

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Промышленная электроника»
(наименование)

11.03.04 Электроника и наноэлектроника
(код и наименование направления подготовки/специальности)

Электроника и робототехника
(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Формирователь разовых команд

Обучающийся А.Н. Парсапин (Инициалы Фамилия) _____ (личная подпись)

Руководитель к.т.н., доцент, А.В. Прядилов _____
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Аннотация

Объем 58 с., 4 рис., 24 табл., 33 источника

БЛОК УПРАВЛЕНИЯ, ФОРМИРОВАТЕЛЬ РАЗОВЫХ КОМАНД.

Объектом исследования является формирователь разовых команд (ФРК).

Цель работы – разработка ФРК, входящего в состав блока управления.

Задачи работы:

- Обзор состояния вопроса
- Анализ исходных данных и изучение принципа действия ФРК
- Выбор элементов электрической схемы
- Разработка технологического процесса сборки ФРК
- Технико – экономическое обоснование (ТЭО) разработки ФРК

Бакалаврская работа состоит из 5 глав, в которых решены упомянутые задачи.

При выполнении графической части использовались пакеты КОМПАС–3D v18.1.

В настоящей выпускной квалификационной работе производится разработка ФРК. Выполнен анализ исходных данных. Разработаны функциональная схема блока управления, электрическая принципиальная схема, сборочный чертеж и печатная плата ФРК, разработан технологический процесс сборки ФРК, приведено ТЭО разработки ФРК.

Степень внедрения: изготовление ФРК по разработанной в ходе выполнения ВКР документации является опытным образцом.

Abstract

The title of the graduation work is «Former of single commands».

The senior paper consists of an introduction, 5 parts, a conclusion, 4 picture, 24 tables, list of references including 5 foreign sources and the graphic part on 4 A1 sheets.

The object of research is former of single commands (FSC).

The purpose of the work is to develop a FSC, which is part of the control unit.

Job objectives:

- Review of the status of the issue
- Analysis of initial data and study of the principle of operation of FSC
- Selection of electrical circuit elements
- Development of the technological process for assembling the FSC
- Feasibility study (feasibility study) for the development of FSC

The bachelor's thesis consists of 5 chapters in which the mentioned problems are solved.

When performing the graphic part, the KOMPAS-3D v18.1 packages were used.

In this final qualifying work, the development of the FSC is carried out. The analysis of the initial data was carried out. A functional diagram of the control unit, an electrical circuit diagram, an assembly drawing and a printed circuit board of the FSC have been developed, a technological process for assembling the FSC has been developed, and a feasibility study for the development of the FSC has been provided. Degree of implementation: production of FSC according to the documentation developed during the implementation of the research and development work is a prototype.

Содержание

Введение	5
1 Состояние вопроса	7
1.1 Формулирование актуальности, цели и задач.....	7
1.2 Обзор существующих решений.....	7
2 Специальная часть.....	9
2.1 Назначение и принцип действия блока управления.....	9
2.2 Назначение и технические требования, предъявляемые к формирователю разовых команд.....	10
2.3 Принцип действия ФРК	16
2.4 Описание конструкции ФРК.....	18
3 Расчетная часть.....	20
3.1 Выбор элементов электрической схемы ФРК.....	20
4 Технологическая часть.....	23
4.1 Разработка технологического процесса сборки ФРК.....	23
4.2 Техника безопасности при сборке ФРК.....	33
5 Экономическая часть	35
5.1 Техничко–экономическое обоснование сборки ФРК.....	35
5.2 Расчет себестоимости ФРК.....	45
Заключение	56
Список используемой литературы и используемых источников	57

Введение

В данном дипломном проекте описывается формирователь разовых команд, входящий в состав блока управления, который входит в состав системы управления (СУ) объекта воздушного базирования.

СУ объекта воздушного базирования – неотъемлемая часть объекта, наряду с двигателем, баками компонентов и несущей конструкцией. Объект воздушного базирования не может выполнять своих функций без системы управления.

СУ объекта воздушного базирования – бесплатформенное инерциальное навигационное устройство управления объекта воздушного базирования, выполнено в виде моноблока с несущим основанием, в котором жестко закреплены устройство измерения линейного ускорения, устройство измерения угловой скорости, вторичный источник питания, объединенные в гиросинерциальный блок датчиков, и блок вычислителя.

Форма моноблока позволяет максимально использовать объем отсека, отведенного под установку бесплатформенного инерциального навигационного устройства.

