

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Отделение (НОЦ) НОЦ И.Н. Бутакова

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы |
|---|
| Система автоматического управления роботизированной платформы на базе ультразвуковых датчиков |

УДК 004.896:681.586.48

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------|---------|------|
| 5Б6В | Чепелев Антон Сергеевич | | |

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------|------|
| Профессор НОЦ Бутакова | Шидловский Станислав Викторович | Д.Т.Н., профессор | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|----------------------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОСГН ШБИП | Трубченко Татьяна Григорьевна | К.Э.Н. | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------|--------------------------------|---------------------------|---------|------|
| Ассистент ООД ШБИП | Немцова Ольга Александровна | | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент НОЦ И.Н. Бутакова | Антонова Александра Михайловна | К.Т.Н. | | |

Томск – 2020 г.

Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

| Код результата | Результат обучения (выпускник должен быть готов) |
|-------------------------|---|
| <i>Профессиональные</i> | |
| P1 | Применять математические, естественнонаучные, инженерные, гуманитарные, социально-экономические знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа <i>теплоэнергетических и теплотехнических установок</i> , автоматизированных систем управления, средств автоматизации и контроля. |
| P2 | Формулировать задачи в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> , автоматизированных систем управления, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов. |
| P3 | Проектировать <i>теплоэнергетические и теплотехнические системы</i> , автоматизированных систем управления <i>и их компоненты</i> . |
| P4 | Планировать и проводить испытания и экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния <i>систем теплоэнергетики и теплотехники</i> , автоматизированных систем управления, их <i>оборудования</i> , интерпретировать данные и делать выводы. |
| P5 | Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> , автоматизированных систем управления |
| P6 | Применять практические знания принципов и технологий <i>теплоэнергетической и теплотехнической</i> отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях. |
| <i>Универсальные</i> | |
| P7 | Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> . |
| P8 | Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> . |
| P9 | Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> . |
| P10 | Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности. |
| P11 | Учитывать социальные, правовые и культурные аспекты, вопросы охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности при осуществлении комплексной инженерной деятельности в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> |
| P12 | Непрерывно самообучаться и совершенствовать свои компетенции в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> . |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа энергетики
Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Отделение (НОЦ) НОЦ И.Н. Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель профиля
Стрижак П.А.

(Подпись)

(Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|-------------------------|
| 5Б6В | Чепелев Антон Сергеевич |

Тема работы:

| | |
|--|-------------------------|
| Система автоматического управления роботизированной платформы на базе ультразвуковых датчиков | |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | №135-41/с от 14.05.2020 |

| | |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 30.05.2020 |
|--|------------|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|--|--|
| Исходные данные к работе | Объектом исследования является роботизированная платформа, использующая ультразвуковые датчики в качестве получения информации положения робота в пространстве. Необходимо разработать имитационную модель роботизированной платформы. Разработать АСР параметров. |
| Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов | 1 Разработка имитационной модели роботизированной платформы. 2 Выбор технических средств. 3 Разработка чертежей АСР. 4 Составление заказной спецификации приборов и средств автоматизации. 5 Выбор и настройка регулятора объекта управления. 6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 7 Социальная ответственность. |

| | |
|---------------------------------|---|
| Перечень графического материала | 1 Схемы структурная. 2 Схема функциональная. 3 Схема принципиальная электрическая. 4 Схема монтажная. 5 Схема расположения технических средств. |
|---------------------------------|---|

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

| Раздел | Консультант |
|---|-------------------------------|
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Трубченко Татьяна Григорьевна |
| Социальная ответственность | Немцова Ольга Александровна |

| | |
|--|------------|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | 06.02.2020 |
|--|------------|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------------|---------------------------------------|------------------------|---------|------|
| Профессор НОЦ Бутакова | Шидловский Станислав Викторович | д.т.н., профессор | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------|---------|------|
| 5Б6В | Чепелев Антон Сергеевич | | |

Реферат

Выпускная квалификационная работа 86 страницы, 21 таблиц, 25 использованных источников, 3 приложение.

Ключевые слова: Роботизированная платформа, мобильный робот, робототехническое устройство, АРМ, теплотехническое оборудование.

Объектом исследования является роботизированная платформа, использующая ультразвуковые датчики в качестве получения информации положения робота в пространстве.

Цель работы: разработка имитационной модели работ и разработка автоматической системы регулирования параметров робототехнического устройства.

В процессе разработки автоматической системы регулирования параметров работы, рассмотрены основные уравнения движения робототехнического устройства, выбраны технические средства и разработаны структурная, функциональная, принципиальная электрическая, монтажная схемы АСР и схема расположения технических средств.

В результате работы построена имитационная модель робототехнического устройства, использующего информацию от ультразвуковых датчиков.

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение | 8 |
| 1 Анализ литературных источников | 9 |
| 1.1 Роботизированная платформа | 9 |
| 1.2 Обзор методов и технологий отслеживания положения в пространстве мобильного транспортного средства | 10 |
| 1.3 Описание технологического объекта управления | 11 |
| 2 Разработка автоматической системы регулирования параметрами роботизированной платформы | 13 |
| 2.1 Разработка структурной схемы АСР параметров мобильного робота ... | 13 |
| 2.2 Разработка функциональной схемы | 17 |
| 2.3 Выбор технических средств и составление заказной спецификации..... | 19 |
| 2.3.1 Выбор микропроцессорного устройства | 19 |
| 2.3.2 Выбор ультразвукового датчика..... | 20 |
| 2.3.3 Выбор исполнительного механизма..... | 21 |
| 2.3.4 Выбор пусковых устройств..... | 22 |
| 2.3.5 Выбор аккумуляторов | 23 |
| 2.4 Составление заказной спецификации | 24 |
| 2.5 Разработка принципиальной электрической схемы АСР | 24 |
| 2.6 Разработка монтажной схемы АСР | 26 |
| 2.7 Разработка чертежа размещения технических средств АСР | 27 |
| 3 Разработка имитационной модели роботизированной платформы..... | 27 |
| 3.1 Математическое описание движения робототехнического устройства . | 27 |
| 3.2 Идентификация объекта управления | 29 |
| 3.3 Моделирование в программном пакете MatLab и выбор закона регулирования. | 31 |
| 3.4 Алгоритм управления движения | 36 |
| 3.5. Описание используемого программного обеспечения..... | 37 |
| 3.6 Разработка программного обеспечения для ультразвуковых датчиков | 38 |
| 3.7 Разработка программного обеспечения ручного режима для роботизированной платформы | 40 |

| | |
|---|----|
| 3.8 Разработка программного обеспечения автоматического режима для роботизированной платформы | 41 |
| 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ... | 45 |
| 4.1 Потенциальные потребители результатов исследования..... | 45 |
| 4.2 Анализ конкурентных технических решений..... | 46 |
| 4.3 SWOT-анализ..... | 49 |
| 4.4 Планирование научно-исследовательской работы..... | 51 |
| 4.5 Бюджет научно-технического исследования | 56 |
| 4.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .. | 61 |
| 4.7 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» | 64 |
| 5 Социальная ответственность | 68 |
| 5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности | 68 |
| 5.2 Производственная безопасность | 70 |
| 5.3 Анализ вредных и опасных факторов | 71 |
| 5.4 Экологическая безопасность | 76 |
| 5.5. Безопасность в ЧС | 77 |
| Выводы по разделу..... | 78 |
| Заключение | 79 |
| Список использованных источников | 80 |
| Приложение А | 83 |
| Приложение Б..... | 84 |
| Приложение В | 86 |

| | |
|-----------------------|--------------------------------------|
| Графический материал. | На отдельных листах |
| ФЮРА. 421000.014 С2 | Схема функциональная |
| ФЮРА. 421000.014 Э3 | Схема принципиальная электрическая |
| ФЮРА. 421000.014 С4 | Схема монтажная |
| ФЮРА. 421000.014 ВО | Схема размещения технических средств |

Введение

Теплотехническое оборудование выполняет важнейшую роль на производствах различного типа. Для того чтобы данное оборудование и его элементы работали бесперебойно, долго и надежно, необходимо проводить своевременный анализ его состояния. На любом предприятии есть специалист, отвечающий за данные процедуры, однако эти задачи с большей безопасностью и эффективностью может выполнить специализированный робот, который может не только дать полную оценку текущего состояния оборудования, но и добраться до месторасположения этого оборудования, что особенно важно в условиях труднодоступности или удаленности.

Действуя в автоматическом или автономном режиме, мобильный робот должен работать внутри помещений – в среде обычно передвигающихся работников и других предметов. Такая среда является слабо динамической, она последовательно и непрерывно меняется, но не с очень большой скоростью и не кардинально. Система управления робота должна постоянно подстраиваться под эти изменения, вовремя реагировать на них, оценивать ситуацию и перестраивать режим движения.

В данной работе будет использоваться система с дальномерами, так как она имеет достаточно невысокую стоимость и простоту в реализации. На корпусе робота установлены ультразвуковые датчики, которые являются основным источником данных для системы управления движением робота.

Цели и задачи данной работы можно обозначить следующие:

- разработка имитационной модели роботизированной платформы;
- разработка технической документации;
- разработка автоматической системы регулирования параметрами робототехнического устройства;
- разработка алгоритма управления роботизированной платформой;
- анализ полученных результатов.

1 Анализ литературных источников

1.1 Роботизированная платформа

Роботизированная платформа – автоматизированное техническое средство с самостоятельным определением положения в пространстве, выполняющее операции, заданные человеком, а также совокупность других действий без его непосредственного участия.

Мобильное транспортное средство, в частности роботизированная платформа, предназначено для анализа и диагностирования теплотехнического оборудования для обеспечения безопасности работы установки и предотвращения возникновения аварийных ситуаций.

Мобильный робот – это автоматическое устройство, на шасси которого располагаются автоматически управляемые приводы. Такие роботы можно классифицировать на:

- наземные;
- летательные.

В свою очередь наземные мобильные роботы можно классифицировать по способу передвижения на:

- колесные;
- шагающие;
- гусеничные.

Управление таким транспортным средством можно осуществлять тремя способами, такими как:

- автоматическое управление;
- дистанционное управление с использованием средств управления оператором;
- смешанное управление, где используются оба из вышеперечисленных способов [1].

1.2 Обзор методов и технологий отслеживания положения в пространстве мобильного транспортного средства

Отслеживание положения представляет собой сочетание аппаратных средств и программного обеспечения, которое позволяет определить абсолютное положение объекта в пространстве. Для решения данной задачи выделяют следующие методы:

- акустические;
- радиочастотные;
- магнитные;
- оптические;
- инерциальные;
- гибридные.

В основе акустического метода лежит обработка ультразвуковых волн акустическими приборами для дальнейшей ориентации необходимого объекта и нахождения его местоположения. Это достигается путем измерения времени достижения звуковой волны, издаваемой передатчиком, до приёмника. Также можно использовать разность фаз синусоидальной звуковой волны при приемо-передаче.

Радиочастотные методы работают по принципу распространения радиоволн в пространстве. Данный метод отслеживания максимально близок к акустическому методу, различие заключается лишь в виде используемой волны.

Инерциальный метод включает в себя наличие гироскопа и акселерометра. Их данные взаимодополняют друг друга и обеспечивают точность для кратковременных и длительных измерений. Зачастую данный метод применяется в совокупности с другими.

Оптические методы включают в себя совокупность алгоритмов компьютерного зрения и отслеживающих устройств. К данным устройствам

относятся камеры инфракрасного и видимого диапазона, камеры глубины и стерео-камеры.

Гибридный метод – это комбинация двух или более методов отслеживания положения в пространстве, применяется для повышения точности данных [2].

Для реализации проекта выбираем наземное транспортное средство, которое перемещается с помощью колес. В качестве метода ориентации в пространстве был выбран акустический метод локализации робота, управление смешанное.

1.3 Описание технологического объекта управления

Для данной работы технологическим объектом управления является роботизированная платформа на базе ультразвуковых датчиков. Данное устройство относится к семейству мобильных роботов, имеющих 4 всенаправленных омни-колеса, которые относятся к типу шведское колесо или, как его еще называют, колесо Илона, имеющие три степени свободы.

Отличие омни-колеса от обычного — это наличие роликов, позволяющих производить движение в направлении, отличном от направления самого колеса. Принцип действия данных колес заключается в следующем: путём изменения направления и скорости вращения колес можно заставить платформу, оснащенную данными колесами, двигаться в любом направлении, не только вправо-влево, вперед-назад, но и диагонально, не совершая при этом дополнительных действий для поворота. Основное достоинство таких колес — их конструкция позволяет вращаться на месте при минимальной силе трения и низком вращательном моменте [3]



Рисунок 1.3.1 – Омни-колесо

Роботизированная платформа обладает тремя степенями свободы, то есть может двигаться поступательно в двух плоскостях и вращаться относительно своей оси. Регулируемыми параметрами будут являться расстояние до препятствия и скорость, подаваемая на омни-колеса.

Мобильный робот с омни-колесами может двигаться по плоскости (или слабо неровной поверхности) в произвольном направлении без поворотов корпуса или при произвольных поворотах. А тем самым можно не встраивать в робота сложные рулевые механизмы и приводы и обеспечивать рулевую функцию робота за счет использования способности омни-колес двигаться в произвольном направлении. Аппарат, имеющий несколько омни-колес, должен лишь реализовать необходимую различную скорость вращения колес.

Если пара омни-колес расположенных друг против друга вращаются в противоположные стороны, правое колесо против часовой, а левое по часовой, то мобильный робот поедет вперед. Другая пара при этом должна не вращаться, из-за особенности строения омни-колеса они являются поддерживающими колесами, позволяющие держать баланс и дающие дополнительную устойчивость. В случае, когда две пары колес будут вращаться в противоположные стороны, то робот будет осуществлять движение вокруг своей оси. Движение в другие стороны осуществляются аналогичным образом.

2 Разработка автоматической системы регулирования параметрами роботизированной платформы

2.1 Разработка структурной схемы АСР параметров мобильного робота

К автоматической системе регулирования выдвинут следующий ряд основных технических требований:

- на нижнем уровне должен осуществляться сбор информации о текущем положении робота и изменении его координат относительно начального местоположения;
- управление исполнительными механизмами электрическими сигналами 12 В;
- источниками питания для составных частей робототехнического устройства должны являться аккумуляторные батареи;
- на среднем уровне должна осуществляться обработка данных, полученных с нижнего уровня, и формирование управляющих сигналов;
- в системе должны использоваться ультразвуковые датчики служащие для ориентации робота в пространстве.;
- предел основной допускаемой погрешности регулирования $\pm 10\%$;
- малогабаритность (робот должен проезжать в помещениях внутри станции и в труднодоступные места).

Робототехническое устройство состоит из платформы на которой находится вся бортовая аппаратура, приводящая к движению робота. Движение выполняется с помощью четырех двигателей, воздействующих на одно из четырех колес робота. Двигатели запускаются от сигналов, подаваемых с пускателей, которые питаются от аккумулятора. Основным сигналом для пускателя является сигнал, подаваемый с микропроцессорного контроллера, который на основе преобразованной информации с ультразвукового датчика вырабатывает команды, воздействующие на исполнительные механизмы в соответствии с алгоритмом.

В роли ультразвукового датчика могут выступать дальномеры HC-SR04, который рассчитан на определение расстояния до объектов в радиусе четырёх метров. С помощью микропроцессорного контроллера и программного обеспечения сигналы с дальномеров преобразуются в расстояние, и с помощью заданного алгоритма, робот определяет способы объезда препятствия для перемещения по прямой.

Оперативный доступ к информации о технологическом процессе достигается с помощью создания интегрированной многоуровневой автоматической системы управления. В данном проекте можно ограничиться лишь двумя уровнями: нижним и средним. Для решения задач регулирования параметров робототехнического устройства была выбрана структура, которая включает в себя следующее оборудование:

1) нижний уровень:

- ультразвуковые датчики;
- исполнительные механизмы.

2) средний уровень

- пускатели;
- микропроцессорный контроллер.

