Министерство общего и профессионального образования РФ

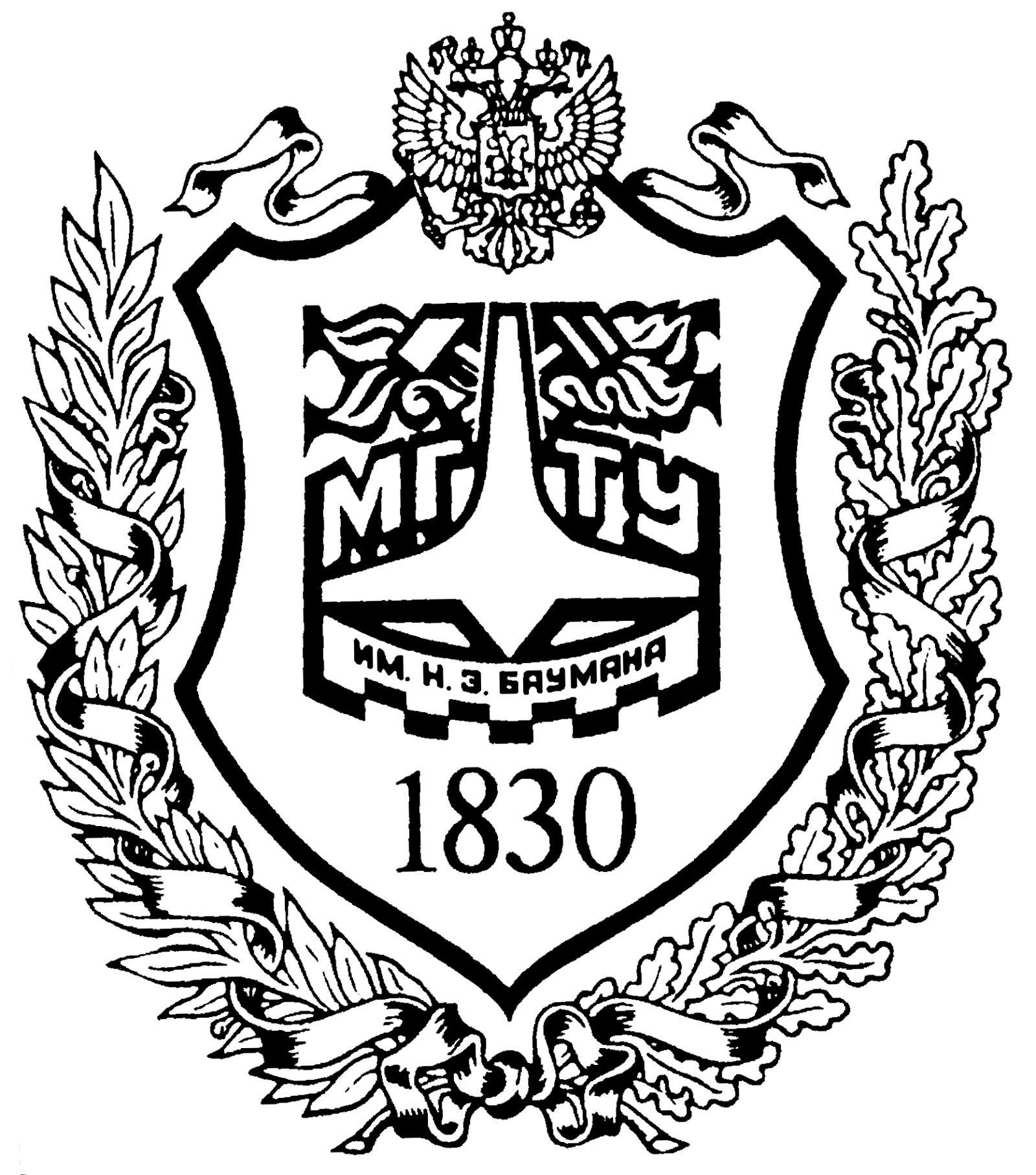
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Факультет «Информатика и системы управления»

Кафедра ИУ-1

**Дипломная работа**

«Система управления направлением движения мобильного робота»



*Выполнил: студент группы ИУ1-123*

***Соболев К.В.***

*Научный руководитель:* ***Гаврилов А.И.***

2018 г.

Оглавление

[Введение 5](#_Toc514892321)

[1 Обзор существующих разработок в области управления мобильными роботами. 6](#_Toc514892322)

[1.1 Основные понятия мобильной робототехники 6](#_Toc514892323)

[1.2 Классификация мобильных роботов 7](#_Toc514892324)

[1.3 Методы и алгоритмы управления движением мобильного робота 10](#_Toc514892325)

[2 Обзор методов идентификации динамических систем 19](#_Toc514892326)

[3 Обзор регуляторов 22](#_Toc514892327)

[4 Описание элементов мобильного робота 22](#_Toc514892328)

[4.1 Контроллер нижнего уровня 23](#_Toc514892329)

[4.2 Драйвер моторов 24](#_Toc514892330)

[4.3 Линейный электромеханический актуатор. 25](#_Toc514892331)

[4.4 Энкодер актуатора 27](#_Toc514892332)

[5 Разработка системы управления направлением движения мобильного робота 29](#_Toc514892333)

[5.1 Подсистема связи и обработки команд 30](#_Toc514892334)

[5.2 Подсистема управления углом поворота колес 31](#_Toc514892335)

[5.2.1 Кинематическая схема узла поворотных колес 31](#_Toc514892336)

[5.2.2 Идентификация системы 32](#_Toc514892337)

[5.2.3 Настройка контура регулирования 39](#_Toc514892338)

[6 Охрана труда и экология 46](#_Toc514892339)

[6.1 Анализ опасных вредных факторов на этапе разработке программного обеспечения 47](#_Toc514892340)

[6.1.1 Уровень шума на рабочем месте 48](#_Toc514892341)

[6.1.2 Статические нагрузки и монотонность труда 48](#_Toc514892342)

[6.1.3 Недостаточная освещенность 49](#_Toc514892343)

[6.1.4 Параметры микроклимата 50](#_Toc514892344)

[6.1.5 Поражение током на рабочем месте 51](#_Toc514892345)

[6.2 Расчёт коэффициента естественного освещения для места работы за ПЭВМ. 52](#_Toc514892346)

[6.3 Вопрос снижения энергопотребления в офисе. 56](#_Toc514892347)

[6.3.1 Снижение энергозатрат на освещение 57](#_Toc514892348)

[6.3.2 Снижение энергозатрат электропотребляющих устройств 57](#_Toc514892349)

[7 Организационно-экономическая часть 58](#_Toc514892350)

[7.1 Расчет сметы затрат на разработку программного продукта 58](#_Toc514892351)

[7.2 Расчет основной заработной платы. 60](#_Toc514892352)

[7.3 Расчет дополнительной заработной платы. 61](#_Toc514892353)

[7.4 Расчет отчислений на социальные нужды. 61](#_Toc514892354)

[7.5 Накладные расходы. 62](#_Toc514892355)

[7.6 Смета затрат. 62](#_Toc514892356)

[ПриложениеА. Состав научно-учебного стенда «Автомобиль-робот» (с характеристиками) 65](#_Toc514892357)

[Приложение Б. Принципиальная схема контроллера WeMos D1. 86](#_Toc514892358)

[Приложение В. Листинг программы 87](#_Toc514892359)

Объектом исследования является конструкция системы управления четырёхколёсным мобильным роботом, построенным по принципу заднеприводного легкового автомобиля на базе электрического квадроцикла Razor dirt quad. Цель работы – разработка системы управления поворотными колесами четырехколесного мобильного робота.

Дипломный проект «Реализация системы управления поворотными колесами мобильного робота» состоит из введения, четырёх глав, дополнительного раздела и заключения.

Во введении освещается актуальность выбранной темы, формулируется цель и задачи исследования. Первая глава посвящена обзору существующих разработок в области реализации систем управления мобильными роботам и в частности управления поворотными колесами. Во второй главе рассматривается описание системы управления, и приводится описание конструкции мобильного робота. В третьей главе проводится разработка системы управления поворотными колесами мобильного робота, и отладка алгоритмов управления на прототипе. Дополнительный раздел содержит описание функциональной безопасности программируемой электронной системы. Заключение содержит основные выводы и результаты выполнения выпускной квалификационной работы.

# Введение

Актуальность использования мобильных роботов возрастает в условиях расширения области задач, выполняемых робототехникой и их усложнением. Роботы применяются во многих сферах деятельности: в медицине, в научных исследованиях, в военных и гражданских отраслях. Использование роботов позволяет обеспечить высокую производительность и точность работы, а также избежать ошибок, свойственных человеку. В связи с этим возрастает роль автоматизированных систем позиционирования и систем интеллектуальной поддержки робота. Устойчивой тенденцией в развитии мобильных роботов является постоянный рост сложности и количества решаемых им задач.

**Целью** данной работы является разработка системы управления поворотными колесами мобильного робота. Для достижения этой цели поставлены следующие задачи:

* Провести обзор и анализ альтернативных решений в области управления направлением движением мобильного робота, обеспечивающих заданные характеристики движения мобильного робота.
* Провести анализ типовых структур систем управления движением мобильного робота.
* Провести моделирование системы управления поворотными колесами мобильного робота, с целью определения эффективных параметров регулятора.
* Реализовать разработанные алгоритмы управления поворотными колесам, с использованием контроллера нижнего уровня.

# Обзор существующих разработок в области управления мобильными роботами.

Мобильные автономные роботы должны постоянно перемещаться для выполнения поставленных перед ними задач, непрерывно получая и обрабатывая информацию, полученную с установленных на них сенсоров. В рамках данной главы приведены основные понятия о робототехнике, описаны основные конфигурации колесных мобильных роботов, а также алгоритмы используемые для планирования движения.

## Основные понятия мобильной робототехники

Существует огромное число мобильных роботов различного назначения, которые используются практически во всех окружающих нас средах, будь то вода, воздух, земля или космос. Несмотря на огромные различия все роботы имеют три основные общие черты, на которые необходимо опираться при проектировании:

1. Все роботы имеют определенный набор механических свойств (форма, размер, используемые материалы и т.д.), необходимых для выполнения поставленных задач.
2. Все роботы имеют определенный набор электронных компонентов. Данный аспект используется для движения (через двигатели), очувствления (электрические сигналы используются для измерения таких вещей, как тепло, звук, положение и состояние энергии) и управления (роботы нуждаются в определенном уровне электрической энергии, подаваемой на двигатели и датчики, для активации и выполнения основных операций).
3. Все роботы содержат определенный уровень компьютерного программного кода. Программы являются основной сущностью робота, так как без программы невозможна работоспособность робототехнической системы. Есть три различных типа роботизированных программ: дистанционное управление, искусственный интеллект и гибрид.

Типичные мобильные роботы имеют следующие компоненты: контроллер, управляющее программное обеспечение датчиков и исполнительные механизмы. Контроллер, как правило, микропроцессор, встроенный микроконтроллер или персональный компьютер (ПК). Программное обеспечение может быть написано, как на языке высокого уровня, так на языке низкого уровня, таких как C, C ++, Pascal, Fortran, Assembler или же специального программного обеспечения в режиме реального времени. Используемые датчики зависят от требований, которые накладываются в зависимости от поставленных перед роботом задач (тактильные датчики, дальномеры, определение местоположения и т.д.).

## Классификация мобильных роботов

Мобильных роботов можно классифицировать по признаку использования в рабочей среде:

* Наземные или домашние роботы, которые обычно принято называть беспилотные транспортные средства (БТС). Наиболее часто встречающиеся это колесные или гусеничные, а также шагающие (человекоподобные или насекомоподобные).
* Транспортные роботы, перемещающиеся только в рабочей области
* Воздушные роботы, или как принята называть – беспилотные летательные аппараты (БЛА).
* Подводные работы, или автономные подводные аппараты (АПА).
* Полярные роботы, предназначены для перемещения в снегах.

Перемещение в каждой из этих сред имеет свои отличительные характеристики, которые непосредственно зависят от физических свойств среды. Так как в данной работе рассматривается наземные мобильной робот, то рассмотрим способы перемещения наземных мобильных роботов:

* Колесные шасси (Рисунок 1)
* Конечности или ноги (Рисунок 2);
* Гусеничные шасси (Рисунок 3)

Конструкция мобильного робота полностью определяется средой, в которой он будет использоваться. А в соответствии с этими параметрами определяется и тип движителя данного робота.

Выбор типа движителя и его размеров является очень сложной задачей. Практически невозможно создать универсальную конструкцию движителя, дающего возможность одинаково уверенно передвигаться в разнообразных условиях окружающей среды: множество видов и свойств оснований, сложные пересечения рельефа местности, необходимость перемещения по элементам сооружений и внутри зданий являются причиной создания большого числа компоновочных схем роботов с различными типами движителей. Основное внимание разработчиков уделяется различным вариантам колесного и гусеничного движителей



Рисунок 1 Колесный мобильный робот

Несколько меньшее внимание уделено шагающему движителю. И существенно меньшее - другим типам (например, роторно-винтовому, аппаратам на воздушной подушке и др., предназначенным для движения по поверхности со специфическими физико-механическими свойствами - заболоченным местам, мелководью, глубокому снегу).



Рисунок 2 Шагающий мобильный робот



Рисунок 3 Гусеничный мобильный робот

Для каждого типа движителя существует своя область применения. Например, для мобильного робота, предназначенного для использования на труднопроходимой местности, выбирают наиболее универсальный - гусеничный движитель. При использовании робота на дорогах, а также на относительно ровной поверхности, более предпочтительным является колесный вариант транспортного средства. Применение шагающих машин эффективно лишь в среде, где скорость колесного или гусеничного движителя уступает скорости шагающего движителя (например, в горной местности, в очагах разрушений и т.п.). При конструировании обычных транспортных средств параметры движителя оптимизируются для наиболее характерных условий применения и поверхностей движения. Однако, для мобильного робота такая оптимизация невозможна в силу неопределенности условий движения. Поэтому в настоящее время движители роботов конструируются с возможностью адаптации к поверхности движения. В первую очередь это относится к малогабаритным роботам, предназначенным для работ внутри зданий и сооружений, в очагах разрушений, боевым и разведывательным роботам.

Основные свойства мобильного робота, которые следует учитывать при проектировании системы отвечающей за перемещение во внешней среде:

* Скоростные свойства
* Влияние ускорения
* Надежность
* Уровень потребления энергии

Популярные типы шасси колесного мобильного робота изображены на рисунках 4, 5, 6.



