

Аэродинамический робот.

1. Введение.

В наше время большую роль играют системы слежения, которые обеспечивают безопасность населения, разведку местности и широко используются в сфере военной обороны. На данный момент существуют множество различных средств слежения и контроля территории, но не все они достаточно универсальны и лишаются возможности применения для слежения в различных условиях. Одной системе сложно, а иногда и вовсе невозможно сочетать в себе многофункциональность и широкий спектр зон контроля и слежения. Область применения аэродинамического робота достаточно широка. Он может отслеживать территорию открытой местности, а также закрытые помещения. К примеру, он может производить мониторинг пожароопасных зон. И при обнаружении чрезвычайной ситуации оповещать об этом спецслужбы.

2. Проектный раздел

Проектирование системы аэродинамического робота.

Нашей целью является создание системы, которая может способствовать эффективной работе связанной с мониторингом и исследованием местности в различных сферах деятельности человека. Улучшить летно-технические характеристики, обеспечивающие высокую экономическую эффективность и конкурентоспособность, проектируемой машины, а именно: грузоподъемность, скорость полета, дальность, статический и динамический потолок, ресурс, долговечность и стоимость. Нашей задачей заключается в создании многоцелевой следящей системы, с использованием новых технических решений и эргономичным сочетанием функций. Новизна нашей проектной модели заключается в автоматическом контроле и преследовании необходимого (обнаруженного) объекта; а также во взаимодействии двух автономных беспилотных роботов, путём обмена информацией по радиосигналу.

Автоматический режим управления.

Основным является автоматический режим. Это происходит благодаря выполнению команд контроллера, который был запрограммирован по заданному алгоритму полета и блока датчиков (ультразвуковой и магнитный). Блок адаптивного управления организован на микроконтроллере ATMEGA8. Для того чтобы двигатель работал по нужному нам алгоритму, мы должны прописать управляющую программу (алгоритм) и записать её в микроконтроллер. Микроконтроллер, согласно управляющей программе, будет подавать управляющие сигналы на полетный контроллер, вследствие чего двигатели будут выполнять заданное действие. Таким образом, происходит осуществление задачи в автоматическом режиме. Беспилотный адаптивный робот оснащён различными датчиками. Датчики вырабатывают сигналы, которые будут приниматься непосредственно микроконтроллером блока адаптивного управления. Микроконтроллер в свою очередь реагирует на эти сигналы, в зависимости от управляющей программы вырабатываются управляющие сигналы. Рассмотрим принцип действия имеющихся датчиков. Для обнаружения препятствий мы используем ультразвуковой датчик HC SR04, принцип действия которого заключается в следующем: сенсор излучает короткий ультразвуковой импульс, который отражается от объекта и принимается сенсором. Расстояние рассчитывается исходя из времени до получения эха и скорости звука в воздухе. Сенсор получает сигнал эха, и выдаёт расстояние, которое кодируется длительностью электрического сигнала на выходе датчика. Следующий импульс может быть излучён, только после исчезновения эха от предыдущего. Определение курса

осуществляется с помощью датчика магнитного поля (компаса) HMC5883L. Благодаря этому датчику мы определяем направление по трем осям. HMC5883L трехосевой, а значит, в каждый момент времени он выдает три значения, выражающие проекцию магнитного поля на каждую из осей. Таким образом, происходит осуществление задачи в автономном режиме.

Стабилизация платформы осуществляется полетным контроллером по сигналам акселерометров. Баланс вращательного момента действующего на платформу достигается разнонаправленным вращением винтов двигателей на двух диагоналях.

Полёт в одну из сторон происходит за счёт наклона платформы в направлении движения, это достигается путём кратковременного уменьшения оборотов двигателя по направлению полёта и увеличением оборотов противоположному ему двигателя. Поворот осуществляется за счёт одновременного увеличения крутящего момента (одна пара диагонально расположенных двигателей начинают вращаться быстрее второй) при сохранении общей подъемной силы.

Распределенное адаптивное управление: если цель обнаружена и захвачена, то игнорируются альтернативные координаты с другого робота, если цель не захвачена, то принимаются к исполнению.

При обнаружении цели на охраняемой территории, она захватывается и сопровождается, а её координаты передаются на другой робот.

2.1 Проектирование конструкции.

В ходе проектирования конструкции были различные её варианты. Первый вариант состоял из пластикового трубопровода. Но определив сложность обработки данного материала и низкую его практичность, данный вид конструкции отпал.

Следующий вариант состоял из пластикового профиля.

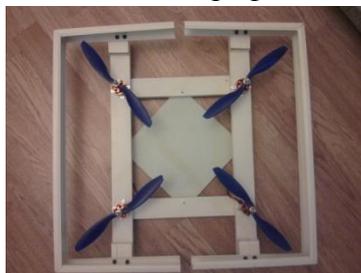


Рисунок 1 – Конструкция из пластикового профиля

Данный вариант был хорошим в отношении практичности, но конструкция из данного материала не обеспечивала необходимой жёсткости и данный вариант тут же отбросился.

Следующий вариант был выполнен из алюминиевого профиля.



Рисунок 2 – Конструкция из алюминиевого профиля

Конструкция обеспечивала необходимую нам жёсткость, но имела очень большой вес и большие габариты, от которых мы были вынуждены избавиться для приобретения более высоких подъёмных и лёгких качеств аппарата.

Следующая конструкция была выполнена из дерева, как каркас (несущая часть),



Рисунок 3 – Деревянный каркас робота

Так и корпус



Рисунок 4 - Деревянный каркас и корпус робота

Затем конструкция была подвержена покраске, монтажу оборудования и косметическим изменениям.



Рисунок 5 – Покрашенный каркас робота



Рисунок 6 – Смонтированное оборудование робота

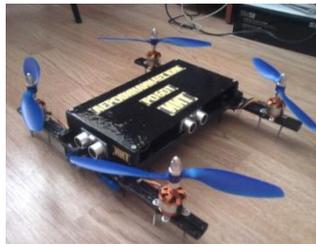


Рисунок 7 – Аэродинамический робот

Проектирование конструкции аэродинамического робота.

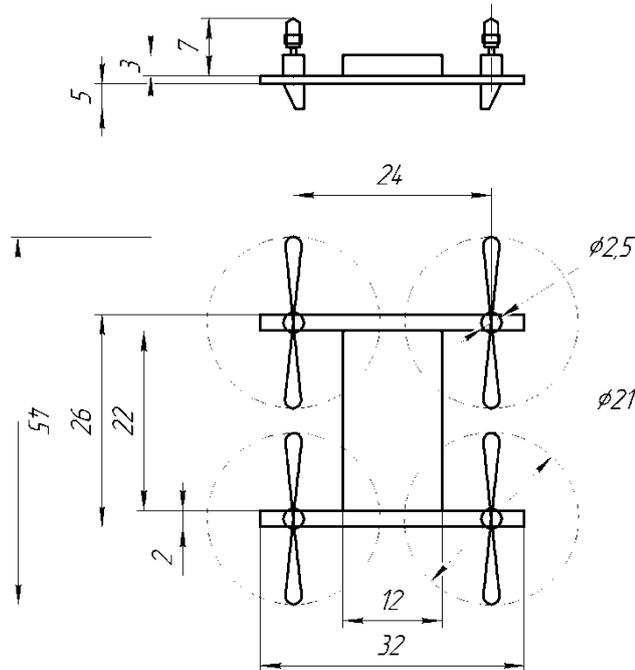


Рисунок 8 – конструкция аэродинамического робота.