В соответствии с требованиями, предъявляемыми робототехническому роботизированной платформе и описанием необходимого оборудования составляем структурную схему автоматической системы регулирования параметрами робототехнического устройства. Структурная схема объекта автоматизации представлена в документе, имеющим обозначение ФЮРА.421000.011 С1, а так же представлена на рисунке 2.1.1, условные обозначения к схеме представлены в таблице 2.1.1

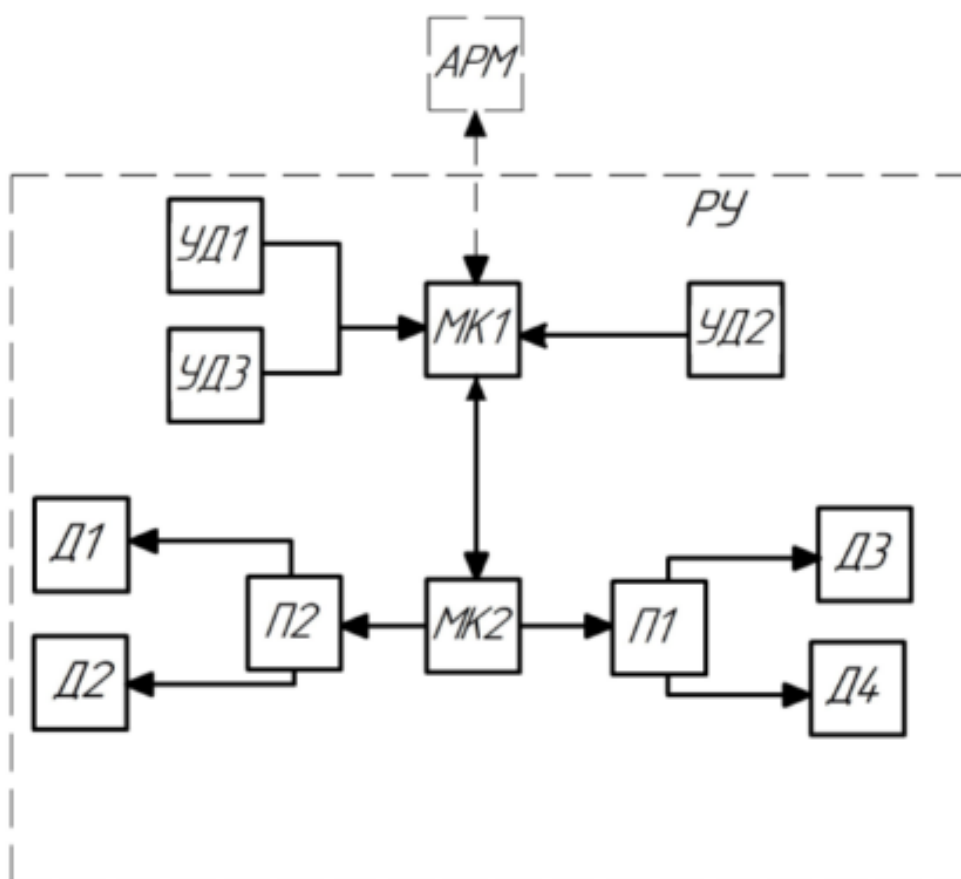


Рисунок 2.1.1 – Структурная схема РУ

Таблица 2.1.1 – Условные обозначения звеньев робототехнического устройства

| Условное обозначение | Наименование |
|----------------------|---------------------|
| Д1 | Первый двигатель |
| Д2 | Второй двигатель |
| Д3 | Третий двигатель |
| Д4 | Четвертый двигатель |
| П1 | Первый пускатель |

Продолжение таблицы 2.1.1

| | |
|-----|-------------------------------------|
| П2 | Второй пускатель |
| УД1 | Первый ультразвуковой датчик |
| УД2 | Второй ультразвуковой датчик |
| УД3 | Третий ультразвуковой датчик |
| МК1 | Первый микропроцессорный контроллер |
| МК2 | Второй микропроцессорный контроллер |
| АРМ | Автоматизированное рабочее место |
| РУ | Робототехническое устройство |

Описание функционирования автоматической системы регулирования параметров робототехнического устройства:

1. сигналы с УД1, УД2, УД3 поступают на МК1, где обрабатываются, согласно алгоритму и сохраняются, так как робототехническое устройство может работать как в автономном, так и в автоматическом режиме, то в последнем случае сигнал с МК1 поступает на АРМ;
2. АРМ включает в себя рабочее место с персональным компьютером, через который возможно осуществлять управление РУ по связи Wi-Fi между ПК и МК1.
3. Сигнал преобразуется в МК1, где вырабатывается команда по управлению исполнительными механизмами в соответствии с одним из законов регулирования и передается по каналам связи к МК2;
4. Пускатели П1 и П2, питаются от аккумулятора, включают или выключают двигатели по команде от МК2;

5. Двигатели приводят в движение РУ;
6. Пункты 1-4 повторяются до тех пор, пока робот не попадет в тупик и не остановится или не будет подана команда для остановки РУ от АРМ.

2.2 Разработка функциональной схемы

Функциональная схема системы автоматизации технологических процессов является основным техническим документом, который определяет характер и структуру системы. На функциональной схеме дано упрощенное изображение агрегатов, подлежащих автоматизации, а также приборов, средств автоматизации и управления, изображаемых условными обозначениями по действующим стандартам, а также линии связи между ними [4].

Функциональная схема АСР параметров РУ представлена на чертеже с шифром ФЮРА.421000.014 С2.

Расшифровка условных обозначений АСР представлена в таблице 2.2.1

Таблица 2.2.1 – Наименование условных обозначений функциональной схемы

| Условное обозначение | Наименование |
|----------------------|-----------------------|
| GR | Ультразвуковой датчик |
| NS | Пусковое устройство |

Функциональные задачи в системах автоматизации, реализуются, как правило, с помощью следующих технических средств: средств необходимых для получения первоначальной информации, средств преобразования, а также переработки информации, средств показания и средств выдачи информации для обслуживающего персонала, различные вспомогательные устройства.

В процессе разработки функциональной схемы по структурной схеме (рисунок 2.1.1) была изучена технологическая схема автоматизируемого объекта и определено место расположения всех аппаратных средств объекта.

Функционирование информационно-измерительного канала заключается в непрерывном обрабатывании измеряемой величины – значения расстояния до объекта, с помощью одновременного получения информации с ультразвуковых датчиков, обработки сигналов в микропроцессорном контроллере и подаче их на пусковое устройство исполнительного механизма для движения прямо и дальнейшего повторения цикла заново.

В информационно-управляющем канале микропроцессорный контроллер формирует управляющее воздействие на пусковое устройство исполнительного механизма в зависимости от сигналов, полученных от ультразвуковых датчиков.

Главным источником информации о расстоянии до динамического или статического препятствия для робототехнического устройства является ультразвуковые датчики – позиция GR. Последовательность сигналов, полученных с помощью ультразвуковых датчиков, обрабатывается первым микропроцессорным контроллером myRIO – сигнал 1 измерение, для второго и третьего ультразвукового датчика соответственно сигнал 2 и 3. От контроллера подается управляющий токовый сигнал ко второму микропроцессорному контроллеру myRIO и от него к двум пускателям – позиции 2а, с помощью сигналов 4 и 5 соответственно, которые впоследствии подают электрический сигнал исполнительным механизмам – позиции 3а. Питание поступает от двух аккумуляторов, выдавая напряжение ультразвуковым датчикам и двум пускателям. Два микропроцессорных контроллера myRIO осуществляют связь между собой по каналу связи, изображенной на схеме.

2.3 Выбор технических средств и составление заказной спецификации

2.3.1 Выбор микропроцессорного устройства

Для выбора микропроцессорного контроллера следует учитывать следующие критерии:

- большая вычислительная мощность;
- поддержка специализированного программного обеспечения;
- малые габариты контроллера, для установки непосредственно на ПУ;
- формирование управляющих сигналов 0–5 В;
- достаточное количество дискретных входов/выходов без установления дополнительных модулей.

Для данного курсового проекта выбираем myRIO – контроллер для решения практических инженерных задач. Предоставляет реконфигурируемый ввод-вывод, который позволяет выполнять обучение и реализовывать несколько принципов проектирования в одном устройстве.

Это аппаратное и программное обеспечение для платформы, которая предоставляет студентам инженерам возможности быстро разрабатывать реальные системы для автоматизации, робототехники, регистрации данных и встроенных систем. NI myRIO построена на базе технологии Zynq (система на кристалле SoC) от Xilinx, которая сочетает в себе двухъядерный ARM Cortex-A9 процессор и ПЛИС с 28000 программируемыми логическими ячейками. Используя возможности графической среды программирования NI LabVIEW, имеется возможность программировать ПЛИС и разрабатывать системы реального времени, что позволяет им быстро и качественно реализовывать прототипы и выполнять сложные инженерные проекты [5].

Выбираем контроллер NI myRIO из-за достаточного количества входных и выходных дискретных сигналов, простого соединения с датчиками и из-за наличия соответствующего программного обеспечения для перепрограммирования контроллера, а так же из-за высокого быстродействия, возможности подключения по Wi-Fi.

NI MyRIO содержит в общей сложности 40 цифровых линий ввода/вывода с поддержкой SPI, PWN выхода, входного импульсного датчика, UART; наличие I2C-интерфейса: 8 односторонних аналоговых входов; 2 дифференциальных аналоговых входа; 4 односторонних аналоговых выхода; наличие USB – интерфейса, настраиваемого пользователем; 4 диода, настраиваемые пользователем; 2 общих аналоговых выхода, позволяющие подключать бесчисленное количество сенсоров, устройств и программируемых контроллеров системы.

Краткие характеристики представлены в таблице 2.3.1

| Контроллер | NI myRIO |
|-----------------------|----------------------------------|
| Питание | 6-16 В |
| Цифровые входы/выходы | 40 (из них 8 ШИМ цифровых линий) |
| Аналоговые входы | 10 |
| Аналоговые выходы | 6 |
| ПО | LabVIEW |
| Тактовая частота | 667 МГц |

2.3.2 Выбор ультразвукового датчика

При выборе ультразвукового датчика следует придерживаться следующих критериев:

- дальность обнаружения препятствия не менее 4 м;
- малый вес оборудования;
- соединение с МК1 с помощью одного из распространенных интерфейсов;
- полное взаимодействие датчика с контроллером.

В данной работе в качестве ультразвукового датчика выбран дальномер HC-SR04. В отличие от инфракрасных дальномеров на

ультразвуковой датчик HC-SR04 не влияют источники света или цвет препятствия (электромагнитные излучения). Из минусов можно отметить, что могут возникнуть затруднения при определении расстояния до пушистых или тонких объектов. Датчик расстояния является прибором бесконтактного типа, и обеспечивает высокоточное измерение и стабильность. Диапазон дальности его измерения составляет от 2 до 400 см. На его работу не оказывает существенного воздействия электромагнитные излучения и солнечная энергия. В реальных условиях из-за фактора температуры воздуха HC-SR04 может ошибаться от 1 до 3-5 см. Модуль имеет 4 вывода стандарта 2,54 мм [6].

Таблица 2.3.2 – Основные характеристики ультразвукового датчика

| | |
|-----------------------------|----------|
| Напряжение питания | 5 В |
| Потребление в режиме тишины | 2 мА |
| Потребление при работе | 15 мА |
| Диапазон расстояний | 2–400 см |
| Эффективный угол наблюдения | 15° |
| Рабочий угол наблюдения | 30° |

2.3.3 Выбор исполнительного механизма

При выборе исполнительных механизмов были учтены следующие критерии:

- напряжение питания механизмов 12 В;
- малые габариты двигателей;
- наличие укомплектованного редуктора;
- относительно невысокая стоимость.

Исходя из теоретической массы робота и необходимой скорости передвижения выбираем мотор-редуктор с крутящим моментом не менее 5

кг*см и напряжением питания 12 В, так как электричество будет подаваться от аккумуляторов.

Выбираем мотор-редукторы серии Studica DC Gear Motor 12 вольт с кодировщиком, из-за низкой стоимости исполнительного механизма и удовлетворения всем необходимым техническим требованиям. Он состоит из реверсивного коллекторного двигателя постоянного тока и планетарного редуктора. Мотор-редуктор DC Gear Motor 12 volt with Encoder имеет встроенный датчик Холла с высоким разрешением для точного управления двигателем и поставляется с кабелем датчика [7]. Основные характеристики двигателя представлены в таблице 2.3.3.

Таблица 2.3.3 – Основные характеристики мотор-редуктора DC Gear Motor 12 volt with Encoder

| | |
|---------------------------------|-------|
| Напряжение питания, В | 12 |
| Скорость холостого хода, об/мин | 100 |
| Длина, мм | 134.1 |
| Коэффициенты передачи | 60:1 |
| Момент вращения, г·м | 504 |
| Вес, кг | 0,33 |

2.3.4 Выбор пусковых устройств

Критерии выбора пусковых устройств:

- относительно невысокая стоимость;
- способность принимать сигналы широтно-импульсной модуляции;
- совместимость с выбранными исполнительными механизмами;
- способность управлять сразу двумя исполнительными механизмами.

В соответствии с выбранным двигателем постоянного тока и микропроцессорного контроллера выбираем модуль MXP-MD2 Motor Driver Adapter for NI myRIO. Использование данного модуля широко

распространено в области робототехники и автоматики и удовлетворяем всем техническим требованиям.

MXP-MD2 Motor Driver Adapter for NI myRIO – это драйвер двигателя, позволяющий управлять двумя исполнительными механизмами. Данный драйвер служит промежуточным звеном между двигателем и микропроцессорным устройством. Основной функцией является предохранение МК от перегрузок со стороны двигателя, также он выполняет функцию выдачи напряжения исполнительному механизму в соответствии с алгоритмами МК [8]. Основные характеристики модуля MXP-MD2 Motor Driver Adapter for NI myRIO представлены в таблице 2.3.4

Таблица 2.3.4 – Основные характеристики модуля MXP-MD2 Motor Driver Adapter for NI myRIO

| | |
|--|---------|
| Количество каналов | 2 |
| Максимальный выходной ток (на 1 канал) | до 30 А |
| Непрерывный выход на канал | 12 А |
| Встроенный регулятор напряжения | 5 В |
| один ШИМ вход на канал | 20 кГц |

2.3.5 Выбор аккумуляторов

К критериям для выбора аккумуляторных батарей относятся:

- невысокая стоимость;
- большая емкость аккумуляторов;
- выдаваемое напряжение 12 В;
- средний размер аккумулятора.

Основным требованием к аккумуляторам является выходное напряжение 12 В. Перезаряжаемая 10-элементная 12-вольтная аккумуляторная батарея NiMH (никель-металлогидридный), обеспечивает длительную мощность двигателей и электроники. Этот аккумулятор

емкостью 3000 мАч оснащен встроенным сменным предохранителем на 20 А для безопасности. Ячейки аккумулятора могут держать полный заряд в течение месяца, если хранятся при нормальной температуре. Разъем PP45 для простого и безопасного подключения к контроллеру. [9]. Основные характеристики представлены в таблице 2.3.5

Таблица 2.3.5 – Основные характеристики аккумуляторов двигателей TETRIX MAX 12-Volt Rechargeable 3,000 mAh NiMH Battery Pack

| | |
|----------------------------|---------------|
| Напряжение, В | 12 |
| Емкость, мАч | 3000 |
| Максимальный ток заряда, А | 20 |
| Размеры, мм | 115 x 45 x 50 |
| Вес, г | 579 |

2.4 Составление заказной спецификации

Заказная спецификация представляет собой техническую документацию, в которой отражены все необходимые сведения о приборах и технических средств автоматизации для реализации системы управления робототехническим устройством [10].

Заказная спецификация приборов и средств автоматизации представлена в приложении А.

2.5 Разработка принципиальной электрической схемы АСР

С помощью принципиальных электрических схем определяется полный состав приборов, аппаратов, устройств и связей между ними, совместное действие которых обеспечивает решение задач регулирования, управления, измерения, защиты и сигнализации [11].

Принципиальная электрическая схема представлена на чертеже с шифром ФЮРА. 421000.014 ЭЗ Лист 1.

При выполнении схемы используем развернутые изображения элементов технических средств. Расположение графического и текстового материала выбрано для облегчения чтения этого чертежа. Принципиальная электрическая схема выполнена с применением условных графических изображений.

Линии связи состоят только из горизонтальных и вертикальных отрезков и имеют минимальное число взаимных пересечений. Расстояние между соседними параллельными линиями не менее 5 мм.

Питание контроллера NI myRIO может производиться несколькими способами: от внешнего источника питания (аккумуляторная батарея, сеть с преобразователем напряжения) и с помощью интерфейсов USB или COM, соединенных с персональным компьютером. В данном курсовом проекте был выбран способ питания от аккумуляторной батареи. Клеммы 19-24 соединены через макетную плату соответственно с клеммами 19-20 первой аккумуляторной батареи, питание остального оборудования осуществлено с помощью второй аккумуляторной батареи через клеммы 44-45. Ультразвуковой датчик HC SR04 получает напряжение 12 В от контроллера NI myRIO подключенного по клеммам +5 В и соединения клемм GND (земля). По каналам Trig и Echo ультразвукового датчика HC SR04 передается последовательность сигналов с датчиков на МК1, где происходит анализ, преобразование сигналов в удобный вид, и формирование управляющих воздействий в соответствии с окружающей обстановкой. Обработанные данные поступают на второй контроллер NI myRIO по соединительным проводам “мама-мама”. Второй контроллер NI myRIO получает напряжение от аккумуляторной батареи, что и первый контроллер.

Модули MXP-MD2 Motor Driver Adapter for NI myRIO подключены к выходным клеммам (DIO0– DIO12) дискретных сигналов контроллера (клеммы 1–12). Сигналы поступают на клеммы 1,2,3,4,5,6 каждого модуля. В

данной работе используются ШИМ сигналы, для управления общей мощности, подаваемую в двигатели. Клеммы 5,6 каждого модуля предназначены для управления двигателями постоянного тока используя широтно-импульсные сигналы, для данной курсовой работы это значение одинаково для каждого двигателя. Модули MXP-MD2 Motor Driver Adapter for NI myRIO получают питание от второй аккумуляторной батареи, путем соединения клемм GND (земля) на модулях MXP-MD2 Motor Driver Adapter for NI myRIO и выдающих напряжение 12 В исполнительным механизмам (клеммы 9, 10) [11].

Двигатели M1 и M2 подключены к клеммам 7, 8 и 12, 13 соответственно для подачи управляющего напряжения. Двигатели M3 и M4 подключены аналогично ко второму модулю.

2.6 Разработка монтажной схемы АСР

Все аппаратные средства устанавливаются на одной передвижной платформе с двумя секциями. В первую очередь на верхней секции в центре платформы устанавливается два контроллера NI myRIO соединенных между собой проводами «мама-мама» марки ПВ-1х1. Ко второму контроллеру подключены пускатели MXP-MD2 Motor Driver Adapter for NI myRIO напрямую через порт MXP A для первого модуля, и через порт MXP B для второго. Такое подключение возможно, так как пускатели выполнены в формате платы расширения для порта MXP myRIO, которые устанавливаются прямо в разъем A и B контроллера NI myRIO. Также в задней части платформы расположены две аккумуляторных батареи, выдающих питание ультразвуковым датчикам, пускателям, двигателям и контроллерам с помощью проводов марки ПВ-1х1.

Схема подключения приведена на чертеже с шифром ФЮРА.421000.014 С4 .

2.7 Разработка чертежа размещения технических средств АСР

Схема размещения технических средств приведена на чертеже с шифром ФЮРА. 421000.014 ВО.

Крепление всех технических производится на одну каркасную базу, состоящую из двух секций. Под нижней секцией крепятся четыре мотор-редуктора с помощью соединителей и зажимов, используя болты с гайками. На верхней стороне секции посередине располагаются микропроцессорные контроллеры myRIO, которые крепятся с помощью клея. Сбоку верхней секции устанавливаются два пускателя MXP-MD2 Motor Driver Adapter for NI myRIO, которые напрямую подключены ко второму контроллеру через порта MXP.

На задней частях нижней секции располагаются два аккумулятора, которые крепятся с помощью клея.

По бокам верхней секции в передней части устанавливаются ультразвуковые датчики HC SR04 с помощью изолянты и направляются в сторону прямого движения робототехнического устройств.

