

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 77 с., 16 рис., 18 табл., 18 источников, 3 прил.

Ключевые слова: стабилметрия, стабилметрическая платформа, актуаторы, система управления, угол наклона.

Объектом исследования является система управления стабилметрической платформой.

Цель работы – разработка стабилметрической платформы с изменяющимся углом наклона плоскости.

В процессе исследования проводилась разработка системы управления стабилметрической платформой.

В результате исследования был получен макет управления стабилметрической платформой.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: вес, размеры, скорость, угол наклона.

Степень внедрения: лабораторный макет для проведения ВКР.

Область применения: оценка качества движения человека.

Экономическая значимость работы позволяет проводить исследования для оценки качества движений человека.

В будущем планируется расширить возможности для оценки положения центра масс исследуемого объекта.

Введение.

В условиях технического прогресса значительное место занимают проблемы сохранения равновесия, ориентации и координации движений. 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. Чувствительность их такова, что можно провести диагностику на этапе заболевания или его последствий. [1]

Изучением координации движения занимается область медицинских знаний – стабилметрия.

Стабилметрия как метод исследования в клинической практике используется сравнительно недавно, около 30 лет. Тем не менее, данный метод приобретает все большее значение в различных областях практической медицины. Это происходит в силу следующих факторов:

- 1) двигательные тесты, основная стойка, включающая действие систем организма (нервной, вестибулярной, зрительной, опорно-двигательной и др.);
- 2) относительно малое время исследования (от нескольких секунд до минуты);
- 3) отсутствие необходимости наличия датчиков на теле пациента (за исключением специальных методик);
- 4) высокая чувствительность параметров;
- 5) полученные параметры обладают как прогностической, так и диагностической ценностью.

Именно поэтому в настоящее время стабилметрия широко используется в практической медицине разных стран. [2]

С помощью стабیلографии возможно оценить функциональное состояние человека, диагностировать двигательные расстройства, осуществлять процесс реабилитации и т.д.

Суть методов компьютерной стабилметрии заключается в оценке биомеханических показателей человека в процессе поддержания им вертикальной позы в положении стоя или сидя.

Одним из возможных путей исследования является использование стабилметрических платформ.

Целью настоящей ВКР является разработка стабилметрической платформы с изменяющимся углом наклона плоскости.

Задачами работы являются:

1. Разработка механической части стабилметрической платформы, позволяющей изменять угол наклона в соответствии с заданными параметрами;
2. Выбор и реализация системы управления движением платформы, включающей в себя схему управления двигателями и схему обмена информацией с персональным компьютером;
3. Проведение экспериментальных исследований динамической стабилметрической платформы.

1. Обзор литературы.

1.1. Обзор 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 стабилметрической платформы основан на измерении сил, прилагаемых к тензометрическим 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. Цифровой сигнал от стабилплатформы поступает в компьютер, где специальная программа по данным измерения анализирует изменение координат общего центра давления человека на опорную поверхность за время исследования. [3]

Стабилметрия бывает статической и динамической. Динамическая стабилметрия исследует основную стойку объекта в изменяющихся внешних условиях (наклоны платформы, перемещение, движение пространства, окружающего пациента). Как правило, эта методика сопровождается исследованием поверхностной электромиограммы. Рядом ученых было разработано несколько видов диагностических тестов динамической стабилметрии, например, “тест сенсорной организации”. [4] В настоящее время разработано большое количество комплексов для обследований, в частности стабилметрическая платформа Стабилан-01-2. Данная платформы позволяет изучать в качестве движения регистрирование изменения положения центра масс человека.

Одной из таких систем является платформа Гью-Стюарта — подвижная механическая система, состоящая из параллельного манипулятора, приводимого в движение шестью линейными актуаторами.

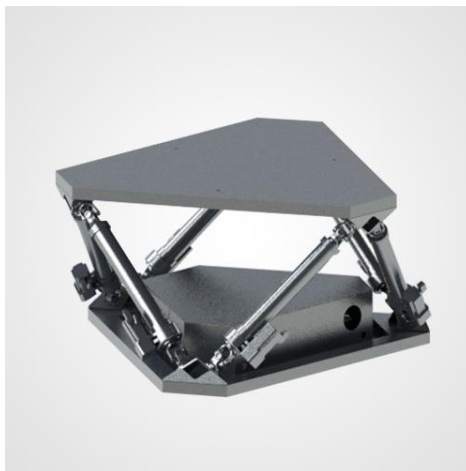


Рис. 1. Платформа Стюарта.

Платформа Гью-Стюарта обеспечивает шесть степеней свободы подвижной платформы. Особенностью платформы является также использование в ней пневматических механизмов.

Достоинствами механизма являются повышенная жесткость и компактность конструкции, а недостатками – возможная потеря управляемости.

Платформа Гью-Стюарта применяется в летательных тренажерах, позиционировании спутниковых антенн и в ортопедической хирургии.

Общая информация о платформе Гью-Стюарта:

- масса груза на платформе - до 2 кг;
- низкое энергопотребление: при нагрузке около 1 кг потребляемая мощность - 5 Вт;
- минимальное перемещение платформы - 1 мм;
- высокая стабильность платформы при больших нагрузках. [5]

Стабилометрическая платформа ST-150 состоит из плиты, на которую встает объект, и фиксированных к ней силоизмерительных датчиков, которые являются также элементами опоры (рис. 2). Усилие, приходящееся на каждый датчик, позволяет вычислять проекцию общего центра масс тела на плоскость опоры.