Рисунок 4 Шасси без возможности бокового вращения



Рисунок 5 Шасси с возможностью вращения вокруг вертикальной оси, проходящей через центр колеса



Рисунок 6 Шасси с возможность вращения вокруг вертикальной оси, проходящей через ось, не проходящей через центр колеса

## Методы и алгоритмы управления движением мобильного робота

Классическая структура системы управления МР включает в свой состав следующие структурные единицы:

Стратегический уровень системы управления (система управления поведением) представляет собой интеллектуальную систему, позволяющая реализовать сложные последовательности действий робота, приводящие к решению им поставленной задачи. Стратегический уровень системы управления раскладывает поставленную задачу на более мелкие подзадачи до тех пор, пока она не будет состоять из заданий для тактического уровня системы управления.

Тактический уровень системы управления (система управлением поведением) представляет собой интеллектуальные алгоритмы, решающие задачи движения мобильного робота в среде с препятствиями, а также контурная система управления движением манипулятора робота (ПЗК/ОЗК), в т.ч. интеллектуальные системы обхода препятствий манипулятором робота. На вход тактического уровня системы управления поступают целевые точки как для системы управления движением, так и для манипулятора робота. На выходе – заданные скорости и углы ориентации звеньев.

Нижний (приводной) уровень системы управления (система управления двигателями). Под приводным уровнем подразумевают регуляторы скорости и положения, реализованные внутри микропроцессоров контроллера управления исполнительными механизмами робота. На вход нижнего уровня системы управления поступают задания на скорости и углы поворота звеньев, а на выходе формируются управляющие напряжения для двигателей робота. В последние годы в связи с бурным ростом производительности микроконтроллеров и активным внедрением ПЛИС (программируемых логических матриц) стало модно разрабатывать для нижнего уровня системы управления интеллектуальные регуляторы, инвариантные к инерции нагрузки и самой нагрузке (в пределах мощности двигателя).

Система навигации позволяет роботу определять свое местоположение и ориентацию на карте местности. Данная информация необходима для выбора роботом направления движения к целевой точке

Информационно-измерительная система позволяет роботу получать, и обрабатывать информацию, полученную с различных сенсоров и датчиков. В ряде случаев, на основе обработки информации с нескольких датчиков удается получить новую информацию, например, на основе совместной обработки изображений с двух камер получить стереоизображение, на основе которого вычислить расстояния до препятствий.

Совокупность всех датчиков и сенсоров называют «системой очувствления», к ней относятся: видеокамеры, микрофоны, дальномеры, акселерометры, гироскопы, магнитометры, некоторые датчики обратной связи (например, датчики на колесах).

Пример классической структуры системы управления мобильным роботом показан на рисунке 7.



Рисунок 7 Классическая структура системы управления МР

**Система планирования**

Планирование траектории – это одна из наиболее важных задач в навигации автономных роботов. Существует два типа планирования траектории мобильных роботов: глобальное планирование траектории и локальное планирование траектории.

Глобальное планирование траектории включает несколько методов, и все они работают в режиме офф-лайн. Однако этот метод не подходит для навигации в неизвестной динамической среде. Поэтому этот метод включает использование метода локального планирования траектории с использованием датчиков.

Локальное планирование траектории использует информацию датчиков, например, ультразвуковых. Боренстэн и Корен предлагали метод гистограммы векторов для быстродвижущегося мобильного робота, который имеет ультразвуковые датчики. Однако этот метод имеет недостаток, потому что трудно определить скорость и направление мобильного робота в сложных ситуациях. Чтобы решить эту проблему, требуется применение нейронной сети и нечеткой логики.

**Система принятия решений**

Информация, полученная от датчиков, должна быть обработана, и проанализирована – этим занимается система принятия решений (внутреннего управления). Она содержит правила поведения робота в зависимости от времени и информации, поступающей от других систем. Включение робота приводит к тому, что он начинает действовать согласно этим правилам. Под действием понимается управление своими механизмами, включение или отключение моторов, передача и получение информации по системам связи.

Правила поведения роботов содержатся в его памяти в машинных кодах. Но перед этим они создаются людьми сначала в виде алгоритмов, а затем в виде программы на языке программирования. Роботы сами не способны изменять правила своего поведения.

Система принятия решений является «компьютером» робота и может быть реализована на схожих компонентах. Эту систему можно также назвать центральной системой робота.

Функции системы принятия решений в роботах выполняют микроконтроллеры. Микроконтроллер – микросхема, включающая в себя несколько устройств:

* процессор;
* постоянная память;
* оперативная память;
* аналого-цифровые преобразователи;
* широтно-импульсные генераторы.

Процессор выполняет все операции, связанные с логикой и арифметикой, и управляет программами робота.

Постоянная память (постоянное запоминающее устройств (ПЗУ)) является жестким диском робота, в ней хранятся программы и данные, которые не стираются при отключении от питания.

Оперативная память (оперативное запоминающее устройство (ОЗУ)) является памятью быстрого доступа робота, в ней хранятся данные и программы, используемые контроллером в процессе работы.

Аналогово-цифровые преобразователи преобразуют уровни напряжения в числовую форму.

Широтно-импульсные генераторы используются для генерации электрических импульсов определенной частоты и ширины, и служат для управления внешними устройствами, такими как двигатель постоянного тока.

**Система управления исполнительными элементами**

Мобильный робот может непосредственно подчиняться командам оператора, работать по заранее составленной программе либо следовать набору общих указаний с помощью технологии искусственного интеллекта. В качестве исполнительных мобильного робота над которым ведется данная работа используются электрические приводы.

Электрический привод (сокращенно – электропривод) – это электромеханическая система для приведения в движение исполнительных механизмов рабочих машин и управления этим движением в целях осуществления технологического прогресса.

Современный электропривод – это совокупность множества электромашин, аппаратов и систем управления ими. Он является основным потребителем электрической энергии (до 60 %) и главным источником механической энергии в промышленности.

Двигатели разделяют на виды:

* Нерегулируемые, простейшие, предназначенные для пуска и остановки двигателя, работающие в односкоростном режиме;
* Регулируемые, предназначенные для регулирования частоты вращения и управления пуском и торможением электродвигателя для заданного технологического процесса;
* Неавтоматизированные;
* Автоматизированные.

Автоматизированный электропривод в настоящее время получил широкое применение во всех сферах жизни и деятельности общества – от сферы промышленного производства до сферы быта.

Современный электропривод содержит в своем составе систему автоматического управления, которая в простейших случаях осуществляет пуск, отключение двигателя и его защиту, а в более сложных управляет технологическим процессом приводимого в движение механизма. Характерная тенденция в развитии современного машиностроения и производства – упрощение кинематических цепей механизмов при усложнении и совершенствовании систем управления их электроприводами. Происходит постоянное расширение области применения регулируемого электропривода, главным образом за счет количественного и качественного роста регулируемых электроприводов переменного тока.

Рост степени интеграции в микропроцессорной технике и переход от микропроцессоров к микроконтроллерам с встроенным набором специализированных периферийных устройств, сделали необратимой тенденцию массовой замены аналоговых систем управления приводами на системы прямого цифрового управления. Под прямым цифровым управлением понимается не только непосредственное управление от микроконтроллера каждым ключом силового преобразователя (инвертора и управляемого выпрямителя, если он есть), но и обеспечение возможности прямого ввода в микроконтроллер сигналов различных обратных связей (независимо от типа сигнала: дискретный, аналоговый или импульсный) с последующей про­граммно-аппаратной обработкой внутри микроконтроллера. Таким образом, система прямого цифрового управления ориентирована на отказ от значительного числа дополнительных интерфейсных плат и создание одноплатных контроллеров управления приводами.

Регулирование скорости – это принудительное изменение скорости электропривода, в зависимости от требований технологического процесса.

Регулирование угловой скорости двигателя постоянного тока может осуществляться несколькими способами:

* Регулирование с помощью сопротивления в цепи якоря. Этот способ применяется при невысоких требованиях к показателям качества регулирования скорости, отличаясь в то же время универсальностью и простотой реализации.
* Регулирование изменением магнитного потока. Находит широкое применение в ЭП вследствие простоты его реализации и экономичности, так как регулирование осуществляется в относительно маломощной цепи возбуждения двигателя и не сопровождается большими потерями мощности.
* Регулирование изменением напряжения якоря. Изменение частоты вращения происходит в сторону уменьшения от основной, т.к. напряжение, прикладываемое к якорю, в большинстве случаев, может изменяться тоже только вниз от номинального. Плавность регулирования определяется плавностью изменения питающего напряжения.
* Импульсное регулирование. На двигатель с помощью импульсного прерывателя периодически подаются импульсы напряжения определенной частоты. В период времени t, когда электронный ключ замкнут, питающее напряжение U подается полностью на якорь двигателя, и ток через него увеличивается. Когда электронный ключ разомкнут, с якоря снимается питающее напряжение. При этом ток якоря уменьшается. Период Т примерно в два раза меньше постоянной времени цепи якоря. Поэтому за время импульса t ток в двигателе не успевает возрасти, а за время T-t уменьшится. Среднее значение напряжения, подаваемого на обмотку якоря Ua =Ucp =U/T=αT, где α=t/T коэффициент регулирования напряжения. Среднее напряжение Ucp, подаваемое на двигатель, регулируют путем изменения либо продолжительности периода Т между подачей управляющих импульсов на электронный ключ при t=const (частотно-импульсное регулирование), либо путем изменения времени t при T=const (широтно-импульсное регулирование). Используют также комбинированное регулирование, при котором изменяется как Т, так и t.

Перейдем к рассмотрению методов управления МР. Для начала рассмотрим программное управление. Начиная с середины двадцатого столетия, активно ведутся исследования в области синтеза законов управления. Наиболее распространёнными методами синтеза законов управления РТС являются параметрические методы. В параметрических методах синтеза законов управления необходимо задать формальное описание типовой структуры регулятора с параметрами, значения которых зависят от конкретной области применения. Результатом параметрического синтеза системы управления является пропорционально интегрально дифференциальный регулятор или ПИД-регулятор.

u(t)=𝐾п∗𝑒(𝑡)+𝐾д∗𝑑𝑒𝑑𝑡+𝐾и∗∫𝑒(𝑡)𝑑(𝑡),𝑡0 (1.1)

где Kп, Кд, Ки – коэффициенты, соответственно, пропорциональной, дифференциальной и интегральной составляющих сигнала e(t); e(t)- сигнал ошибки в данном контуре управления (например, положения, скорости или крутящего момента).

В данном регуляторе пропорциональный элемент отвечает за подавление отклонения стабилизируемой величины от желаемого значения в текущий момент времени. Интегральный элемент отвечает за подавление статической ошибки стабилизируемой величины. Дифференциальный элемент ПИД-регулятора отвечает за подавление динамически изменяемых возмущений стабилизируемой величины. Существуют частные реализации ПИД- регулятора, а именно: П-регулятор, И-регулятор, ПД-регулятор и ПИ-регулятор, которые применяются в тех случаях, когда реализация всех составляющих данного регулятора нецелесообразна.

# Обзор методов идентификации динамических систем

Идентификация динамических объектов в общем случае состоит в определении их структуры и параметров по наблюдаемым данным – входному воздействию и выходным величинам.

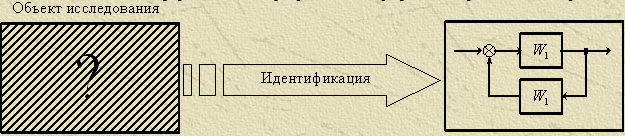
В этом случае объект (элемент системы, объект управления, элемент технологического процесса и т. п.) представляет собой "черный ящик". Исследователю необходимо, подвергая объект внешним воздействиям и анализируя его реакции, получить математическую модель (описание его структуры и параметров), то есть превратить "черный ящик" в "белый ящик", добиться его "информационной прозрачности". Графически процесс идентификации иллюстрирует рисунок 8.

Рисунок 8 Процесс идентификации методом черного ящика

Важным моментом этого процесса является выбор точек приложения внешних воздействий и сбор информации о реакциях объекта, то есть размещение управляющих устройств и датчиковых систем.

Решается при идентификации объектов и более простая (относительно простая) задача, это задача идентификации параметров, когда заранее известна структура математической модели объекта, но не известны ее параметры. В этом случае говорят о переходе от "серого ящика" к "белому ящику". Графически процесс идентификации параметров иллюстрирует рисунок 9.

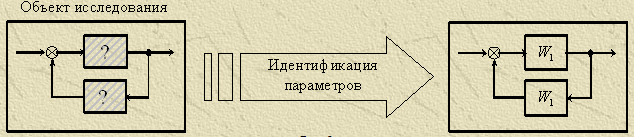


Рисунок 9 Процесс идентификации системы методом серого ящика

# Описание элементов мобильного робота

В качестве объекта управления была выбрана модель заднеприводного электрического электро-квардроцикла Razor dirt quad (см. рисунок 10).



Рисунок 10 модель квадроцикла

Квадроцикл способен развивать скорость до 20км/ч, имеет регулируемый угол поворота руля, акселератор для контроля скорости, 13-дюймовые шины с высоким протектором, Мотор и зубчатую передачу с высоким крутящим моментом. Габаритные размеры модели представлены в таблице 1.

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Значение, мм |
| Длина | 1030 |
| Ширина | 600 |
| Высота | 830 |
| Колесная база | 700 |
| Диаметр шин | 330 |

Таблица 1 - Габаритные размеры модели Razor dirt quad

## Контроллер нижнего уровня

В качестве управляющего контроллера был выбран WeMos (рисунок 11). Основные технические характеристики контроллера приведены в таблице 1. Принципиальная схема контроллера приведена в приложении Б.

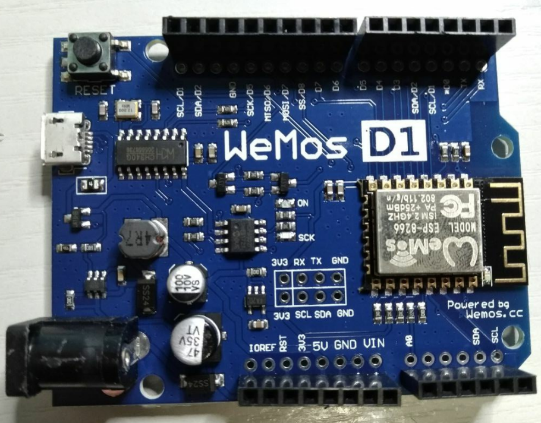
 Рисунок 11 Контроллер WeMos D1

Таблица 1 Технические характеристики WeMos D1

|  |  |
| --- | --- |
| Микроконтроллер | ATmega328 |
| Рабочее напряжение | 5 В |
| Входное напряжение (рекомендуемое) | 9-24 В |
| Цифровые Входы/Выходы | 11 |
| Аналоговые входы | 1 |

## Драйвер моторов

В качестве драйвера для управления мотором актуатора был выбран контроллер Pololu (рисунок 12). Основные технические характеристики приведены в таблице 2.