СУ объекта воздушного базирования выполняет следующие функции:

- управление, навигацию, стабилизацию объекта воздушного базирования на всех участках движения;
- функциональный (встроенный) контроль с формированием команды готовности к работе;
- обмен информацией с внешними абонентами;
- согласование в процессе подготовки координат бесплатформенной инерциальной системы управления и объекта воздушного базирования;
- формирование стабилизированной системы координат объекта воздушного базирования;
- прием в обработку входных команд, формирование и выдачу выходных команд;

- ограничение величины углов и перегрузок;
- формирование сигналов управления электромеханическим рулевым приводом;
- измерение проекций кажущегося линейного ускорения и приращения вектора угловой скорости в связанной системе объекта воздушного базирования.

Функционально СУ объекта воздушного базирования состоит из:

- Блока управления;
- Бортовой цифровой вычислительной машины (БЦВМ);
- Гиро – инерциального блока, в состав которого входят блок датчиков, вторичный источник питания, преобразователь, блок разгона.

Про ФРК, который входит в блок управления, говорится в выпускной квалификационной работе.

Работа оформлена в соответствии с [1, 2, 3, 4, 9, 15, 16, 27].

1 Состояние вопроса

1.1 Формулирование актуальности, цели и задач

Разрабатываемый ФРК, входящий в состав блока управления, принимает и выдает цифровые и аналоговые сигналы, которые позволяют инерциальной системе управлять воздушным объектом. Данная разработка имеет высокую актуальность в сфере военно–промышленного комплекса и ракетостроении.

Цель работы: разработка ФРК, входящего в состав блока управления.

Задачи работы:

- Обзор состояния вопроса;
- Анализ исходных данных и изучение принципа действия ФРК;
- Разработка электрической принципиальной схемы;
- Выбор элементов электрической схемы;
- Разработка технологического процесса сборки ФРК;
- Технико – экономическое обоснование (ТЭО) разработки ФРК.

1.2 Обзор существующих решений

Рассмотрим несколько отечественных запатентованных аналогов формирователя разовых команд:

1. Устройство ввода–вывода разовых команд (Владелец патента: АО «Саратовский электроприборостроительный завод имени Серго Орджоникидзе», патент RU188797 U1).

«Данное устройство относится к автоматике и вычислительной технике, а именно к области обработки дискретных сигналов, и может быть использована для сопряжения различных вычислительных систем управления с датчиками и исполнительными устройствами.» [24]

2. Устройство ввода–вывода (Владелец патента: ООО "Авионика–Вист", патент RU 2221267 С1).

«Изобретение относится к области обработки аналоговых и дискретных сигналов и может быть использовано для сопряжения различных вычислительных систем с исполнительными устройствами и датчиками, использующими как аналоговые сигналы, так и разовые команды (дискретные сигналы).» [23]

3. Многоканальное устройство для ввода–вывода аналоговой информации (Автор: КОГАНОВ АЛЬФРЕД ГИРШЕВИЧ, патент SU 1564606 А1).

«Изобретение относится к автоматике, вычислительной технике и может быть использовано в информационно–измерительных комплексах, системах сбора данных и других устройствах подобного назначения для связи с линейными и функциональными датчиками и приемниками аналоговых сигналов.» [11]

Все вышеперечисленных изобретения относятся к области обработки сигналов.

Отличительной особенностью ФРК, от перечисленных выше запатентованных изобретений, будет являться стойкость и прочность ко внешним воздействующим факторам, таким как: синусоидальная вибрация одной частоты, механические удары многократного действия, механические удары одиночного действия, виброудар, воздействие широкополосной случайной широкополосной вибрации, прочность при транспортировке.

В качестве прототипа рассматривались разработки организации, в которой проходила производственная практика.

В данном разделе формируется цель, задачи, актуальность работы. Рассмотрены запатентованные изобретения, которые выполняют схожие функции, что и разрабатываемый ФРК, описана отличительная особенность ФРК.

2 Специальная часть

2.1 Назначение и принцип действия блока управления

Блок управления предназначен для управления блоком электрических рулевых приводов в соответствии с заданными алгоритмами управления и выполняет следующие операции:

- принимает от БЦВМ текущие значения сигналов управления и разовых команд, поступающих в виде параллельного кода;
- преобразовывает коды текущих значений сигналов управления в соответствующие напряжения;
- формирует сигналы управления на 4 исполнительных механизма рулевого привода;
- осуществляет встроенный самоконтроль;
- формирует разовые команды «Готовность», «Запуск двигателя 1 ступень», «Запуск двигателя 2 ступень», «Кгот2».