Рис. 2. Стабилометрическая платформа ST-150.

Отличительные свойства платформы ST-150 - малые габариты и вес. Так как плита платформы жесткая и выполнена из толстого, прочного стекла, то корректность и точность регистрации не изменяются.



Рис.3. Комплект платформы с ПК.

Использование в комплекте портативного компьютера позволяет получить мобильный комплекс общим весом 5 кг (рис. 3).

Сама платформа напрямую подключается к USB порту компьютера и получает от него питание. Поэтому этот комплекс может быть использован в походных условиях, при которых отсутствует постоянное электроснабжение. [2]

Стабилоплатформа Sigma - комбинация стабилметрической и балансирной платформ. При плоской верхней поверхности она имеет на нижней поверхности опору по центру. За счет этого платформа Sigma может наклоняться в любом направлении. Сменные насадки на опору позволяют изменять величину наклона и, соответственно, сложность выполнения упражнений.



Рис. 4. Стабилоплатформа Sigma.

Стабилоплатформа Sigma предназначена для диагностики нарушений равновесия, концентрации, координации, патологиях опорно-двигательного аппарата, центральной и периферической нервной системы, работы зрительного и вестибулярного анализаторов, разработке опорно-двигательного аппарата, общей кинезотерапии.

Таблица 1. Технические характеристики стабилметрической платформы Sigma [6]:

Диаметр платформы	42 см
Вес	6,5 кг
Максимальные наклоны платформы (вперед/назад, вправо/влево)	12°
Подключение к компьютеру	Беспроводное
Питание	Аккумуляторы ААА, 2 шт.

Стабилоплатформа ALFA – это современный прибор, используемый для оценки и тренировки равновесия, походки, нагрузки на опорную поверхность в статичном состоянии. Прибор предназначен для использования пациентами, перенесшими черепно-мозговые травмы, травмы позвоночника и нижних конечностей, инсульты или страдающими рассеянным склерозом, болезнью Паркинсона или мышечными дисфункциями, перенесшими имплантацию суставов. При помощи диагностической платформы Alfa пациенты могут улучшить общее физическое состояние и способность к самостоятельному передвижению. Профессиональные спортсмены и пациенты с нарушениями равновесия могут профессионально тренироваться с помощью данной платформы. Выполняемые на платформе упражнения направлены на стимуляцию костно-мышечной и нервной системы, например, мышц, отвечающих за контроль равновесия.



Рис. 5. Стабилоплатформа ALFA.

Особенности стабилоплатформы Alfa:

- Большой размер рабочей поверхности обеспечивает комфортное выполнение упражнений и тестов;
- Подключение к компьютеру при помощи USB кабеля, отсутствие отдельного питания;
- Оптимальный вес платформы обеспечивает ее стабильность во время процедур;
- Классические и расширенные тесты;
- Работа с видеокамерой и внешним монитором.

Таблица 2. Технические характеристики стабилометрической платформы Alfa [7]:

Размер платформы	55x55x8 см
Вес	27 кг
Максимальный вес пациента	150 кг
Подключение к компьютеру	кабельное
Питание	через кабель USB

1.2. Обзор систем ввода-вывода.

В программно-аппаратной части системы управления стабилметрической платформой используется плата ввода-вывода **L-761**.



Рис. 6. Плата L-761.

Плата L-761 является современным, быстродействующим и надежным устройством ввода-вывода на базе высокопроизводительной шины PCI 2.1 для обработки аналоговой и цифровой информации в персональных компьютерах. Благодаря интерфейсу PCI обеспечивается высокая скорость обмена информацией с программой пользователя.

L-761 - универсальная плата ввода/вывода с групповой гальваноразвязкой АЦП и ЦАП от шасси компьютера. Гальваноразвязка повышает помехозащищенность аналогового тракта. Наряду с установкой на плате цифрового сигнального процессора для управления вводом/выводом сигналов и обменом информацией с РС применен отдельный микроконтроллер. Переключение каналов при многоканальном режиме сбора данных автоматическое, с произвольным порядком выборки канала и коэффициента усиления. Возможна генерация прерываний по заполнению части FIFO-буфера. Плата имеет милливольтный диапазон измерений. [8]

Таблица 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАТЫ L-761.

АЦП	
Количество каналов	16 дифференциальных (32 с общей "землей")
Разрядность АЦП	14 бит
Эффективная разрядность (входной сигнал – 10 кГц / 4,9 В)	13,3 бит (частота преобразования - 100 кГц)
Входное сопротивление при одноканальном вводе	не менее 1 МОм
Диапазон входного сигнала	$\pm 5 \text{ В}, \pm 1,25 \text{ В}, \pm 0,3 \text{ В}, \pm 0,08 \text{ В}$
Максимальная частота преобразования	125 кГц
Синхронизация	внешний синхросигнал, по уровню аналогового сигнала
Защита входов	$\pm 25 \text{ В}$ (питание вкл.), $\pm 10 \text{ В}$ (питание выкл.)
Цифровой сигнальный процессор	
Тип	ADSP 2184 (ADSP 2185)
Тактовая частота	29.5 МГц
Внутреннее ОЗУ данных	4 кСлова (16 кСлов)
FIFO-буфер	512-2048 Слов (512-14336 Слов)
Скорость обмена по шине PCI в различных режимах:	
Регистры платы отображаются на порты ввода/вывода	до 1,2 Мбайт/с
Регистры платы отображаются на память PC	до 10 Мбайт/с
ЦАП (опция)	
Количество каналов	2
Разрядность	12 бит
Время установления	8 мкс
Выходной диапазон	$\pm 5 \text{ В}$
Выходной ток, не более	2 мА
Цифровые входы и выходы:	
Количество входов	16
Количество выходов	16
Тип логики	КМОП

1.3. Обзор механических систем управления.