2.2 Проектирование структурной схемы.

Структурная схема аэромобильного беспилотного робота.

Аэродинамический робот состоит из нескольких частей: полётного контроллера (включая блок стабилизации положения робота в полете, блок датчиков, радио и видео- аппаратуры), радиоприёмника, контроллеров двигателей (ESC) и самих двигателей М с винтами, аккумулятора и рамы, на которой всё это смонтировано. Структурная схема адаптивной системы автоматического контроля аэромобильного робота представлена на рисунке 3.

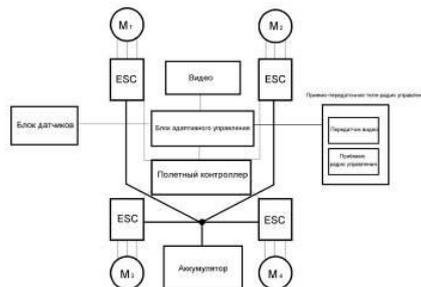


Рисунок 9 - Структурная схема аэромобильного робота.

Принцип работы: команды с приёмника поступают на полётный контроллер, который выравнивает платформу по датчикам и управляет ей по командам с пульта (ручной режим). Если сигнал с пульта оператора отсутствует, то система переходит в автономный режим. Двигателями напрямую управлять нельзя, нужно сформировать трёхфазные сигналы для каждого двигателя это выполняют соответствующие контроллеры двигателей. На ESC подаётся питание с Li-Poly (литий-полимерного) аккумулятора, который способен выдавать большие токи.

2.3 Проектирование функциональной схемы Проектирование функциональной схемы аэромобильного робота.

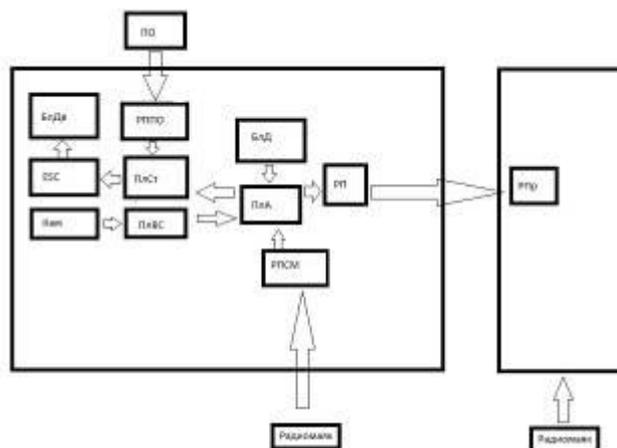


Рисунок 10 – Функциональная схема аэромобильного робота.

- БлДв – блок двигателей;
- ESC – регуляторы скорости двигателей;
- Кам – камера;
- ПлВС – плата видеосигнала;
- ПлСт – плата стабилизации;
- БлД – блок датчиков;
- ПлА – плата автопилота;
- РППО – радиоприемник пульта оператора;
- РПСМ – радиоприемник сигнала маяка;
- РП – радиопередатчик;
- ПО – пульт оператора;
- РПр – радиоприемник.

Плата стабилизации с помощью входящих в неё гироскопов стабилизирует положение платформы относительно осей во время полета, подавая управляющие сигналы на регуляторы скорости ESC. Плата автопилота по сигналам с блока датчиков производит действия по заданному алгоритму, исходя из управляющих сигналов, после этого подается сигнал на регуляторы управления скоростью посредством платы стабилизации. Сигнал с радиомаяка поступает на радиоприемник (РПСМ), который подает сигнал на блок адаптивного управления. Блок адаптивного управления определяет по заданному алгоритму расстояние до радиомаяка, с помощью чего мы можем назначать необходимое для полета расстояние. Блок адаптивного управления посылает сигнал на радиопередатчик РПр, который в свою очередь передает

радиосигнал на радиоприемник РПр наземного комплекса. Сигналы с пульта оператора поступают на РППО, который подает управляющий сигнал на ПЛСт, тем самым управляя двигателями. Сигнал с камеры поступает на плату видеосигнала, где обрабатывается по заданному сигналу, после чего ПЛВС подает управляющий сигнал на ПЛА.

2.4 Проектирование электрической принципиальной схемы

Проектирование электрической принципиальной схемы аэродинамического робота.

Проектирование блока адаптивного управления (Рисунок 7) выполнено с применением профессионального программного пакета «Splan 6.0» на основе функциональной схемы аэромобильного робота (рисунок 5).

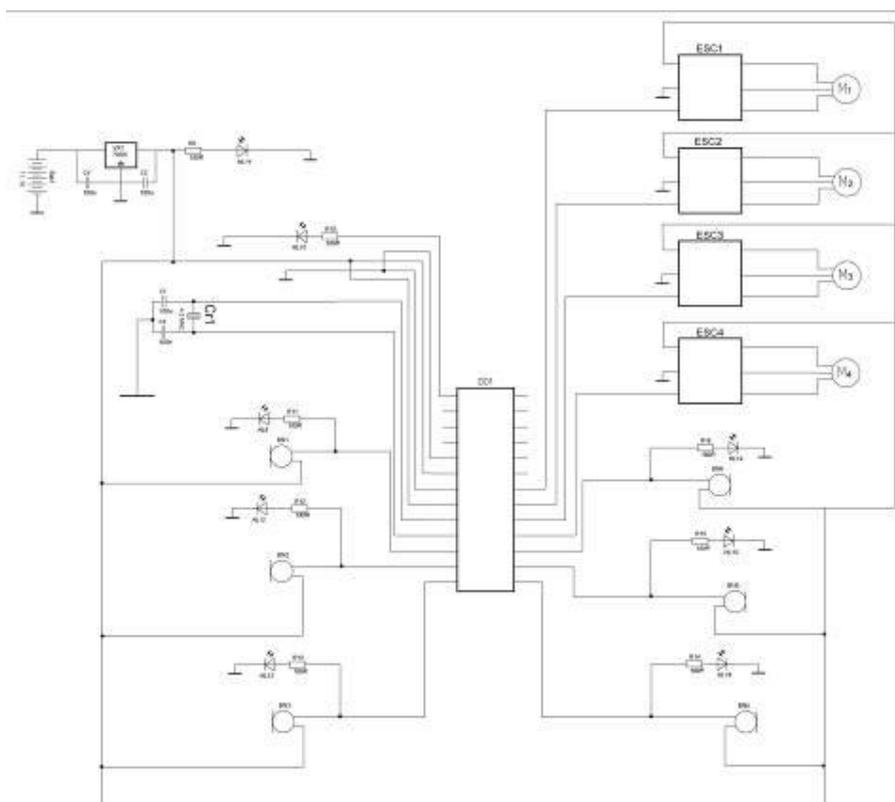


Рисунок 11 - Схема электрическая принципиальная блока адаптивного управления.

Основную часть схемы составляют микроконтроллер ATMEGA168, ультразвуковые датчики HC SR04, датчик магнитного поля HMC 5883L. Ультразвуковые датчики, обнаружив препятствия, подают сигналы на микроконтроллер, где они обрабатываются и, по заданному алгоритму происходит выдача управляющих сигналов. Магнетометр определяет положение осей магнитного поля и регулирует положение летательного аппарата.

2.5 Проектирование электромонтажной схемы

Проектирование печатной платы аэродинамического робота.