Функционально блок управления (рисунок 1) состоит из:

- блока трансформаторов;
- регистра с дешифратором;
- четырех цифро–аналоговых преобразователей;
- формирователя разовых команд.

Блок управления принимает из БЦВМ цифровую информацию в виде восьмиразрядного кода, который поступает в блок трансформаторов и в формирователь разовых команд. В блоке трансформаторов происходит усиление сигнала. Из блока трансформаторов информация передается в блок регистра с дешифратором, в котором обеспечивается расшифровка поступающего кода адреса и преобразование его в сигналы управления, после чего цифровые сигналы преобразуются в аналоговые в цифро – аналоговых преобразователях и формируются разовые команды для обеспечения логики

работы блока управления и управления исполнительными механизмами рулевого привода.

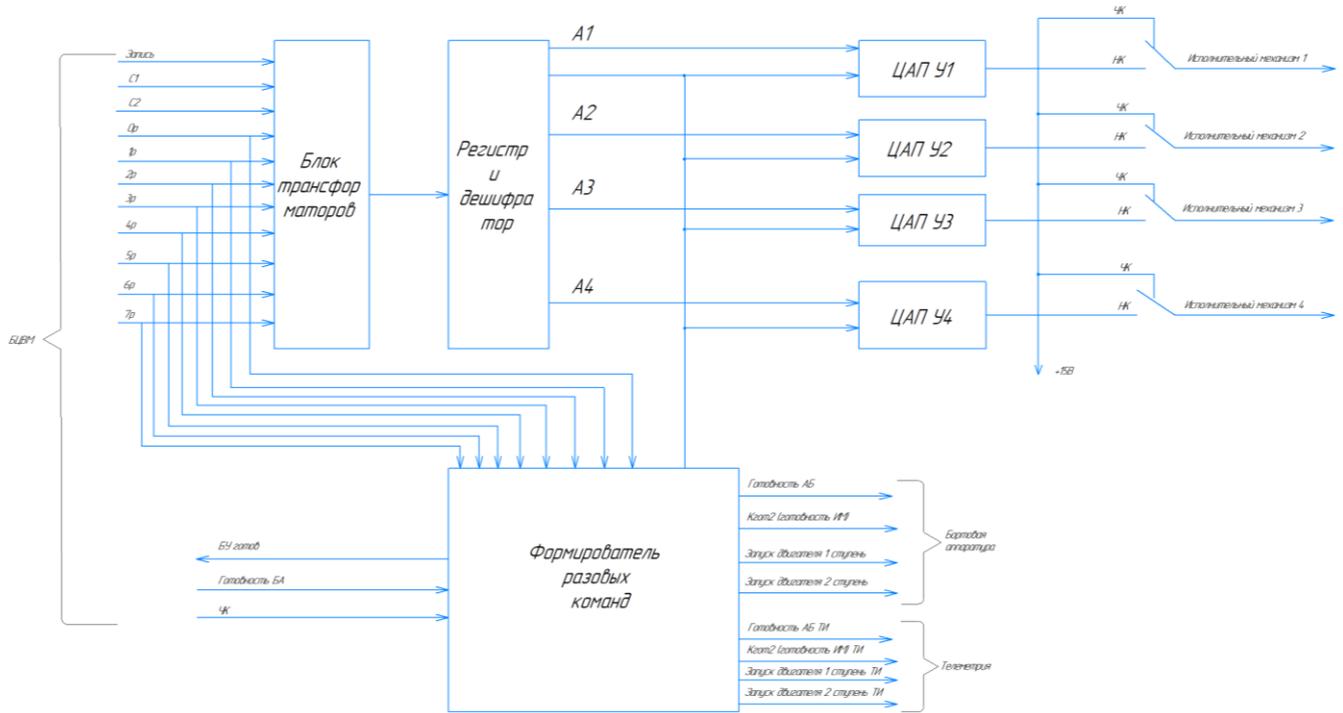


Рисунок 1 – Функциональная схема БУ

2.2 Назначение и технические требования, предъявляемые к формирователю разовых команд