В качестве системы привода угла наклона могут использоваться гидравлические, пневматические и электромеханические системы управления.

Гидравлическим приводом или гидроприводом называется устройство, предназначенное для приведения в движение механизмов посредством рабочей жидкости под давлением.

Основные преимущества гидравлических приводов перед пневматическими и электрическими приводами:

– наибольшая величина отношения максимально развиваемого усилия (момента) на гидродвигателе к массе (моменту инерции) подвижных частей гидродвигателя и нагрузки;

– малое отношение веса к выходной мощности;

– высокая механическая жесткость по отношению к нагрузке. [9]

Гидравлическому приводу присущи недостатки, ограничивающие его применение в технике. Основные из них следующие:

✓ невысокий КПД гидропривода и большие потери энергии при ее передаче на большие расстояния;

✓ зависимость характеристик гидропривода от условий эксплуатации (температура, давление);

✓ взрыво- и огнеопасность применяемых минеральных рабочих жидкостей;

✓ изменение вязкости применяемых жидкостей от температуры.

Преимуществом *пневматических систем* является простота конструкций и простота их эксплуатации и обслуживания. Кроме того, они относительно дешевые и гибкие. Как и гидравлические системы, они, в отличие от электрических, позволяют воспроизводить поступательное движение без каких-либо передаточных механизмов.

Пневматические приводы обладают следующими достоинствами перед гидравлическими приводами:

- ✓ исполнительные устройства пневмоприводов имеют большие скорости срабатывания и низкую стоимость,
- ✓ возвратные линии значительно короче, так как воздух может быть удален в атмосферу из любой точки системы, также имеется неограниченный запас воздуха в качестве рабочего тела.

Вместе с тем пневмоприводы при равных габаритах с гидравлическими приводами развивают меньшие усилия, что можно объяснить более высоким давлением жидкости в гидроприводах. Следует отметить, что в пневмоприводах, с достаточной точностью заданные законы обеспечить сложно из-за сжимаемости воздуха, что налагает особые требования к разработке системы управления. Как и гидросистемы, они позволяют воспроизводить поступательное движение без каких-либо передаточных механизмов [10].

Учитывая вышеперечисленные свойства гидравлических и пневматических механизмов, было принято решение использовать актуаторы на основе двигателей постоянного тока для управления углом наклона как более дешевое и надежное средство.

В состав электромеханического привода входят электродвигатель, передаточный механизм и система управления электродвигателем.

Актуатор - универсальное исполнительное устройство (привод, электропривод) с мотором или без мотора (электромеханическое или механическое), управляемое с помощью устройства управления.

Актуатор позволяет осуществлять линейное перемещение (линейный актуатор, линейный привод) или вращение (актуатор вращения, привод вращения) исполнительного устройства – штока, каретки, поворотного стола.

Медицинские актуаторы – электромеханические приводы, предназначенные для применения в различном медицинском оборудовании. Они должны выдерживать экстремальное обращение, при этом работать плавно и тихо, быть безопасными и гигиеничными. Медицинский актуатор принципиально не отличается от обычного, но в нем применены специальные материалы и технологические решения. Во время очистки они могут подвергаться воздействию высоконапорной струи воды и едких очищающих средств. Для медицинских актуаторов доступны классы защиты до IP66 (пыленепроницаемая оболочка и защита от струи воды под напором, что важно при очистке медицинской мебели и техники). Таким образом, актуаторы для медицины по основным характеристикам (нагрузка, скорость) аналогичны универсальным, однако по шуму, защите и безопасности они имеют специальные требования и, соответственно, характеристики. Повышению безопасности уделяется особое внимание. Защиту от травм обеспечивают такие опции как предохранительная гайка, ручной привод, функция освобождения штока, работа только на выдвижение. Использование электрических пультов может быть нежелательно из-за опасности удара током при повреждении провода, поэтому более предпочтительны пневматические или беспроводные пульты.

Среди основных типов (по конструкции) медицинских актуаторов можно выделить штоковые и кареточные актуаторы, телескопические колонны (подъемные колонны) и актуаторы с двумя приводами.

Установка актуатора позволяет уменьшить трудозатраты на выполнение различных операций, повысить безопасность, удобство и производительность труда. Штоковые актуаторы являются универсальным и доступным решением для задач линейного перемещения. Они компактны, просты в установке и использовании. Но их недостатком является то, что они выдерживают только нагрузки, приложенные параллельно продольной оси актуатора. Допустимые боковые и изгибающие усилия невелики и не должны воздействовать постоянно, а вращение штока нужно зафиксировать. Впрочем, в большинстве случаев это вполне приемлемо. Наиболее важными характеристиками актуаторов с точки зрения их универсальности являются усилие, скорость перемещения и рабочий ход. [11]

При разработке системы управления используется линейный актуатор ZT-HAD1.



Рис. 7. Линейный актуатор ZT-HAD1.

Таблица 4. 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

Достоинства линейного актуатора ZT-HAD1:

- ❖ Низкий уровень шума;
- ❖ Простота установки;
- ❖ Простота в эксплуатации;
- ❖ Малый вес.