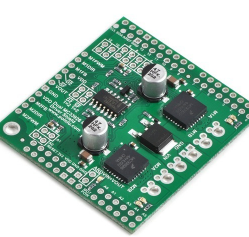


Рисунок 12 Контроллер Popolu

Таблица 2 Технические характеристики Pololu

|  |  |
| --- | --- |
| Минимальное рабочее напряжение | 5В |
| Максимальное рабочее напряжения | 28В |
| Выходной ток на канал | 3А |
| Максимальная частота ШИМ | 20кГц |
| Логическое напряжение | 2.5-5.5В |

## Линейный электромеханический актуатор.

В качестве исполнительного устройства был выбран линейный электромеханический актуатор LAM3, изображенный на рисунках 13, 14 и 15. Линейный актуатор LAM3 состоит из двигателя постоянного тока, редуктора и винта, интегрированные в единый механизм компактного размера для совершения линейных перемещений. Основные технические характеристики актуатора LAM3 приведены в таблице 3.



Рисунок 13 Актуатор LAM3 вид спереди



Рисунок 14 Актуатор LAM3 вид сзади

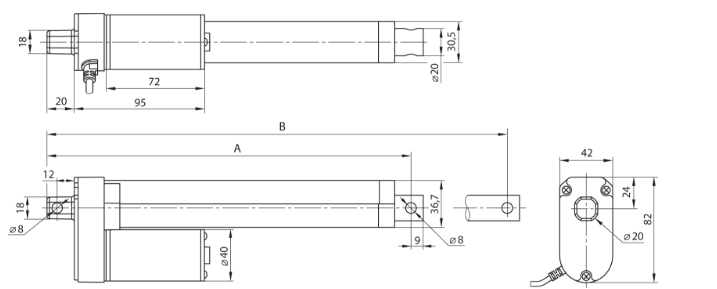


Рисунок 15 Схема актуатора LAM3

Таблица 3 Технические характеристики LAM3

|  |  |
| --- | --- |
| Напряжение питания двигателя | 24 В |
| Усилие | 240 Н |
| Максимальная длина хода | 300 мм |
| Скорость движения | 25 мм/с |
| Номинальный ток | 1.9А |

## Энкодер актуатора

В качестве датчика линейного положения был выбран ДП-100, изображенный на рисунках 16 и 17. Основные технические характеристики приведены в таблице 4.



Рисунок 16 Датчик линейного положения ДП-100 вид спереди



Рисунок 17 Датчик линейного положения ДП-100 вид сзади

Таблица 4 Технические характеристики ДП-100

|  |  |
| --- | --- |
| Число импульсов на один оборот | 100 |
| Напряжение питания | 12 В |
| Ток потребления | 15 мА |
| Рабочий диапазон температур | -40…+50 С |

На квадроцикл было установлено дополнительное оборудование:

* лазерные сканеры для построения карты местности и определения высот низких и высоких препятствий;
* промышленный контроллер для машинного зрения;
* жесткий диск;
* видеокамера с возможностью поворота;
* сканер ближнего диапазона для определения препятствий непосредственно на пути робота;
* 3G роутер для связи с роботом на расстояниях, превышающих 200 метров;
* Wi-Fi точка доступа для высокоскоростной связи с роботом на небольших расстояниях;
* аккумулятор свинцовый 12В-52Ач;

Полный список оборудования и его технические характеристики представлены в приложении А.

# Разработка системы управления направлением движения мобильного робота

Система, разрабатываемая в рамках текущей выпускной квалификационной работы является системой приводного (нижнего) уровня. Задача данной системы – управление углом поворота направляющих колес мобильного робота. Для простоты разработки и отладки система разделена на две горизонтально расположенные взаимодействующие подсистемы:

* Подсистема связи и обработки команд
* Подсистема управления углом поворота колес

Общая структура системы приведена на рисунке 7.

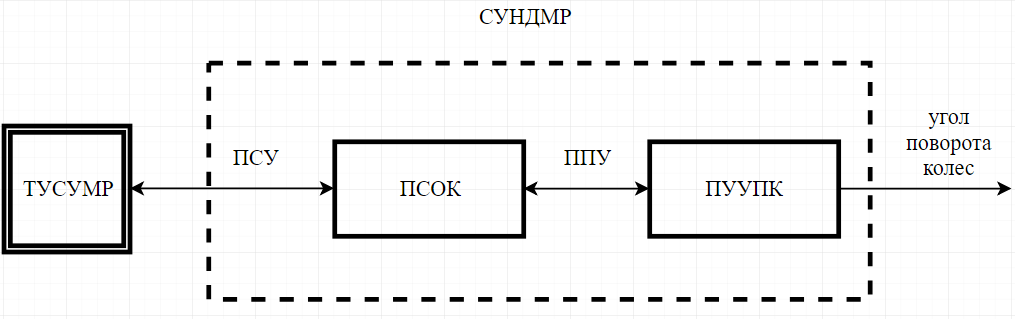


Рисунок 18 Структура системы управления направлением движения мобильного робота; СУНДМР – система управления направлением движения мобильного робота, ТУСУМР - стратегический уровень системы управления мобильным роботом, ПСУ – протокол сеансового уровня, ППУ – протокол прикладного уровня, ПСОУ – подсистема связи и обработки команд, ПУУПК – подсистема управления углом поворота колес.

Обе подсистемы реализованы программно на контроллере нижнего уровня WeMos D1.

## Подсистема связи и обработки команд

Подсистема связи и обработки команд выступает в роли интерфейса взаимодействия СУСУМР и ПУУПК. Взаимодействие между ТУСУМР происходит по специально разработанному протоколу сеансового уровня (ПСУ).

Задачи подсистемы связи и обработки команд:

1. Прием входных данных от СУСУМР, их разбор в соответствии с ПСУ, и выдача значения угла поворота колес на ПУУПК.
2. Прием данных о текущем положении поворотных колес МР от ПУУПК, их трансляцию в соответствии с ПСУ и отправку на ТУСУМР.

Связь между ТУСУМР и ПУУПК осуществляется по дуплексному каналу связи. Для инициализации соединения между ПСОК и ТУСУМР используется библиотека Serial. Serial.begin (рисунок 8) инициирует последовательное соединение и задает скорость передачи данных в бит/с. После установления соединения ТУСУМР и ПСОК обмениваются данными в асинхронном режиме согласно протоколу ПСУ. Программная реализация ПСОК и описание протокола ПСУ приведены в приложении В и Г соответственно.

## Подсистема управления углом поворота колес

В задачи подсистемы управления углом поворота колес входит:

1. Прием входных данных от ПСОК.
2. Трансляция входных данных в соответствии с ППУ в значение угла поворота колес.
3. Вывод поворотных колес на целевое значение и его поддержание.
4. Выдачу данных о текущем положении колес на ПСОК.

### Кинематическая схема узла поворотных колес

Для получения зависимости между положением актуатора и углом поворота колес выполнена кинематическая схема (рисунок 19).

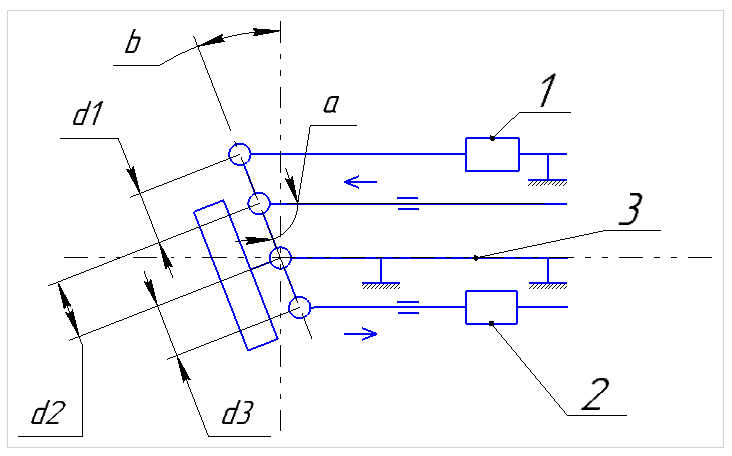


Рисунок 19 Принципиальная кинематическая схема узла поворотных колес

Связь между положением актуатора (x) и углом поворота колес (:

### Идентификация системы

Для настройки контура регулирования системы необходимо построить ее математическую модель. В данной работе для построения модели системы производится идентификация методом «черного ящика» с использованием специализированного программного обеспечения System Identification Toolbox. Для идентификации системы методом «черного ящика» был проведен эксперимент. В результате эксперимента был получен набор данных, часть которых приведена на рисунке 20. Экспериментальные данные представляют собой набор значений напряжения (в условных единицах) и соответствующий им набор скоростей движения актуатора (мм/с). Экспериментальные данные в полном объёме приведены в приложении 3.

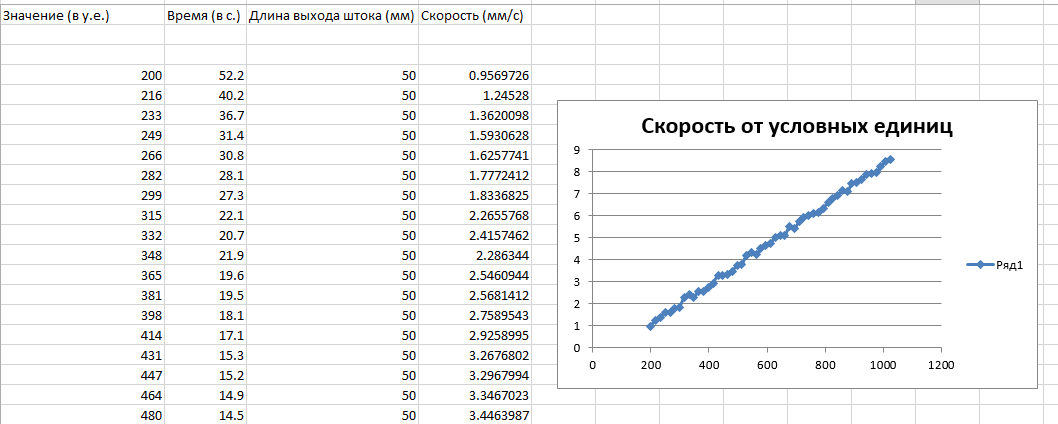


Рисунок 20 Результаты эксперимента

Пакет ident для своей работы требует объект типа iddata, который создается на основе экспериментальных данных (рисунок 21).

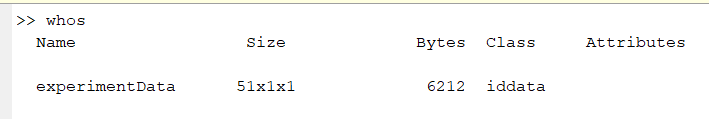


Рисунок 21 Экспериментальные данные в рабочем пространстве Matlab

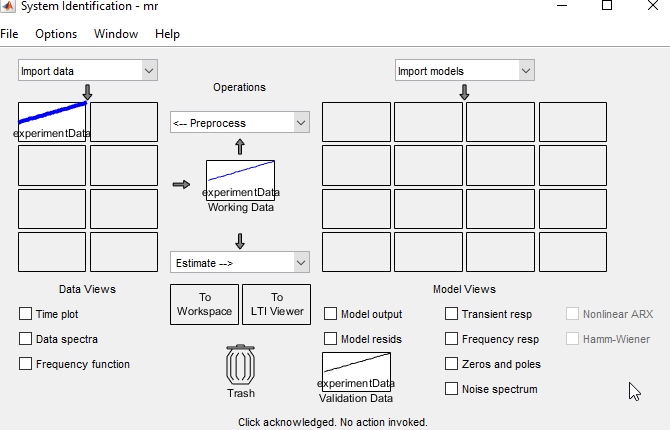


Рисунок 22 Главное окно пакета ident

После загрузки экспериментальных данных в пакет для идентификации (рисунок 22) получаем возможность обработать данные с целью получения модели системы. (рисунок 23).

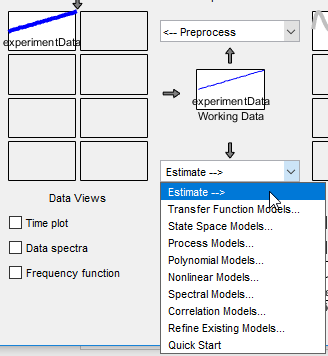


Рисунок 23 Выбор действия с данными experimentData

Для получения модели в виде передаточной функции выбираем Transfer Function Models и задать параметры передаточной функции (рисунок 24).

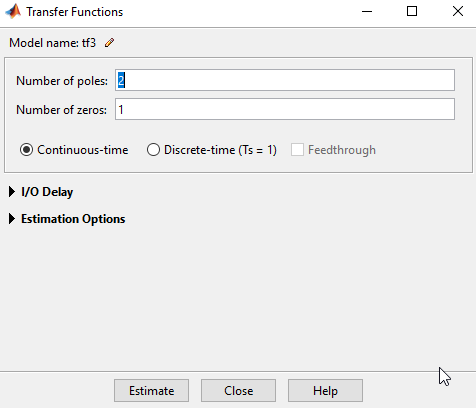


Рисунок 24 Установка параметров передаточной функции

Были получены передаточные функции (таблица 5):

Таблица 5 Экспериментальные передаточные функции

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название передаточной функции | Порядок числителя | Порядок знаменателя |
| tf1 | 0 | 2 |
| tf2 | 1 | 3 |
| tf3 | 0 | 1 |

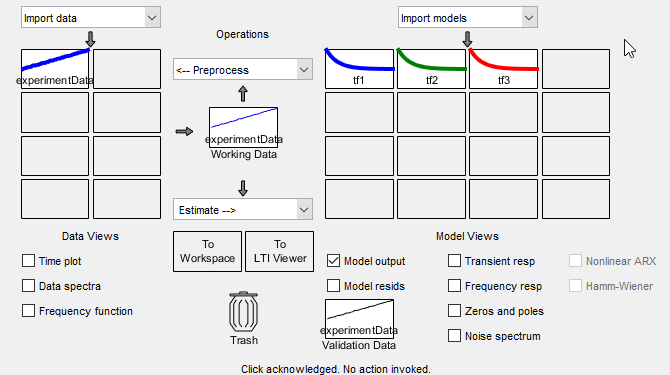


Рисунок 25 Передаточные функции общий вид

Параметры передаточных функций tf1, tf2, tf3 (рисунок 25) приведены на рисунках 26, 27, 28 соответственно.