Проектирование печатной платы блока управления (рисунок 6) было выполнено с применением профессионального программного пакета «Sprint Layout 6.0» на основе электрической принципиальной схемы (рисунок 5).

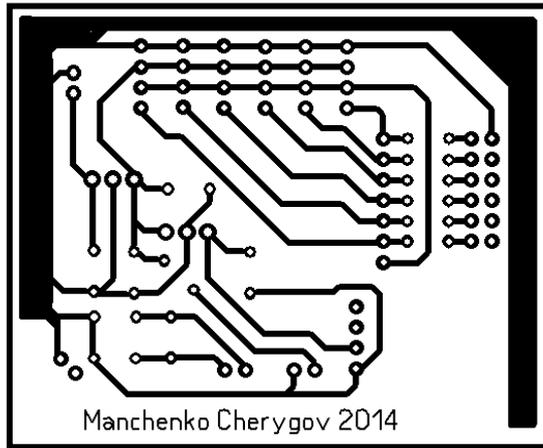


Рисунок 12 – печатная плата блока управления.

Проектирование электромонтажной платы аэродинамического беспилотного робота

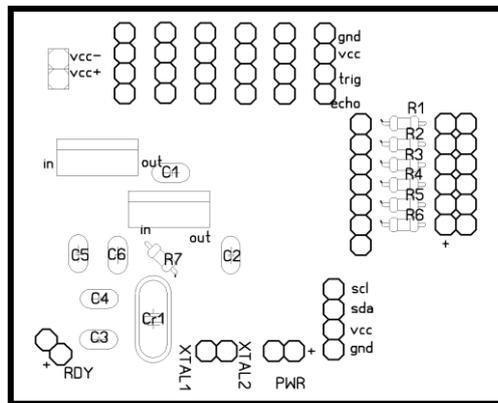


Рисунок 13 – электромонтажная плата аэродинамического беспилотного робота.

2.6 Проектирование блок-схемы

Блок-схема управляющей программы аэродинамического робота.

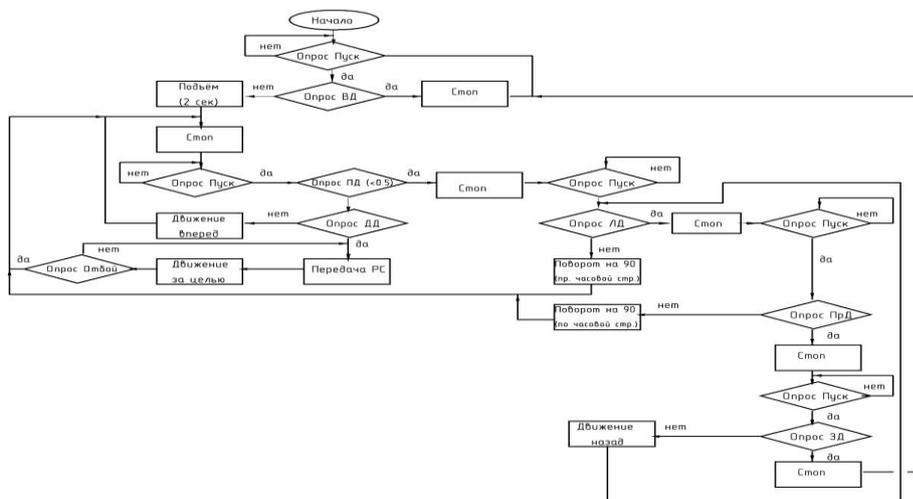


Рисунок 14 - блок-схема управляющей программы.

Суть алгоритма управляющей программы заключается в том, что контроллер опрашивает датчики, принимая с них сигналы и, анализируя их, принимает то или иное направление полёта.

Далее приведён пример тестовой программы, выполняющей алгоритм автоматического взлёта, удержания положения в воздухе и посадки.

```
int ledPin0 = 13; // светодиод готовности
int ledPin1 = 10; // порт управляющего сигнала (поворот вокруг оси Y)
int ledPin = 9; // порт управляющего сигнала (газ - высота)
int buttonPin = 2; // порт для кнопки
int buttonState = 0;
void setup() {
  pinMode(buttonPin, INPUT);
  pinMode(ledPin0, OUTPUT);
}
void loop() {
  digitalWrite(ledPin0, HIGH);
  buttonState = digitalRead(buttonPin);
  if (buttonState == HIGH){
    analogWrite(ledPin1, 125);
    delay(3000);
    analogWrite(ledPin1, 255);
    delay(3000);
    analogWrite(ledPin1, 130);
    delay(3000);
    analogWrite(ledPin, 95);
    delay(3000);
    analogWrite(ledPin, 112);
    delay(3000);
    analogWrite(ledPin, 109);
    delay(3000);
    analogWrite(ledPin, 100);
    delay(3000);
    analogWrite(ledPin, 95);
    delay(3000);
    analogWrite(ledPin, 0);
    delay(3000);
    analogWrite(ledPin1, 0);
    delay(3000);
  }
  else {
    analogWrite(ledPin,0);
  }
}
```

3. Расчетный раздел
Расчёт полётной аэродинамической силы.

$$R = \frac{\pi D^2}{4} V \rho u_{\text{ср}} \quad (1);$$

Где: R - полётная аэродинамическая сила, кг;
D – диаметр винта, м;
V – скорость полёта, м/сек;
 ρ – плотность воздуха, кг/м³;
 $u_{\text{ср}}$ – индуктивная скорость воздушного потока, м/сек.

Исходя из нижеследующей формулы индуктивная скорость равна:

$$u_{1\text{ср}} = 2u_{\text{ср}} \quad (2);$$

где: $u_{1\text{ср}}$ – средняя скорость отбрасывания воздуха (равная 26 м/сек) [Загордан А.М. «Элементарная теория вертолёт»];

$2u_{\text{ср}}$ – индукционная скорость воздушного потока, м/сек.

$$26 = 2u_{\text{ср}}$$

$$u_{\text{ср}} = 13 \text{ м/сек.}$$

$$R = \frac{3.14 * 0.2^2}{4} 0.7 * 1.29 * 13 = 0.4 \text{ кг}$$

Необходимая тяга одного двигателя 400 грамм. Исходя из этого, по тяговым характеристикам выбираем двигатель D2822/14 1450kv имеющий тягу 550 грамм, исходя из технического паспорта двигателя

Расчёт общей потребляемой мощности регулятора аэродинамического робота.

Мощность АТmega8.

Максимальный ток по линии питания VCC и GND: 200мА ,

$$P = U * I \quad (3),$$

Где: I – потребляемый ток, 0.2 А,
U – потребляемое напряжение , 5 В,
 $P_{\text{контр}}$ – мощность, Вт.

$$P_{\text{контр}} = 0.2 * 5 = 1 \text{ Вт.}$$

Мощность резисторов.

$$R = \frac{U_{пит} - U_{нагр}}{I_{нагр}} \quad (4),$$

Где: R – сопротивление резисторов, Ом.

$U_{пит}$ – напряжение питания, 5 В,

$U_{нагр}$ – напряжение нагрузки, 2.3 В,

$I_{нагр}$ – ток нагрузки, 0.015 А.

$$R_1 = \frac{5-2.3}{0.015} = 180 \text{ Ом},$$

$R_2 = 2.2 \text{ кОм}$ (исходя из документации магнитометра)

$$P = I^2 * R \quad (5),$$

$$P_1 = 0.015 * 0.015 * 180 = 0.04 \text{ Вт},$$

Принимаю $P_1 = 0.05 \text{ Вт}$, согласно ГОСТ 24013-80.

$$P_2 = 0.015 * 0.015 * 2200 = 0.495 \text{ Вт},$$

Принимаю $P_2 = 0.5 \text{ Вт}$, согласно ГОСТ 24013-80.

$$P_{общ} = P_1 * N_1 + P_2 * N_2 \quad (6)$$

Где: $P_{общ рез}$ – общая мощность резисторов, Вт.