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. [12]

1.4. Системы отслеживания положения угла наклона.

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 стабилметрической 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. [13]

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.

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. [14]

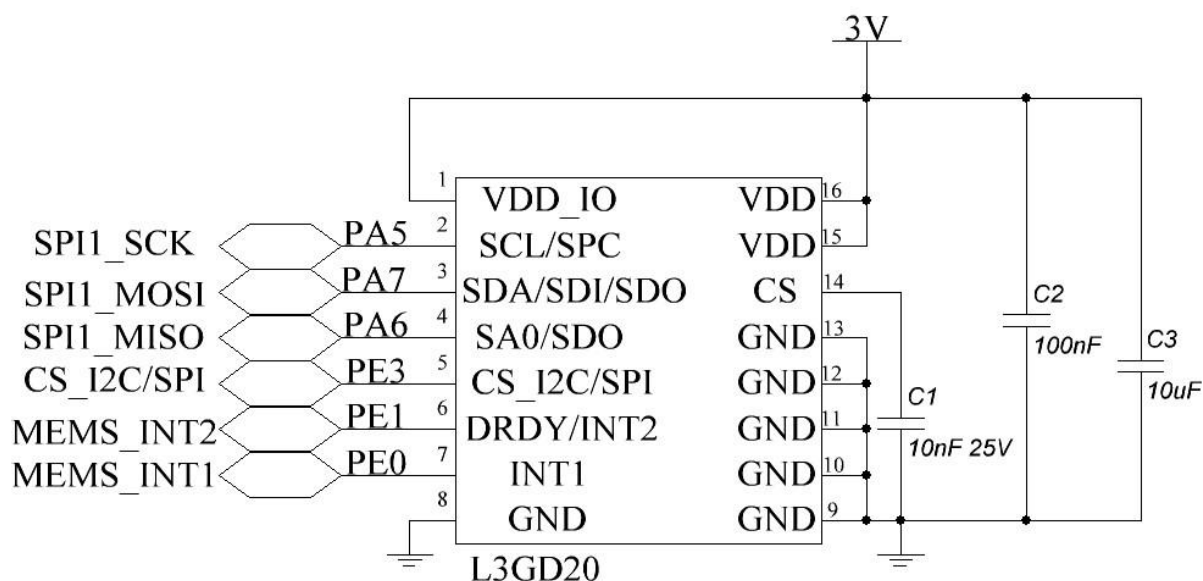


Рис. 8. Схема подключения L3GD20 к микроконтроллеру.

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.

2. Выбор и обоснование структурной и принципиальной схем.

2.1. Разработка механического каркаса стабиллоплатформы.



Рис. 9. Механический каркас стабиллоплатформы.

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

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

Стабиллометрическая платформа содержит систему привода вращения.

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

2.2. Разработка системы управления углом наклона стабилоплатформы.

Структурная схема стабилоплатформы имеет следующий вид:



Рис. 10. Структурная схема стабилоплатформы.

Для макета системы управления положением стабилоплатформы используется *схема автономного инвертора напряжения* (рис. 9).

Мостовая схема отвечает за изменение направления движения. Мостовая схема инвертора напряжения применяется при повышенном уровне напряжения источника питания. Сигналы управления X1 - X4 поступают таким образом, что в каждом полупериоде два транзистора открыты, а два других закрыты.

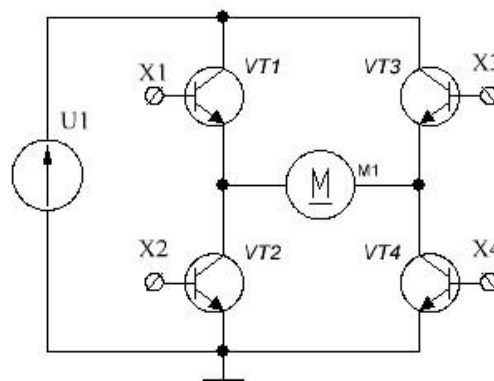


Рис. 11. Схема автономного инвертора напряжения.

Из справочника [15] выбираем транзистор КТ935А, кремниевый эпитаксиально-планарный, структура n-p-n, переключательный. Предназначен для применения в переключающих и импульсных устройствах. Масса транзистора в металлокерамическом корпусе не более 20 г. Тип корпуса: КТ-10.



Рис. 12. Транзистор КТ935А.

Параметры транзистора КТ935А:

- $P_{к т max}$ - Рассеиваемая мощность коллектора с теплоотводом: 60 Вт;
- $f_{гр}$ - Граничная частота коэффициента передачи тока транзистора в схеме с общим эмиттером: не менее 51 МГц;
- $U_{кэг max}$ - Максимальное напряжение коллектор-эмиттер при заданном токе коллектора и заданном сопротивлении в цепи база-эмиттер: 80 В;
- $U_{эбо max}$ - Максимальное напряжение эмиттер-база при обратном токе эмиттера и разомкнутой цепи коллектора: 5 В;
- $I_{к max}$ - Максимально допустимый постоянный ток коллектора: 20 А;
- $I_{кэг}$ - Обратный ток коллектор-эмиттер при обратном напряжении коллектор - эмиттер и сопротивлении в цепи база-эмиттер: не более 30 мА (50В);
- $h_{21э}$ - Статический коэффициент передачи тока транзистора для схем с общим эмиттером: 20... 100.