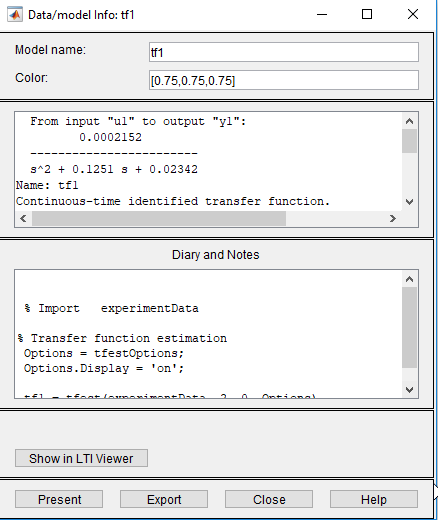


Рисунок 26 Передаточная функция tf1

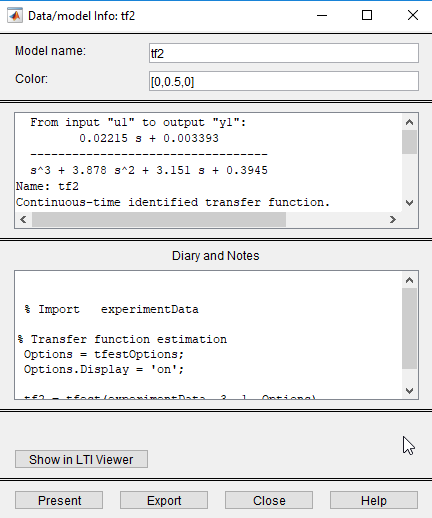


Рисунок 27 Передаточная функция tf2

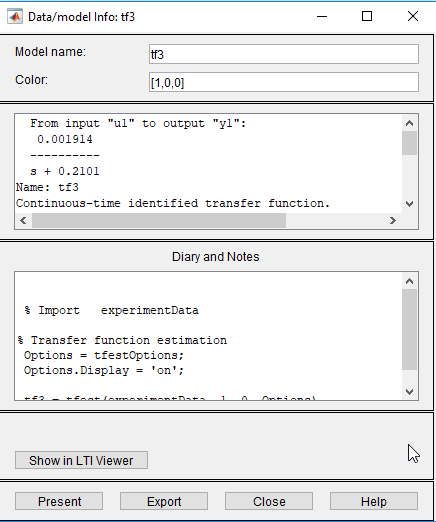


Рисунок 28 Передаточная функция tf3

Графическое сравнение tf1, tf2, tf3 и экспериментальных данных приведено на рисунке 29.

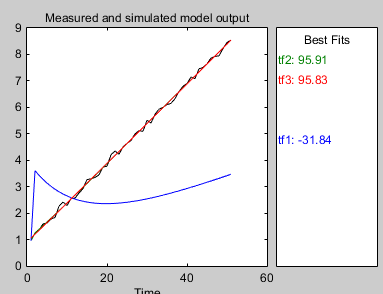


Рисунок 29 Сравнение передаточных функций

В качестве математической модели системы была выбрана передаточная функция Tf3.

Построив модель для снятия реакции системы на еденичное входное воздействие (рисунок 30) получаем переходную характеристику (рисунок 31).

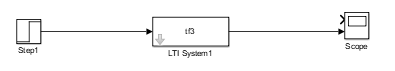


Рисунок 30 Модель Matlab для исследования системы

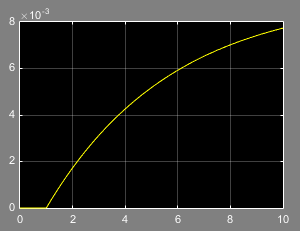


Рисунок 31 Переходная характеристика системы без регулятора

Видно, что данная переходная характеристика имеет плохие показатели качества.

### Настройка контура регулирования

Для улучшения показателей качества переходного процесса необходимо ввести в систему регулятор. Для этого необходимо определиться с типом регулятора, а затем подобрать коэффициента исходя из желаемых показателей качества переходного процесса.

#### Выбор типа регулятора

Так как в системе из-за конструктивных особенностей присутствуют достаточно большой люфт. Введение в систему ПИД или ПИ регулятора нецелесообразно. Сравнивается поведение системы при введении П и ПД регуляторов поочередно.

#### Настройка коэффициентов регулятора

Для автоматического поиска коэффициентов исходя из требований к переходному процессу построена схема, изображенная на рисунке 32.

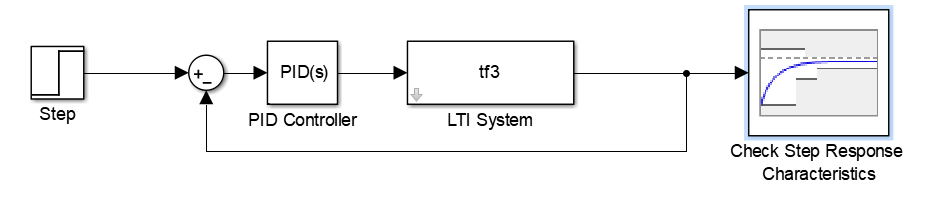


Рисунок 32 Схема для поиска коэффициентов регулятора

При этом необходимо в командном окне задать переменные Kp, Kd, в которые будут записаны найденные коэффициенты. После чего эти переменные указываются в блоке PID Controller (рисунок 33), в поле параметра Proportional переменная Kp, а в поле Derivative - Kd.



Рисунок 33 Настройка контроллера

Настройка блока Signal Constraint позволяет задать допустимые пределы на прямые показатели качества системы. Перемещая отрезки в области окна блока необходимо установить требуемые параметры коридора для оптимизации переходной функции (рисунок 34). Альтернативный способ задания показаний качества через окно на рисунке 35.

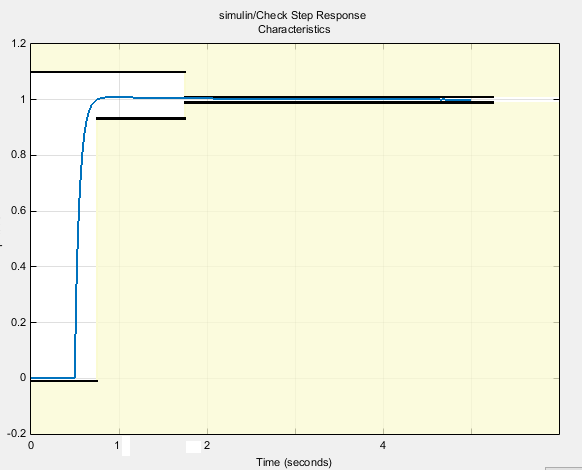


Рисунок 34 Оптимизация переходной функции

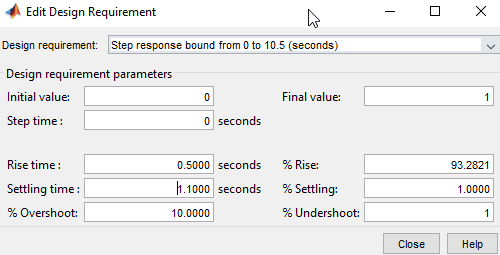


Рисунок 35 Установка показателей качества через графическое окно

В результате получаем коэффициенты регулятора Kp = 40, Kd = 0.002;

Добавим в систему ПД регулятор с найденными коэффициентами (рисунок 36) и получим переходную характеристику (рисунок 37).

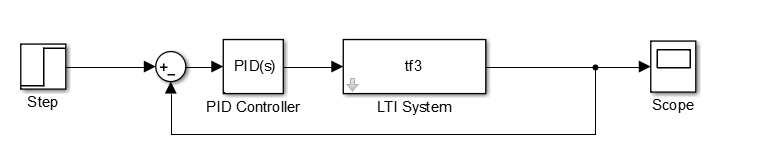


Рисунок 36 Модель системы с регулятором

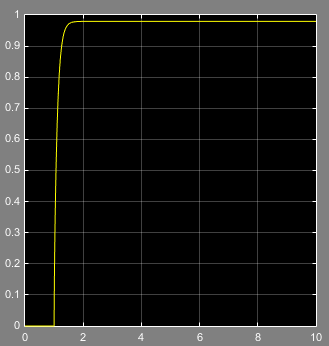


Рисунок 37 Переходная характеристика системы с ПД регулятором

После проведения аналогичных действий по подбору коэффициента П регулятора и введения его в систему получаем переходный процесс изображенный на рисунке 38.

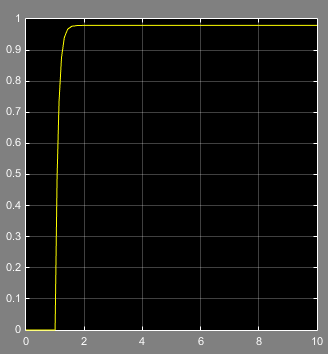


Рисунок 38 Переходная характеристика системы с П регулятором

По графикам на рисунках Т и Т видно, что система ведет себя практически одинаково с П и ПД регулятором.

#### Проведение эксперимента при различных регуляторах

Для выявления лучшего регулятора была проведена серия экспериментов по выходу системы на целевое положение. Результаты экспериментов изображены на рисунках 39, 40, и 41. Экспериментальный данные в полном объёме приведены в приложении Г.

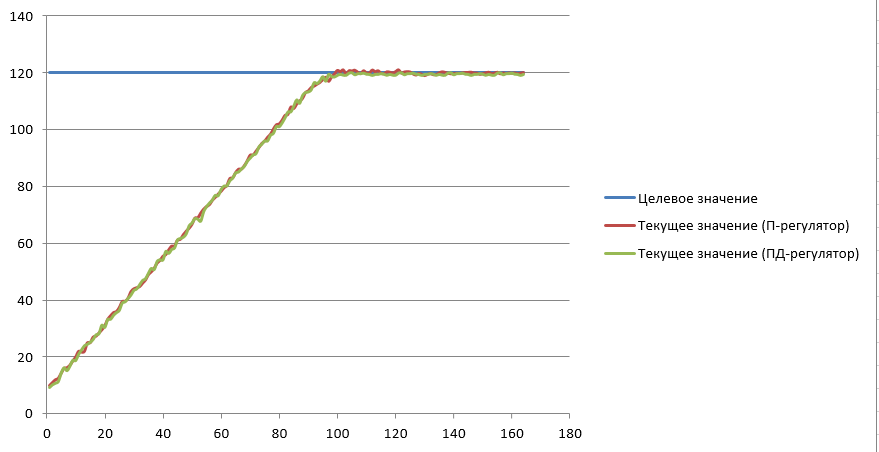


Рисунок 39 Эксперимент. Выход на целевое значение.

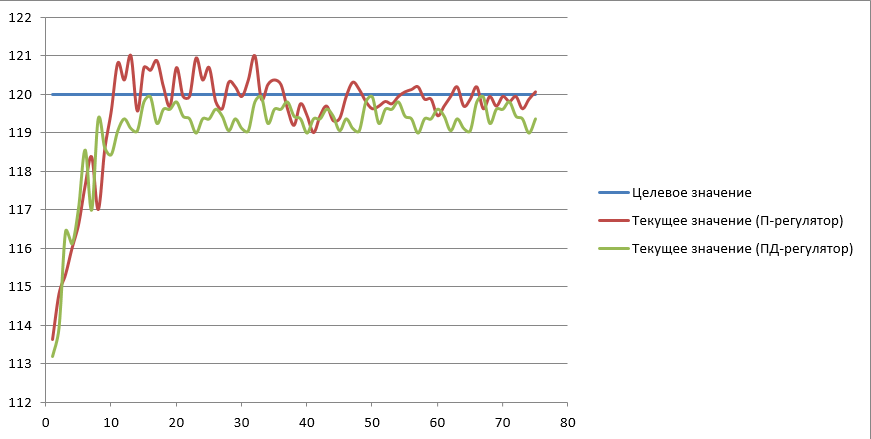


Рисунок 40 Эксперимент. Выход на целевое значение. Крупный масштаб.

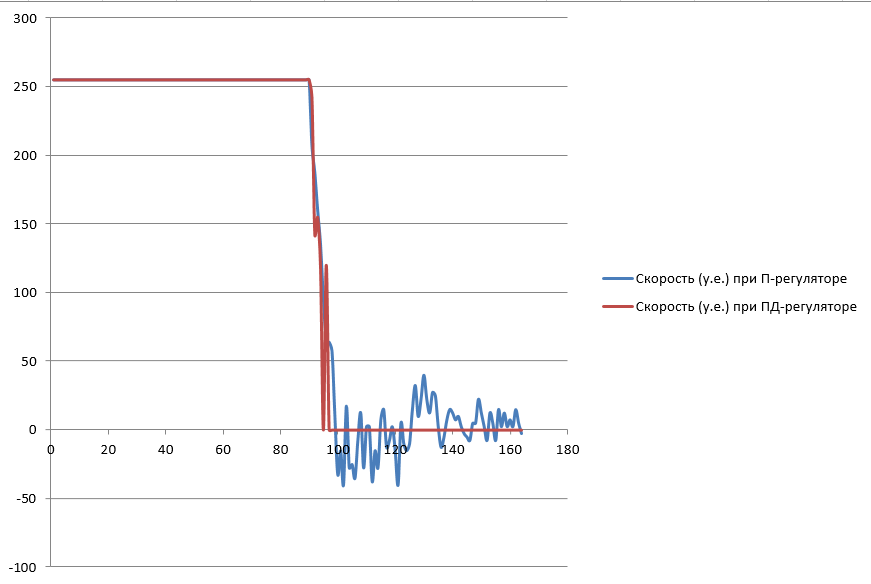


Рисунок 41 Эксперимент. Переходные характеристики системы при П и ПД регуляторах.

По рисунку 41 видно, что переходный процесс системы с ПД регулятором имеет лучшие показатели качества чем системы с П регулятором. Полный листинг программы проведен в приложении Д.

# Охрана труда и экология

Объектом исследования является помещение (рисунок 42), в котором проводилась работа над дипломным проектом. Помещение расположено в панельном здании на втором этаже. Общая площадь помещения 46 м2, высота 2.8 м. В помещении находится 5 рабочих мест на каждом из которых установлен компьютер.

