технической документации. [6]

Датчик выдает значение угловой скорости, для получения значения угла наклона нужно умножить полученное значение на время от начала отсчета. Опрос датчика можно производить, используя таймер, отсчитывая определенное время. При достижении таймером заданного значения вызывается подпрограмма прерывания, в которой происходит съем и конвертация полученных значений угловой скорости. Одним из недостатков гироскопических датчиков является накопление ошибки при неподвижном датчике, для устранения этой ошибки периодически происходит обнуление значения регистров с данными угловой скорости.

Алгоритм программы

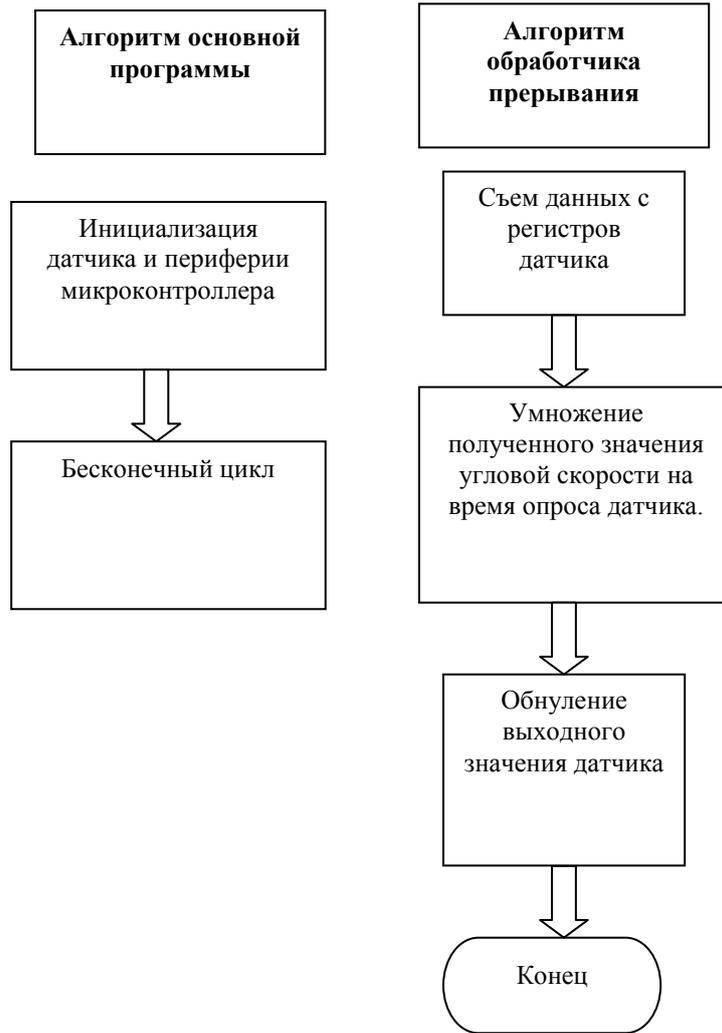


Рис. 3. Алгоритм



Рис. 4. Структурная схема стабилоплатформы

Таким образом, была разработана стабилометрическая платформа, позволяющая измерять угол наклона. Характеристики платформы позволяют расширить диагностическую ценность комплекса. Показано, что применение электромеханических актуаторов позволит добиться приемлемой скорости и точности работы системы управления.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. URL: [http://www.mks.ru/library/conf/biomedpribor/2000/sec01\\_03.html](http://www.mks.ru/library/conf/biomedpribor/2000/sec01_03.html), режим доступа - свободный.
2. Кубряк О.В., Гроховский С.С. Практическая стабилметрия. Статические двигатель-но-когнитивные тесты с биологической обратной связью по опорной реакции. М.: ООО «ИПЦ „Маска“», 2012 — 88 с.
3. Стабилметрическая платформа [Электронный ресурс]. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Стабилметрическая\\_платформа](https://ru.wikipedia.org/wiki/Стабилметрическая_платформа), режим доступа - свободный.
4. Н.Е. Мясникова, Г.М. Проскуряков Медико-биологические основы работы стабилметрических платформ // Анализ, синтез и управление в сложных системах: Сборник научных трудов. - Саратовский государственный технический университет, 2009. – с. 15-24.
5. Определение угла наклона акселерометром [Электронный ресурс] – URL: <http://bitaks.com/resources/inclinometer/content.html>
6. STM32F3. SPI и гироскоп L3GD20. [Электронный ресурс] – URL: <http://microtechnics.ru/stm32f3-spi-i-giroskop-l3gd20/>

## **СИСТЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ СДВИГОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АГРЕГАЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ В МИКРООБЪЕМАХ**

Литвинова С.А., Аристов А.А.

Научный руководитель: Аристов А.А., доцент, к.т.н.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [litvinova-svetlana@list.ru](mailto:litvinova-svetlana@list.ru)

## **THE APPLICATION OF OSCILLATING SYSTEM TO EXPLORE OF PROCESS OF RED BLOOD CELL AGGREGATION IN MICROFLUIDIC SYSTEMS**

Litvinova S.A., Aristov A.A.

Scientific Supervisor: Associate Professor, Ph.D. Aristov A.A.

Tomsk Polytechnic University,

Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: [litvinova-svetlana@list.ru](mailto:litvinova-svetlana@list.ru)

*В основе патогенеза многих заболеваний и их осложнений лежат процессы нарушения агрегации эритроцитов, инициирующие развитие тромбоза в сосудах. Существующие приборы, способные регистрировать степень агрегации эритроцитов, имеют ряд недостатков, таких как ошибочные результаты, трудности в интерпретации данных и большой объем крови, используемой при диагностике. Таким образом, разработка точного и стандартизированного прибора для оценки степени агрегации эритроцитов является актуальной задачей на сегодняшний день. В статье представлены результаты исследования, направленного на разработку микрометода оценки степени агрегации эритроцитов. Предложено устройство для первоначальной дезагрегации эритроцитов в капельных пробах. Проведена его апробация. Определены условия для получения необходимых сдвиговых деформаций в капельном образце для полного разрушения эритроцитарных агрегатов. Проведены исследования по оценке агрегации с использованием разных образцов крови, которые подтвердили возможность использования применение данного метода в клинической лабораторной практике.*

*The violation of aggregation process is significant in the pathogenesis of many diseases. However, there are no standardized devices today. The paper focuses on the research method and the technical specifications of the device aimed at investigating of the processes of aggregation of red blood cells. Primarily, in the course of work was defined method for mixing samples. With the help of laboratory device were determined technical specifications of the oscillating systems. In addition, the fact of breaking aggregates proved experimentally. The results of the experimental studies revealed the necessity of using the oscillating system to investigations aggregation of red blood cells.*