[15]

Для управления положением стабилометрической платформой необходимо использовать устройство, которое преобразовывает управляющие маломощные сигналы в токи, достаточные для управления. Такое устройство называется **драйвером двигателей**.

Самым простым драйвером управления является микросхема **L293D**, которая является одной из самых распространенных микросхем, предназначенных для этой цели.

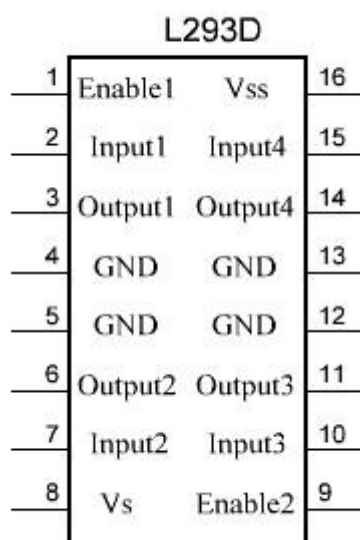


Рис. 13. Микросхема **L293D**.

L293D содержит два драйвера для управления электродвигателями небольшой мощности (четыре независимых канала, объединенных в две пары). Имеет две пары входов для управляющих сигналов и две пары выходов для подключения двигателей. Кроме того, микросхема **L293D** имеет два входа для включения каждого из драйверов. Эти входы используются для управления скоростью вращения электродвигателей с помощью широтно-импульсной модуляции. **L293D** обеспечивает разделение питания логической части схемы и управляемых двигателей, что позволяет подключить электродвигатели с большим напряжением питания, чем у микросхемы.

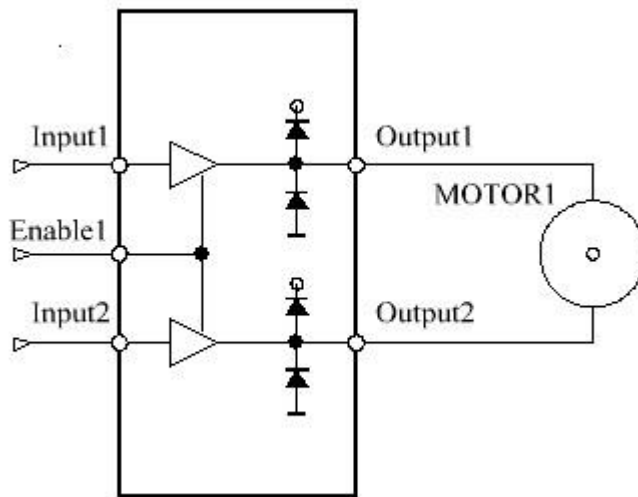


Рис. 14. Принцип работы L293D.

Принцип работы L293D заключается в следующем. К выходам Output 1 и Output 2 подключается электродвигатель MOTOR1. На вход Enable 1, включающий драйвер, подается сигнал (соединяется с положительным полюсом источника питания +5 В). Если при этом на входы Input 1 и Input 2 не подаются сигналы, то двигатель не будет вращаться. Мотор начнет вращаться только тогда, когда вход Input 1 будет подключен к положительному выводу источника питания, а вход Input 2 - к отрицательному.

Характеристики микросхемы L293D:

- коммутируемое напряжение (V_s) - 4,5 - 36 В;
- напряжение питания (V_{ss}) - 5 В;
- допустимый ток нагрузки – 600 мА на 1 канал;
- максимальный выходной ток - 1,2 А на 1 канал;
- входное напряжение низкого уровня - до 1,5 В;
- входное напряжение высокого уровня - 2,3 - 7 В;
- скорость переключений до 5 кГц;
- встроенная схема тепловой защиты.

[16]

3. Результаты исследования характеристик схемы.

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 стабиллоплатформы.

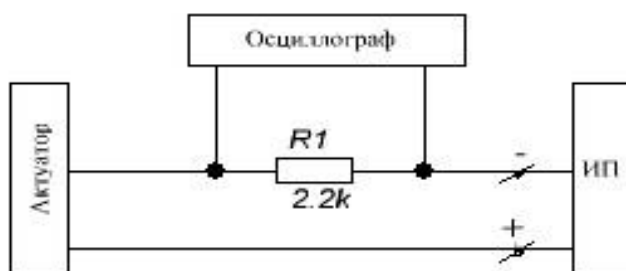


Рис. 15. Схема для измерения характеристик актуатора.

Пусковой ток = 1,2 А.

$R = 2,2 \text{ Ом}$.

Таблица 5.

	Без нагрузки			Режим нагрузки
	1	1,2	1,4	2
U, В				
I, А	0,454	0,545	0,636	0,91

Для измерения токов актуатора была использована схема включения полевого транзистора ОИ.

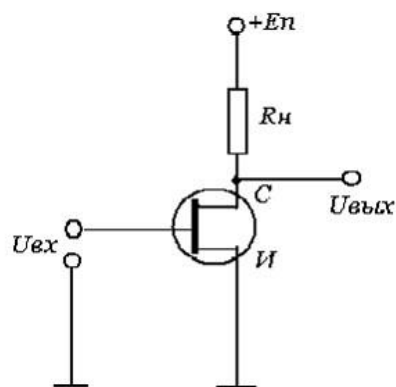


Рис. 16. Схема включения ОИ.

Таблица 6.