N_1 – количество резисторов номиналом 180 Ом, 8,

N_2 – количество резисторов номиналом 2.2 кОм, 2,

$$P_{общ рез} = 0.05 * 8 + 0.5 * 2 = 1.4 \text{ Вт}$$

Мощность двигателей.

$$P_{дв общ} = P_{дв} * N$$

Где: $P_{общ дв}$ – общая мощность двигателей, Вт.

N – количество двигателей, 4,

$P_{дв}$ – мощность двигателя, 160 Вт,

$$P_{дв общ} = 160 * 4 = 640 \text{ Вт}$$

Общая мощность:

$$P_{общ} = P_{общ св} + P_{общ ст} + P_{дв общ} + P_{общ рез} + P_{контр} + P_{магн} \quad (7)$$

$$P=3.68+11.2+640+1.4+1+0.33=657.61 \text{ Вт}$$

Обоснование и выбор контроллера аэромобильного и наземного роботов.

Был выбран микроконтроллер ATmega168.

Ядро AVR микроконтроллера объединяет в себе богатый набор функций и 32 инструкции с рабочими регистрами общего назначения. Все регистры непосредственно связаны с арифметико-логическим устройством (АЛУ), это позволяет использовать два независимых регистра, для доступа в одной инструкции, выполняемой в один цикл. В результате получается архитектура более эффективного кода, при этом достигается пропускная способность, которая в десять раз больше, чем у обычных CISC микроконтроллеров.

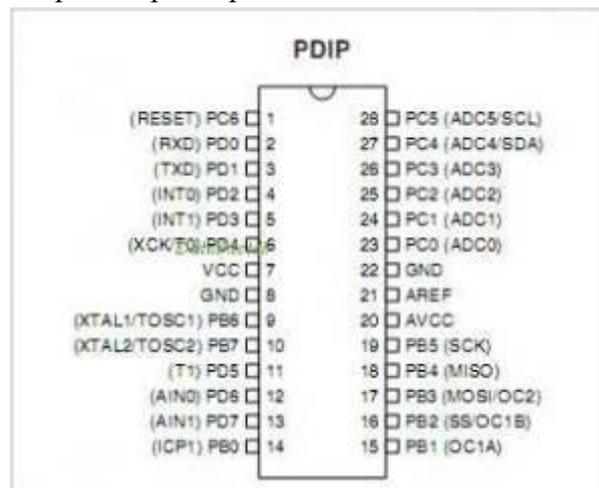


Рисунок 15 - Назначение выводов МК

4. Технологический раздел.

4.1 Инструкция по эксплуатации

Инструкция по эксплуатации аэромобильного робота.

Подготовка модели к запуску (включение модели)

Подготовка модели к запуску состоит из следующих этапов:

- Зарядите аккумулятор и установите аккумулятор на модель
- Включите передатчик
- Проверить работоспособность датчиков на предмет срабатывания
- Проверить работоспособность в ручном и в автоматическом режиме

Запуск Модели

- Включите питание Модели
- Включите передатчик
- Убедитесь в правильной работе механизмов Модели. В случае неправильной работы дальнейшая эксплуатация Модели запрещена до выяснения причин неправильной работы механизмов Модели
- Отойдите от Модели на безопасное расстояние (от 2-х метров)

Выключение модели

Выключение модели состоит из следующих этапов:

- Отключите аккумулятор
- Выключите передатчик
- При необходимости подключите аккумулятор к зарядному устройству

Ручной режим управления:

Обычно аппаратом управляет пилот с земли. Управление роботом может происходить как с земли, так и непосредственно с робота, от первого лица посредством монитора или видео очков.

Ручное управление летательного аппарата осуществляется с помощью дистанционного пульта управления. Направление по курсу происходит за счет регулирования скорости двигателя.

- Вверх: левый рычаг поднять вверх;
- Вниз: левый рычаг опустить вниз;
- Зависание в воздухе: левый рычаг переместить в среднее положение;
- Вперёд: левый рычаг поднять вверх, правый переместить вправо;
- Назад: левый рычаг опустить вниз, правый вправо;
- Влево: левый рычаг поднять вверх, правый переместить влево;
- Вправо: левый рычаг опустить вниз, правый переместить влево.

Условия хранения

Хранить в сухом и защищенном от солнечных лучей месте при температуре от -10 до +50.

Возможные неисправности и методы устранения.

- если не горит сигнальный светодиод, то нужно проверить питание;
- если произойдет скачок напряжения и регулятор перестанет работать, необходимо

4.2 Технический паспорт.

Технический паспорт аэродинамического робота.

1.Меры предосторожности при использовании модели

1.2 Ограничения и рекомендации.

- Эксплуатация модели разрешается детям с 14 лет под наблюдением родителей.
- Модель является источником повышенной опасности для окружающих.
- Запрещается эксплуатация Модели в местах массового скопления людей.
- Минимальное безопасное расстояние до Модели – от 2-х метра
- Запрещается эксплуатация Модели при наличии технических неисправностей в Модели или системе радиуправления Моделью
- Запрещается управление Моделью лицами в нетрезвом состоянии или в состоянии наркотического опьянения.

1.3 Перед каждым запуском Модели

- Убедитесь, что аккумулятор Модели заряжен. При недостаточной зарядке - эксплуатация модели запрещена.
 - Убедитесь, что Модель технически исправна и не имеет механических повреждений. При наличии неисправностей или механических повреждений эксплуатация модели запрещена.
- При неустойчивой работе системы эксплуатация Модели запрещена

1.4 Запуск Модели

- Включите передатчик
- Включите питание Модели
- Убедитесь в правильной работе механизмов Модели. В случае неправильной работы дальнейшая эксплуатация Модели запрещена до выяснения причин неправильной работы механизмов Модели
- Отойдите от Модели на безопасное расстояние (от 2-х метров)

2. Технические характеристики модели

Модель предназначена для использования внутри помещений и вне помещений.

Технические характеристики модели:

Диаметр винта – 20.5 см

Длина – 50 см

Ширина – 50 см

Полетный вес – 1,5 кг

Электрический мотор - бесколлекторный тип D2822

Аккумулятор - Li-PO ; Емкость-2200mAh ; Напряжение- 11.1 V

Передатчик - FM 6 каналов

Приемник - FM 6 каналов

3. Подготовка модели к запуску (включение модели)

Подготовка модели к запуску состоит из следующих этапов:

- Зарядите аккумулятор Установите аккумулятор на модель
- Включите передатчик
- Проверить работоспособность датчиков на предмет срабатывания

4. Выключение модели

Выключение модели состоит из следующих этапов:

- Отключите аккумулятор
- Выключите передатчик
- При необходимости подключите аккумулятор к зарядному устройству

5. Экономическая часть

5.1. Основные материалы

Таблица 1-основные материалы.