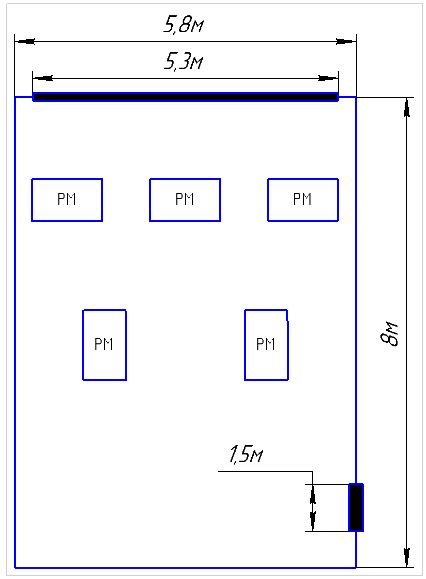


Рисунок 42 Схема помещения (РМ-рабочее место)

Естественный свет поступает через окно размером 5.3 м х 2.5 м, которое ориентировано на север. Основной документ, устанавливающий нормы шума, освещенности и микроклимата на местах работы за ПЭВМ – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

## Анализ опасных вредных факторов на этапе разработке программного обеспечения

Внедрение вычислительной техники на производстве даёт положительный социально-экономический эффект, который выражается в росте производительности, снижении доли рутинного, монотонного труда, повышения скорости расчётов, скорости обмена информацией.

У людей, длительно использующих ПЭВМ могут быть отмечены такие реакции как нарушение функций зрения, быстрое общее утомление. Для того чтобы избежать вредного воздействия при работе с вычислительной техникой необходимо соблюдать соответствующие меры безопасности, правильно планировать рабочее место и режим работы. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах, а также требования к организации контроля этих факторов устанавливаются государственными правовыми актами СанПиН.

### Уровень шума на рабочем месте

На человека постоянно воздействуют различные акустические факторы (шум, ультразвук и инфразвук). Шумы беспорядочно изменяются во времени и вызывают неприятные субъективные ощущения. Шум вредно действует на здоровье и труд людей. Он является общебиологическим раздражителем. В результате воздействия шума снижается производительность труда, растет число ошибок при работе, повышается опасность травмирования. Шум приводит к снижению внимания, замедляет реакцию человека на поступающие от технических устройств сигналы. Шум способствует увеличению числа всевозможных заболеваний еще и потому, что он угнетающе действует на психику, способствует значительному расходованию нервной энергии. Шум на рабочем месте пользователя ПК создается вентиляционной системой ЭВМ и печатающим устройством. По сути – это колебания, порождаемые в нем различными механическими приводами, многократно усиливаемые всевозможными резонирующими элементами конструкций и передаваемые в воздушной среде пользователям компьютера, в виде различных паразитных шумов. Нормы уровня шума на рабочем месте устанавливает СанПиН 2.2.4.3356-16. Согласно СанПиН, уровень шума на местах работы за ПЭВМ не должен превышать 50 дБА.

### Статические нагрузки и монотонность труда

Состояние монотонности вызывается действительным и кажущимся однообразием выполняемых на работе движений и действий. Под влиянием монотонности человек становится вялым и безучастным к работе. Длительное пребывание в фиксированной рабочей позе, необходимость ввода с клавиатуры большого количества информации, необходимость быстрого ввода информации, сменный режим работы, отсутствие перерывов, — все это отрицательно действует на организм человека, приводя к преждевременному утомлению. Также, выполнение многих операций вынуждает пользователя ПК пребывать в позах, требующих длительного статического напряжения мышц спины шеи, рук, ног. Это приводит к их утомлению и появлению болезненности, одеревенелости и онемения в мышцах шеи и плечевого пояса, болях в позвоночнике, болезненности и одеревенелости в мышцах рук и ног. Болезненные ощущения в различных группах мышц связаны с тем, что они, постоянно находясь в состоянии сокращения, не расслабляются, вследствие чего в них ухудшается кровообращение. Причиной болезней пальцев и кистей рук является специфика работы на клавиатуре: пользователи с высокой скоростью повторяют одни и те же движения. Поскольку каждое нажатие на клавишу сопряжено с сокращением мышц, сухожилия непрерывно скользят вдоль костей и соприкасаются с тканями, в результате развиваются воспалительные процессы. Отмеченные эргономические неудобства вызывают необходимость вынужденной рабочей позы и могут привести к нарушениям в костно-мышечной и периферийной нервной системах

### Недостаточная освещенность

Отсутствие или недостаточность естественного освещения, повышенная яркость света, блики (отражение света от блестящих поверхностей), пульсация светового потока (мерцание изображения) оказывают вредное воздействие на здоровье человека – раздражение зрительных органов, головные боли, утомление. Используется общее освещение. Допускается установка светильников местного освещения для подсветки документов. Согласно СанПиН, освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность экрана не должна быть более 300лк. Следует ограничивать неравномерность распределения яркости в поле зрения монитором и ПЭВМ, при этом соотношение яркости между рабочими поверхностями не должно превышать 3:1 - 5:1, а между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования 10:1. Лампы рекомендуется использовать белого света, холодного белого света, наиболее близкие к естественному свету. Основной поток естественного света должен быть слева. Солнечные лучи и блики не должны попадать в поле зрения работающего с ПЭВМ.

### Параметры микроклимата

Микроклимат в рабочей зоне определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температурой окружающих поверхностей. Повышенная влажность затрудняет теплоотдачу организма путем испарений при высокой температуре воздуха и способствует перегреву, а при низкой температуре, наоборот, усиливает теплоотдачу, способствуя переохлаждению. Оптимальны такие параметры микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения реакций терморегуляции, что создает ощущение теплового комфорта и служит предпосылкой для высокой работоспособности.

На местах работы за ПЭВМ установлены следующие показатели микроклимата (таблица 6).

Таблица 6 Параметры микроклимата

| Период года | Температура воздуха, °C | Температура поверхностей, °C | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с, не более |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Холодный | 22 — 24 | 21 — 25 | 60 — 40 | 0,1 |
| Теплый | 23 — 25 | 22 — 26 | 60 — 40 | 0,1 |

### Поражение током на рабочем месте

Электрические установки, к которым относится практически все оборудование электронных вычислительных машин, представляют для человека большую потенциальную опасность, так как в процессе эксплуатации или проведения профилактических работ человек может коснуться частей, находящихся под напряжением.

Специфическая опасность электроустановок: токоведущие проводники, корпуса, стоек ЭВМ и прочего оборудования, оказавшегося под напряжением в результате повреждения (пробоя) изоляции, не подают каких-либо сигналов, которые предупреждали бы человека об опасности. Реакция человека на электрический ток возникает лишь при протекании последнего через человека.

Исключительно важное значение для предотвращения электротравматизма имеет правильная организация и обслуживание действующих электроустановок вычислительного центра, проведение ремонтных, монтажных и профилактических работ. В качестве защитных мер возможно применение УЗО - устройств защитного отключения, контролирующих текущее состояние электропроводки и отключающее подачу электроэнергии при любых повреждениях электропроводки в виде утечки тока.

## Расчёт коэффициента естественного освещения для места работы за ПЭВМ.

Помещения с ПЭВМ должны иметь естественное освещение. Естественное освещение должно осуществляться через светопроемы, ориентированные преимущественно на север и северо-восток и обеспечивать коэффициент естественной освещенности (КЕО) не ниже 1.2%.

Расчет КЕО производится для рабочего места, расположенного в левом верхнем углу помещения (рис. 43) ширина которого 5.8м., длина 8м., высота – 2.8 м. производится в программе Dialux Evo 7.1. Коэффициенты отражения основных поверхностей: стен – 50%, потолка – 70%, пола – 20%, мебели – 20%. 3D визуализация рабочего помещения приведена на рисунках 3 и 4.

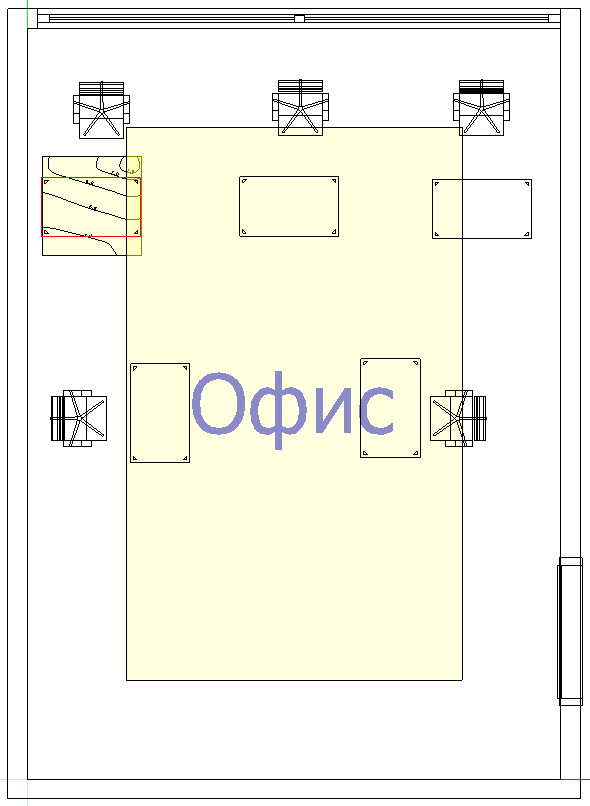
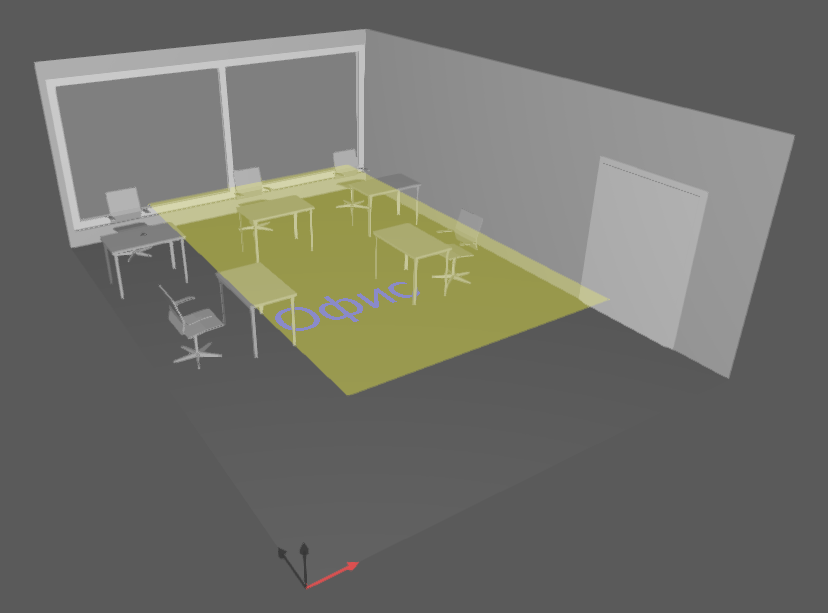


Рисунок 43 Схема рабочего помещения



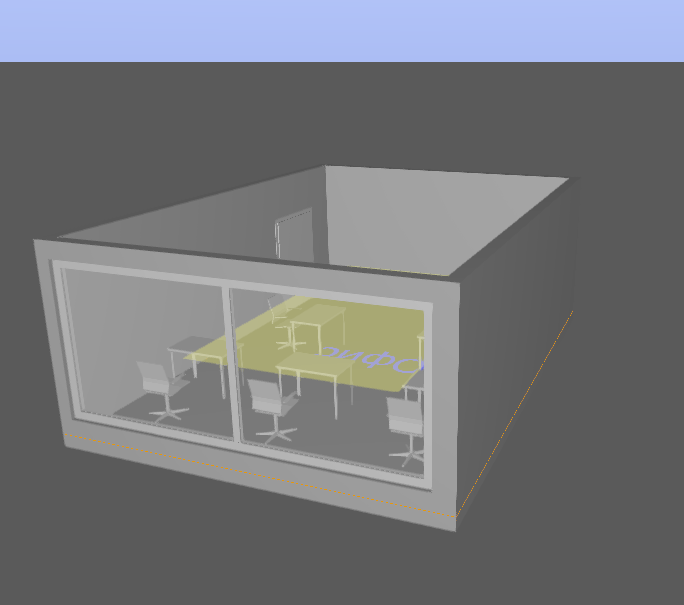


Рисунок 4 Рабочее помещение 3D визуализация вид снаружи

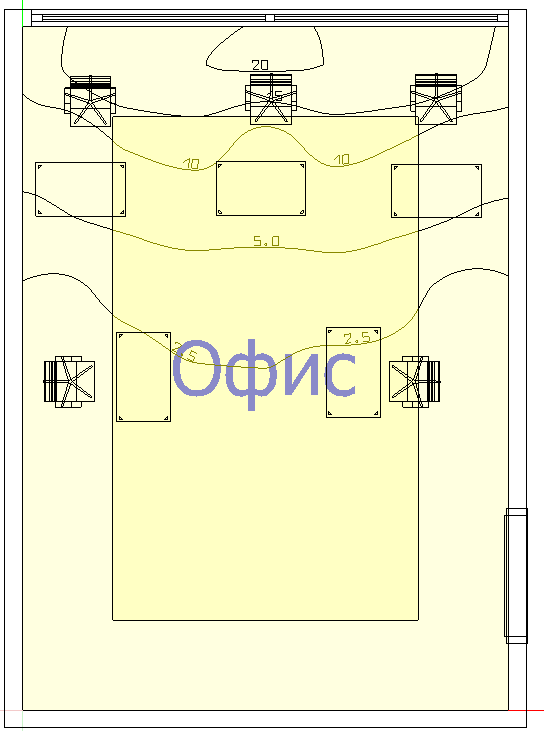


Рисунок 5 Результат расчета КЕО офиса

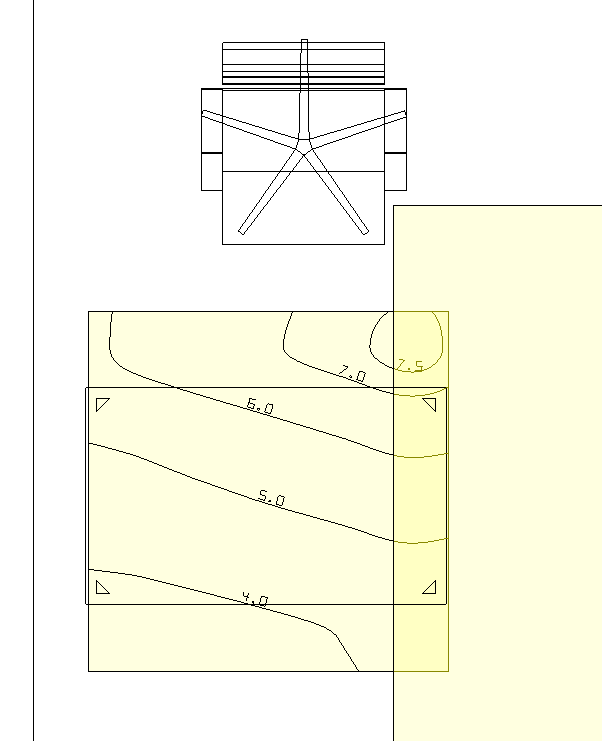


Рисунок 6 Результат расчеты КЕО на рабочем месте

На рисунках 5 и 6 приведены результаты расчеты в виде изолиний. На всей поверхности рабочего места значение КЕО выше нормы, которая равна 1.2%.