U _{зи} , В	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
U _{си} , В	14,1	13,7	11	8,6	4,1	2,6

Токи актуатора рассчитываются как:

$$I = (U_{вх} - U_{си}) / R = (14,3 \text{ В} - 7,2 \text{ В}) / 2,5 \text{ Ом} = 2,84 \text{ А.}$$

$$I = (U_{вх} - U_{си}) / R = (14,3 \text{ В} - 7,2 \text{ В}) / 1,5 \text{ Ом} = 4,73 \text{ А.}$$

Заключение.

Таким образом, в ходе выполнения выпускной квалификационной работы 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.

Проведен анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы и анализ объекта исследования на предмет выявления опасных и вредных факторов, оценка степени воздействия их на человека.

Список публикаций.

Кучер, А. В. Система управления стабилметрической платформой [Электронный ресурс] = Controlling system of stabilometric platform / А. В. Кучер, Н. В. Чжен, А. В. Фокин; науч. рук. А. В. Фокин // Инженерия для освоения космоса: сборник научных трудов IV Всероссийского молодежного форума с международным участием, г. Томск, 12-14 апреля 2016 г. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2016. — [С. 253-258].

Список использованных источников:

1. URL:http://www.mks.ru/library/conf/biomedpribor/2000/sec01_03.html, режим доступа – свободный.
2. Стабилометрическое исследование: краткое руководство / Д. В. Скворцов— М.: Маска, 2010. — 172 с.: ил.
3. Кубряк О.В., Гроховский С.С. Практическая стабилметрия. Статические двигательльно-когнитивные тесты с биологической обратной связью по опорной реакции. М.: ООО «ИПЦ „Маска“», 2012 — 88 с.
4. Стабилометрическая платформа [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Стабилометрическая_платформа, режим доступа - свободный.
5. URL: <http://arduino-diy.com/arduino-platforma-Styuarta>, режим доступа – свободный.
6. URL:http://octomed.ru/details/stabilometrisheskaya_platforma_Sigma/, режим доступа – свободный.
7. URL: <http://octomed.ru/details/stabilometrisheskaya-platforma-alfa-ac-international/>, режим доступа – свободный.
8. URL: http://www.biotechnologies.ru/catalog/lcard_pci.html, режим доступа – свободный.
9. Гидравлический привод и средства автоматки [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / В. Я. Свербилов, В. Н. Илюхин, В. Н. Решетов, Д. М. Стадник; Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Самара, 2011.
10. Навороцкий К.Л. Теория и проектирование гидро- и пневмоприводов. Учебник для студентов вузов. М: Машиностроение, 1991.
11. URL: http://www.aktuator.ru/Medical_Actuator/, режим доступа – свободный.

12. 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.

13. Определение угла наклона акселерометром [Электронный ресурс] – URL: <http://bitaks.com/resources/inclinometer/content.html>

14. STM32F3. SPI и гироскоп L3GD20. [Электронный ресурс] – URL: <http://microtechnics.ru/stm32f3-spi-i-giroskop-l3gd20/>

15. Транзисторы для аппаратуры широкого применения: Справочник / К.М. Брежнева, Е.И. Гантман, Т.И. Давыдова и др. Под ред. Б.Л. Перельмана. – М.: Радио и связь, 1981. – 656 с., ил.

16. URL: http://www.myrobot.ru/stepbystep/el_driver.php, режим доступа – свободный.

17. Методические указания к выполнению раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» магистерской диссертации для всех специальностей ИК / сост. В.Ю. Конотопский; Томский политехнический университет. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2015. – 29 с.

18. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы бакалавров и магистров Института природных ресурсов / сост. Н.В. Крепша. – Томск: Издательство ТПУ, 2014. – 53 с.

Overview of stabilometric platforms.

Stabilometric platform is a static platform, which is equipped with sensors measuring the vertical force attached to it to determine the center of pressure generated by the object located on the platform.

Stabilometric device principle of operation is based on measuring the forces applied to the force measuring sensors and resulting placement of the test object on the bearing surface of the platform, calculating coordinates of the point of application of the resultant force acting on the object side surface of the supporting platform common center of pressure. The digital signal from stabiloplatfrom fed into a computer, where special software for measuring data analyzes changes in the person general coordinates of the center's pressure on the supporting surface during the study.

Stabilometry can be static or dynamic. Dynamic stabilometry explores the basic stance in changing environments (moving and platform slopes, the movement of the space surrounding the patient). As a rule, this method is accompanied by a study of surface electromyogram. Several scientists have developed several types of diagnostic tests stabilometry dynamic, such as "sensory organization test". There are currently a large number of systems for the survey, in particular stabilometric platform Stabilan-01-2. This platform allows to study as registering movement changes the center of gravity position of the person.

One of these systems is a Hugh Stewart' platform which is the movable mechanical system consisting of parallel manipulator driven by six linear actuators.



Picture 1 - Stewart Platform.

Hugh-Stewart platform provides six degrees of freedom of the mobile platform. The peculiarity of this system is the use of pneumatic mechanisms therein.

The advantages of the mechanism are increased rigidity and compactness of design and defects - a possible loss of control.

Hugh-Stewart platform is used in aircraft simulators, the positioning of satellite dishes and in orthopedic surgery.