Наименование материалов	Единица измерения	Количество, шт.	Цена за единицу, руб.	Стоимость, руб.
Лист фольгированного текстолита ФГ ГОСТ 2 910-74	См ²	54	0.33	17.82
Цапонлак ГОСТ 6465-76	мл	30	15	15
Припой ПОС-61 ГОСТ 2 1930-76	м	0.5	11	5.5
Итого				38.32

5.2 Покупные изделия

Таблица 2 – стоимость покупных изделий.

Наименование изделий	Количество, шт.	Цена за единицу, руб.	Стоимость, руб.
Двигатель D2822/14	4	306.65	1226.60
Регулятор ESC	4	263.89	1055.56
Аккумулятор 3S	1	679.09	679.09
Ультразвуковой датчик HCSR04	6	310	1860
Микроконтроллер Atmega8	1	75	75
Стабилизатор 1151ЕН1А	1	10	10
Конденсатор 100нФ	2	1.5	3
Светодиод VL-S4531R	8	2	16
Резистор 0.125 Вт 180 Ом	8	0.60	4.80
Итого			4930.05

5.3 Заработная плата основных рабочих

5.3.1 Основная заработная плата

Таблица 3 - определение стоимости работ.

Вид работ	Время выполнения, мин	Разряд	Тарифная ставка руб/ч	Стоимость работ, руб
слесарная	68	3	23.00	26.07
травильная	50	3	23.00	19.17
промывочная	15	3	23.00	5.75
металлизация	30	3	23.00	11.50
разметочная	31	3	23.00	11.88
сборочная	10	3	23.00	3.83
компановка	3	3	23.00	1.15
пайка	120	3	23.00	46
прозвонка	20	3	23.00	7.67
покрытие лаком	5	3	23.00	1.92
Итого	352			134.91

Заработная плата основных рабочих вычисляется по формуле 30.

$$Z_o = \text{ЧТС} \cdot T / 60, \quad (8)$$

$$23 \cdot 352 / 60$$

$$Z_o = 134.93$$

5.3.2 Определение доплаты за вредность вычисляется по формуле 31.

$$D_v = 0.3 \cdot Z_{осн}, \quad (9)$$

$$D_v = 0.3 \cdot 78.59 = 23.58$$

5.3.3 Доплата по районному коэффициенту вычисляется по формуле 32.

$$\begin{aligned} \text{Др.к.} &= 0.15(\text{З}_0 + \text{Двр}), \\ \text{Др.к.} &= 0.15(134.93 + 23.58) = 23.78 \end{aligned} \quad (10)$$

5.3.4 Общая ЗП вычисляется по формуле 33

$$\begin{aligned} \text{З}_{\text{общ}} &= \text{З}_{\text{осн}} + \text{Др.к.} + \text{Двр}, \\ \text{З}_{\text{общ}} &= 134.91 + 23.78 + 23.58 = 182.27 \end{aligned} \quad (11)$$

5.3.5 Страховые взносы вычисляются по формуле 34.

$$\begin{aligned} \text{Св} &= \text{З}_{\text{общ}} \cdot 0.3, \\ \text{Св} &= 182.27 \cdot 0.3 = 54.68 \end{aligned} \quad (12)$$

5.3.6 Пенсионный фонд вычисляется по формуле 35

$$\begin{aligned} \text{Пф} &= \text{З}_{\text{общ}} \cdot 0.22, \\ \text{Пф} &= 182.27 \cdot 0.22 = 40.1 \end{aligned} \quad (13)$$

5.3.7 Фонд соц.страхования вычисляется по формуле 36

$$\begin{aligned} \text{Соц.ст} &= \text{З}_{\text{общ}} \cdot 0.029, \\ \text{Соц.ст} &= 182.27 \cdot 0.029 = 5.28 \end{aligned} \quad (14)$$

5.3.8 Фонд мед. страхования вычисляется по формуле 37

$$\begin{aligned} \text{Мед.ст} &= \text{З}_{\text{общ}} \cdot 0.051, \\ \text{Мед.ст} &= 182.27 \cdot 0.051 = 9.3 \end{aligned} \quad (15)$$

5.4. Расходы связанные с работой оборудования

Таблица 4 – Исходные данные

Наименование оборудования	Мощность, Вт	Время работы, ч	Коэффициент загрузки	Стоимость оборудования, руб
паяльник	25	2.5	0.312	200
дрель	500	1	0.125	300
утюг	1200	0.16	0.02	400
принтер	295	0.16	0.02	4000
компьютер	100	0.16	0.02	30000
тестер	10	0.16	0.02	200
Итого:	2130	4.14		35100

$$\begin{aligned} \text{Кз} &= \Phi_0 / \text{Тс}, \\ \text{Кз.п} &= 2.5/8 = 0.312 \\ \text{Кз.д} &= 1/8 = 0.125 \\ \text{Кз.у} &= 0.16/8 = 0.02 \\ \text{Кз.пр} &= 0.16/8 = 0.02 \\ \text{Кз.к} &= 0.16/8 = 0.02 \\ \text{Кз.т} &= 0.16/8 = 0.02 \end{aligned} \quad (16)$$

5.4.1 Затраты на силовую электроэнергию вычисляется по формуле 39

$$C_{\text{э}} = (N \cdot \Phi_{\text{д.о}} \cdot K_{\text{з}} \cdot K_{\text{одн}} \cdot S_{\text{з}}) / \text{КПД}_{\text{дв}} \cdot \text{Пс}, \quad (17)$$

$$C_{\text{э.п.}} = (0.025 \cdot 2.5 \cdot 0.313 \cdot 0.75 \cdot 2.87) / 0.9 \cdot 0.8 = 0.056$$

$$C_{\text{э.др.}} = (0.5 \cdot 1 \cdot 0.125 \cdot 0.75 \cdot 2.87) / 0.9 \cdot 0.8 = 0.186$$

$$C_{\text{э.ут.}} = (1.2 \cdot 0.16 \cdot 0.02 \cdot 0.75 \cdot 2.87) / 0.9 \cdot 0.8 = 0.011$$

$$C_{\text{э.пр.}} = (0.295 \cdot 0.16 \cdot 0.02 \cdot 0.75 \cdot 2.87) / 0.9 \cdot 0.8 = 0.027$$

$$C_{\text{э.ком.}} = (0.1 \cdot 0.16 \cdot 0.02 \cdot 0.75 \cdot 2.87) / 0.9 \cdot 0.8 = 0.0008$$

$$C_{\text{э.т.}} = (0.01 \cdot 0.16 \cdot 0.02 \cdot 0.75 \cdot 2.87) / 0.9 \cdot 0.8 = 0.00008$$

$$C_{\text{э.общ.}} = C_{\text{э}} + C_{\text{э.п.}} + C_{\text{э.др.}} + C_{\text{э.ут.}} + C_{\text{э.пр.}} + C_{\text{э.ком.}} + C_{\text{э.т.}}$$