Формирователь разовых команд (ФРК) принимает команду «Начало контроля» (НК), по которой происходит подключение выходов ЦАП к каналам управления и подготовка схемы к проведению самоконтроля. После успешного проведения самоконтроля ФРК формирует команду «БУ готов» и передает ее в БЦВМ. Далее из БЦВМ поступает команда запись разовых команд и после этого происходит запись информации. После записи информации из БЦВМ на ФРК поступает команда «Готовность БА» и из ФРК

выдается команда «Готовность АБ» и «Кгот2» 27В на бортовую аппаратуру. По команде «ЧК» в ФРК формируются выходные команды запуск двигателя «Запуск двигателя 1 ступень» и «Запуск двигателя 2 ступень». Команды «Готовность АБ», «Запуск двигателя 1 ступень», «Запуск двигателя 2 ступень», «Кгот2» дублируются на телеметрию.

Сигналы, которые принимает и выдает ФРК можно подразделить на:

- Входные цифровые сигналы (Начало контроля (НК), Запись разовых команд, Запуск двигателя 1 ступень (ЗПДУ1), Запуск двигателя 2 ступень (ЗПДУ2), Готовность АБ);
- Входные аналоговые сигналы (Готовность БА, ЧК);
- Выходные сигналы (БУ готов, Готовность АБ, Кгот2, Запуск двигателя 1 ступень (ЗПДУ1), Запуск двигателя 2 ступень (ЗПДУ2)).

Параметры входных цифровых сигналов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры входных цифровых сигналов

Наименование	Уровень, В	Разрядность, бит	Слово данных, разряд
Начало контроля	(2,4...4,5) (лог.0) (0...0,5) (лог.1)	1	СД8 0x2000
Запись разовых команд	(2,4...4,5) (лог.0) (0...0,5) (лог.1)	1	СД9 0x0500
Запуск двигателя 1 ступень	(2,4...4,5) (лог.0) (0...0,5) (лог.1)	1	СД10 0x0200
Запуск двигателя 2 ступень	(2,4...4,5) (лог.0) (0...0,5) (лог.1)	1	СД11 0x0800
Готовность АБ	(2,4...4,5) (лог.0) (0...0,5) (лог.1)	1	СД12 0x0100

Параметры входных аналоговых сигналов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры входных аналоговых сигналов

Наименование	Уровень, В	Потребляемый ток, мА	Длительность, мс
Готовность БА	(22,5...31,6)	≤ 30	24 \pm 3
ЧК	(22,5...31,6)	≤ 30	20 \pm 6

Параметры выходных сигналов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры выходных сигналов

Наименование	Уровень	Потребляемый ток, мА	Длительность, мс
БУ готов	(22,5...31,6)	≤ 30	24 \pm 10
Готовность АБ	(22,5...31,6)	≤ 30	24 \pm 6
Кгот2	(22,5...31,6)	≤ 30	40 \pm 5
Запуск двигателя 1 ступень	(22,5...31,6)	≤ 30	75 \pm 15
Запуск двигателя 2 ступень	(22,5...31,6)	≤ 30	75 \pm 15

ФРК должен быть прочным и устойчивым ко внешним воздействиям в соответствии с требованиями, указанными в таблицах 4–9.

Параметры воздействия синусоидальной вибрации одной частоты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Прочность при воздействии синусоидальной вибрации одной частоты

Диапазон частот, Гц	Амплитуда виброускорения, м * с ⁻² (g)	Время, мин
20...30	19,6 (2)	30

Параметры воздействия механических ударов многократного действия представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Стойкость при воздействии механических ударов многократного действия

Направление удара (оси)	Пиковое ударное ускорение, м * с ⁻² (g)	Длительность действия ударного ускорения, мс	Число ударов, шт.	Число ударов в минуту, шт.
X	98,0 (10)	5–10	24	40–80
	78,0 (8)	5–10	150	
	49,0 (5)	10–20	740	
	29,4 (3)	20–30	2100	
Y	196,0 (20)	5–10	60	
	147,0 (15)	5–10	370	
	98,0 (10)	10–20	1980	
	58,8 (6)	20–30	5100	
Z	156,8 (16)	5–10	120	
	117,6(12)	5–10	240	
	78,4 (8)	10–20	600	
	49,0 (5)	20–30	2000	

Параметры воздействия механических ударов одиночного действия представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Стойкость при воздействии механических ударов одиночного действия