## Вопрос снижения энергопотребления в офисе.

При работе за ПЭВМ самым потребляемым ресурсом является электроэнергия. Мероприятия по сокращению потребления электроэнергии проводятся для уменьшения финансовых затратов и для уменьшения влияния вредных факторов на окружающую среду, связанных с выработкой электроэнергии. Для снижения энергопотребления ведутся работы по снижению затрат электроэнергии на:

* освещение
* электропотребляющие устройства

### Снижение энергозатрат на освещение

К основным энергосберегающим действиям в области освещения можно отнести:

* Покраска стен помещений в светлые тона. Это послужит увеличению уровня освещенности помещения.
* Использование окон с увеличенной площадью стеклопакета, с рациональным расположением относительно хода Солнца.
* Не допускать отсечения и рассеивания поступающего света из окон шторами или иными предметами.
* Поддержание чистоты источников света: окна, осветительные приборы должны обязательно быть чистыми и хорошо пропускать свет.
* Замена устаревших и энергозатратных ламп накаливания в светильниках на энергосберегающие лампы, наиболее экономичны лампы со светодиодами.
* Контроль режима работы освещения. Включать источник света только по надобности в вечернее время и избегать их работы в нерабочее время.
* Установка датчиков присутствия позволяет экономить затраты на электроэнергию за счет сокращения "холостой" работы ламп освещения;

### Снижение энергозатрат электропотребляющих устройств

На сегодняшний день используется ряд эффективных способов для экономии электроэнергии. Основные из них:

* Обучение сотрудников предприятия правильному обращению с оборудованием и компьютерной техникой. Постоянно включать и выключать персональный компьютер не надо. Как правило, современная компьютерная техника оснащена современным импульсным блоком питания, у которого потребление электричества в режиме простоя очень мало. Режим сна — наилучшее решение для компьютера во время кратковременного отсутствия сотрудника. Что касается принтеров, сканеров и прочей техники — необходимо просто их отключать тогда, когда не работаете с ними;
* Планомерная замена всего старого электрооборудования, аудио-видеоаппаратуры, силовых частей оборудования на современную и экономичную электротехнику.

# Организационно-экономическая часть

## Расчет сметы затрат на разработку программного продукта

Затраты на разработку программной продукции могут быть представлены в виде сметы затрат, включающей в себя следующие статьи:

• материалы ;

• специальное оборудование ;

• основная заработная плата производственного персонала;

• дополнительная заработная плата;

• отчисление на социальное страхование;

• накладные расходы.

**Материалы. ( Суммарные расходы на материалы разработки программного продукта )**

В приведенной ниже таблице мы видим основные материалы для разработки и завершения программного продукта и их затраты . Кроме того, мы должны рассчитать транспортно-подготовительные расходы (3-5% от стоимости материалов).

Таблица 4.1 : Затраты на материалы.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование | Ед. изм. | Кол-во | Цена за ед. [руб] | Сумма [руб] |
| 1 | Бумага | Упак.  (500 шт.) | 15 | 150 | 2250 |
| 2 | Канцтовары | - | - | - | 1500 |
| 3 | Картридж для принтера | шт. | 1 | 800 | 800 |
| 4 | Программное обеспечение | комплект | 2 | 16000 | 32 000 |
| Всего: | | | | | **36 550** |

Учитывая транспортно-заготовительные расходы, получим

См= 36 550+1100 *.* 1,03 = 37 683руб.

( где 1100.1,03=1133 – транспортные затраты расходов )

**Спецоборудование.( Суммарные расходы на аренду приборов, требуемых для разработки ПП )**

Чтобы получить лучший программный продукт, важно разработать модель рассматриваемого программного продукта. Для этого моделирования нам необходимо специальное оборудование , такое так : ЭВМ (Intel Pentium J3710, 4x1600 МГц, 4 ГБ DDR3L, HDD 500 ГБ), принтер и амортизационные отчисления.

Расчет затрат на покупку:

СК=2∙ЦБК+ЦБПр=2∙16000+3000=35 000 руб.

Амортизационные отчисления:

СА=∑(ЦБi∙α∙ti/100∙FД),

где ЦБi – балансовая цена оборудования;

FД – действительный годовой фонд времени(259 дней);

αi – норма годовых амортизационных отчислений для обслуживания данного вида.

Так как компьютерная техника допускает ускоренную амортизацию , то для компьютера α= 24%, а для принтера 20%;

ti – время использования оборудования.

В данной работе компьютеры используются 135 рабочих дня.

 руб.

## Расчет основной заработной платы.

Основная зарплата – это оплата отработанных часов или выполненного задания, а величина выплат соответствует установленным нормам труда (например, тарифные ставки или оклады).

Поскольку в нашем случае работает инженер-исследователь, то по тарифной сетке его зарплата равна:

При дневной оплате труда исполнителей следует проводить на основе данных по окладам и графика занятости исполнителей:

Сизарп= Тзан∙Одн,

где Тзан – число дней, отработанных исполнителем проекта, Одн- дневной оклад исполнителя. При 8-и часовом рабочем дне он рассчитывается по соотношению:

Одн= Омес∙8/Fм,

Где Омес – месячный оклад, Fм – месячный фонд рабочего времени.

Месячный оклад специалиста составляет 26 000 руб.

С учетом налога на доходы физических лиц размер месячного оклада увеличивается, что отражено в формуле:

Омес = О(1+Ндфл/100).

Где О – оклад, который позволит исполнителю заниматься проектом и который получен из информации кадровых агентств;

Ндфл – налог на доходы с физических лиц (15%).

Таким образом:

Омес = 25000 (1+15/100) = 28750 руб.

Одн = 28750∙8/176 = 1307 руб

Сизарп = 120∙1307 = 156 840 руб.

Таблица 4.2: Зарплаты на заработную плату программистов.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Должность | Оклад | Дн. оклад | Труд. затраты | Зар. плата |
| 1 | Программист | 25000 | 1307 | 120 | 156 840 |
| 2 | Программист | 25000 | 1307 | 120 | 156 840 |
| Итого: | | | | | **313 680** |

## Расчет дополнительной заработной платы.

Дополнительная зарплата – это оплата за сверхурочный труд (установленное законодательством) , различные трудовые успехи и надбавки за особые условия труда, очередный отпуск; компенсация за недоиспользованный отпуск, оплата льготных часов подросткам и т. д.

Дополнительная заработная плата считается как процент от основной заработной платы.

Сд = О∙0.1 =25000∙0.1 = 2500 руб.

## Расчет отчислений на социальные нужды.

В статье учитываются отчисления в бюджет социального страхования по установленному законодательством тарифу от суммы основной и дополнительной заработной платы. Коэффициент отчислений на социальное страхование, включает в себя: соц. страхование, пенсионный фонд, фонд занятости, обязательное медицинское страхование и нужды образовательных учреждений. На 2018 год отчисления составляют 30,2 % от общей ЗП.

Поэтому

Ссс = 0.302(О+Сд) = 0,302∙(25000+2500) = 8 305 руб.

## Накладные расходы.

Накладные расходы – учет всей суммы расходов, которые производятся вне осуществления производственного процесса напрямую ( например , общехозяйственные расходы, непроизводительные расходы и расходы на управление ). Данное понятие определяет траты на создание успешных условий по организации и работе программного продукции.

Накладные расходы определяются в процентном отношении к основной заработной плате.

Коэффициент накладных расходов 1.8…2.5.

Сн = 2∙О = 50000 руб.

## Смета затрат.

Смета затрат на производство представляет собой совокупность плановых затрат, выраженных в стоимостном выражении и связанных, главным образом, с выполнением работ и производством продукции соответствующей производственной программе . Как правило, смета разрабатывается на основе единой номенклатуры экономических элементов. Составление этих документов имеет большое значение в процессе планирования производства. Расчет удобнее и нагляднее производить по таблице.

Таблица 4.3 : Суммарная смета затрат на проектирование АА.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Название работы | % | Сумма[руб.] |
| 1 | Материалы (см) | 8,11 | 36 550 |
| 2 | Спецоборудование и амортизация (Ск, Са) | 8,73 | 39 315,85 |
| 3 | Основная зарплата (Со) | 69,65 | 313 680 |
| 4 | Дополнительная зарплата (Сд) | 0,56 | 2 500 |
| 5 | Социальное страхование (Ссс) | 1,85 | 8 305 |
| 6 | Накладные расходы (Сн) | 11,1 | 50000 |
| Итого(С): | | 100 | **450350,85** |

Таким образом, суммарные затраты на проектирование составляют 450 350 руб. 85 коп.

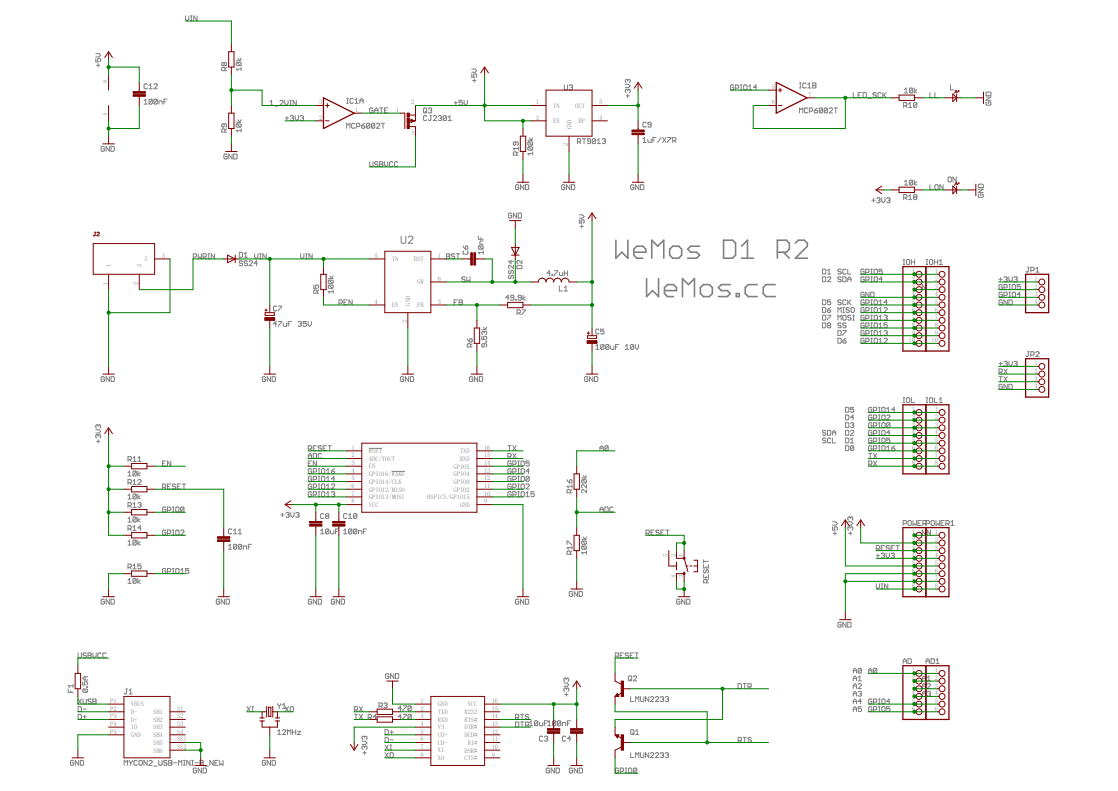
Отсюда мы можем сдать : **Рыночная стоимость** разработанного адаптивного алгоритма оценивания составляет **850 350 руб. 95 коп.**