$$C_{\text{э.общ.}} = 0.056 + 0.186 + 0.011 + 0.027 + 0.0008 + 0.00008 = 0.28$$

5.4.2 Амортизационные отчисления по оборудованию вычисляется по формуле 40

$$A_{\Gamma} = C_{\text{п}} \cdot N_{\text{а}} / 100, \quad (18)$$

$$N_{\text{а}} = 100\% / n, \quad (19)$$

$$C_{\text{п}} = C_{\text{общ}} \cdot 1.1, \quad (20)$$

$$C_{\text{об.пр.}} = 4000 \cdot 1.1 = 4400$$

$$C_{\text{об.д.}} = 300 \cdot 1.1 = 330$$

$$C_{\text{об.у.}} = 400 \cdot 1.1 = 440$$

$$C_{\text{об.п.}} = 200 \cdot 1.1 = 220$$

$$C_{\text{об.пр.}} = 4000 \cdot 1.1 = 4400$$

$$C_{\text{об.к.}} = 30000 \cdot 1.1 = 33000$$

$$C_{\text{об.т.}} = 200 \cdot 1.1 = 220$$

$$A_{\Gamma.\text{пр.}} = 4400 \cdot 33.3 / 100 = 1465.20$$

$$A_{\Gamma.\text{д.}} = 330 \cdot 33.3 / 100 = 109.89$$

$$A_{\Gamma.\text{у.}} = 440 \cdot 33.3 / 100 = 146.52$$

$$A_{\Gamma.\text{п.}} = 220 \cdot 33.3 / 100 = 73.26$$

$$A_{\Gamma.\text{к.}} = 33000 \cdot 33.3 / 100 = 10989$$

$$A_{\Gamma.\text{т.}} = 220 \cdot 33.3 / 100 = 73.26$$

$$\sum A_{\Gamma} = 12857.13$$

$$A = \sum A_{\Gamma} \cdot \sum \Phi_{\text{до}} / \Phi_{\Gamma}, \quad (21)$$

$$A = 12857.13 \cdot 4.14 / 1987 = 4.12$$

5.4.3 Затраты на ремонт оборудования вычисляются по формуле 44

$$C_{\text{рем}} = (C_{\text{м}} \cdot R_{\text{м}} + C_{\text{э}} \cdot R_{\text{э}}) \cdot n, \quad (22)$$

Таблица 5 – Исходные данные

Наименование оборудования	R _м	R _э	C _м ,руб	C _э , руб	n
утюг	5	1	500	300	1
паяльник	2	1	10	20	1
дрель	10	3	400	600	1
принтер	6	8	700	800	1
тестер	5	1	200	100	1
компьютер	6	8	500	500	1

$$C_{\text{рем.у}} = (500 \cdot 5 + 300 \cdot 1) \cdot 1 = 2800$$

$$C_{\text{рем.п}} = (10 \cdot 2 + 20 \cdot 1) \cdot 1 = 40$$

$$C_{\text{рем.д}} = (400 \cdot 10 + 600 \cdot 3) \cdot 1 = 5800$$

$$C_{\text{рем.пр}} = (700 \cdot 6 + 800 \cdot 8) \cdot 1 = 10600$$

$$C_{\text{рем.т}} = (200 \cdot 5 + 100 \cdot 1) \cdot 1 = 1100$$

$$C_{\text{рем.к.}} = (500 \cdot 6 + 500 \cdot 8) \cdot 1 = 7000$$

$$\sum C_{\text{рем}} = 27340$$

$$C_p = \sum C_{\text{рем}} \cdot \sum \Phi_{\text{до}} / \Phi_{\text{г}}, \quad (23)$$

$$C_p = 27340 \cdot 4.14 / 1987 = 56.96$$

5.4.4 Затраты на содержание оборудования вычисляются по формуле 46

$$C_{\text{сг}} = 0.5 \% \cdot C_{\text{об}}, \quad (24)$$

$$C_{\text{сг}} = 0.005 \cdot 38610 = 193.05$$

$$C_c = C_{\text{сг}} \cdot \sum \Phi_{\text{до}} / \Phi_{\text{г}}, \quad (25)$$

$$C_c = 193.05 \cdot 4.14 / 1987 = 0.40$$

5.4.5 Амортизация инвентаря и инструмента вычисляется по формуле 48

$$A_{\text{и}} = C_{\text{и}} \cdot \Phi_{\text{до}} / \Phi_{\text{г}}, \quad (26)$$

Таблица 6 – Стоимость инвентаря и инструмента.

Наименование инвентаря и инструмента	Стоимость, руб
линейка	10
карандаш	5
чертилка по металлу	50
ножовка по металлу	180
напильник	120
шило	20
бокорезы	170
круглогубцы	200
щипцы	100
кисть	15
сверло	0.50
Итого:	870.50

$$A_n = 870.50 \cdot 3.68 / 1987 = 1.61 \quad (27)$$

5.4.6 Расходные материалы

Таблица 7 – Стоимость расходных материалов

Наименование	Количество	Цена за единицу, руб	Стоимость, руб
спирт	0.3л	15	15
хлорное железо	250гр	30	30
флюс	30мл	40	40
цепонлак	1л	100	100
чернила	2мл	1.25	250
бумага	1шт	5	5
вода	3л	21.31	63.93
ткань	20см ²	5	5
бумага наждачная	20см ²	15	15
Итого:			276.43

Таблица 8 – Расходы, связанные с работой оборудования

Наименование расходов	Сумма
Затраты на силовую электроэнергию	0.28
Амортизационные отчисления на оборудование	4.12
Затраты на ремонт оборудования	42.38
Затраты на содержание оборудования	0.4
Амортизация инвентаря и инструмента	1.61
Расходные материалы	276.43
Итого:	325.22

5.5. Накладные расходы

5.5.1 Расходы на освещение вычисляются по формуле 50

$$\begin{aligned} \text{Э}_{\text{осв}} &= 1.05 \cdot q \cdot F_{\text{осв}} \cdot F_{\text{общ}} \cdot S_{\text{э}} / 1000, \\ \text{Э}_{\text{осв}} &= 1.05 \cdot 25 \cdot 5.9 \cdot 16 \cdot 2.87 / 1000 = 7.11 \end{aligned} \quad (28)$$

5.5.2 Расходы на отопление вычисляются по формуле 51

$$\begin{aligned} C_{\text{п}} &= V \cdot q_{\text{п}} \cdot F_{\text{от}} \cdot S_{\text{н}} / i_{\text{н}} \cdot 1000, \\ C_{\text{п}} &= 40 \cdot 15 \cdot 5.9 \cdot 7.82 / 540 \cdot 1000 = 0.05 \end{aligned} \quad (29)$$

5.5.3 Расходы воды для бытовых нужд вычисляются по формуле 52

$$\begin{aligned} C_{\text{в.быт}} &= H \cdot \Phi_{\text{др}} \cdot K_{\text{раб}} \cdot S_{\text{s}} / 1000, \\ C_{\text{в.быт}} &= 65 \cdot 5.9 \cdot 1 \cdot 18 / 1000 = 6.9 \end{aligned} \quad (30)$$

5.5.4 Расходы на текущий ремонт здания вычисляются по формуле 53

$$\begin{aligned} C_{\text{т}} &= (0.01 \dots 0.02) \cdot C_{\text{зд}}, \\ C_{\text{т}} &= 0.01 \cdot 700000 = 20.78 \end{aligned} \quad (31)$$

5.5.5 Вспомогательные материалы вычисляются по формуле 54

$$\begin{aligned} C_{\text{всм}} &= 0.03 \cdot C_{\text{зд}}, \\ C_{\text{всм}} &= 0.03 \cdot 700000 = 62.35 \end{aligned} \quad (32)$$

5.5.6 Амортизация здания и сооружений вычисляются по формуле 55

$$\begin{aligned} A_{\text{зд}} &= 0.03 \cdot C_{\text{зд}}, \\ A_{\text{зд}} &= 0.03 \cdot 700000 = 62.35 \end{aligned} \quad (33)$$

5.5.7 Определение заработной платы руководителя

5.5.7.1 Определение основной з/п вычисляется по формуле 56

$$\begin{aligned} Z_{\text{o}} &= \text{ЧТС} \cdot T, \\ Z_{\text{o}} &= 106.53 \cdot 30 / 23 = 138.95 \end{aligned} \quad (34)$$