Направление удара	Пиковое ускорение, $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ (g)	Длительность действия ударного ускорения, мс	Время достижения максимального значения ударного ускорения, мс	Число ударов по каждой оси в каждом направлении, шт
+X	343 (35)	20–40	10–20	3
–X	118 (12)			3
+Y	412 (42)			3
– Y	412 (42)			3
+Z	412 (42)			3
–Z	412 (42)			3

Параметры воздействия виброудара представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Стойкость при воздействии виброудара

Направление удара (оси)	Максимальное значение ускорения, $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ (g)	Длительность действия ударного ускорения, мс	Время достижения максимального значения удара, мс	Число ударов, шт.
X	785 (80)	10–40	5–20	3
Y, Z	785 (80)			5

Параметры воздействия случайной широкополосной вибрации совместной работы представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Стойкость при воздействии случайной широкополосной вибрации совместной работы

Поддиапазон частот, Гц	Среднеквадратическое значение перегрузки, $m \cdot c^{-2}$, (g)		Значение суммарной дисперсии перегрузки $(m \cdot c^{-2})^2$, (g^2)		Среднее значение ненормированной спектральной плотности в поддиапазоне частот,		Продолжительность воздействия вибрации по каждой оси, ч		
	X	Y, Z	X	Y, Z	X	Y, Z	X	Y	Z
5–50					0,6 (0,0067)	1,4 (0,0147)			
50–300	14,7 (1,5)	20,6 (2,1)	216,1 (2,25)	424 (4,41)	0,34 (0,0036)	0,68 (0,0071)	12	30	18
300–500					0,49 (0,0051)	0,95 (0,0099)			

Параметры воздействия транспортировки представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Прочность при транспортировке

Пиковое ударное ускорение, м/с ⁻² (g)	Длительность ударного ускорения, мс	Общее количество ударов по трем направлениям	Число ударов		
			X	Y	Z
98 (10)	10–15	1000	200	500	300
59 (6)	15–20	6000	1200	3000	1800
39(4)	20–30	13000	2600	6500	3900

ФРК в составе изделия должен обеспечивать требование к показателю вероятности безотказной работы изделия ($P_{бр}$), который должен быть не менее ($P_{бр} \geq 0,995$).

ФРК в составе изделия должен обеспечивать требование к показателю вероятности исправного состояния изделия $P_{ис} \geq 0,98$.

Конструкция ФРК должна быть технологичной. ФРК должен быть размещен на одной плате, должен быть взаимозаменяемым без проведения регулировок и не иметь никаких регулировок в течении всего срока эксплуатации.

2.3 Принцип действия ФРК

На рисунке 2 представлена Схема электрическая принципиальная ФРК.

На разъем X1 поступает команда НК, которая, проходя через микросхему DD2, проверяет готовность всех элементов ФРК. Так же на микросхему DT1 поступают разряды, после чего происходит переключки рулевых приводов. DT1 (198HT1A) – Микросхема, представляющая собой матрицу n–p–n транзисторов. Содержит 5 интегральных элементов. После этого на вход микросхемы DD1 поступают единицы и суммируются, после чего на выходе получается 0. DD1 (1533JA1) – микросхема представляет собой два логических элемента 4И–НЕ. Если все элементы схемы исправны,

то на разъеме X1 выдается команда БУ готов.