General information about the Hugh-Stewart platform:

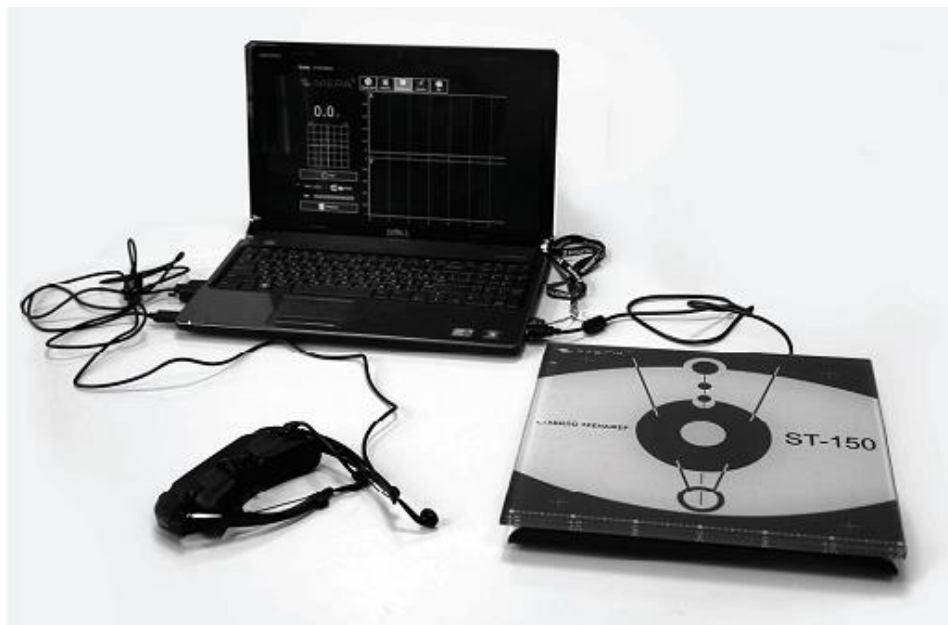
- weight of the load on the platform - up to 2 kg;
- Low power consumption: at a load of about 1 kg Power Consumption - 5 W;
- minimal movement platforms - 1 mm;
- high stability platform with large loads.

Stabilometric platform consists of a base plate on which there is examinee and force measuring sensors, fixed to it, which are also support elements. (Picture 2). The effort falls on each sensor, allows to calculate the projection of the common center of mass of the body on a support plane.



Picture 2 - ST-150 stabilometric platform.

Special features Platform ST-150 is a small size and weight. Since the plate platform rigid and is made of thick, durable glass, the correctness and accuracy of the registration are not changed.



Picture 3 - Complete platform with a personal computer.

Using the bundled laptop allows you to get a mobile set of weighing up to 5 kg (Picture 3). The platform is directly connected to the computer's USB port and it receives power. Therefore, such a complex can be used in field conditions, where there is no constant power supply.

Stabiloplatfrom Sigma is a combination of stabilometric platform and the balancing platform. It has a support surface on the bottom in the middle with a flat top surface. Due to this, Sigma platform can be tilted in any direction. Interchangeable tips allow to change to support the value of the slope and, consequently, the complexity of the exercise.



Picture 4 - Stabiloplatfrom Sigma.

Sigma Stabiloplatfrom is designed to diagnose disorders of balance, concentration, coordination, pathologies of the musculoskeletal system, central and peripheral nervous system, the work of the visual and vestibular analyzers, the development of the musculoskeletal system, general kinesitherapy.

Specifications stabilometric platform Sigma:

The diameter of the platform	42 cm
Weight	6.5 kg
The maximum inclination of the platform (forward / backward, left / right)	12°
Connecting to a Computer	Wireless
Power	AAA Batteries, 2 pieces

Stabiloplatfrom ALFA is a modern instrument used to assess and balance training, gait, the load on the bearing surface in a static state. The device is designed for use by patients undergoing traumatic brain injury, spinal cord injury and lower limbs, strokes or multiple sclerosis, Parkinson's disease or muscular dysfunction who underwent implantation of the joints. Using diagnostic platform Alfa patients can improve the general physical condition and the ability of independent travel. Professional athletes and patients with balance disorders using the platform are professionally trained. Performed on a platform of exercises aimed at stimulating the musculoskeletal and nervous system, for example, the muscles responsible for balance control.

Features Stabiloplatfrom Alfa:

- The large size of the work surface provides comfortable doing the exercises and tests;
- Connecting to a computer using a USB cable, no separate power supply;
- Optimal weight platform ensures its stability during procedures;
- Classic and advanced tests;
- Work with a video camera and an external monitor.

Specifications stabilometric Alfa platform:

Platform size	55x55x8 cm
Weight	27 kg
Maximum patient weight	150 kg
Connecting to a computer	cable
Power	the USB cable

Overview of IO systems.

IO board L-761 is used in the software and hardware platform management system stabilometric.