5.5.7.2 Определение доплаты по уральскому коэффициенту

$$\begin{aligned} D_{\text{у}} &= 15\% \cdot Z_{\text{o}}, \\ D_{\text{у}} &= 0.15 \cdot 138.95 = 20.84 \end{aligned} \quad (35)$$

5.5.7.3 Определение общей з/п вычисляется по формуле 58

$$\begin{aligned} Z_{\text{общ}} &= Z_{\text{o}} + D_{\text{у}}, \\ Z_{\text{общ}} &= 138.95 + 20.84 = 159.79 \end{aligned} \quad (36)$$

5.5.7.4 Социальные взносы вычисляются по формуле 59

$$C_{\text{в}} = Z_{\text{общ}} \cdot 30\%, \quad (37)$$

$$CB = 159.79 \cdot 0.3 = 47.93$$

5.6 Пенсионный фонд вычисляется по формуле 60

$$\begin{aligned} \text{ПФ} &= Z_{\text{общ}} \cdot 0.22, \\ \text{ПФ} &= 159.79 \cdot 0.22 = 35.15 \end{aligned} \quad (38)$$

5.6.1 Социальное страхование вычисляется по формуле 61

$$\begin{aligned} \text{ССФ} &= Z_{\text{общ}} \cdot 2.9\%, \\ \text{ССФ} &= 159.79 \cdot 0.029 = 4.63 \end{aligned} \quad (39)$$

5.6.2 Медицинское страхование вычисляется по формуле 62

$$\begin{aligned} \text{МС} &= Z_{\text{общ}} \cdot 0.051 \\ \text{МС} &= 159.79 \cdot 0.051 = 8.15 \end{aligned} \quad (40)$$

5.6.3 Разные расходы вычисляются по формуле 63

$$\begin{aligned} P_p &= \sum H_p \cdot 0.05, \\ P_p &= 367.15 \cdot 0.05 = 18.35 \end{aligned} \quad (41)$$

Таблица 9 – Накладные расходы

Наименование расходов	Сумма
Расходы на освещение	7.11
Расходы на отопление	0.05
Расходы воды для бытовых нужд	6.9
Расходы на текущий ремонт	20.78
Вспомогательные материалы	62.35
Амортизация здания	62.35
Общая з/п руководителя	159.79
Страховые взносы	47.93
Разные расходы	18.35
Итого	358.61

5.7 Определение себестоимости

Таблица 10 – Определение себестоимости

Наименование	Сумма, руб	% себестоимости
Основные материалы	38.32	0.65
Покупные изделия	4930.05	83.33
Общая з/п	182.27	3.08
Страховые взносы	54.68	0.92
Расходы, связанные с работой оборудования	325.22	5.50
Накладные расходы	385.61	6.52
Итого	5916.15	100

6. Серийное производство.

6.1. Определение фонда заработной платы сдельщика.

6.1.1. Основной фонд:

$$\Phi_{\text{осн. сд}} = \sum p * N_{\text{прив}}, \quad (42)$$

Где: p – сумма расценок за изготовление 1 детали

$$\Phi_{\text{осн. сд}} = 182,27 * 1000 = 182270 \text{ (руб)}$$

$$p_i = ((C_{\text{час}} * T_{\text{шт.к}}) / 60) * K_{\text{мн}}, \quad (43)$$

где: p_i – расценка на одной операции,

$C_{\text{час}}$ – часовая ставка,

$K_{\text{мн}}$ – коэффициент многостаночности

Таблица 11 – коэффициент многостаночности

Количество Обслуживаемых Станков	1	2	3	4	5	6	7
$K_{\text{мн}}$	1	0,65	0,48	0,39	0,35	0,32	0,3

$$P_i = ((27 * 1865) / 60) * 0,48 = 402,84 \text{ (руб)}$$

6.1.2. Дополнительный фонд $\Phi_{\text{доп. сд}}$

$$\Phi_{\text{доп. сд}} = 0,1 * \Phi_{\text{осн. сд}}, \quad (44)$$

$$\Phi_{\text{доп. сд}} = 0,1 * 182270 = 18227 \text{ (руб)}$$

6.1.3. Премияльный фонд $\Phi_{\text{прем. сд}}$

$$\Phi_{\text{прем. сд}} = 0,5 * \Phi_{\text{осн. сд}} \quad (45)$$

$$\Phi_{\text{прем. сд}} = 0,5 * 182270 = 91135 \text{ (руб)}$$

6.1.4. Доплата по районному коэффициенту $\Phi_{\text{р.к.сд}}$

$$\Phi_{\text{р.к.сд}} = 0,15 * (\Phi_{\text{осн. сд}} + \Phi_{\text{доп. сд}} + \Phi_{\text{прем. сд}}) \quad (46)$$

$$\Phi_{\text{р.к.сд}} = 0,15 * (182270 + 18227 + 91135) = 291632 \text{ (руб)}$$

6.1.5 Общий фонд

$$\Phi_{\text{общ}} = \Phi_{\text{осн. сд}} + \Phi_{\text{доп. сд}} + \Phi_{\text{прем. сд}} + \Phi_{\text{р.к.сд}} \quad (47)$$

$$\Phi_{\text{общ}} = 182270 + 18227 + 91135 + 291632 = 583264 \text{ (руб)}$$

6.1.6. Среднемесячная заработная плата $Z_{\text{с. сд}}$

$$Z_{\text{с}} = \Phi_{\text{общ. сд}} / (12 * R_0), \quad (48)$$

Где: R_0 – количество основных рабочих

$$З_{с.сд} = 583264 / (12 * 25) = 1944.22 \text{ (руб)}$$

6.2. Определение фонда заработной платы наладчиков

6.2.1. Основной фонд:

$$\Phi_{осн.н} = C_{час} * \Phi_{др} * R_n, \quad (49)$$

Где: R_n количество наладчиков

$$\Phi_{др} = \Phi_n * (1 - (10/100)) \quad (50)$$

$$\Phi_{др} = 1970 * (1 - (10/100)) = 1733 \text{ (час)}$$

$$\Phi_{осн.н} = 27 * 1733 * 2 = 95742 \text{ (руб)}$$

6.2.2. Дополнительный фонд:

$$\Phi_{доп.н} = 0,1 * \Phi_{осн.н} \quad (51)$$

$$\Phi_{доп.н} = 0,1 * 95742 = 9574,2$$

6.2.3. Премияльный фонд:

$$\Phi_{прем.н} = 0,5 * \Phi_{осн} \quad (52)$$

$$\Phi_{прем.н} = 0,5 * 95742 = 48771 \text{ (руб)}$$

6.2.4 Доплата по районному коэффициенту:

$$\Phi_{р.к.н} = 0,15 * (\Phi_{осн.н} + \Phi_{доп.н} + \Phi_{прем.н}) \quad (53)$$

$$\Phi_{р.к.н} = 0,15(95742 + 9574,2 + 48771) = 23113,08 \text{ (руб)}$$

6.2.5 Общий фонд:

$$\Phi_{общ.н} = \Phi_{осн} + \Phi_{доп.н} + \Phi_{прем.н} + \Phi_{р.к.н} \quad (54)$$

$$\Phi_{общ.н} = 95742 + 9574,2 + 48771 + 23113,08 = 177200,28 \text{ (руб)}$$

6.2.6. Среднемесячная заработная плата

$$З_{с.н} = \Phi_{общ.н} / (12 * R_n) \quad (55)$$

$$З_{с.н} = 177200,28 / (12 * 2) = 7383,345 \text{ (руб)}$$

6.3. Определение фонда заработной платы контролёров.