3 Разработка имитационной модели роботизированной платформы

3.1 Математическое описание движения робототехнического устройства

В данной работе рассматривается наземный робот, то есть он может перемещаться по плоскости, изменяя при этой свои координаты относительно начальных. Робот может изменять свои координаты по осям абсцисс и ординаты, а также вращаться относительно своей оси.

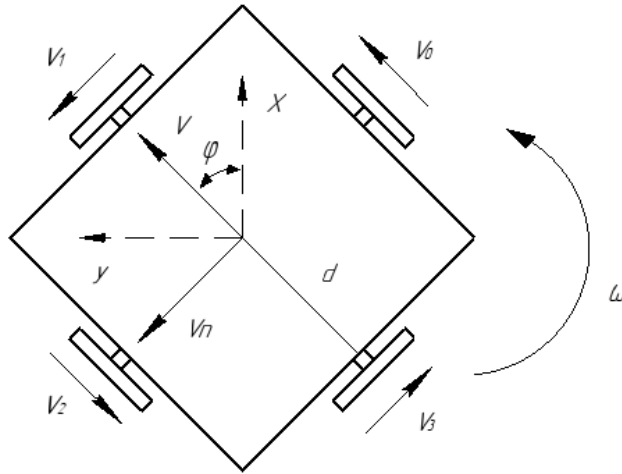


Рисунок 3.1.1 – Схема движения мобильного робота

φ – угол поворота робота относительно прямолинейной траектории движения;

V, V_n – линейная скорость робота;

V_0, V_1, V_2, V_3 – линейная скорость колес;

ω – угловая скорость разворота.

Соотношение между скоростями колес V_0, V_1, V_2, V_3 и скоростями V, V_n, ω робота выглядят следующим образом:

$$\begin{bmatrix} V_0(t) \\ V_1(t) \\ V_2(t) \\ V_3(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & d \\ -1 & 0 & d \\ 0 & -1 & d \\ 1 & 0 & d \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V(t) \\ V_n(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

Из этого соотношения находим уравнения, определяющие скорость роботизированной платформы:

$$V(t) = (1/2) \cdot (V_3(t) - V_1(t)) \quad (3.2)$$

$$V(t) = (1/2) \cdot (V_0(t) - V_2(t)) \quad (3.3)$$

$$\omega(t) = (V_0(t) + V_1(t) + V_2(t) + V_3(t)) / (4 \cdot d) \quad (3.4)$$

Роботизированное устройство имеет две пары омни-колес для движения вперед-назад, вбок и разворот (рисунок 3.1.1). На основе расчетов

взятых для робота четырех-омни мобильного робота [12] получаем систему уравнений, для управления роботизированной платформой:

$$\begin{cases} V_0 = \frac{2V-2d\omega}{2}; \\ V_2 = \frac{2V+2d\omega}{2}; \end{cases} \quad (3.5)$$

$$\begin{cases} V_1 = \frac{2V_n-2d\omega}{2}; \\ V_3 = \frac{2V_n+2d\omega}{2}; \end{cases} \quad (3.6)$$

Системы уравнений (3.5) и (3.6) описывают линейные скорости движения вперед, назад вбок и разворот, то есть математическое значения каждого из омни-колес.

3.2 Идентификация объекта управления

Идентификацией объекта управления является операция, в результате которой получают математическое описание изменения параметров объекта. В реальной практике применяют активную идентификацию. При активной идентификации на вход системы подается заданный сигнал и отслеживается реакция системы на входное воздействие путем измерения выходного сигнала. Моделирование проводится с помощью математического пакета MATLAB.

Кривая разгона приведена на рисунке 3.2.1

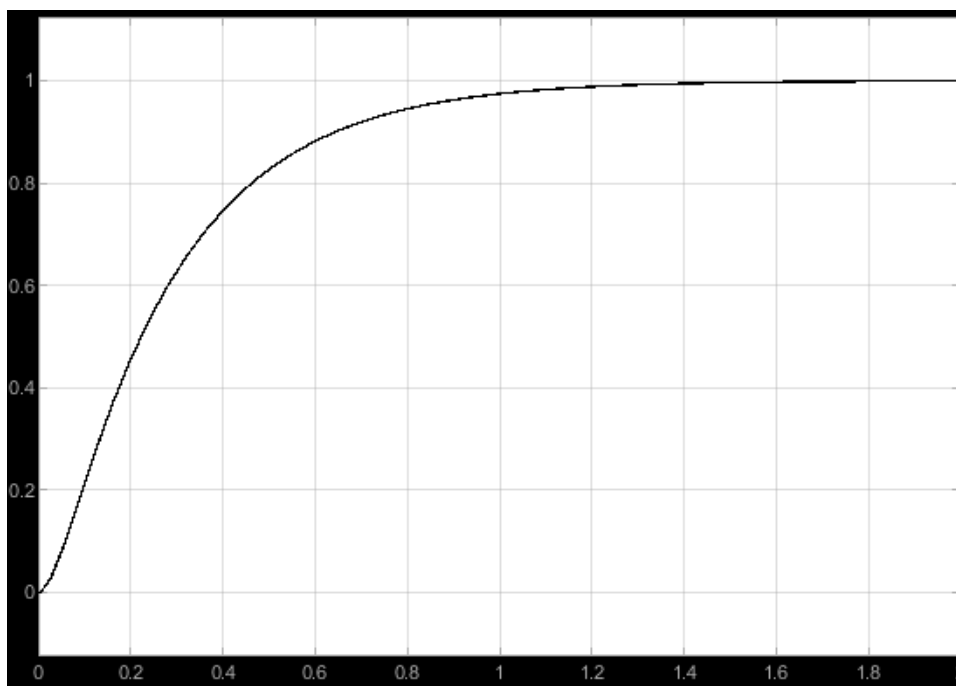


Рисунок 3.2.1 – Кривая разгона объекта управления

Передаточная функция для кривой представляет собой апериодическое звено второго порядка:

$$W_{обб}(P) = \frac{k}{T_1^2 P^2 + T_2 P + 1}, \quad (3.7)$$

где k – коэффициент передачи;

P – оператор Лапласа;

T_1 и T_2 – постоянные времени.

В программном пакете MatLab передаточная функция выглядит следующим образом:

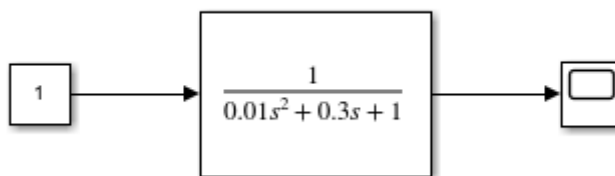


Рисунок 3.2.1 – Передаточная функция

Из этого следует, что $k=1$, $T_1=0.1$ и $T_2=0.3$.

Структурная схема системы регулирования имеет вид:

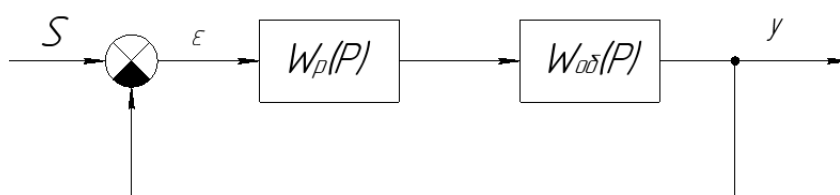


Рисунок 3.2.2 – Структурная схема системы регулирования

3.3 Моделирование в программном пакете MatLab и выбор закона регулирования.

Для выбора необходимого регулятора с соответствующим законом регулирования требуется создать модель в программном пакете MatLab. Поскольку модель объекта содержит четыре канала управления, то система управления выглядит следующим образом:

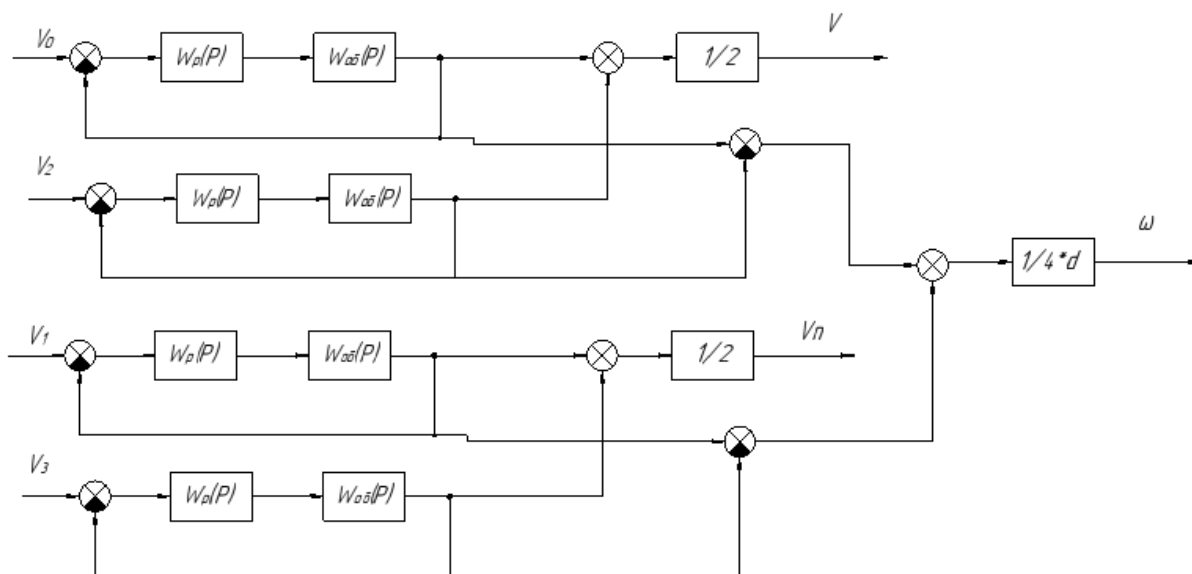


Рисунок 3.3.1 – Структурная схема системы управления робота

На данной структурной схеме на выходе даны линейные и угловые скорости, взятые из уравнений (3.2) – (3.4). Так же из рисунка 3.3.1 следует, что для управления всей системой необходимо 4 регулятора. Составляем модель для робота с одинаковыми передаточными функциями объектов

регулирования. На рисунке 3.3.2 изображен внешний вид модели, реализованный в программном пакете MatLab.

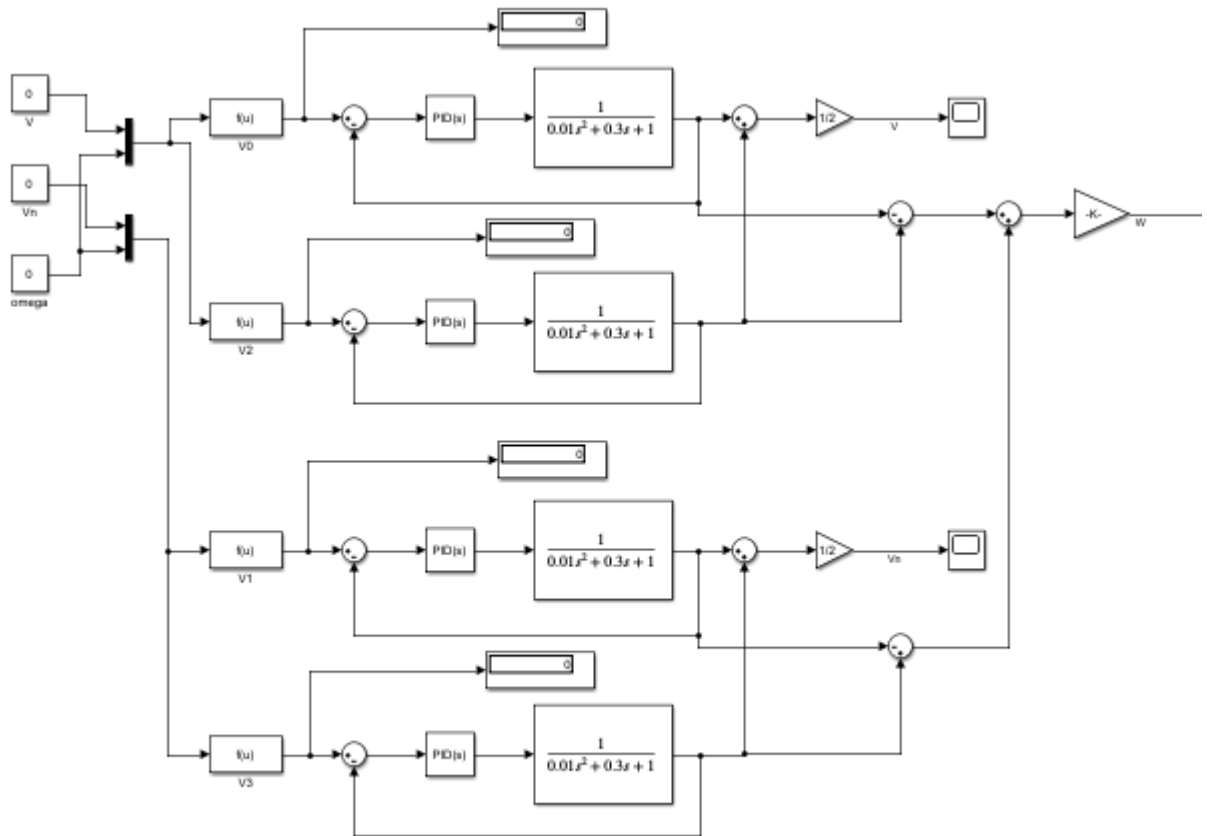


Рисунок 3.3.2 – Внешний вид модели, построенной в программном пакете MatLab

Используя уравнения, полученные выше, и условия, поставленные роботу, моделируем регулятор робота, воспользовавшись ПИД-регулятором. Для моделирования объекта управления движения робота с ПИД-регулятором в программной среде Simulink используем встроенный регулятор из библиотеки PID Controller.

До настройки ПИД-регулятора переходная характеристика для случая замкнутой системы $\omega = 0, V = 1, V_n = 0$ выглядит следующим образом:

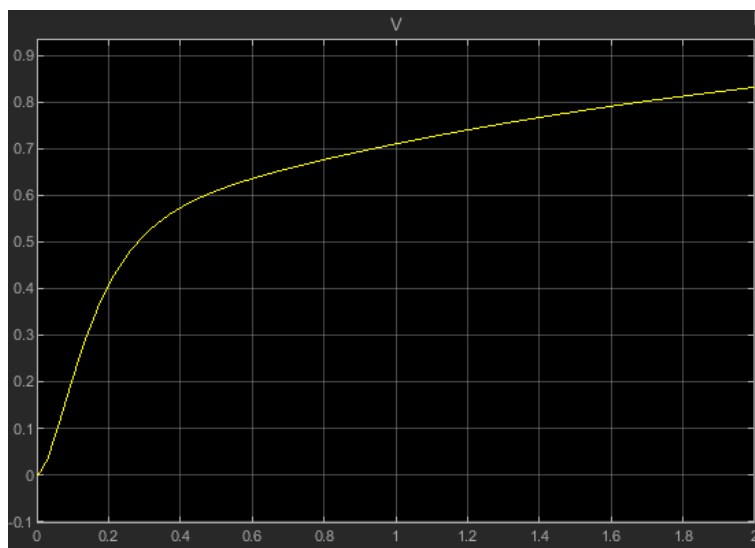


Рисунок 3.3.3 – Переходная характеристика замкнутой системы для случая $\omega = 0, V = 1, V_n = 0$

Из рисунка 3.3.3 видно, что стандартные параметры коэффициентов усиления не подходят для данной работы, так как время регулирования не должно превышать 2 секунд. Поэтому необходима настройка параметров ПИД-регулятора.

Двойным нажатием мыши на блоке «PID Controller» открываются параметры блока ПИД-регулятора. Для настройки параметров регулятора необходимо нажать кнопку «Tune», рисунок 3.3.4.

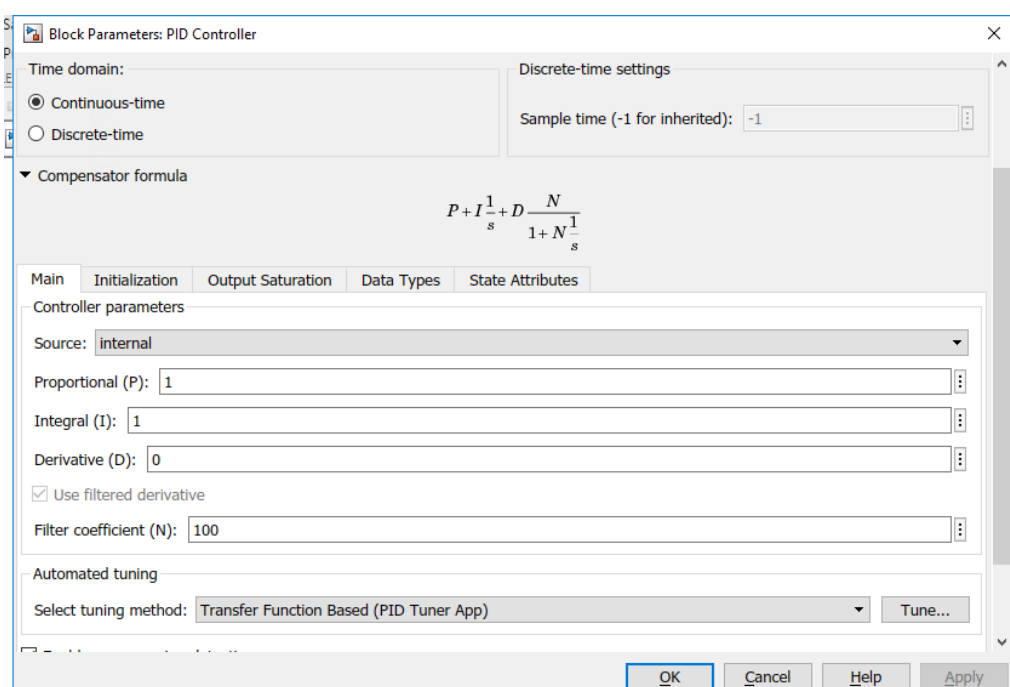


Рисунок 3.3.4 – Запуск автоматической настройки

После нажатия кнопки «Tune» появляется окно с графиками переходных процессов до и после настройки. Кривая переходного процесса до настройки подписана как «Block response». Кривая переходного процесса после настройки подписана как «Tune dresponse». Меняя параметр «Response time» (время реакции) и «Transient behavior» (поведение перехода) можно менять установившееся время, время нарастания и перерегулирование. Для отправки полученных настроек в модель Simulink необходимо нажать кнопку «Apply» и затем нажать кнопку «ОК».