**Номинальная стоимость** разработанного алгоритма оценивания составляет **450 350 руб. 85 коп.**

# ПриложениеА. Состав научно-учебного стенда «Автомобиль-робот» (с характеристиками)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование оборудования | единица измерения | Количество единиц | Назначение/описание | Характеристики |
| **I.** | **Научно-учебный стенд «Автомобиль-робот» в составе:** | **шт.** | **1** |  |  |
| 1 | Электрический квадроцикл Razor dirt quad | шт. | 1 | Основа автомобиля-робота | |  |  | | --- | --- | | Двигатель | 350В | | Привод | Задний | | Ведущих колёс | 2 | | Колеса с протектором | диаметр 13 дюймов | | Тормоза | дисковые на задней оси | | Посадочное место | 1 | | Максимальная скорость (не менее) | 16 км/ч | | Аккумулятор (не менее) | 2 x 12В 7 А/ч | | Время полной зарядки (не более) | 8 часов | | Время зарядки наполовину | 2 часа | | Максимальный уклон | 17% | | Запас хода (не менее) | 60 минут | | Вес (не более) | 40±2 кг | | Полная защита от влаги |  | | Регулируемый руль |  | | Максимальная нагрузка (не менее) | 55 кг | |
| 2 | Лазерный сканер HOKUYO UTM-30LX-EW | шт. | 1 | 2D ЛИДАР для построения карты местности и определения высоких препятствий. Угол обзора 270 градусов. Расстояние – 30 метров. | * Диапазон измерения (не менее): 30м * Cектор сканирования (не менее): 270° * Разрешение (не менее): 0,25° * Скорость сканирования (не менее): 25мс/скан. * Габаритные размеры (не более): 62х62х87мм * Вес (не более): 370г * Потребляемый ток (не более): 0.7-1.0А * Напряжение питания: 12В * Интерфейс: Ethernet 100 Base-TX (Auto-negotiation) TCP/IP |
| 3 | Лазерный сканер HOKUYO UBG-04LX-F01 | шт. | 1 | 2D ЛИДАР для определения низких препятствий непосредственно на пути робота. Угол обзора 240 градусов. Расстояние – 5 метров. | * Диапазон измерения (не менее): 5,6м * Cектор сканирования (не менее): 240° * Разрешение (не менее): 0,36° * Скорость сканирования (не менее): 100мс/скан. * Габаритные размеры (не более): 60х75х60мм * Вес (не более): 185г (260г с кабелем 1м) * Потребляемый ток (не более): 350мА * Напряжение питания: 5В * Интерфейс: USB 2.0 + RS232 |
| 4 | Advantech  UNO-2184G | шт. | 1 | Высокопроизводительный промышленный контроллер для машинного зрения, построения карты местности и расчета траектории | * Процессор:Intel Celeron 847/807UE/Core i7-2655LE, 1.1 GHz/1.0 GHz/2.2 GHz; * ОЗУ: 4 GB/8 GB DDR3 SDRAM; * Накопители: SATA 2.5" HDD, CompactFlash; * Питание: 9 ~ 36 VDC (e.g +24V @ 3A) (Min. 72W), AT/ATX; * 3 видеопорта (DVI, HDMI и Display Port), поддержка двух дисплеев * шесть USB 2.0 портов * два Mini PCIe сокета и слот для SIM-карты для поддержки WLAN, 3G, GPRS и GPS * четыре гигабитных LAN-порта, поддерживающих отказоустойчивость, агрегирование каналов и балансировку нагрузки; * два COM-порта, поддерживающих RS-232,422 & 485, управление потоком передачи данных * порт Power e-SATA * Порты Ethernet:4 x 10/100/1000Base-T Ethernet; * Аудио: Mic in, Line in, Line out; * Сторожевой таймер; * Диапазон рабочих температур: -10 ~ 60°C (14 ~ 140°F). * класс защиты IP40 |
| 5 | SSD SAMSUNG 840 MZ-7TD250BW, 250Гб, SATA III | шт. | 2 | Твердотельный жесткий диск для установки в контроллер и ноутбук оператора | |  |  | | --- | --- | | Тип жесткого диска: | SSD | | Форм-фактор: | 2.5 " | | Объем накопителя (не менее): | 250 Гб | | Интерфейс: | SATA III | | Максимальная скорость чтения (не менее): | 530 Мб/с | | Максимальная скорость записи (не менее): | 240 Мб/с | | Скорость произвольного чтения (4KB) (IOPS) (не менее): | 95000 | | Скорость произвольной записи (4KB) (IOPS) (не менее): | 44000 | | Толщина: | 7 мм | |
| 6 | IP-камера AXIS M5014 PTZ | шт. | 1 | Видеокамера купольного типа с возможностью дистанционного управления поворотом. | IP-камера поворотная (PTZ), MotionJPEG/H/264, 30 кдр/сек, 1280х720 (HDTV 720p), ZOOM 3-х цифр., автофокус, поворот +/-180°, наклон 90°, 1.4лк, 25 предустановок, PoE, патрулирование, одноканальный звук, встроенный микрофон, детектор звука, слот для SD-карт, HTTPS, IEEE 802.1X контроль, IPv6, встроенный WEB-сервер, класс защиты IP51   |  |  | | --- | --- | | Чувствительный элемент | 1/4-дюймовый КМОП | | Разрешение (не менее) | 1280х800 | | Стандарт сжатия видео | H.264 и MJPEG | | Скорость передачи, к/сек (не менее) | до 30 | | Чувствительность, лк (не менее) | 1.4 | | Скорость затвора, сек (не менее) | от 1/25000 до 1/6 | | Объектив, вариофокальный f, мм | 3.6 | | Поворот/наклон, град (не менее) | ±180/100 | | Аудио | двунаправленный; встроенный микрофон | | Вход тревоги/ Выход тревоги | 1/1 | | Сетевой интерфейс | 10Base-T/100Base-TX | | Напряжение питания, B | PoE | | Рабочая температура, °С (не менее) | 0…+50 | | Габаритные размеры, мм (не более) | 56х130 | |
| 7 | Сенсор Microsoft Kinect for Windows L6M-00008 | шт. | 1 | 3D сканер ближнего диапазона для определения препятствий непосредственно на пути робота | - Сенсор Kinect для Windows  - Рабочая зона (не менее) 1.8 м  - Встроенный микрофон (для распознавания голосовых команд)  - Размеры (ШхВхГ) (не более): 280х73х72 мм |
| 8 | 3G роутер TELEOFIS GTX300-S | шт. | 1 | Предназначен для связи с роботом на расстояниях, превышающих 200 метров. Использует для связи базовые станции сотовых операторов. | * Диапазон GSM : 900/1800 МГц (850/900/1800/1900МГц) * Диапазон UMTS : 900/2100МГц (900/1900/2100МГц) * Передача данных:   + HSUPA   + HSDPA   + UMTS   + EDGE   + GPRS * Скорость передачи данных (не менее):   + 21 Мбит/сек входящий канал   + 5,76 Мбит/сек исходящий канал * Опциональный Wi-Fi интерфейс * Сетевые функции: NAT, QoS, IPsec, OpenVPN, GRE, IPIP, EoIP, PPTP, PPPoE, L2TP, VLAN, MPLS и др. * Интерфейсы Ethernet, RS-232 и USB Host * Температура рабочая: -25...60°С * Габариты корпуса (не более): 112х180х32 мм * Питание 10-28V DC * Питание Power over Ethernet:  10..28V DC |
| 9 | Ubiquiti RocKet M5 | шт. | 2 | Wi-Fi точка доступа для высокоскоростной связи с роботом на небольших расстояниях | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | |  | |  |  | | --- | --- | | Общие характеристики |  | | Тип | Wi-Fi точка доступа | | Стандарт беспроводной связи | 802.11n, частота 5 ГГц | | Поддержка MIMO | есть | | Память |  | | Объем оперативной памяти (не менее) | 64 Мб | | Объем флеш-памяти (не менее) | 8 Мб | | Дополнительно |  | | Возможность установки вне помещения | есть | | Флэш-память | есть | | Размеры (не более) (ШxВxГ) | 160x30x80 мм | | Вес (не более) | 500 г | | Дополнительная информация | 1х10/100 BASE-TX (кат.5, RJ-45), Ethernet интерфейс; два разъема RP-SMA для подключения внешней антенны, рабочая температура от -30 градусов до +75 градусов | | |
| 10 | Ubiquiti AirMax Omni 5G13 | шт. | 2 | Всенаправленная Wi-Fi 2x2 MIMO антенна, усиление 13 dBi | |  |  | | --- | --- | | Частота | 5.45 - 5.85 GHz | | КУ (не менее) | 13 dBi | | Угол излучения в горизонтальной плоскости | 7 deg | | Максимальный КСВ | 1.5:1 | | Размеры (не более) | 158 x 98 x 834 mm | | Вес (не более) | 0.82 kg | | Ветровая нагрузка (не менее) | 125 mph | | Поляризация | Биполярная | | Максимальная мощность (не менее) | 25 дб | |
| 11 | MIO54 | шт. | 1 | Зарядное устройство 12 В | Зарядное устройство для аккумуляторных батарей (АКБ) на 12 В с автоматическим изменением силы тока и электронным обслуживанием батареи:   * Защита от переполюсовки и искрения, защита от перезарядки. * Возможность одновременной 5-ти ступенчатой автоматической зарядки 4-х разных АКБ. * Устройство не только эффективно заряжает АКБ, но и продлевает их жизнеспособность. * Питание: 220 В АС; * Вес (не более): 8,5 кг; * Шнур: зарядные кабели 183 см каждый; * Максимальный ток: зарядки 5 ампер; * Размеры (не более) (Д\*Ш\*В): 48.25 см X 18 см X 10 см; * Функции: Зарядка АКБ 12В SLI, AGM, GEL. |
| 12 | CTEK MULTI XT 4000 | шт. | 1 | Зарядное устройство 24 В | Автоматическое зарядное устройство для работы со свинцово-кислотными батареями 24 В следующих типов - AGM, GEL(большую часть), WET, VRLA, MF и Ca/Ca.   * Обратный ток с незначительными утечками. * Минимизация отклонения силы тока и напряжения. * Защита от ошибки подключения с неправильной полярностью (переполюсовки). * Защита от скачков напряжения в сети * Защита от короткого замыкания. * Рабочее напряжение от 170 до 260 Вольт. * Есть «Зимний Режим», рекомендуемый для зарядки батарей при температурах ниже 5 °C  |  |  | | --- | --- | | Выходное напряжение, В | 28.8, 29.4, 31.4 | | Зарядный ток, А | 4 | | Габариты (не более) (мм) | 191х89х48 | | Вес (не более) (гр) | 800 | | Входное напряжение | 170-260 | | Диапазон заряжаемых емкостей, Ач | 8-100 | |
| 13 | BOSCH S5 001 SILVER PLUS | шт. | 4 | Аккумулятор свинцовый 12В-52Ач | |  |  | | --- | --- | | Напряжение: | 12V | | Емкость (не менее) А/ч: | 52 | | Пусковой Ток, А: | 520 | | Полярность: | [ - +] Обратная | | Тип Клемм: | T1 Европейский | | ГабаритыАКБ (не более): | 207x175x175 | | Тип Корпуса: | Европа | |
| 14 | CHA005-POS | шт. | 4 | Клемма на аккумулятор плюсовая | Плюсовая аккумуляторная клемма, металл-позолота.  Размеры кабельных вводов: 1х OGA (8,2мм); 1 х 4GA (5,2мм); 2 х 8GA (3,3мм). |
| 15 | CHA005-NEG | шт. | 4 | Клемма на аккумулятор минусовая | Минусовая аккумуляторная клемма, металл-позолота.  Размеры кабельных вводов: 1 х OGA (8,2мм); 1 х 4GA (5,2мм); 2 х 8GA (3,3мм). |
| 16 | ELC57-63 | шт. | 1 | Шаговый актуатор | * погрешность шага винта не более 0.015мм; * эффективность винта достигает 85%, зависит от нагрузки; * длительный срок службы винта и гайки: до 5млн. циклов; * полный шаг – 1,8°. Максимальное количество микрошагов на оборот 3200.  |  |  | | --- | --- | | Шаг винта, мм | 5,08 | | Перемещение за 1 шаг, мм | 0,025 | | Размер двигателя (не более), мм | 57x57 | | Рекомендуемый ход, мм | 63 | | Максимальное осевое усилие на штоке, Н | 650 | | Номинальный ток двигателя, А | 1,0 | |
| 17 | SMSD-1.5 | шт. | 1 | Программируемый блок управления шаговым двигателем | * Возможность подключения к контроллеру SMC -3; * Возможность работы в ручном режиме; * Автоматический останов шагового двигателя при поступлении сигнала от аварийного датчика; * Автоматическое переключение направления вращения двигателя при поступлении сигнала от датчика реверса; * Возможность синхронизации работы нескольких блоков SMSD. * Количество каналов управления шаговыми двигателями -1; * Диапазон частот импульсов перемещения ШД - 1 - 10000Гц; * Точность установки частоты - не хуже 0,2%; * Напряжение питания - 9 - 31В; * Максимальный выходной ток - 1,5А; * Количество дополнительных входов для получения сигналов от внешних устройств и датчиков - 3 (два для синхронизации с внешними устройствами и один - для поиска начального положения); * Дополнительный выход для подачи сигналов внешним устройствам Ж * Режимы дробления шага - 1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16 |
| 18 | Инерциальный модуль STIM300 с комплектом отладочного оборудования | шт. | 1 | Инерциальный модуль STIM300 (фирма Sensonor AS (Норвегия)). Содержит трехосевой прецизионный МЭМС гироскопа, 3 высокостабильных акселерометра и 3 инклинометра. Комплект отладочного оборудования.  STIM300 — миниатюрный высокостабильный модуль «тактического» класса, содержащий в ударопрочном корпусе функционально законченный блок из 3-осевого гироскопа и 3-осевого акселерометра. Цифровая обработка данных производится «на борту», пользователю для изменения настроек фильтров, частоты выборки, размерности выходных единиц, выходных форматов, подачи внешних синхросигналов, обмена данными доступен интерфейс RS422. | Основные характеристики:   * Диапазон измерений (не менее): ±400 °/с (гироскопы); ±10g (акселерометры), ±1,7g (инклинометры) * Статистическая ошибка (не более): 0,5 °/ч; 0,05 мg * Случайный уход (не более): < 0,15 °/√ч; 0,06 м/с/√ч * Частота выборки (не менее): 2000 Гц * Напряжение питания 5 V * Потребляемая мощность (не более) nom 1,5 W (max 2 W) * время запуска (не более) <1 с * рабочий температурный диапазон (не менее): −40°C to +85°C * Вес (не более) 55г * Объем (не более) 35см3 * Встроенная самодиагностика * Интерфейс RS-422 * Не подлежит ITAR контролю за поставками.   Характеристики гироскопов:   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | Параметр | Комментарий | Значение | Размерность | | Диапазон измерений (не менее) |  | ±400 | °/с | | Разрешающая способность (не менее) |  | 24 | бит | |  |  | 0,22 | град/ч | | Масштабный фактор |  | ±500 | ppm | | Нелинейность (не более) | ±200 град/с | 25 | ppm | |  | ±400 град/с | 50 | ppm | | Полоса пропускания (-3dB) |  | 262 | Гц | | Частота выдачи информации (не менее) |  | 2000 | Гц | | Задержка сигнала (не более) | LP-filter -3dB = 262Hz | 1,5 | мс | | Смещение нулевого сигнала (не более) | Min/Max | -250/250 | град/ч | | Смещение нулевого сигнала за счет температуры (не более) | Температура постоянная | 5 | град/ч | | Смещение нулевого сигнала при изменении температуры (не более) | С/мин | 10 | град/ч | | Стабильность смещения  нулевого сигнала (не более) | Распределение Аллана, 25С | 0,5 | град/ч | | Средне-квадратическое  отклонение угловой скорости (не более) | Распределение Аллана, 25С | 0,15 | град/ч | | Влияние линейного ускорения (не более) | с компенсацией  без компенсации | 1  15 | град/ч/g | | Коэффициент поправки на  вибрацию | Частота1000Гц | 0,1 | град/ч/g2  (СКО) | | Углы невыставки (не более): |  | 1 | мрад | |
|  |  |  |  |  | Характеристики акселерометров:   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | Параметр | Комментарий | Значение | Размер-ность | | Диапазон измерений (не менее) |  | ±10 | g | | Разрешающая способность (не менее) |  | 24 | бит | |  |  | 1,9 | μg | | Масштабный фактор |  | ±300 | ppm | | Нелинейность (не более) | ±10g | 100 | ppm | | Полоса пропускания (-3dB) | LP-filter -3dB = 262Hz | 214 (min 90) | Гц | | Частота выдачи информации (не менее) |  | 2000 | Гц | | Задержка сигнала (не более) | LP-filter -3dB = 262Hz | 6,5 | мс | | Смещение нулевого сигнала от запуска к запуску (не более) | Min/Max | -0,75/0,75 | mg | | Смещение нулевого сигнала при изменении температуры (не более) | С/мин | ±2 | mg rms | | Стабильность смещения  нулевого сигнала (не более) | Распределение Аллана, 25С | 0,05 | mg | | Стабильность смещения по скорости (не более) | Распределение Аллана, 25С | 0,06 | m/s/√hr | | Углы невыставки (не более): |  | 1 | мрад |   Характеристики инклинометров:   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | Параметр | Комментарий | Значение | Размер-ность | | Диапазон измерений (не менее) |  | ±1,7 | g | | Разрешающая способность (не менее) |  | 24 | бит | |  |  | 0,2 | μg | | Масштабный фактор | ±1g | ±500 | ppm | | Нелинейность (не более) | ±1g | 500 | ppm | | Полоса пропускания (-3dB) |  | 17 | Гц | | Частота выдачи информации (не менее) |  | 2000 | Гц | | Задержка сигнала (не более) | LP-filter -3dB = 262Hz | 15 | мс | | Смещение нулевого сигнала от запуска к запуску (не более) | Min/Max | -0,75/0,75 | mg | | Смещение нулевого сигнала при изменении температуры (не более) | С/мин | ±2 | mg rms | | Стабильность смещения  нулевого сигнала (не более) | Распределение Аллана, 25С | 0,06 | mg | | Стабильность смещения по скорости (не более) | Распределение Аллана, 25С | 0,08 | m/s/√hr | | Углы невыставки (не более): |  | 1 | мрад | |
| 19 | Инерциальный модуль ADIS16488 с комплектом отладочного оборудования | шт. | 1 | Инерциальный модуль ADIS16488  на базе МЭМС-технологий  (Analog Devices Inc. (США)). Содержит трехосевой гироскоп, трехосевой акселерометр, трехосевой магнитометр и датчик давления. Комплект отладочного оборудования. | * трехосевой цифровой гироскоп, динамический диапазон (не менее) ±450°/sec * Неортогональность <±0.05° * стабильность дрейфа во включении (не менее) 6°/hr * случайная составляющая дрейфа (не более) 0.3°/√hr * нелинейность (не более) 0.01% * трехосевой цифровой акселерометр, диапазон измерения (не менее) ±18 *g* * информация по трем осям о приращении угла, приращении скорости * трехосевой цифровой магнитометр, диапазон измерения (не менее) ±2.5 gauss * цифровой датчик давления, диапазон измерения (не менее) от 300 mbar до 1100 mbar * быстрый запуск , диапазон измерения (не менее), ~500 ms * заводская калибровка чувствительности, смещения нуля и погрешностей установки осей * рабочий температурный диапазон (не менее): −40°C to +70°C * SPI-совметимый серийный интерфейс * встроенный датчик температуры * программируемые настройки и управление * автоматическая и ручная коррекция смещения нуля * 4 блока фильтров с конечной импульсной характеристикой, 120 параметров настройки * цифровой ввод/вывод: сигнальный индикатор готовности, внешний таймер * сигнальный индикатор мониторинга внешних условий * энергосберегающий «спящий» режим * вход для опционального эталонного таймера: до 2.4 kHz * самодиагностика * однополоярное питание: от 3.0 V до 3.6 V * ударная нагрузка (не менее) до 2000 *g* * рабочий температурный диапазон (не менее): −40°C to +85°C * вес <50г |
| 20 | Приемник спутниковых навигационных сигналов на чипсете SiRFV | шт. | 1 | Приемник спутниковых навигационных сигналов SiRFV фирмы SiRF Technology Holdings, Inc. (США). | На одном чипе ARM11 процессор (500/664 MHz), автономное DSP-ядро для обработки сигналов GPS и Galileo с технологией SiRFAlwaysFix, контроллеры памяти DDR, DDR2, SD/MMC/MMC+ и NAND, аудио ЦАП, контроллер сенсорной панели, акселератор пост-обработки видео, USB 2.0   |  |  | | --- | --- | | Чипсет | SiRF V | | Поддержка взаимодействия с системами SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN) | Да | | Чувствительность (не менее) | -161 дБм | | Максимальная частота обновления (не менее) | 10 Гц | | Температурный диапазон (не менее) | -20ºС ... +70ºС | |
| 21 | Приемник спутниковых навигационных сигналов на чипсете MTK3333 | шт. | 1 | Приемник спутниковых навигационных сигналов MTK3333 MediaTek Inc. (Тайвань) | |  |  | | --- | --- | | Чипсет | MT3333 | | Поддержка взаимодействия с системами SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN) | Да | | Чувствительность (не менее)  определение  слежение | -148 дБм  -165 дБм | | Потребляемый ток (не более):  в режиме определения  в режиме слежения | 35 мА  30 мА | | Время захвата (не более):  при горячем старте вне помещения  при холодном старте вне помещения | 1 c  35 c | | Максимальная частота обновления | 10 Гц | | Точность 2D локализации (не менее)  при автономной работе  при использовании систем SBAS | 3 м  2,5 м | | Напряжение питания | 3,0 - 4,3 В | | Температурный диапазон (не менее) | -40ºС ... +85ºС | |
| 22 | Приемник спутниковых навигационных сигналов ГеоС-3М | шт. | 1 | Приемник спутниковых навигационных сигналов ГеоС-3М КБ «ГеоСтар навигация» (Россия) | |  |  | | --- | --- | | Сигналы: | L1 GPS C/A, L1 ГЛОНАСС ПТ, WAAS, EGNOS | | Каналы (не менее): | 32 | | Режимы | Автономный, дифференциальный | | Время первого определения (не более), с: (холодный/теплый/горячий старт) | 28/25/2 | | Чувствительность (не менее), дБмВт: (обнаружение/слежение) | -144/-161 | | Основное питание, В: | 1,8 | | Питание ввода/вывода, В: | 1,8/3,3 | | Резервное питание, В: | 1,6-3,6 | | Потребление (не более)  активный режим, мВт: | 80 | | Энергосберегающий режим, мВт: | 15 | | Порты: | 2 \* RS-232 | | Протоколы: | NMEA 0183 v3.01, собственный бинарный | | Темп выдачи данных (не менее), Гц: | 1/5/10 (программируемый) | | Габариты (не более), мм: | 22,1x15,9х2,5 | | Способ установки: | Монтаж на плату (пайка) | |
| 23 | Конвертор DC-DC "ММП Ирбис" МПВ60В | шт. | 1 | Преобразователь и стабилизатор питания | |  |  | | --- | --- | | Номинальное входное напряжение, В | 24 DC | | Диапазон входного напряжения (не менее), В | 18-36 | | Номинальное выходное напряжение, В | 12 DC | | Стабилизация выходного напряжения (не более), % | ±1 | | Максимальный ток нагрузки, А | 5 | | Пульсации выходного напряжения | <=150 мВ | | КПД, % | >=83 | | Диапазон изменения нагрузки, % | 10-100 | | Защита от перегрузки и КЗ | есть | | Климатическое исполнение | УХЛ 2.1 по ГОСТ 15150 | | Диапазон температуры окружающей среды, °С | -40...+85 | | Относительная влажность воздуха, % | 0-95 | | Наработка на отказ (MTBF) (не менее), ч | 1 000 000 | | Масса (не более), кг | 0,08 | | Габаритные размеры (не более) (ШхВхГ), мм | 60 х 17,5 х 60 | | Срок службы (не менее), лет | 15 | |
| 24 | Конвертор DC-DC "ММП Ирбис" МПВ15А | шт. | 1 | Преобразователь и стабилизатор питания | |  |  | | --- | --- | | Номинальное входное напряжение, В | 24 DC | | Диапазон входного напряжения (не менее), В | 18-36 | | Номинальное выходное напряжение, В | 5 DC | | Стабилизация выходного напряжения (не более), % | ±1 | | Максимальный ток нагрузки, А | 3 | | Пульсации выходного напряжения | <=150 мВ | | КПД, % | >=77 | | Диапазон изменения нагрузки, % | 10-100 | | Защита от перегрузки и КЗ | есть | | Климатическое исполнение | УХЛ 2.1 по ГОСТ 15150 | | Диапазон температуры окружающей среды, °С | -40...+85 | | Относительная влажность воздуха, % | 0-95 | | Наработка на отказ (MTBF) (не менее), ч | 1 000 000 | | Масса (не более), кг | 0,045 | | Габаритные размеры (не более) (ШхВхГ), мм | 50 х 17,5 х 40 | | Срок службы (не менее), лет | 15 | |
| 25 | Конвертор DC-DC "ММП Ирбис" СМВ100Е | шт. | 1 | Преобразователь и стабилизатор питания | |  |  | | --- | --- | | Номинальное входное напряжение, В | 24 DC | | Диапазон входного напряжения (не менее), В | 18-36 | | Номинальное выходное напряжение, В | 24 DC | | Стабилизация выходного напряжения (не более), % | ±1 | | Максимальный ток нагрузки, А | 4,2 | | Пульсации выходного напряжения | <=150 мВ | | КПД, % | >=87 | | Диапазон изменения нагрузки, % | 0-100 | | Защита от перегрузки и КЗ | есть | | Климатическое исполнение | УХЛ 2.1 по ГОСТ 15150 | | Диапазон температуры окружающей среды, °С | -40...+85 | | Относительная влажность воздуха, % | 0-95 | | Наработка на отказ (MTBF) (не менее), ч | 500 000 | | Масса (не более), кг | 0,135 | | Габаритные размеры (не более) (ШхВхГ), мм | 61 х 17,5 х 58 | | Срок службы (не менее), лет | 15 | |
| 26 | Конвертор DC-DC "ММП Ирбис" МПВ60У | шт. | 1 | Преобразователь и стабилизатор питания | |  |  | | --- | --- | | Номинальное входное напряжение, В | 24 DC | | Диапазон входного напряжения (не менее), В | 18-36 | | Номинальное выходное напряжение, В | 48 DC | | Стабилизация выходного напряжения (не более), % | ±1 | | Максимальный ток нагрузки, А | 1,25 | | Пульсации выходного напряжения | <=150 мВ | | КПД, % | >=84 | | Диапазон изменения нагрузки, % | 10-100 | | Защита от перегрузки и КЗ | есть | | Климатическое исполнение | УХЛ 2.1 по ГОСТ 15150 | | Диапазон температуры окружающей среды, °С | -40...+85 | | Относительная влажность воздуха, % | 0-95 | | Наработка на отказ (MTBF) (не менее), ч | 1 000 000 | | Масса (не более), кг | 0,08 | | Габаритные размеры (не более) (ШхВхГ), мм | 60 х 17,5 х 60 | | Срок службы (не менее), лет | 15 | |