6.3.1. Основной фонд:

$$\Phi_{осн.к} = C_{час} * \Phi_{др} * R_k, \quad (56)$$

Где: R_k количество контролёров

$$\Phi_{осн.к} = 27 * 1733 * 2 = 95742 \text{ (руб)}$$

6.3.2. Дополнительный фонд:

$$\Phi_{доп.к} = 0,1 * \Phi_{осн.к} \quad (57)$$

$$\Phi_{доп.к} = 0,1 * 95742 = 9574,2$$

6.3.3. Премияльный фонд:

$$\Phi_{\text{прем.к}}=0,5*\Phi_{\text{осн}} \quad (58)$$

$$\Phi_{\text{прем.к}}=0,5*95742=48771 \text{ (руб)}$$

6.3.4 Доплата по районному коэффициенту:

$$\Phi_{\text{р.к.к}}=0,15*(\Phi_{\text{осн.к}}+\Phi_{\text{доп.к}}+\Phi_{\text{прем.к}}) \quad (59)$$

$$\Phi_{\text{р.н.к}}=0,15(95742+9574,2+48771)=23113,08 \text{ (руб)}$$

6.3.5 Общий фонд:

$$\Phi_{\text{общ.к}}=\Phi_{\text{осн}}+\Phi_{\text{доп.к}}+\Phi_{\text{прем.к}}+\Phi_{\text{р.к.к}} \quad (60)$$

$$\Phi_{\text{общ.к}}=95742+9574,2+48771+23113,08=177200,28 \text{ (руб)}$$

6.3.6. Среднемесячная заработная плата

$$З_{\text{с.к}}=\Phi_{\text{общ.к}}/(12*R_{\text{к}}) \quad (61)$$

$$З_{\text{с.к}}=177200,28/(12*2)=7383,345 \text{ (руб)}$$

6.4. Определение фонда заработной платы ИТР (мастера)

6.4.1. Основной фонд:

$$\Phi_{\text{осн.м}}=12*K*R_{\text{м}}, \quad (62)$$

Где: $R_{\text{м}}$ – число мастеров

K - оклад ИТР (по заводским данным)

$$\Phi_{\text{осн.м}}=12*10000*1=120000 \text{ (руб)}$$

6.4.2. Премияльный фонд:

$$\Phi_{\text{прем.м}}=0,5*\Phi_{\text{осн.м}} \quad (63)$$

$$\Phi_{\text{прем.м}}=0,5*120000=60000 \text{ (руб)}$$

6.4.3. Доплата по району коэффициенту:

$$\Phi_{\text{р.к.м}}=0,15(\Phi_{\text{осн}}+\Phi_{\text{прем.м}}) \quad (64)$$

$$\Phi_{\text{р.к.м}}=0,15(120000+60000)=27000 \text{ (руб)}$$

6.4.4. Общий фонд:

$$\Phi_{\text{общ.м}}=\Phi_{\text{осн}}+\Phi_{\text{прем.м}}+\Phi_{\text{р.к.м}} \quad (65)$$

$$\Phi_{\text{общ.м}}=120000+60000+27000=207000 \text{ (руб)}$$

6.4.5. Среднемесячная заработная плата:

$$З_{\text{с.м}}=\Phi_{\text{общ.м}}/(12*R_{\text{м}}) \quad (66)$$

$$З_{\text{с.м}}=207000/12=17250$$

Таблица 12 - Ведомость заработной платы

Вид оплаты	Основные рабочие	Наладчик	Контролёр	Мастер
Основной фонд	182270	182270	182270	120000
Дополнительный фонд	18227	18227	18227	-
Премиальный фонд	91135	91135	91135	60000
Доплата по районному коэффициенту	291632	291632	291632	27000
Общий фонд	177200,28	177200,28	177200,28	207000
Среднемесячная заработная плата	1944.22	7383,345	7383,345	17250
Количество работающих	25	2	2	1

Вспомогательные материалы

$$C_{всм}=0,03 \cdot C_{зд} \quad (67)$$

$$C_{всм}=0,03 \cdot 10000000=300000 \text{ (руб)}$$

Расходы на текущий ремонт здания

$$C_{т}=(0,01 \dots 0,02) \cdot C_{зд}, \quad (68)$$

Где: $C_{зд}$ – стоимость здания

$$C_{т}=0,01 \cdot 10000000=100000 \text{ (руб)}$$

Амортизация зданий и сооружений

$$A_{зд}=0,03 \cdot C_{зд} \quad (69)$$

$$A_{зд}=0,03 \cdot 10000000=300000 \text{ (руб)}$$

Расходы на отопление

$$C_{п}=V \cdot q_{п} \cdot F_{от} \cdot S_{п} / i_{п} \cdot 1000, \quad (70)$$

Где: $q_{п}$ – расход тепла на m^3 , $q_{п}=15 \dots 20$ ккал/час

$F_{от}$ – количество часов

$i_{п}$ – теплота испарения, $i_{п}=540$ ккал

$S_{п}$ – стоимость одной Т пара

V – объём помещения m^3

$$C_{п}=375 \cdot 15 \cdot 4320 \cdot 540 \cdot 7,82 / 540 \cdot 1000=190026 \text{ (руб)}$$

Расходы воды для бытовых нужд

$$C_{в.быт}=N \cdot \Phi_{др} \cdot K_{раб} \cdot S_s / 1000, \quad (71)$$

Где: N – норма количества воды на 1 человека в день $N=65$ Л

S_s – стоимость $1 m^3$ воды

$K_{раб}$ – количество рабочих

$$C_{в.быт}=65 \cdot 1733 \cdot 30 \cdot 6,67 / 1000=22540,26 \text{ руб}$$

Расходы на освещение

$$\text{Эосв}=1,05*q*\text{Fосв}*\text{Fобщ}*Sэ/1000, \quad (72)$$

Где: q- расход энергии на м², q=25В/м²

Fосв – время пользования освещением Fосв=3000 ч

Fобщ – площадь участка

Sэ – стоимость КВт/ч

$$\text{Эосв}=1,05*25*3000*150*2,87/1000=33901,87$$

Расходы на рационализацию, изобретательство:

$$P_{p.и.}=57,2*12*R_{pаб} \quad (73)$$

$$P_{p.и.}=57,2*12*30=20592$$

Расходы на охрану труда

$$P_{o.т.}=13,93*12*R_{pаю} \quad (74)$$

$$P_{o.т.}=13,93*12*30=5014,8$$

Процент цеховых расходов

$$\%ЦР=\sum ЦР/\sum \Phi_{осн}*100\% \quad (75)$$

$$\%ЦР=1118930,872/968600*100\%=115,52\%$$

Наименование статей	Сумма руб.
Годовой фонд заработной платы ИТР и вспомогательных рабочих	37957,8
Единый социальный налог	7177,1
Расходы на осветительную энергию	33901,87
Расходы на воду	22540,26
Расходы на пар	190026
Текущий ремонт и амортизация зданий и сооружений	400000
Расходы на рационализацию и изобретательство	20592
Расходы на вспомогательные материалы	300000
Расходы по охране труда	5014,8
Разные расходы	50860,522
ИТОГО	1118930,872