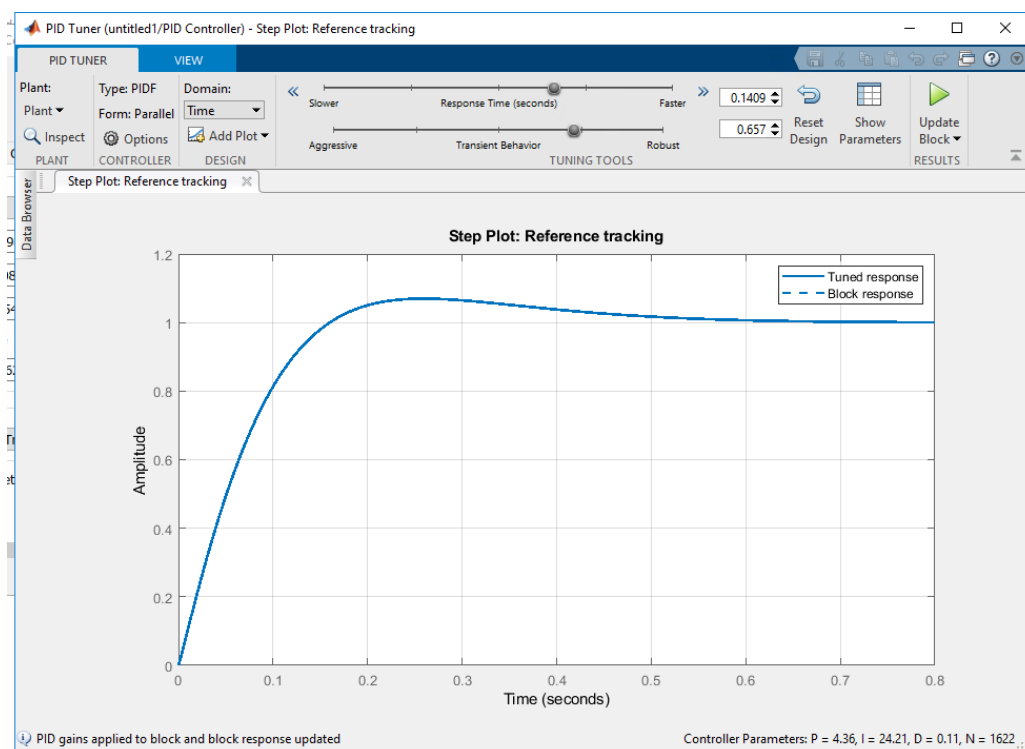


Рисунок 3.3.5 – Окно настройки ПИД-регулятора

| Controller Parameters | | |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Tuned | Block |
| P | 4.36 | 4.36 |
| I | 24.2104 | 24.2104 |
| D | 0.10995 | 0.10995 |
| N | 1621.6956 | 1621.6956 |
| | | |
| | | |
| Performance and Robustness | | |
| | Tuned | Block |
| Rise time | 0.112 seconds | 0.112 seconds |
| Settling time | 0.483 seconds | 0.483 seconds |
| Overshoot | 6.97 % | 6.97 % |
| Peak | 1.07 | 1.07 |
| Gain margin | Inf dB @ Inf rad/s | Inf dB @ Inf rad/s |
| Phase margin | 74.7 deg @ 14.2 rad/s | 74.7 deg @ 14.2 rad/s |
| Closed-loop stability | Stable | Stable |

Рисунок 3.3.6 – Окно параметров настройки ПИД-регулятора

С использованием графика и параметров определяются прямые оценки качества:

- 1) максимальная динамическая ошибка равна 0.07;
- 2) перерегулирование 6.97 %;
- 3) степень затухания переходного процесса 1;
- 4) статическая ошибка 0;
- 5) время регулирования 0.483 с.

В данной работе используется ПИД-регулятор со значениями коэффициентов передач: пропорциональный коэффициент усиления равен $K_p=4.36$, интегральный коэффициент усиления равен $K_i=24.21$, дифференциальный коэффициент усиления равен $K_d=0.11$.

После настройки всех параметров ПИД-регулятора необходимо показать переходные характеристики для случаев замкнутой системы:

- 1) $\omega = 0, V = 1, V_n = 0$;
- 2) $\omega = 1, V = 0, V_n = 0$;
- 3) $\omega = 0, V = 0, V_n = 1$;
- 4) $\omega = 1, V = 1, V_n = 1$;

Для всех случаев переходная характеристика представлены в приложении Б.

Из рисунков 1-4 приложения Б следует, что параметры для ПИД-регулятора подобраны правильно, и система управления движения мобильного робота работает правильно.

3.4 Алгоритм управления движения

В данной работе регулируемые параметрами являются расстояния до препятствия, получаемые от ультразвуковых датчиков. Для самостоятельного определения положения в пространстве роботизированной платформой, система должна быть автономной.

Уровень автономности мобильного робота может быть разным. При некоторых задачах управление роботизированной платформой может вестись оператором с автоматизированного рабочего места (АРМ) с помощью персонального компьютера по связи Wi-Fi. В этом случае роботизированной платформа может находиться не в зоне видимости оператора, при этом сигнал с ультразвуковых датчиков передается на дисплей АРМ, оператор при этом может вручную задавать параметры движения мобильного робота

Всю автоматизированную систему можно разделить на две подсистемы:

- система, организующая работу АРМ и передачу управляющих сигналов по связи Wi-Fi на объект управления;
- система автоматического управления движения роботизированной платформы.

Система автоматического управления с точки зрения программного обеспечения подразделяется на такие элементы, как:

- подсистема сбора данных;
- подсистема обработки данных;
- подсистема определения текущего положения объекта в пространстве;
- подсистема управления двигателями.

На рисунке 5 приложения В представлена блок-схема алгоритма управления технологическим объектом. На данной блок-схеме d – это допустимое значение величины до препятствия, при котором мобильный робот не превышает для первого, второго и третьего ультразвуковых датчиков. На данной блок-схеме показаны логика управления автономного режима, а так же работа с АРМ. Также учтены Г-образные и Т-образные коридоры, и перемещение по узким коридорам. Суть логики движения заключается в том, что мобильный робот постоянно движется вперед, объезжая препятствия, до тех пор, пока мобильный робот не попадет в тупик.

3.5. Описание используемого программного обеспечения

В ходе выполнения квалификационной работы использовалась программа LabVIEW.

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) - среда разработки лабораторных виртуальных приборов) является средой программирования, с помощью которого можно создавать приложения. Графическое представление всех элементов алгоритма (соединение функциональных элементов проводниками, по которым текут данные) отличает ее от обычных языков программирования, таких как C, C++ или Java, где программы создаются в виде текста.

LabVIEW функционирует на компьютерах, работающих под управлением всех распространенных операционных систем: Windows, MacOS, Linux.

Мощный графический язык программирования LabVIEW, называется G (от graphical - графический), позволяет в сотни раз увеличить производительность труда. Так как LabVIEW имеет гибкий графический интерфейс и прост для программирования, он отлично подходит для моделирования процессов, презентации идей, создания приложений общего характера и просто для обучения основам современного программирования [5].

3.6 Разработка программного обеспечения для ультразвуковых датчиков

На нижнем уровне осуществляются сбор информации о текущем положении робота и изменении его местоположения относительно начального с помощью ультразвукового датчика. В роли ультразвукового датчика выступают дальномеры HC-SR04.

Работа модуля основана на принципе эхолокации. Модуль посылает ультразвуковой сигнал и принимает его отражение от объекта.

Для того чтобы инициализировать отправку сигнала дальномером, необходимо подать высокий сигнал длительностью 10 μs на Trig. После получения высокого сигнала длительностью 10 μs на Trig, модуль генерирует пучок из восьми сигналов частотой 40 кГц и устанавливает высокий уровень на Echo. После получения отраженного сигнала модуль устанавливает на пине Echo низкий уровень. Зная продолжительность высокого сигнала на пине Echo можем вычислить расстояние, умножив время, которое потратил звуковой импульс, прежде чем вернулся к модулю, на скорость распространения звука в воздухе (340 м/с) [13].

Реализация алгоритм работы в программе LabVIEW представлена на рис.3.6.1

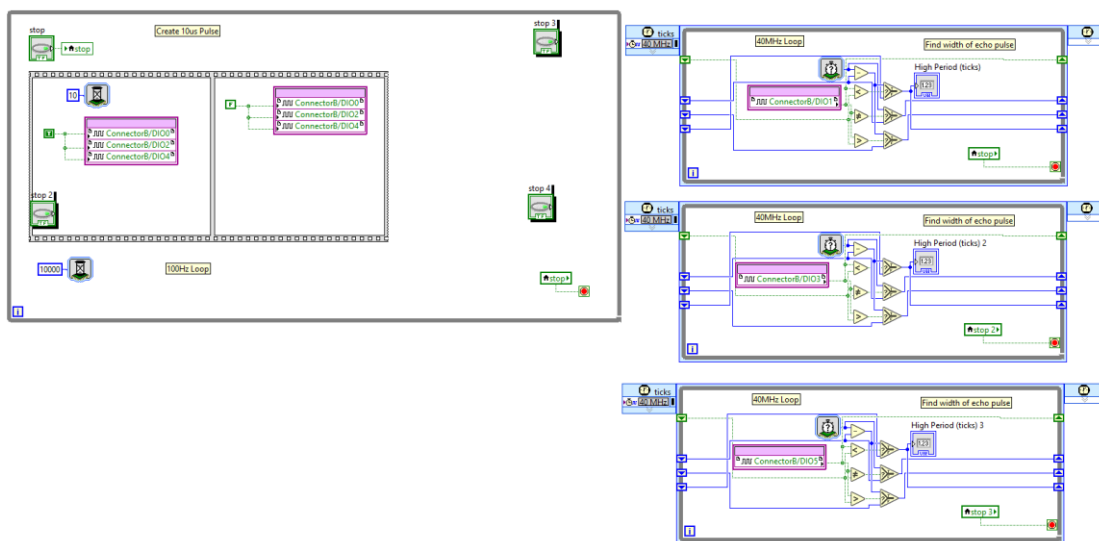


Рисунок 3.6.1 – Программа получения сигнала с дальномера

В левой части программы реализуется подача высокого сигнала длительностью $10\ \mu\text{s}$ на Trig. В правой части программы кода генерируется пучок из восьми сигналов частотой 40 кГц и устанавливается высокий уровень на Echo. Вся эта часть программы реализована в приложении pulse_in, которая в дальнейшем компилируется в необходимом проекте, созданном ранее. Далее полученный сигнал с ультразвукового датчика HC-SR04 необходимо обработать, и преобразовать в удобный для человека сигнал, для этого необходимо создать в проекте приложение Main (рисунок 3.6.2).

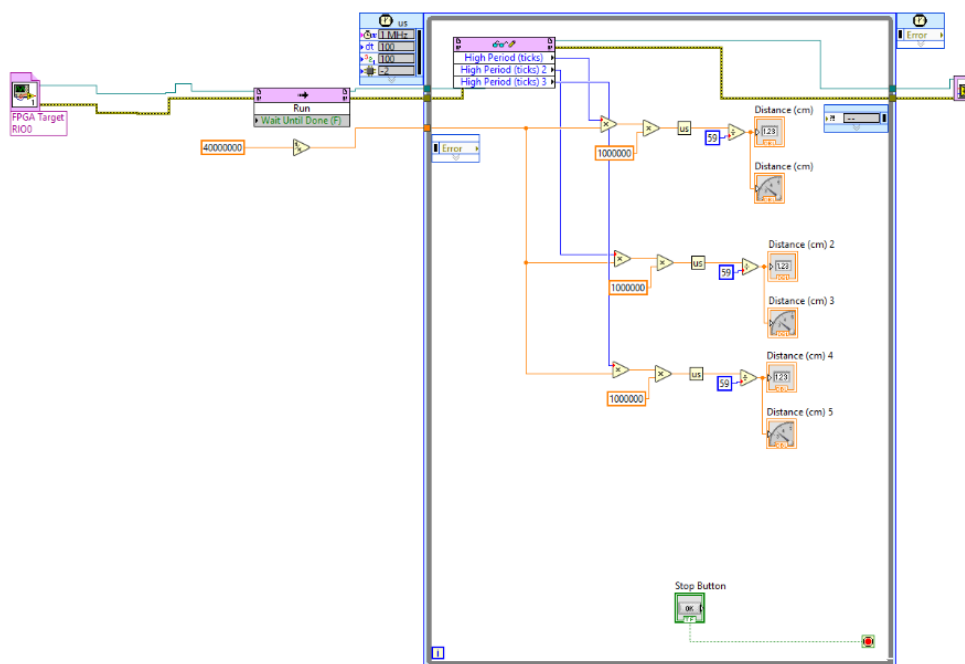


Рисунок 3.6.2 – Программа преобразования сигнала с датчика

Сигнал от ультразвукового датчика идет от модуля FPGA, в котором уже скомпилировано приложение pulse_in. Используя измерения ширины импульса, этот код измеряет отклик ультразвукового модуля, чтобы дать время для получения отклика. Это время напрямую соответствует расстоянию и преобразуется путем деления на 1 000 000 (для преобразования в секунды), а затем умножения на 340 (скорость звука).

3.7 Разработка программного обеспечения ручного режима для роботизированной платформы

Система управления позволяет осуществлять работу робота в двух режимах ручном и автоматическом. Чтобы перейти к автоматическому управлению, для начала необходимо создать программное обеспечение ручного режима, на который и будет подаваться алгоритм управления роботизированной платформой от первого микропроцессорного контроллера myRIO (МП1). Программное обеспечение ручного режима реализовано во втором микропроцессорном контроллере myRIO (МП2). Данное решение обусловлено, чтобы разделить контроллер верхнего и нижнего уровня, а также для учебных целей.

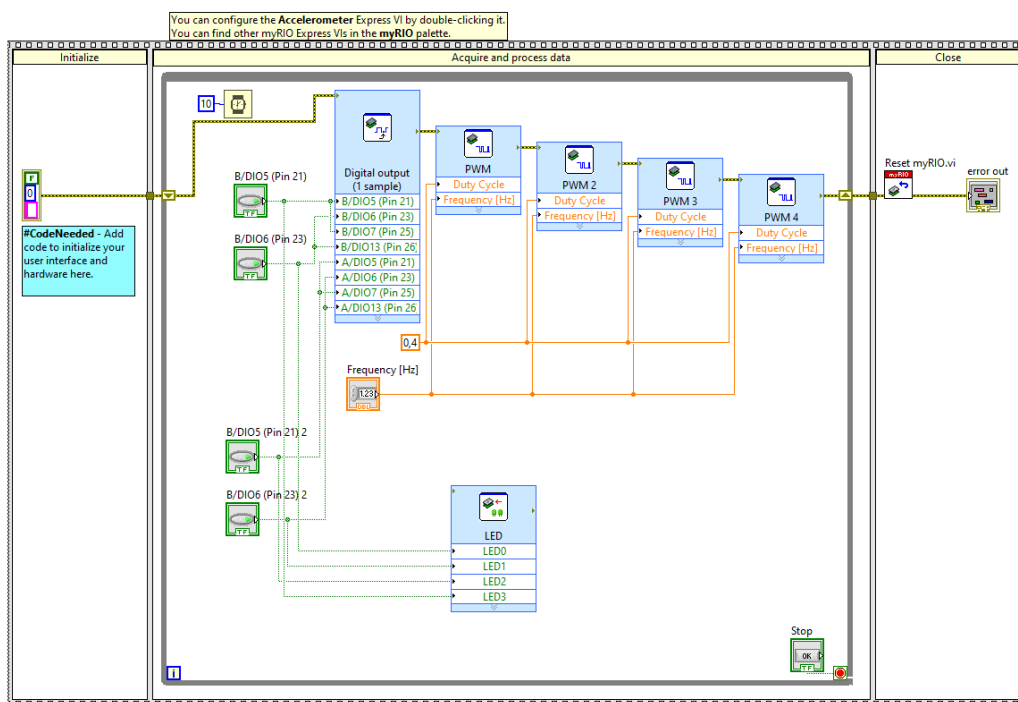


Рисунок 3.7.1 – Программа ручного управления роботизированной платформы

На данной блок-схеме показано к каким каналам связи подключен МП2 myRIO. Управление осуществляется за счет широтно-импульсной модуляции (ШИМ, PWM) – это метод, в котором серия цифровых импульсов используется для управления аналоговой схемой. Длина и частота

(Frequency) этих импульсов определяет общую мощность, подаваемую в цепь. В данной работе сигнал ШИМ имеет период 10 мс, а его импульсы имеют длительность 4 мс, этот сигнал называется рабочим циклом 40%. Также в данной программе ручного управления показаны встроенные светодиоды, которые горят зеленым, когда РУ начинает двигаться в необходимую сторону, которую задает оператор. На рисунке 3.7.2 представлен интерфейс для управления оператором роботизированной платформой.