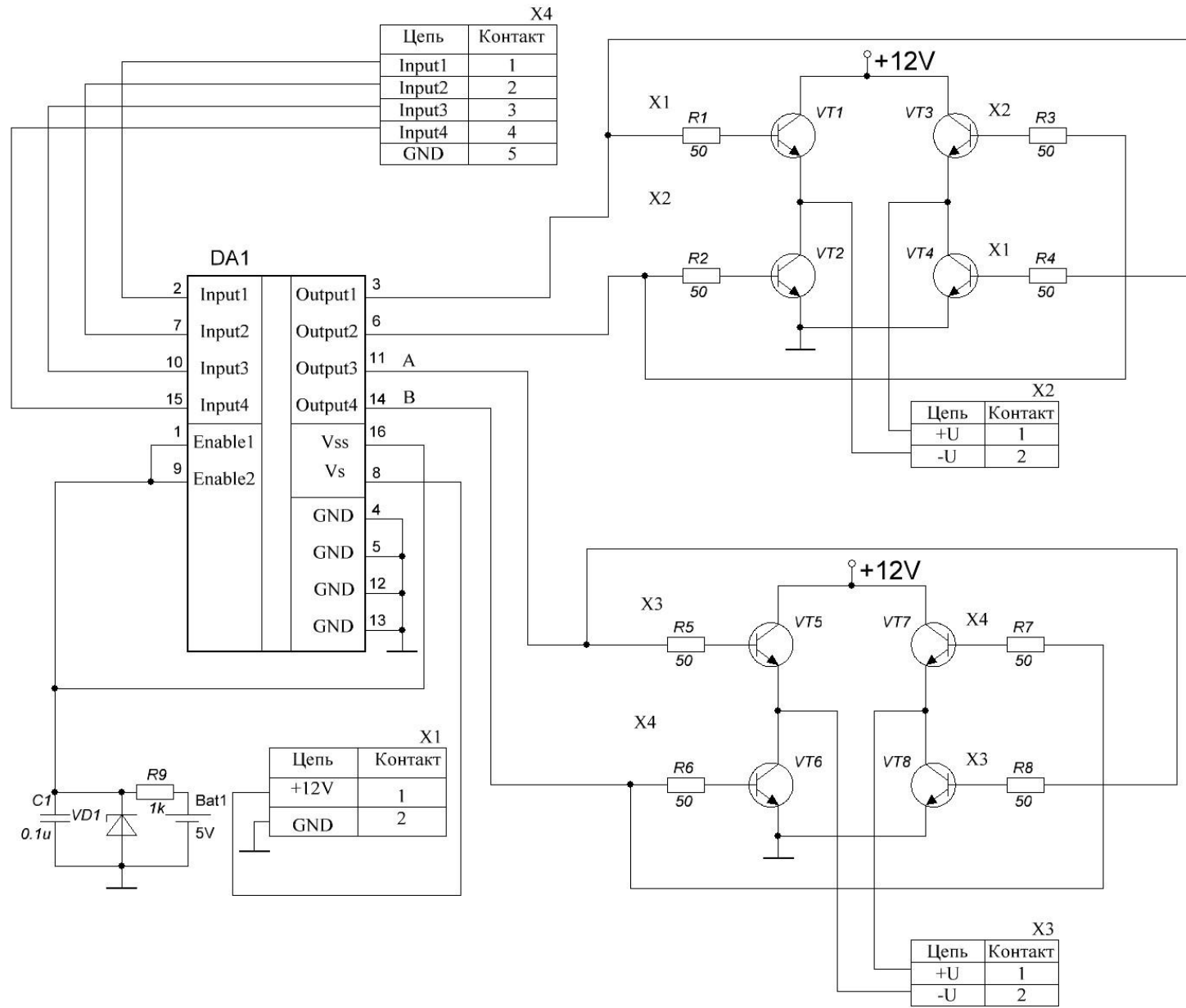
Picture 5 – Board L-761.

Board L-761 is a modern, fast and reliable device based on high-performance PCI 2.1 bus for input, output and processing of analog and digital information in personal IBM-compatible computers. With PCI interface provides high-speed exchange of information (data) from the user program, eliminated conflicts with other boards established for a PC.

L-761 - universal board I / O group galvanic ADC and DAC from the computer chassis. Isolation increases the noise immunity of the analog section. Microcontroller used to control a separate optocouplers isolation along with the installation of on-board digital signal processor for controlling I / O signals and information exchange with PC. Switch channels in multi-channel data acquisition mode, an automatic, random sampling procedure and channel gain. Interrupt generation possible to fill part of the FIFO-buffer. The board has a millivolt measuring range.

Приложение Б

ФЮРА.941200.196.Э3



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разработ.		Кучер А. В.		08.06.2016
Проверил		Фокин А. В.		
Т. Контр.				
Реценз.				
Н. Контр.				
Утверд.				

ФЮРА.941200.196.Э3

Схема электрическая принципиальная
Система управления
стабилометрической платформой

Лит	Масса	Масштаб
У		1:1
Лист		Листов 1
ТПУ ИНК Группа 1ДМ41		

Поз. Обозначение	Наименование	Колво	Примечание
	<u>Конденсаторы</u>		
C1	SMD 0805 - X7R - 50 В - 0.1 мкФ ± 10%	1	
	<u>Микросхемы</u>		
DA1	L293D	1	
	<u>Разъёмы</u>		
X1, X2, X3	PWL-2	3	
X4	PWL-6	1	
	<u>Резисторы</u>		
R1 - R8	SQP-3 – 3 – 47 Ом ± 5%	8	
R9	SQP-3 – 10 – 1 кОм ± 5%	1	
	<u>Стабилитроны</u>		
VD1	BZX84C	1	
	<u>Транзисторы</u>		
VT1	КТ935А	1	

					ФЮРА.941200.196.ПЭ			
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Система управления стабилометрической платформой	Лит	Масса	Масштаб
Разработ.	Кучер А. В.			08.06.2016		у		1:1
Проверил	Фокин А. В.							
Т. Контр.								
					Перечень элементов	Лист	Листов 1	
						ТПУ	ИНК	
						Группа	1ДМ41	