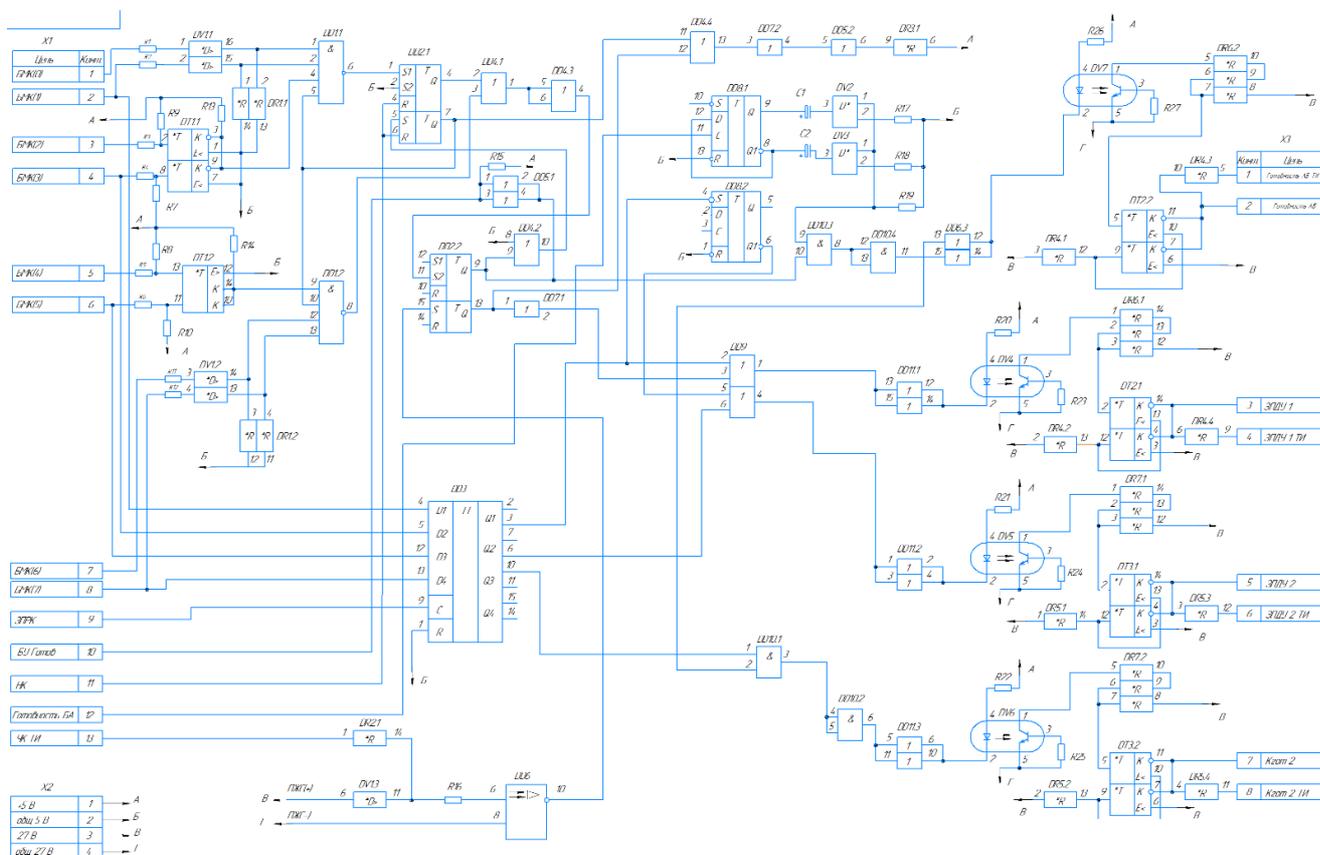


Рисунок 2 – Схема электрическая принципиальная ФРК

После проверки подается команда записи разовых команд на микросхему DD3. DD3 (1533TM8) – 4 D–триггера с прямыми и инверсными выходами. В ней на вход D1–D4 поступают разряды рулей. Если на вход поступили 4 единицы, то на выходе будет одна единица, которая поступает в микросхему DD9. DD9 (1533LE1) –цифровая интегральная схема транзисторной логики, представляющая собой четыре логических элемента 2ИЛИ–НЕ. Если в DD9 на вход 2 поступает сигнал из DD3 и на вход 3 поступает сигнал «Готовность», то сигналы суммируются и проходят дальше. После завершения записи информации поступает сигнал о готовности всей системы «Готовность БА», который через микросхему DD8 поступает ко всем элементам и через оптопару DV7, в которой происходит увеличение выходных параметров, что

позволяет бортовой аппаратуре принять команду «Готовность АБ» и «Готовность АБ ТИ». Так же сигнал поступает в оптопару DV6 и выдается команда «Кгот2» и «Кгот2 ТИ».

При поступлении команды «ЧК», которая проходит через микросхему DD6, обеспечивающая на выходе цифровые уровни напряжения для совместной работы с микросхемой DD2, через оптопары DV4 и DV5, выдает команды запуск двигателя «Запуск двигателя 1 ступень» и «Запуск двигателя 2 ступень».

2.4 Описание конструкции ФРК

ФРК расположен на одной многослойной печатной плате, состоящей из трех слоев. Длина платы – 200 мм, ширина платы – 80 мм, толщина платы – 1,8 мм (рисунок 3).