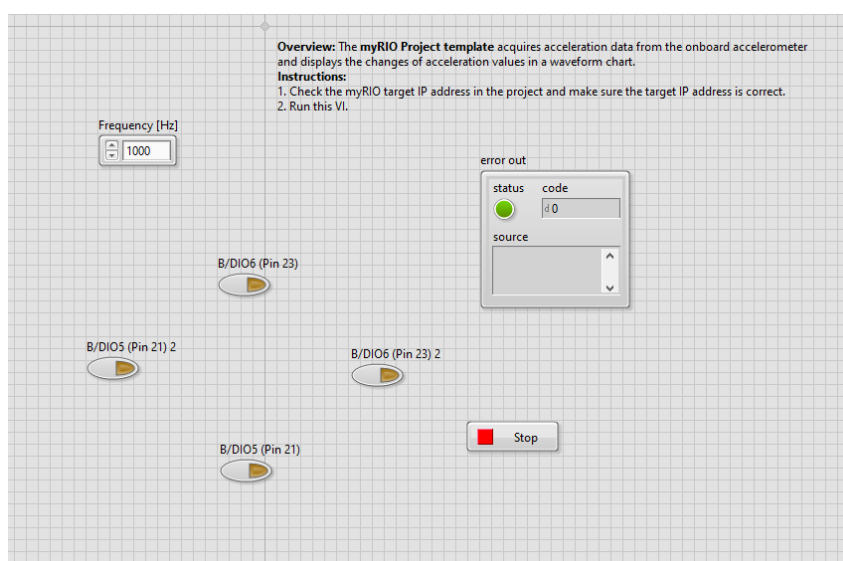


Рисунок 3.7.2 – Интерфейс управления и показаний ручного управления

3.8 Разработка программного обеспечения автоматического режима для роботизированной платформы

Главной задачей данной работы являлось разработка автоматизированной передвижной роботизированной платформы на базе оборудования NI myRIO и ультразвуковых датчиков HC-SR04. При решении поставленной задачи, главное, что необходимо предусмотреть помимо ручного управление движением, это возможность контролировать устройство удаленно. А самое главное – это возможность автономного передвижения РУ в слабо и средне динамической среде.

Удаленность контроля устройства осуществлено за счет того, что контроллер NI myRIO имеет встроенный модуль Wi-Fi, который позволяет запускать приложения удаленно и без подключения к компьютеру.

Чтобы решить главную задачу для автоматического управления движением РУ, было принято решение при разработке кода алгоритма управления использовать CASE структуру, Numeric Functions, Comparison Functions.

На основе блок-схемы (см. рис. 3.4.2) написана программа алгоритма автоматического управления движением РУ на графическом языке G.

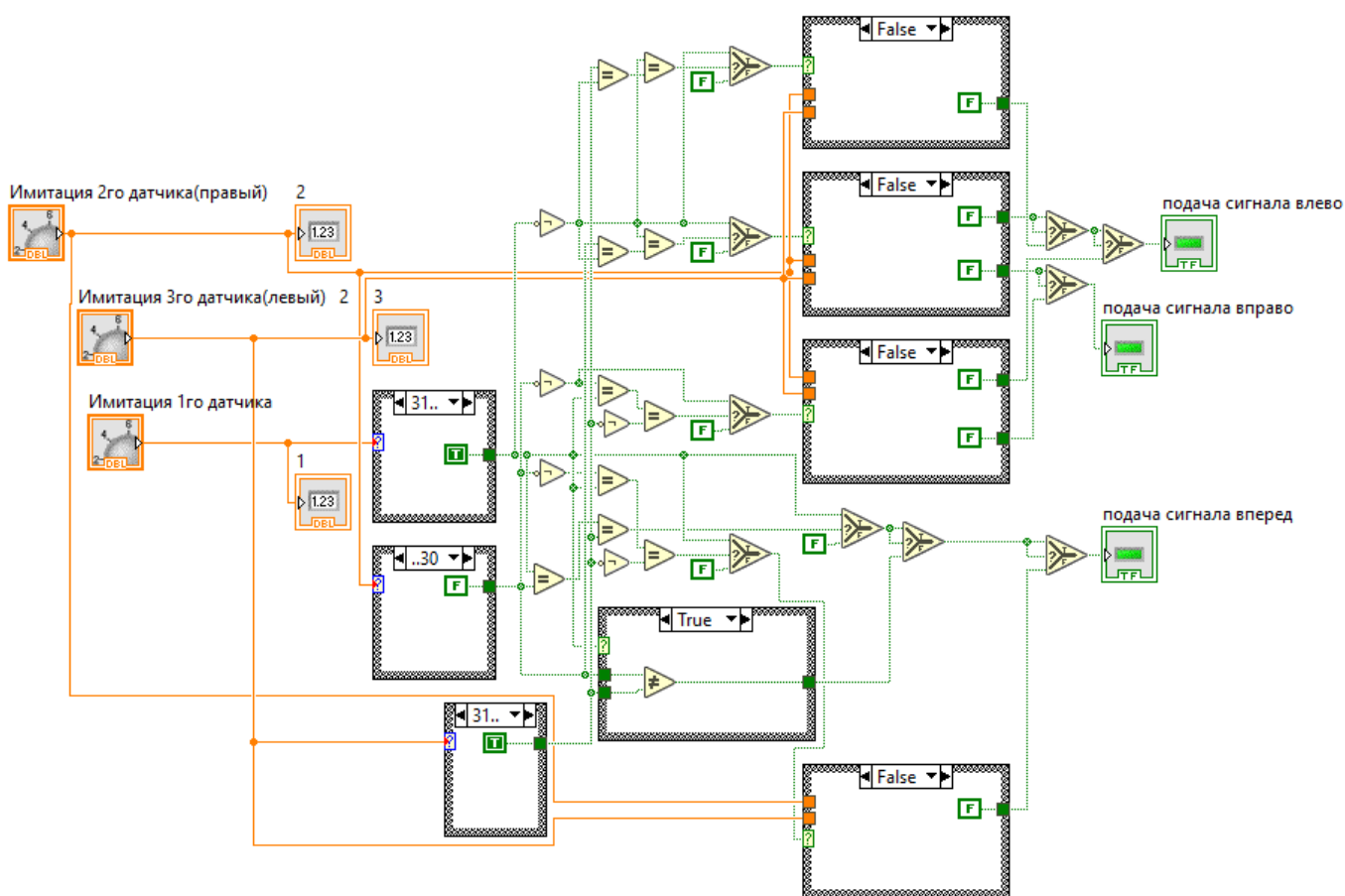


Рисунок 3.8.1 – Программа ручного управления роботизированной платформой

Ручные переключатели имитируют сигналов с УД1, УД2 и УД3. Сигнал после всех преобразований подается МК1 идут к МК2 где уже сохранен и скомпилирован код для ручного управления, который и

осуществляет непосредственную подачу сигналов на пускатели, а те в свою очередь на двигатели. Совокупность всех программ, и их взаимодействие представлено в итогом интерфейсе управления оператора АРМ.

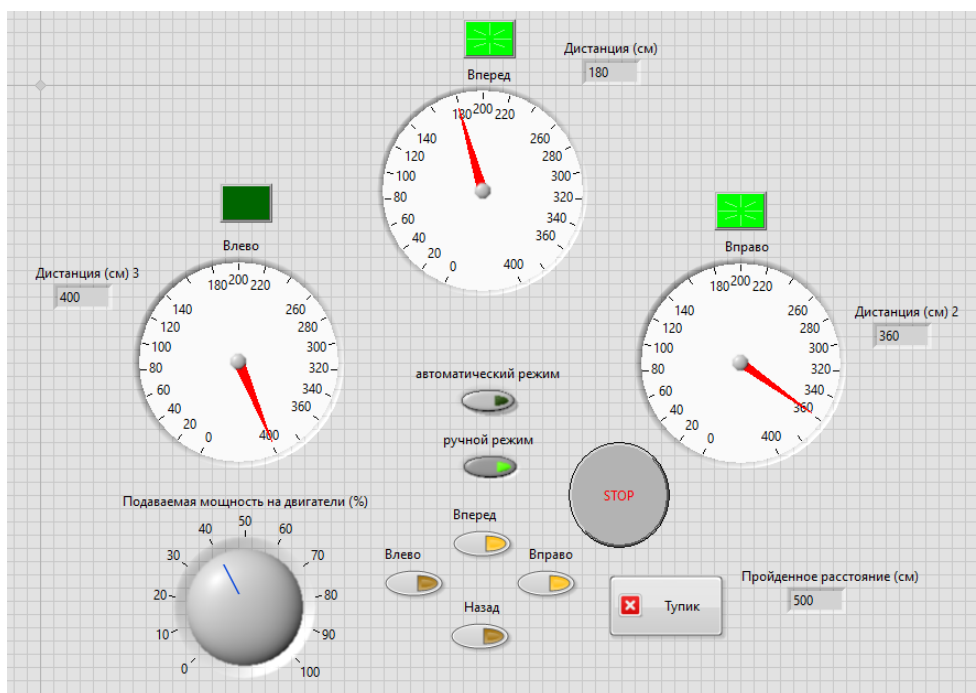


Рисунок 3.8.2 – Интерфейс управления системой и дисплей АРМ оператора

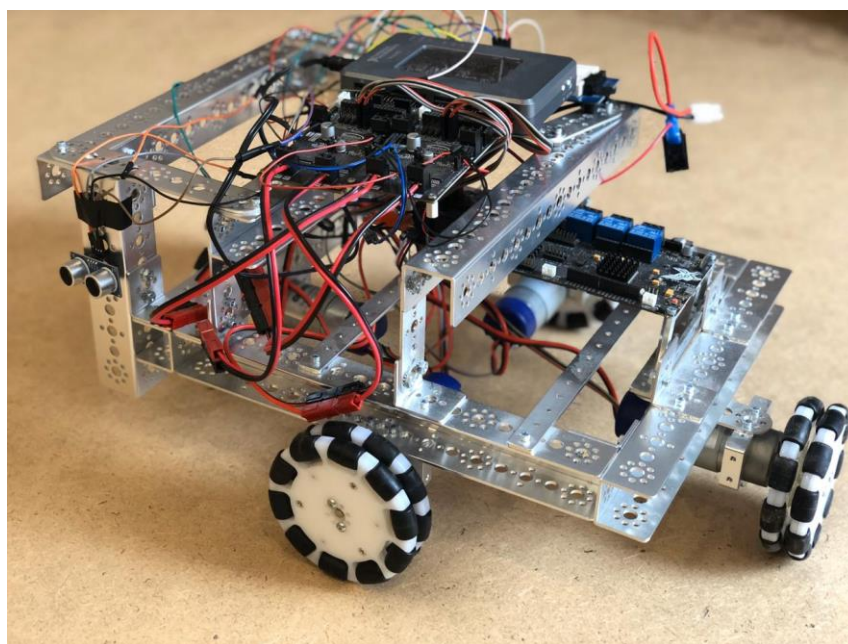


Рисунок 3.8.3 – Общий вид роботизированной платформы

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

| | |
|-----------------------|--|
| Группа 5Б6В | ФИО Чепелеву Антону Сергеевичу |
|-----------------------|--|

| | | | |
|----------------------------|-------------|----------------------------------|---|
| Школа | ИШЭ | Отделение (НОЦ) | НОЦ И.Н. Бутакова |
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника |

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

| | |
|--|---|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | Оклад руководителя - 33664 руб. Оклад консультанта - 12664 руб. Материальные затраты – 435 руб. |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов | Накладные расходы 10%; Районный коэффициент 30% Норма амортизации 33,3 % |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования | Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 % |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|---|
| 1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИ | Описание потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ |
| 2. Планирование процесса управления НИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок | Планирование работ, разработка диаграммы Ганта, формирование бюджета затрат. |
| 3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности | Оценка сравнительной эффективности исследования. Интегральный показатель ресурсоэффективности – 4,68 Интегральный показатель эффективности – 5,16 Сравнительная эффективность проекта – 1,21 |

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

| |
|---|
| 1. Оценка конкурентоспособности |
| 2. Матрица SWOT |
| 3. График проведения и бюджет НИ |
| 4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности |

| | |
|---|--|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | |
|---|--|

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|------------------|-----------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Доцент ОСГН ШБИП | Трубченко Т. Г. | Доцент, к.э.н | | |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|---------------|-------------------------|----------------|-------------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 5Б6В | Чепелев Антон Сергеевич | | |

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Данный раздел выпускной квалификационной работы предназначен для анализа ресурсоэффективности и расчёта бюджета проводимой разработки. Для этого будет проведен SWOT-анализ, осуществлено планирование работ по расчету системы автоматического управления роботизированной платформы на базе ультразвуковых датчиков и рассчитан бюджет затрат.

В ходе работы была построена модель, состоящая из роботизированной платформы с ультразвуковыми датчиками и совокупности препятствий. С помощью данной модели был протестирован разработанный алгоритм, на основе которого разрабатывалась автоматическая система регулирования параметрами работа.

Робототехнический объект в качестве дополнительного оборудования имеет тепловизор, с помощью которого происходит диагностика теплотехнического оборудования. Данный робот позволит постоянно диагностировать оборудование станции извне и при необходимости оповещать об утечке рабочего тела или предаварийной ситуации энергообъектов оператора, что позволит сократить дополнительные финансовые затраты на ремонт оборудования и предотвратить возникновение аварийной ситуации.

Работы по выполнению проекта производилась группой квалифицированных работников, состоящей из двух человек – руководителя и инженера.

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Объектом разработки является система автоматического управления роботизированной платформой на базе ультразвуковых датчиков. Данная роботизированная платформа может представлять интерес для организаций, работающих в сфере коммунальных услуг, электроэнергетическом секторе,

промышленном секторе, а также для физических лиц. Поэтому можно говорить о том, что проект имеет высокий коммерческий потенциал. Сегментирование рынка проводится по сфере использования и по размеру компании-заказчика. Карта сегментирования приведена в таблице 4.1.1.

Таблица 4.1.1 – Карта сегментирования

| | | Сфера использования | | |
|--------------------|---------|---------------------|-------------------------|-------------|
| | | Тепловые сети | Тепловая электростанция | Объекты ЖКХ |
| Размер организации | Крупные | | | |
| | Средние | | | |
| | Мелкие | | | |

В приведённой карте сегментирования показано, что для реализации разработки подходят объекты ЖКХ, а так же все виды тепловых сетей, и разработка может быть полезна для тепловых электростанций.

4.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурирующих разработок проводится систематически, поскольку новые проектные решения на рынке появляются постоянно. Данный анализ позволяет вносить конкурентоспособные идеи в научное исследование, что повышает рентабельность товара. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

На российском рынке в теплоэнергетике мобильных роботов используют чаще всего для мест, куда человек не может пройти, а именно для внутритрубной диагностики. В качестве производителей роботизированных решений выделяются компании «In-Pipe Robot» и «Диаконт».

Компания «Диаконт» разрабатывает уникальные инновационные решения для повышения безопасности и эффективности в наукоемких отраслях промышленности, а так является разработчиком роботизированного комплекса ВТД - ТДК-400-М-Л для внутритрубной диагностики.

Компания «In-Pipe Robot» является разработчиком роботизированных решений для внутритрубной диагностики. Основная особенность - высокая маневренность робота за счет модульной, гибкой конструкции, что позволяет ему преодолевать Т- и L- ответвления, переходы диаметров и даже вертикальные участки.

Сравнительная таблица конкурирующих технических решений приведена в табл. 6.2.1.

Таблица 4.2.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | | | Конкурентоспособность | | |
|---|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
| | | Б _ф | Б _{к1} | Б _{к2} | К _ф | К _{к1} | К _{к2} |
| Технические критерии оценки ресурсоэффективности | | | | | | | |
| Удобство в эксплуатации | 0,1 | 5 | 5 | 5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Долговечность | 0,05 | 3 | 4 | 4 | 0,15 | 0,2 | 0,2 |
| Надежность | 0,1 | 5 | 4 | 3 | 0,5 | 0,4 | 0,3 |
| Точность измерений | 0,05 | 5 | 5 | 5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Безопасность | 0,2 | 5 | 4 | 3 | 1 | 0,8 | 0,6 |

Продолжение таблицы 4.2.1

| | | | | | | | |
|--|----------|-----------|-----------|-----------|----------|------------|------------|
| Быстродействие | 0,05 | 5 | 4 | 4 | 0,25 | 0,2 | 0,2 |
| Экономические критерии оценки эффективности | | | | | | | |
| Цена | 0,2 | 5 | 3 | 3 | 1 | 0,6 | 0,6 |
| Предполагаемый срок эксплуатации | 0,1 | 4 | 5 | 5 | 0,4 | 0,5 | 0,5 |
| Послепродажное обслуживание | 0,05 | 4 | 4 | 4 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Доступность | 0,1 | 5 | 3 | 3 | 0,5 | 0,3 | 0,3 |
| Итого | 1 | 46 | 41 | 39 | 5 | 4,2 | 3,9 |

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 5.1 подбираются исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле[14]:

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента, B_i – вес показателя (в долях единицы), B_i – балл i-го показателя.

По итогам данной таблицы конкурентоспособность данного проекта составила 5, а конкурентов 4,2 и 3,9 на основании этого можно сделать

вывод, что данный проектируемый мобильный является конкурентоспособнее в сравнении с конкурентами. Разработка выигрывает аналогичным системам в доступности, так как цена проекта более выгодна, и управлять подобным проектом можно и человеку без особой квалификации. Но данная разработка слабее в таких пунктах как долговечность и предполагаемый срок эксплуатации. Данный проект является более универсальной системой по сравнению с существующими системами.

4.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ проекта. SWOT анализ – это метод оценки ситуации и будущих перспектив проекта, основная задача которого: определить сильные и слабые стороны, возможности и угрозы со стороны внешней окружающей среды. На основании анализа делаются вывод: правильно развивается проект, какие риски нужно предусмотреть, что следует делать, каковы перспективы проекта [14].