# Приложение Б. Принципиальная схема контроллера WeMos D1.



# Приложение В. Листинг программы

**int** min\_pos = **15**;

**int** max\_pos = **185**;

**float** max\_angle = **30.0**;

**float** min\_angle = -**30.0**;

**float** angle = **0.0**;

**int** target\_pos = **100**;

**float** p = **40**;

**float** d = **0.0001**;

**float** proportional = **0**;

**float** differential = **0**;

**float** prev\_proportional = **0.0**;

#define M1PWM 13

#define M1DIR 14

#define M2PWM 5

#define M2DIR 12

#define M\_EN 17

#define ACT\_SENS 39

//--- Преобразование угла в позицию -----------------------------------------------------------------------------------

**int** **get\_pos\_from\_angle**(**float** angle)

{

**float** angle\_temp = (-angle-min\_angle) / (max\_angle-min\_angle);

**float** target\_pos = (angle\_temp\*(max\_pos-min\_pos))+min\_pos;

**return** round(target\_pos);

}

//--- Установка скорости ----------------------------------------------------------------------------------------------

**void** **set\_speed**(**int** m1, **int** m2)

{

**if**((m1 == **0**) && (m2 == **0**))

digitalWrite(M\_EN, LOW);

**else**

digitalWrite(M\_EN, HIGH);

**if**(m1 > **0**)

digitalWrite(M1DIR, HIGH);

**else**

digitalWrite(M1DIR, LOW);

**if**(m2 > **0**)

digitalWrite(M2DIR, HIGH);

**else**

digitalWrite(M2DIR, LOW);

ledcWrite(**1**, abs(m1));

ledcWrite(**2**, abs(m2));

}

//--- Регулятор -------------------------------------------------------------------------------------------------------

**void** **actuator\_control**(**bool** needPrint)

{

**float** sensorValue = analogRead(ACT\_SENS) / **16.0**;

**float** current\_pos = sensorValue;

proportional = target\_pos - current\_pos;

**if**(abs(proportional) < **2**) proportional = **0**;

differential = proportional - prev\_proportional;

prev\_proportional = proportional;

**float** motor\_signal = proportional \* p + differential \* d;

**if**(motor\_signal > **255**) motor\_signal = **255**;

**if**(motor\_signal < -**255**) motor\_signal = -**255**;

**if**(needPrint)

{

Serial.print(angle);

Serial.print("**\t**");

Serial.print(target\_pos);

Serial.print("**\t**");

Serial.print(current\_pos);

Serial.print("**\t**");

Serial.println(motor\_signal);

}

set\_speed(round(motor\_signal), **0**);

}

//--- Настройка параметров системы по UART ----------------------------------------------------------------------------

**void** **settingsByUART**()

{

// Считываем строку по UART

String s = "";

**if**(Serial.available())

{

**char** c = '0';

**while**(c!='\n')

{

**if**(Serial.available())

{

c = Serial.read();

s.concat(c);

}

}

Serial.print("> " + s);

}

**if**(s.lastIndexOf("p=") >= **0**)

{

s.remove(**0**,**2**);

**float** t = s.toFloat();

Serial.println("Set: p=" + String(t));

p = t;

}

**if**(s.lastIndexOf("d=") >= **0**)

{

s.remove(**0**,**2**);

**float** t = s.toFloat();

Serial.println("Set: d=" + String(t));

d = t;

}

**if**(s.lastIndexOf("t=") >= **0**)

{

s.remove(**0**,**2**);

**float** t = s.toInt();

Serial.println("Set: target\_pos=" + String(t));

target\_pos = t;

}

**if**(s.lastIndexOf("a=") >= **0**)

{

s.remove(**0**,**2**);

**float** t = s.toFloat();

Serial.println("Set: angle=" + String(t));

angle = t;

target\_pos = get\_pos\_from\_angle(angle);

}

}

//--- Блок начальной настройки ----------------------------------------------------------------------------------------

**void** **setup**()

{

Serial.begin(**115200**);

Serial.println("Actuator Control V0.1");

pinMode(M1PWM, OUTPUT);

pinMode(M1DIR, OUTPUT);

pinMode(M2PWM, OUTPUT);

pinMode(M2DIR, OUTPUT);

pinMode(M\_EN, OUTPUT);

ledcAttachPin(M1PWM, **1**); // assign RGB led pins to channels

ledcAttachPin(M2PWM, **2**);

ledcSetup(**1**, **10000**, **8**); // 12 kHz PWM, 8-bit resolution

ledcSetup(**2**, **10000**, **8**);

target\_pos = get\_pos\_from\_angle(angle);

}

//--- Блок циклического выполнения ------------------------------------------------------------------------------------

**void** **loop**()

{

settingsByUART(); // Настройка параметров системы по UART

actuator\_control(true); // Регулятор

delay(**50**);

}