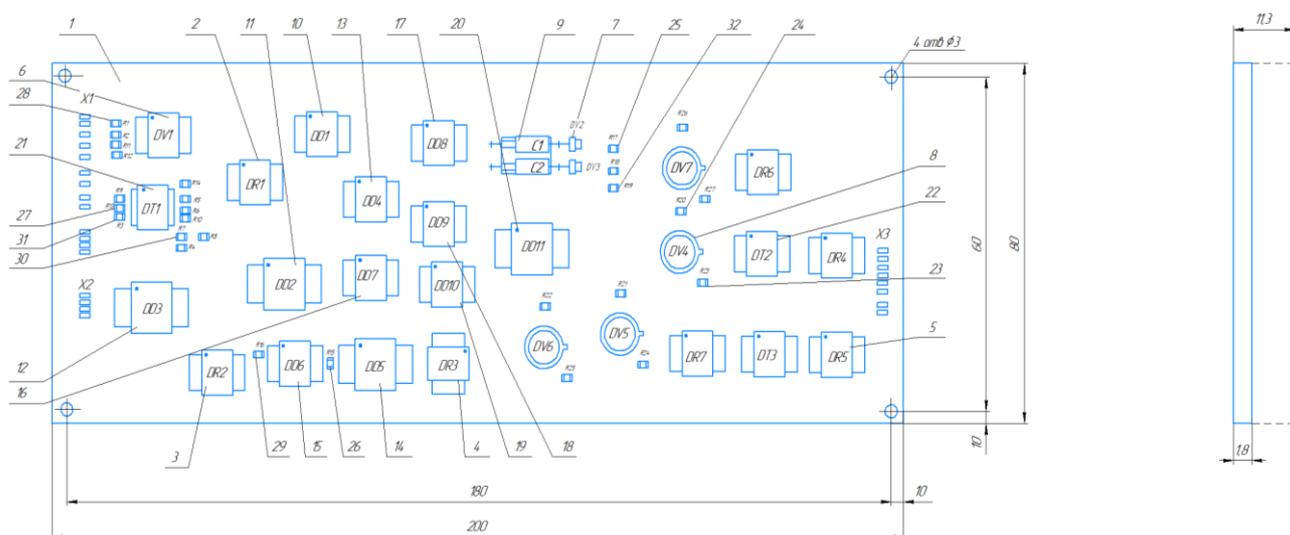


Рисунок 3 – Сборочный чертеж ФРК

Высота самого высокого элемента составляет 9,5 мм. Плата устанавливается в БУ при помощи четырех отверстий диаметром 3 мм. Все элементы устанавливаются на одной стороне платы. На плате расположены:

- 2 набора диодов;
- 4 оптопары, являющиеся самыми высокими элементами платы;
- 22 микросхемы;
- 2 конденсатора;
- 27 резисторов.

Элементы припаиваются паяльником, используется припой ПОС–61, флюс ЛТИ–120. После всех операций плата покрывается лаком УР–231 в 3 слоя. Соединение элементов ФРК с другими элементами, входящими в состав БУ, осуществляется через контактные площадки.

Трассировка печатной платы ФРК представлена на рисунке 4.