Таблица 4.3.1 – Матрица SWOT

| | | |
|--|--|---|
| | <p>Сильные стороны: С1. Относительная простота изготовления проекта С2. Большая компактность С3. Высокая эргономичность С4. Предварительное моделирование. С5. Высокая ремонтпригодность С6. Автономность проекта</p> | <p>Слабые стороны проекта: Сл1. Сложность настройки и управления на удалении Сл2. Сложность ремонта на удалении Сл3. Затраты на дополнительное обучение разработчика и/или оператора.</p> |
|--|--|---|

Продолжение таблицы 4.3.1

| | | |
|---|--|---|
| <p>Возможности проекта: В1. Диагностика теплотехнического оборудования В2. Снижение цен на используемое оборудование В3. Оповещение аварийных ситуаций энергообъектов В4. Растущая заинтересованность инвесторов</p> | <p>Результаты анализа полей «Сильные стороны и возможности» 1. Мониторинг за оборудованием станции извне – главная возможность проекта, которую можно использовать в большом количестве тепловых систем; 2. За счет того что нет необходимости обслуживать и доставлять работников к месту энергообъекта, можно сократить дополнительные финансовые затраты на зарплаты рабочих; Проект позволяет сократить дополнительные финансовые затраты на ремонт оборудования и предотвратить возникновение аварийной ситуации; Проект более привлекателен для инвесторов из-за высоких показателей надежности и относительно небольшой стоимости.</p> | <p>Результаты анализа полей «Слабые стороны и возможности» Слабые стороны ликвидируемы за счет усовершенствования конструкции элементов и повышение уровня обслуживающего персонала;</p> |
| <p>Угрозы проекта У1. Повышение цен на компоненты системы У2. Создания конкурентных технических решений У3. Снижение спроса</p> | <p>Результаты анализа полей «Сильные стороны и угрозы» 1. Удорожание проекта за счёт более дорогого оборудования; 2. Постоянное усовершенствование технологий; 3. При появлении конкуренции, появится стимул усовершенствования технологий.</p> | <p>Результаты анализа полей «Слабые стороны и угрозы» 1. Новая продукция может быстро снизить спрос проекта; 2. Необходимость постоянного улучшения технологий и методов обслуживания;</p> |

В результате анализа было установлено, что технический проект имеет такие важные преимущества как относительная дешевизна и простота изготовления модели, небольшие размеры, высокая ремонтпригодность и главное автономность проекта, которые обеспечивают постоянство

диагностирование оборудования станции извне и экономичность технологического процесса.

Однако присутствует сложность обслуживания работа на удалении, которая обусловлена несовершенством технологии производства подобных проектов. Так же присутствует высокая безопасность, так как обслуживающий персонал находится на удалении от аварийных ситуаций при обследовании энергообъектов. Но появляется необходимость постоянного усовершенствования работа и поддержание постоянной работоспособности для более эффективной работы.

4.4 Планирование научно-исследовательской работы

4.4.1 Структура работ

Для нахождения наиболее эффективного пути решения поставленных задач необходимо последовательно и рационально спланировать данную работу.

Для разработки проекта было задействовано два человека:

- научный руководитель проекта (НР);
- инженер-разработчик (инженер).

В обязанности руководителя входит: постановка задачи и контроль ее выполнения. Также он консультирует исполнителя и помогает в некоторых аспектах для выполнения этой задачи.

В обязанности исполнителя входит: проектирование данной системы, ее работоспособность. Трудоемкость работ определяется с учетом срока окончания работ, объемом информации и выбранной среды разработки.

Для разработки проектируемого объекта требуются этапы и работы, а также распределение занятости отражённые в таблице 4.4.1

Таблица 4.4.1–Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

| Наименование работы | Загрузка исполнителей |
|--|-----------------------|
| Выдача и получение задания | НР – 80% |
| | Инженер – 20% |
| Анализ литературных источников | Инженер – 100 % |
| Разработка имитационной модели | НР – 10 % |
| | Инженер – 90% |
| Обобщение результатов разработки, составление рекомендаций | НР – 60 % |
| | Инженер – 40 % |
| Описание объекта автоматизации, разработка структурной схемы | НР – 15 % |
| | Инженер – 85 % |
| Разработка функциональной схемы | Инженер – 100 % |
| Разработка заказной спецификации приборов и средств автоматизации | Инженер – 100 % |
| Разработка принципиальной электрической схемы | НР – 10 % |
| | Инженер – 90% |
| Разработка монтажной схемы | НР – 10 % |
| | Инженер – 90% |
| Финансовый менеджмент | Инженер – 100 % |
| Социальная ответственность | Инженер – 100 % |
| Составление пояснительной записки | Инженер – 100 % |
| Проверка пояснительной записки | НР – 100 % |
| Исправление ошибок и замечаний | Инженер – 100 % |
| Сдача проекта | Инженер – 100 % |

Как видно из данной таблицы, большую часть работы над проектом занимается инженер.

4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер. Для определения ожидаемого значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула [24]:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \quad (4.4.2.1)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.,

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость заданной i -ой работы, чел.-дн.,

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы чел.-дн.

Для построения графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта длительность каждого из этапов работ в рабочих днях переводится в календарные дни по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot K_{КД}, \quad (4.4.2.2)$$

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения работы в календарных днях;

$T_{РД}$ – продолжительность выполнения работы в рабочих днях;

$K_{КД}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$K_{КД} = \frac{T_{КД}}{T_{КД} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (4.4.2.3)$$

где $T_{КД}$ – количество календарных дней в году;

$T_{ВД}$ – количество выходных дней в году;

$T_{ПД}$ – количество праздничных дней в году.

Значение коэффициента календарности для 2020 года [14]:

$$K_{КД} = \frac{366}{366-103-15} = \frac{366}{248} = 1,47 \quad (4.4.2.4)$$

С учётом данных таблицы 4.4.1 и приведённых выше формул составляется расчётная таблица 4.4.2.1. Диаграмма Ганта, представляющая собой календарный график работ, приведена в рис. 4.4.2.1.

Таблица 4.4.2.1 – Временные показатели проведения научного исследования

| Наименование работы | Исполнители работы | Длительность работ, дн. | | | Трудоёмкость работ по исполнителям, чел.дн | | | |
|---|--------------------|-------------------------|------------|----------|--|-------|----------|-------|
| | | t_{\min} | t_{\max} | $t_{ож}$ | $T_{РД}$ | | $T_{КД}$ | |
| | | | | | НР | И | НР | И |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 11 |
| 1. Выдача и получение задания | НР, И | 1 | 2 | 1,4 | 1,12 | 0,28 | 1,65 | 0,41 |
| 2. Анализ литературных источников | И | 5 | 7 | 5,8 | 0 | 5,8 | 0 | 8,53 |
| 3. Разработка имитационной модели | НР, И | 20 | 24 | 21,6 | 2,16 | 19,44 | 3,17 | 28,58 |
| 4. Обобщение результатов разработки, составление рекомендаций | НР, И | 3 | 8 | 5 | 3 | 2 | 4,41 | 2,94 |
| 5. Описание объекта автоматизации, разработка структурной схемы | НР, И | 5 | 7 | 5,8 | 0,87 | 4,93 | 1,28 | 7,72 |
| 6. Разработка функциональной схемы | И | 6 | 7 | 6,4 | 0 | 6,4 | 0 | 9,4 |

Продолжение таблицы 4.4.2.1

| | | | | | | | | |
|--|-------|---|----|-------------|--------------|-------------|--------------|------------|
| 7. Разработка заказной спецификации приборов и средств автоматизации | И | 6 | 8 | 6,8 | 0 | 6,8 | 0 | 9,9 |
| 8. Разработка принципиальной электрической схемы | НР, И | 9 | 11 | 7,6 | 0,98 | 8,82 | 1,44 | 12,96 |
| 9. Разработка монтажной схемы | НР, И | 4 | 6 | 4,8 | 0,48 | 4,32 | 0,7 | 6,35 |
| 10. Финансовый менеджмент | И | 5 | 9 | 6,6 | 0 | 6,6 | 0 | 9,7 |
| 11. Социальная ответственность | И | 5 | 9 | 6,6 | 0 | 6,6 | 0 | 9,7 |
| 12. Составление пояснительной записки | И | 8 | 10 | 8,8 | 0 | 8,8 | 0 | 12,9 |
| 13. Проверка пояснительной записки | НР | 1 | 2 | 1,4 | 1,4 | 0 | 2,1 | 0 |
| 14. Исправление ошибок и замечаний | И | 3 | 5 | 3,8 | 0 | 3,8 | 0 | 5,58 |
| 15. Сдача проекта | И | 1 | 2 | 1,4 | 0 | 1,4 | 0 | 2,1 |
| Итого: | | | | 93,8 | 10,01 | 83,7 | 14,75 | 123 |

| Наименование работы | Продолжительность выполнения работы | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|---|---|---------|---|---|------|---|---|--------|---|---|-----|---|---|
| | Январь | | | Февраль | | | Март | | | Апрель | | | Май | | |
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Выдача и получение задания | ■ | | | | | | | | | | | | | | |
| Анализ литературных источников | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | |
| Разработка имитационной модели | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | |
| Обобщение результатов разработки, составление рекомендаций | | | | | ■ | ■ | | | | | | | | | |
| Описание объекта автоматизации, разработка структурной схемы | | | | | ■ | ■ | | | | | | | | | |
| Разработка функциональной схемы | | | | | | | ■ | ■ | | | | | | | |
| Разработка заказной спецификации приборов и средств автоматизации | | | | | | | | ■ | ■ | | | | | | |
| Разработка принципиальной электрической схемы | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | |
| Разработка монтажной схемы | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | |
| Финансовый менеджмент | | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | |
| Социальная ответственность | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | | |
| Составление пояснительной записки | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | |
| Проверка пояснительной записки | | | | | | | | | | | | | | ■ | |
| Исправление ошибок и замечаний | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ |
| Сдача проекта | | | | | | | | | | | | | | | ■ |

■ Инженер ■ Научный руководитель

Рисунок 4.4.2.1– Диаграмма Ганта

Согласно диаграмме Ганта продолжительность проектирования составляет 14 полных декад, начиная с первой декады января, заканчивая третьей декадой мая, с 1 января по 21 мая. Большая часть времени уходит на разработку технических схем.

4.5 Бюджет научно-технического исследования

Планирование бюджета позволяет оценить затраты на проведение исследования до его фактического начала и позволяет судить об экономической эффективности работы. В данном разделе подсчитываются следующие статьи расходов:

- материальные затраты;
- амортизационные отчисления;

- заработная плата исполнителей;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

4.5.1 Материальные затраты

В этом подразделе оценивается стоимость всех материальных ценностей, непосредственно расходуемых в процессе выполнения работ., а именно понимается величина денежных средств, потраченных на канцелярские товары.

Теоретические исследования, а также моделирование системы требуют ряд программных продуктов: Microsoft Office, LabVIEW, AutoCAD, и др. Большинство из них предоставляются бесплатно для студентов ТПУ, другие находятся в свободном доступе в сети «Интернет». Таким образом, затраты на материалы включают в себя расходы на канцелярские принадлежности. В материальные затраты также включаются транспортно-заготовительные расходы (ТЗР) в пределах от 5% до 20% от общей цены материалов. Расчёт материальных затрат приведён в табл. 4.5.1.1.

Таблица 4.5.1.1 – Материальные затраты

| Наименование | Цена за ед., руб. | Кол-во, шт. | Сумма, руб. |
|---------------------------------|----------------------|-------------|-------------|
| Тетрадь общая, 48 л. | 50 | 1 | 50 |
| Шариковая ручка | 30 | 3 | 90 |
| Изолента | 50 | 2 | 100 |
| Канцелярский нож | 155 | 1 | 155 |
| Итого | | | 395 |
| Итого с учётом ТЗР (10%) | | | 435 |

Из таблицы видно, что большая часть материальных затрат приходится на инструменты, необходимые для выполнения проекта. Малые затраты на материальные затраты обусловлены тем, что проект выполнен с

использованием готового комплекта оборудования для соревнований EuroSkills и WorldSkills Championship – 2019, в котором есть все необходимое оборудование и предоставляется бесплатно.

4.5.2 Расчёт амортизационных отчислений

Написание выпускной квалификационной работы по плану занимает 5 месяцев. Для моделирования и проведения расчётов используется персональный компьютер первоначальной стоимостью 75000 рублей. Срок полезного использования для офисной техники составляет от 2 до 3 лет [15].

Норма амортизации H_A рассчитывается как [44]:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\% , \quad (4.5.2.1)$$

где T – срок полезного использования, лет.

Если принять срок полезного использования равным 3 годам, тогда норма амортизации H_A :

$$H_A = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,3\% . \quad (4.5.2.2)$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$A_{\text{год}} = 75000 \cdot 0,33 = 24750 \text{руб.} \quad (6.5.2.3)$$

Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_{\text{мес}} = \frac{24750}{12} = 2062,5 \text{руб.} \quad (4.5.2.4)$$

Итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A = 2062,5 \cdot 5 = 10312,5 \text{руб.} \quad (4.5.2.5)$$

4.5.3 Расчёт заработной платы и отчислений во внебюджетные фонды

Оклад научного руководителя (в должности профессора) составляет 33 664 рублей. Оклад студента (инженера) принимается равным окладу соответствующего специалиста низшей квалификации, т.е. составляет 12 664

рублей. В 2020 году с учётом 48-дневного отпуска 252 рабочих дня. Среднее количество рабочих дней в месяце составит 21 день. Среднедневная заработная плата для руководителя составит 1603,05 рублей в день, для инженера – 603,05 рублей в день.

Зарботная плата включает в себя основную и дополнительную части.

При этом основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{осн} = ЗП_{дн} \cdot T_{РД} \cdot (1 + K_{пр} + K_{д}) \cdot K_p, \quad (4.5.3.1)$$

где $ЗП_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.;

$T_{РД}$ – трудоёмкость выполнения работы в рабочих днях;

$K_{пр}$ – коэффициент премирования;

$K_{д}$ – коэффициент доплат;

K_p – районный коэффициент, для Томска равный 1,3.

Результаты расчёта основной заработной платы по формуле 4.5.3.1 приведены в табл. 4.5.3.1.

Таблица 4.5.3.1 – Расчёт основной заработной платы

| Исполнители | $ЗП_{дн}$ | K_p | $K_{д}$ | $K_{пр}$ | $T_{РД}$ | $ЗП_{осн}$, руб |
|----------------------|-----------|-------|---------|----------|----------|------------------|
| Научный руководитель | 1603,05 | 1,3 | 0,2 | 0,1 | 10,01 | 27126,25 |
| Инженер | 603,05 | 1,3 | 0,2 | 0 | 83,7 | 78741,44 |
| Итого | | | | | | 105867,69 |

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{доп} = ЗП_{осн} \cdot k_{доп}, \quad (4.5.3.2)$$

где $ЗП_{осн}$ – основная заработная плата, руб., где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Отчисления во внебюджетные фонды в соответствии с Налоговым кодексом РФ рассчитываются по формуле:

$$ЗП_{внеб} = (ЗП_{осн} + ЗП_{доп}) \cdot k_{внеб}, \quad (4.5.3.3)$$

где $ЗП_{осн}$ – основная заработная плата, руб;

$ЗП_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб;

$k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.), 30,2%.

Результаты расчётов по формулам 4.5.3.2 и 4.5.3.3 приведены в табл. 4.5.3.2.

Таблица 4.5.3.2 – Расчёт дополнительной заработной платы и отчислений

| Исполнители | $ЗП_{доп}$ | $ЗП_{внеб}$ |
|--------------|-----------------|-----------------|
| Руководитель | 3255,15 | 9114,42 |
| Инженер | 9448,97 | 26457,12 |
| Итого | 12704,12 | 35571,54 |

Накладные расходы принимаются в размере 10% от величины всех остальных расходов.

4.5.4 Расчёт общей себестоимости

Расчитанные в пунктах 4.5.1-4.5.3 расходы сведены в таблицу 4.5.4.1.

Таблица 4.5.4.1 – Суммарные расходы

| Наименование | Сумма, руб. | Удельный вес, % |
|---------------------------------|-------------|-----------------|
| Материальные затраты | 435 | 0,24 |
| Затраты на амортизацию | 10312,5 | 5,68 |
| Основная заработная плата | 105867,69 | 58,39 |
| Дополнительная заработная плата | 12704,12 | 7,0 |
| Страховые взносы | 35571,54 | 19,6 |

Продолжение таблицы 4.5.4.1

| | | |
|-------------------|-------------------|------------|
| Накладные расходы | 16489,085 | 9,09 |
| Итого | 181379,935 | 100 |

В ходе подсчёта затрат на разработку проекта выявлено, что основная часть (58,39%) средств расходуется на заработную плату исполнителей.

4.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Эффективность разработки сравнивается аналогичными системами:

1. Роботизированного комплекса ВТД - ТДК-400-М-Л для внутритрубной диагностики производства компании «Диаконт». Примем, что максимальная стоимость проектирование и создание роботизированного комплекса составляют 190 000 руб.

2. Робот для внутритрубной диагностики «In-Pipe Robot» компании «In-Pipe Robot». Примем, что максимальная стоимость проектирование и создание роботизированного комплекса составляют 200 000 руб.

Эффективность разработки определяется путём расчёта интегрального финансового показателя:

$$I_{фин}^i = \frac{\Phi_i}{\Phi_{max}}, \quad (4.6.1)$$

где $I_{фин}^i$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_i – стоимость i-ого варианта исполнения;

Φ_{\max} – максимальная стоимость исполнения проекта (зависит от сложности АСУ).

$$I_{\text{фин}} = \frac{181379,935}{200000} = 0,907, \quad (4.6.2)$$

$$I_{\text{фин}}^1 = \frac{200000}{200000} = 1, \quad (4.6.3)$$

$$I_{\text{фин}}^2 = \frac{190000}{200000} = 0,95, \quad (4.6.4)$$

Сравнительная оценка ресурсоэффективности рассматриваемых аналогов приведена в табл. 4.6.1.

Таблица 4.6.1 – Сравнительная оценка ресурсоэффективности

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | | | Ресурсоэффективность | | |
|-------------------------|--------------|------------|-----------|-----------|----------------------|-------------|------------|
| | | B_{ϕ} | B_{k1} | B_{k2} | K_{ϕ} | K_{k1} | K_{k2} |
| Удобство в эксплуатации | 0,2 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 |
| Долговечность | 0,05 | 3 | 4 | 4 | 0,15 | 0,2 | 0,2 |
| Надежность | 0,2 | 5 | 4 | 4 | 1 | 0,8 | 0,8 |
| Безопасность | 0,25 | 4 | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 |
| Точность измерений | 0,05 | 5 | 5 | 4 | 0,25 | 0,25 | 0,2 |
| Быстродействие | 0,25 | 5 | 4 | 4 | 1,25 | 1 | 1 |
| Итого | 1 | 27 | 26 | 25 | 4,68 | 4,25 | 4,2 |

Интегральный показатель эффективности разработки I^i вычисляется на основании рассчитанных выше интегрального финансового показателя $I_{\text{фин}}^i$ (4.6.2 – 4.6.4) и показателя ресурсоэффективности I_p^i (табл. 4.6.1):

$$I^i = \frac{I_p^i}{I_{\text{фин}}^i}, \quad (4.6.5)$$

Для разрабатываемой системы:

$$I = \frac{4,68}{0,907} = 5,16, \quad (4.6.6)$$

Для рассматриваемых аналогов:

$$I^1 = \frac{4,25}{1} = 4,25, \quad (4.6.7)$$

$$I^2 = \frac{4,2}{0,95} = 4,28, \quad (4.6.8)$$

Сравнительная эффективность разрабатываемой системы и рассматриваемых аналогов рассчитывается как:

$$\Theta = \frac{I}{I^i}, \quad (4.6.9)$$

Сравнительная эффективность разрабатываемой системы с аналогами приведена в табл. 4.6.2.

Таблица 4.6.2 – Сравнительная эффективность разработки

| № п/п | Показатели | Разработка | Аналог №1 | Аналог №2 |
|-------|--|------------|-----------|-----------|
| 1 | Интегральный финансовый показатель $I_{фин}$ | 0,907 | 1 | 0,95 |
| 2 | Интегральный показатель ресурсоэффективности I_p | 4,68 | 4,25 | 4,2 |
| 3 | Интегральный показатель эффективности I | 5,16 | 4,25 | 4,28 |
| 4 | Сравнительная эффективность Θ разработки к аналогам | | 1,21 | 1,2 |

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что с позиции финансовой и ресурсной эффективности наиболее экономичным будет данная разработка, спроектированная и выполненная в данном ВКР.

4.7 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Результат анализа конкурентоспособности технических решений проекта показал, что проект благодаря своим новым техническим решениям и автономности является конкурентоспособным по сравнению с конкурентами

1. Выявлены потенциальные потребители результатов исследования. Разработка может представлять интерес для организаций, работающих в сфере коммунальных услуг, электроэнергетическом секторе, промышленном секторе, а также для физических лиц. (см. подраздел 4.1).

2. Проведён анализ конкурентных технических решений. Выявлено два конкурента: компания «Диаконт» и «In-Pipe Robot». Разрабатываемая система хоть и не является полноценной готовой моделью способная немедленно приступить к работе на производстве, а является только учебной моделью, служащая для приобретения необходимых навыков в этой сфере. Но благодаря самым современному учебному оборудованию, является конкурентоспособной системой среди существующих аналогов в теплоэнергетике, предназначенные для диагностирования энергообъектов(см. подраздел 4.2).

3. В ходе SWOT-анализа основными угрозами обозначены: создание конкурентных технических решений, из-за которых может сильно упасть спрос на данную продукцию. Возможные пути снижения влияния выявленных угроз представлены в подразделе 4.3.

4. Подсчёт затрат на разработку позволяет заключить, что основной статьёй расходов в научно-исследовательской работе является заработная плата исполнителей: основная – 105867,69 руб. (58,39%), дополнительная – 12704,12 руб. (7,0%). На втором месте страховые взносы – 35571,54 руб. (19,6%). Затем идут накладные расходы – 16489,085 руб. (9,09%). Меньше

всего средств уходит на амортизацию оборудования – 10312,5 руб. (5,68%) и на материальные затраты – 435 руб. (0,24%). Общий бюджет разработки составил 181379,935 руб (см. подраздел 4.5). При этом запланированная продолжительность работы составляет 142 дня.

5. В подразделе 4.6 оценена экономическая эффективность разработки. Разрабатываемая система на данный момент является лучшим решением по сравнению ресурсоэффективности в виду меньшей стоимости и большей эффективности.

В целом, эффективность показала, что необходимо дальше развивать исследования направленные в этой сферы, для более дешевого и эффективного технического решения для анализа энергообъектов.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| | |
|---------------|----------------------------|
| Группа | ФИО |
| 5Б6В | Чепелеву Антону Сергеевичу |

| | | | |
|---------------------|-------------|---------------------------|---|
| Школа | ИШЭ | Отделение (НОЦ) | И.Н.Бутакова |
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» |

Тема ВКР: Система автоматического управления роботизированной платформой на базе ультразвуковых датчиков

| | |
|--|---|
| Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»: | |
| <p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p> | <p>– Объектом исследования в данной работе является система автоматического управления роботизированной платформы на базе ультразвуковых датчиков. Мобильный робот оснащен тепловизором и предназначен для автономного тепловизионного обследования энергетического оборудования.</p> |
| Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке: | |
| <p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. | <p>– Для работы были использованы такие законодательные и нормативные документы, как: СанПин, СНИП, ГОСТ, НПБ.</p> |
| <p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p> | <p>– В результате выполненной работы были выявлены следующие вредные факторы при разработке и эксплуатации системы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека - Повышенный уровень шума; - Отклонение параметров микроклимата; - Недостаточная освещенность рабочей зоны; - Повышенный уровень электромагнитных излучений |

| | |
|---|--|
| <p>3. Экологическая безопасность:</p> | <p>– Потенциальным негативным воздействием на окружающую среду является воздействие на атмосферный воздух (выбросы CO₂ при работе оборудования). Для улучшения экологической обстановки будут разработаны методы минимизации ущерба окружающей среде.</p> |
| <p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> | <p>– При описании опасных факторов, в данной работе указаны возможные ЧС, а также меры по предупреждению и оповещению о случившемся ЧС, приведены четкие регламентируемые требования по поведению персонала при возникновении ЧС и обязательной эвакуации. Все необходимые меры и требования регламентируются согласно нормативным документам.</p> |

| | |
|--|--|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | |
|--|--|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---|-----------------------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент отделения общетехнических дисциплин | Немцова Ольга Александровна | | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------|---------|------|
| 5Б6В | Чепелев Антон Сергеевич | | |

5 Социальная ответственность

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была разработана имитационная модель робототехнического объекта, использующая в качестве ориентации в пространстве ультразвуковые датчики. С помощью данной модели в дальнейшем может быть разработан реальный робототехнический объект, который перемещался в соответствии с разработанными алгоритмами и выполнял необходимые задачи.

В ходе работы был разработан алгоритм, позволяющий определять наличие препятствия, измерять расстояние до него и передавать необходимые данные системе, отвечающей за перемещение робота для преодоления препятствия. Таким образом, алгоритм позволяет вырабатывать команды по управлению исполнительными механизмами и передвигаться внутри помещений – в окружении нормально передвигающихся людей и других предметов, выполняя задачи анализа теплотехнического оборудования.

Использование робототехнических объектов для анализа теплотехнического оборудования является одним из новых и перспективных направлений в теплоэнергетике и теплотехнике.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Главным требованием при организации рабочего пространства является создание безопасных и комфортных для работы условий, профилактика профзаболеваний и несчастных случаев. Комплекс таких мероприятий называется охраной труда на производстве.

Соблюдение правил и норм по безопасности жизнедеятельности позволяет улучшить и облегчить условия труда, обеспечить широкие возможности для высокопроизводительной работы,

Процесс разработки имитационной модели робототехнического объекта и последующей работы с данной моделью происходит в основном за рабочим местом – персональным компьютером.

Так как персональный компьютер является основным рабочим место, то для этого существуют специальные нормы - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 от 30 мая 2003 г [31]. Согласно ему, при работе с ПК, оборудованным плоским монитором, рабочее место должно иметь площадь не менее 4,5 кв. м. По прошествии каждого часа труда рабочее помещение должно проветриваться.

Требования к освещению приведены в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 [32] освещенность в помещении должна находиться в пределах от 300 до 500 люкс. Для местного освещения рекомендуется использовать светильники, устанавливаемые на рабочих столах либо специально оборудованных панелях вертикальной установки.

Согласно ст. 91 ТК РФ, Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю.

Согласно ст. 209 ТК РФ, на предприятиях проводится аттестация рабочих мест с целью выявления факторов, влияющих на безопасность условий труда на производстве. За каждое установленное нарушение предприниматель несет ответственность, при первом нарушении должностным лицам и ИП оглашается предупреждение или назначается штраф в размере от 2 000 до 5 000 рубсогласно ст. 5.27.1. КоАП РФ, ч. 1 [33]

Соблюдение эргономических требований обусловлено в первую очередь следованием нормам, прописанным в ТК РФ, Санитарно-эпидемиологических правилах и нормативах (СанПиН) и в других правовых актах.

5.2 Производственная безопасность

Производственная безопасность – это система организационных мероприятий и технических средств, уменьшающих вероятность (риск) воздействия на работающих опасных производственных факторов до приемлемого уровня.

При работе с персональным компьютером и разрабатываемой моделью можно выделить следующие вредные и опасные факторы, представленные в таблице 5.2.1.

Таблица 5.2.1 – Возможные опасные и вредные факторы

| Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015) | Этапы работ | | | Нормативные документы |
|--|-------------|--------------|--------------|---|
| | Разработка | Изготовление | Эксплуатация | |
| 1. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека | + | + | + | 1. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление [19]. 2. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [20]. 3. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [21]. |
| 2. Повышенный уровень шума | + | + | + | 1. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [22]. 2. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация [23]. 3. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки [24]. 4. СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах [25]. 5. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 [26]. |
| 3. Отклонение параметров микроклимата | + | + | + | 1. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [27]. 2. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [28]. |

Продолжение таблицы 5.2.1

| | | | | |
|--|---|---|---|---|
| 4. Недостаточная освещенность рабочей зоны | + | + | + | 1. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* [29]. 2. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий [30]. |
| 5. Повышенный уровень электромагнитных излучений | + | + | + | 1. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности. 34.ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ [31]. 2. ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля [32]. 3. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [33]. |

5.3 Анализ вредных и опасных факторов

5.3.1 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека

Электробезопасность — это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного для жизни воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Для обеспечения электробезопасности при работе с персональным компьютером должны выполняться следующие требования:

–периферийное оборудование компьютеров должно быть подключено только к линиям электроснабжения компьютерной сети.

–не допускается включение электропотребителей, не относящихся к компьютерам (настольные лампы, вентиляторы и т. д.) в линии электроснабжения компьютерной сети.

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током все оборудование на рабочем месте должно быть, согласно требованиям ПУЭ (правила и устройства электроустановок), подключено к защитному

заземлению, если такое подключение предусмотрено конструкцией оборудования.

Электрические розетки системы электропитания должны располагаться таким образом, чтобы кабели электропитания оборудования, расположенного на рабочем месте, не пересекали рабочее место (были направлены от места расположения пользователя).

5.3.2 Повышенный уровень шума

Шумом называют сочетание звуков различной частоты и интенсивности. Длительное воздействие шума негативно сказывается на здоровье человека. К последствиям длительного влияния шума на человека можно отнести: снижение остроты слуха, повышение артериального давления, следствием чего может быть возникновение сердечнососудистых заболеваний. Так же понижается внимание, и в результате всего перечисленного снижается производительность труда и ухудшается качество работы.

Основными источниками шума в рабочих помещениях, в которых расположена вычислительная техника являются принтеры, плоттеры, множительная техника, различные составляющие систем охлаждения техники, а также вентиляционное оборудование.

На рабочем месте уровень шума не должен превышать 50 дБА (по СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах). Нормируемый уровень шума достигается путем применения малошумного оборудования, использования звукоизолирующих материалов (панели, различные плиты), также рекомендуется использовать акустические потолки. Если уровень шума невозможно довести до нормируемого значения, то шумящее оборудование должно находиться вне помещения с вычислительной техникой.

5.3.3 Отклонение параметров микроклимата

Под метеорологическими условиями понимаются температура, относительная влажность и скорость движения воздуха. Для этих параметров для рабочей зоны устанавливаются оптимальные и допустимые параметры.

Метеорологические условия на рабочих местах в помещениях с вычислительной техникой должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 5.3.3.1 (согласно ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.).

Таблица 5.3.3.1 – Оптимальные параметры микроклимата на постоянных рабочих местах производственных помещений

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

Воздух, который поступает в рабочее помещение операторов ЭВМ, должен очищаться от различных загрязнений.

Система кондиционирования должна обеспечивать поддержание параметров микроклимата в требуемых пределах в течении каждого сезона года, максимально очищать воздух от пыли и различных вредных веществ. Подаваемый воздух должен иметь температуру не менее 19 °С.

Температура воздуха в помещении должна регулироваться, учитывая нагревание воздуха тепловыми потоками различного вычислительного оборудования. При выборе оборудования предпочтение должно отдаваться оборудованию с меньшей электрической мощностью. Его необходимо устанавливать таким образом, чтобы тепловые потоки от него не были направлены в сторону операторов ЭВМ.

5.3.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Важное место в комплексе мероприятий по созданию условий труда, работающих с персональными ЭВМ, занимает создание оптимальной световой среды, т.е. рациональная организация естественного и искусственного освещения помещения и рабочих мест (СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*).

Оконные проемы в помещениях, предназначенных для использования компьютеров, необходимо оборудовать устройствами регулирования интенсивности естественного освещения типа жалюзи, занавесей, внешних козырьков и др.

Искусственное освещение в помещениях должно осуществляться системой общего равномерного освещения. В качестве источников света, при искусственном освещении, должны применяться преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ. При устройстве отраженного освещения в производственных и административно-общественных помещениях допускается применение металлогалогенных ламп мощностью до 250 Вт. Допускается применение ламп накаливания в светильниках местного освещения.

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

5.3.5 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Повышенный уровень электромагнитных излучений, и его оценка проводится при выполнении работ с любым электрическим оборудованием.

Персональный компьютер является источником широкополосных электромагнитных излучений:

- мягкого рентгеновского;
- ультрафиолетового 200-400 нм;
- видимого 400-750 нм;
- ближнего ИК 750-2000 нм;
- радиочастотного диапазона 3кГц;
- электростатических полей.

Основные требования к показателям электромагнитного поля и ионизирующего излучения персональной ЭВМ представлены в таблице 3 (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы).

Таблица 5.3.5.1 – Требования к показателям ЭМП и ионизирующего излучения персональной ЭВМ

| Параметр | ПДУ |
|---|-------------------|
| Мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения на расстоянии 5 см от монитора | 100 мкР/час |
| Напряженность электрического поля на расстоянии 50 см от монитора в диапазоне частот: 0,005...2 кГц 2...400 кГц | 25 В/м 2,5 В/м |
| Плотность потока магнитной индукции на расстоянии 50 см от монитора в диапазоне частот: 0,005...2 кГц 2...400 кГц | 250 нТл 25 нТл |
| Эквивалентный поверхностный электростатический потенциал экрана монитора | 500 В |

Основную опасность для здоровья пользователя (и находящихся вблизи от ПК лиц) представляет электромагнитное излучение в диапазоне 20...400 кГц, создаваемое отклоняющей системой кинескопа и видеомонитора. Многочисленные экспериментальные данные, свидетельствующие о влиянии ЭМП на живой организм (на молекулярном и клеточном уровне) – нервную, эндокринную, иммунную и кроветворную системы организма.

Самой опасной является низкочастотная составляющая ЭМП (до 100 Гц), способствующая изменению биохимической реакции крови на клеточном уровне. Это приводит к возникновению у человека симптомов раздражительности, нервного напряжения и стресса, вызывает осложнения в течение беременности и увеличение в несколько раз вероятности выкидышей, способствует нарушению репродуктивной функции и возникновению рака.

5.4 Экологическая безопасность

Загрязнение окружающей среды на промышленном предприятии может произойти в результате аварии или повреждения оборудования.

Разрабатываемая в данной работе имитационная модель робототехнического объекта позволит создать реальное робототехническое устройство, задачей которого будет выполнение диагностики теплотехнического оборудования. Автономное робототехническое устройство, оснащенное ультразвуковыми датчиками, с помощью тепловизора, позволит обследовать такие соединения, как энергообъекты, тепловые сети. Также тепловизор позволяет оценить целостность трубопроводов, что помогает определить утечки рабочего тела и предотвратить возможные аварии.

Обладая описанными возможностями, данный робот может быть использован на электростанции или другом промышленном предприятии. Вследствие этого уменьшаются риски загрязнения окружающей среды, что уменьшает напряженность в ОС.

В заключение всего вышеперечисленного хочется отметить основную задачу, поставленную данным разделом – формирование у индивида социальной ответственности перед другими людьми и окружающей его

средой обитания, а также необходимости выполнения всех возможных мероприятий, ведущих к улучшению условий окружающего мира.

5.5. Безопасность в ЧС

Чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей (согласно ГОСТ Р 22.0.07-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров.) .

Главная опасность при работе за рабочим местом в помещении, может быть внезапно появившейся пожар. Во всех служебных помещениях обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», определяющий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники.

Источниками зажигания в помещениях с вычислительным оборудованием могут быть электрические схемы от ЭВМ, приборы, применяемые для технического обслуживания, в которых в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать загорания горючих материалов. Для отвода избыточной теплоты от ЭВМ служат системы вентиляции и кондиционирования воздуха.

Для большинства помещений вычислительных центров установлена категория пожарной опасности В.

Выводы по разделу

Данная разработка робототехнического устройства позволит постоянно мониторить за теплотехническим оборудованием, используя тепловизор. Это позволит достичь высокой надежности работы оборудования, предотвращения аварийных ситуаций, следовательно, снизит нагрузку на окружающую среду из-за сокращения выбросов вредных веществ в местах ее утечки. Также данный объект способен проезжать в труднодоступных для человека местах и производить диагностику оборудования на местности, представляющей непосредственную опасность для работы человека.

Как итог проделанной работы по разделу «Социальная ответственность» можно отметить следующее:

- выявлены и описаны вредные и опасные факторы, возникающие на производстве;
- указаны методики и средства борьбы с этими факторами;
- описаны возможные ЧС и меры по их предупреждению и оповещению, а также приведены регламентированные требования по поведению персонала при ЧС;
- отражены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности рабочего персонала.

Заключение

Результатом выполнения бакалаврской работы является построение имитационной модели роботизированной платформы, который использует ультразвуковые датчики для оценки положения в пространстве, и автоматическая система регулирования параметрами робота. Данная разработка может применяться для создания реального робототехнического устройства, который в дальнейшем может использоваться на электростанции для диагностирования и анализа, например, теплотехнического оборудования.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы решены следующие задачи:

- 1) описана математическая модель движения робота с использованием программного пакета MatLab;
- 2) выбран закон регулирования и произведена оптимальная настройка регулятора;
- 3) построена имитационная модель робототехнического объекта на базе Labview;
- 4) выбраны технические средства автоматизации и составлена заказная спецификация;
- 5) разработана структурная схема АСР, функциональная схема АСР, принципиальная электрическая схема АСР, монтажная схема АСР, схема расположения технических средств.

Список использованных источников

1. Мобильный робот [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://industrial.omron.ru/ru/products/mobile-robot>.
2. Обзор методов и технологий отслеживания положения для виртуальной реальности [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://geektimes.ru/post/280620>.
3. Кинематическое управление движением шестиколесного механум-робота. Е.Ю. Колесниченко, В.Е. Павловский [Электронный ресурс].– Режим доступа: <https://publications.hse.ru/preprints/319997111>.
4. Волошенко А.В., Горбунов Д.Б. Проектирование систем автоматического контроля и регулирования: учебное пособие.– Томск: Изд-во Томского Политехнического Университета, 2011.–108 с.
5. ПЛИС (FPGA) и микроконтроллер [Электронный ресурс].– Режим доступа: https://sdr-labs.com/blog/fpga_vs_microcontroller/ ПЛИС (FPGA) и микроконтроллер [Электронный ресурс].– Режим доступа: https://sdr-labs.com/blog/fpga_vs_microcontroller.
6. Ультразвуковой датчик HC-SR04 [Электронный ресурс].– Режим доступа: <https://amperka.ru/product/hc-sr04-ultrasonic-sensor-distance-module>.
7. TETRIX MAX TorqueNADO Мотор [Электронный ресурс].– Режим доступа: <https://www.pitsco.com/TETRIX-MAX-TorqueNADO-Motor-with-Encoder>.
8. Драйвер мотора Studica и адаптер датчика для NI myRIO (MXP-MD2) [Электронный ресурс].– Режим доступа: <https://www.studica.com/National-Instruments-Mini-Systems-Accessories/mxp-md2-motor-driver-adapter-for-ni-myrio.html>
9. TETRIX MAX Rechargeable 3,000 mAh NiMH Battery Pack [Электронный ресурс].– Режим доступа: <https://www.pitsco.com/TETRIX-12-Volt-Rechargeable-NiMH-Battery-Pack>

10. Волошенко А.В., Горбунов Д.Б. Проектирование систем автоматического контроля и регулирования: учебное пособие.– Томск: Изд-во Томского Политехнического Университета, 2011.–108 с;
11. Волошенко А.В., Медведев В.В. Технологические измерения и приборы. Курсовое проектирование: Учебное пособие.– Томск: Изд-во Томского Политехнического Университета, 2004.– 120 с.
12. DYNAMICAL MODELS FOR OMNI-DIRECTIONAL ROBOTS WITH 3 AND 4 WHEELS. H´elder P. Oliveira, Armando J. Sousa [Электронный ресурс].– Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication>.
13. Ультразвуковой датчик HC-SR04. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://wiki.amperka.ru/hc-sr04-ultrasonic-sensor-distance-module> – Загл. с экрана.
14. Видяев И.Г. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Учебное пособие к практическим занятиям: - Томск: Изд. ТПУ, 2014.–36 с.
15. Криницына З.В. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Учебное пособие к практическим занятиям: - Томск: Изд. ТПУ, 2014.–73 с.
16. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
17. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.
18. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001.
19. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
20. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

21. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
22. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
23. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
24. . СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
25. СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.
26. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.
27. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
28. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
29. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности. 34.ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ.
30. ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
31. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным

Приложение А
Заказная спецификация средств автоматизации

| Позиция | Наименование, техническая характеристика приборов и средств автоматизации | Тип и марка прибора | Кол |
|--------------|--|---------------------------------------|-----|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1а | Ультразвуковой датчик, диапазон дальности измерения составляет от 2 до 400 см, эффективный угол наблюдения 15°, рабочий угол наблюдения 43° «ZHENGK», Китай | HC-SR04 | 3 |
| 2а 0-5 В | Устройство пусковое, максимальный выходной ток 30 А, встроенный регулятор напряжения 5 В «Studica», США | MD2 Motor Driver Adapter for NI myRIO | 2 |
| 3а 0-12 В | Мотор-редуктор, напряжение питания 12 В, номинальный крутящий момент 504 г*м «Studica», США | DC Gear Motor 12 volt with Encoder | 4 |

| | | | | | | | | |
|---------|-------------|--|--|--|---|------|------|--------|
| | | | | | ФЮРА.421000.014 С01 | | | |
| Исполни | Чепелев | | | | Спецификация приборов и средств автоматизации | Стад | Лист | Листов |
| Провери | Волков Р.С. | | | | | | | 1 |
| | | | | | | ТПУ | ИШЭ | |

Приложение Б

Все случаи переходных характеристик замкнутой системы:

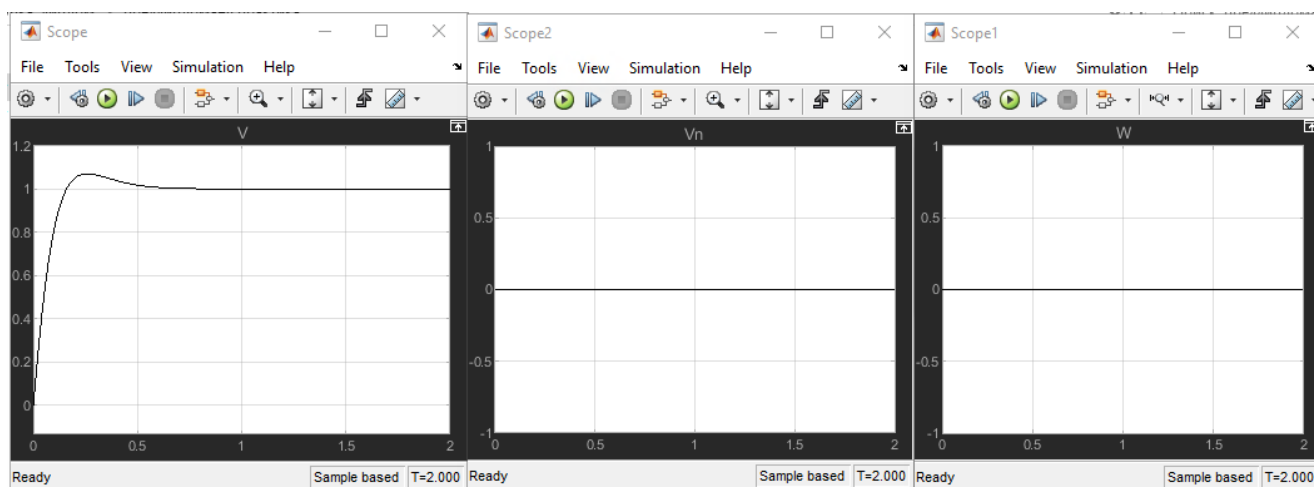


Рисунок 1 – Переходные характеристики замкнутой системы для случая $\omega = 0, V = 1, V_n = 0$

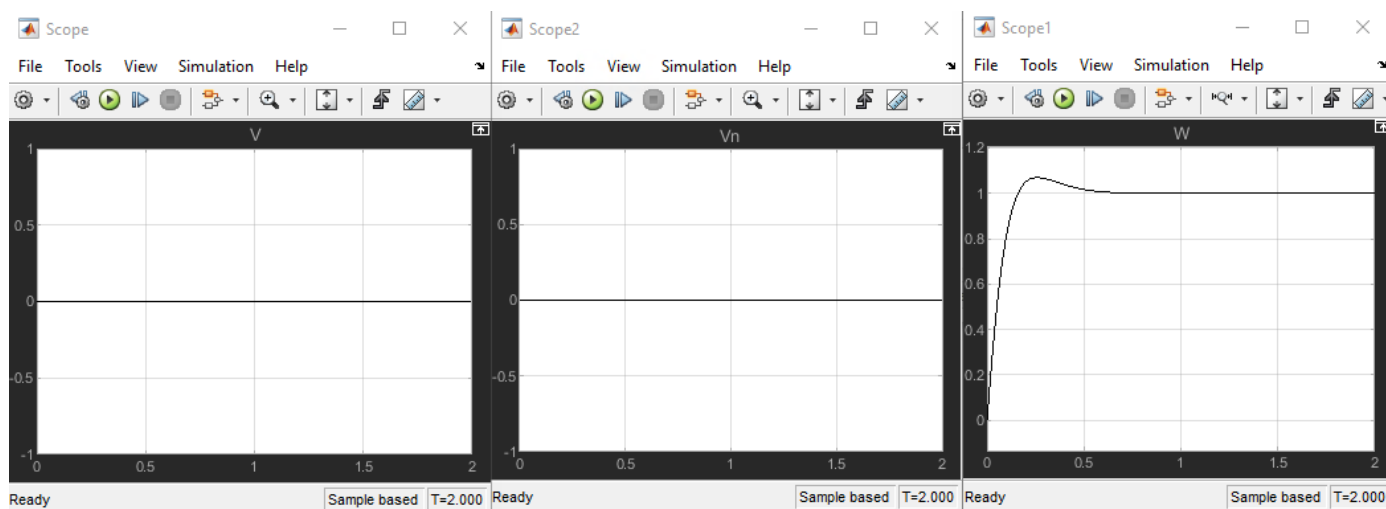


Рисунок 2 – Переходные характеристики замкнутой системы для случая $\omega = 1, V = 0, V_n = 0$

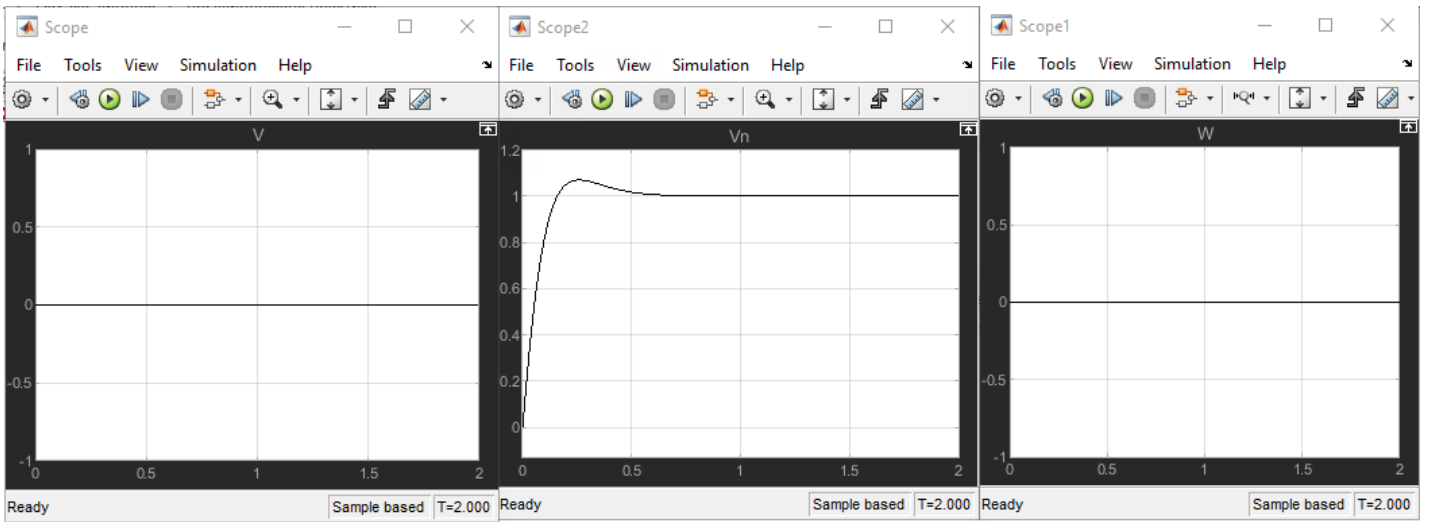


Рисунок 3 – Переходные характеристики замкнутой системы для случая $\omega = 0, V = 0, V_n = 1$

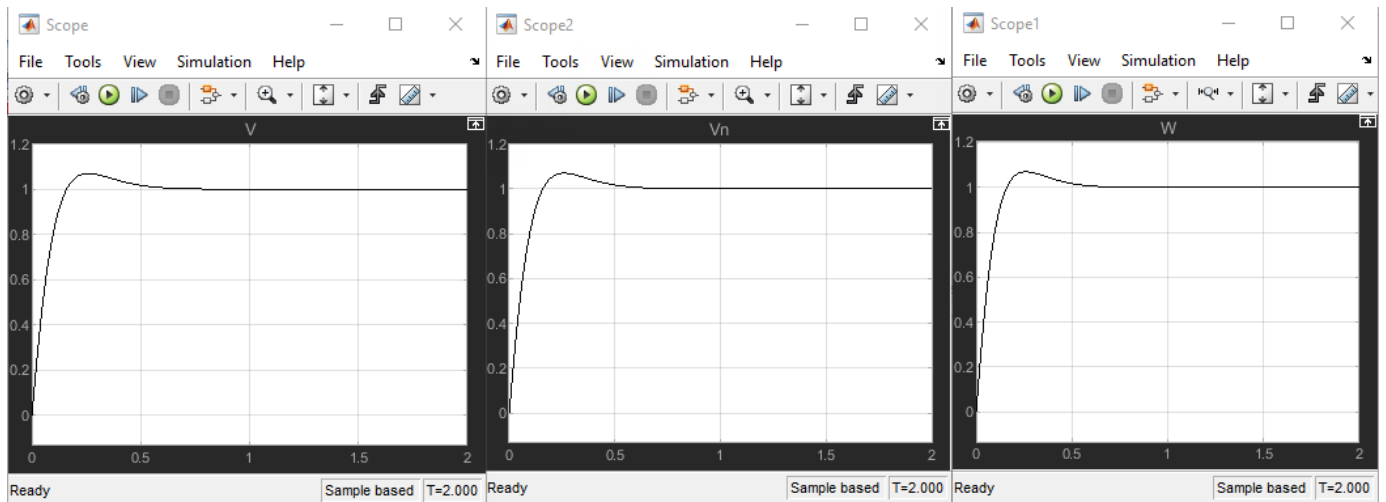


Рисунок 4 – Переходные характеристики замкнутой системы для случая $\omega = 1, V = 1, V_n = 1$

Приложение В

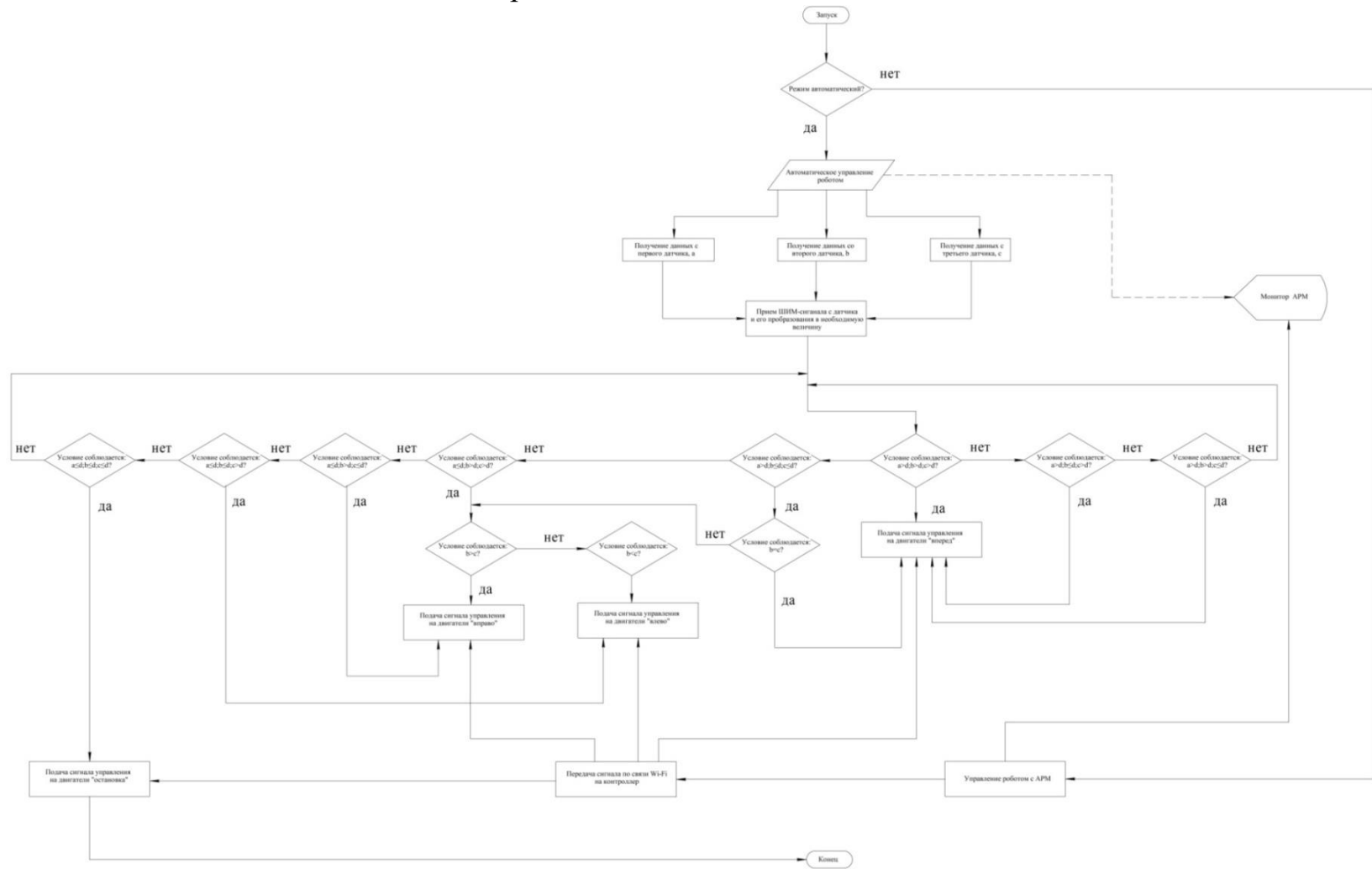


Рисунок 5 – Блок-схема алгоритма управления