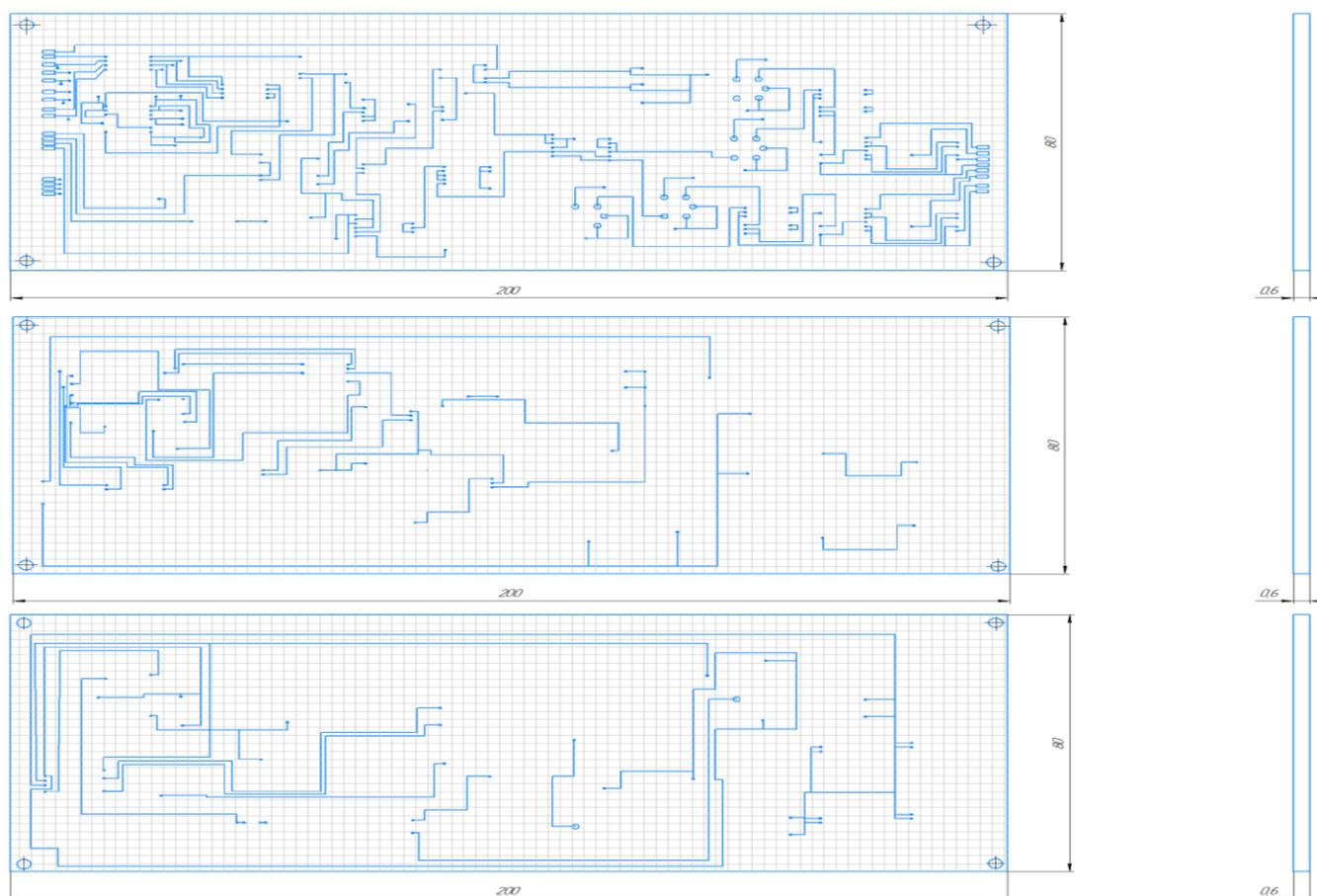


Рисунок 4 – Трассировка печатной платы ФРК

3 Расчетная часть

3.1 Выбор элементов электрической схемы ФРК

Произведем выбор резисторов схемы.

Мощность рассеивания рассчитывается по формуле:

$$P=U^2/R \quad (1)$$

где:

P – мощность рассеивания (Вт)

R – сопротивление резистора (Ом)

U – напряжение (В)

Выберем резистор R1. Предварительные расчеты показали, что напряжение на резисторе R1 равно 0,7 В, а номинал резистора 8200 Ом. По формуле (1) определим P

$$P = 0,7^2/8200 = 0,000059 \text{ Вт}$$

В схему устанавливаем резистор, мощность рассеивания которого в 2 раза больше рассчитанной, т.е. 0,125 Вт.

Таким образом выбираем R1 P1–12–0,125–8,2кОм ±5%–М–А

Выберем резистор R3. Предварительные расчеты показали, что напряжение на резисторе R3 равно 0,7 В, а номинал резистора 47000 Ом. По формуле (1) определим P

$$P = 0,7^2/47000 = 0,00001 \text{ В}$$

В схему устанавливаем резистор, мощность рассеивания которого в 2 раза больше рассчитанной, т.е. 0,125 Вт.

Таким образом выбираем R3 P1–12–0,125–47кОм ±5%–М–А

Выберем резистор R7. Предварительные расчеты показали, что напряжение на резисторе R7 равно 1,1 В, а номинал резистора 20000 Ом. По формуле (1) определим P

$$P = 1,1^2/20000 = 0,00006 \text{ Вт}$$

В схему устанавливаем резистор, мощность рассеивания которого в 2 раза больше рассчитанной, т.е. 0,125 Вт.

Таким образом выбираем R7 P1-12-0,125-20кОм ±5%-M-A

Выберем резистор R11. Предварительные расчеты показали, что напряжение на резисторе R11 равно 0,7 В, а номинал резистора 8200 Ом. По формуле (1) определим P

$$P = 0,7^2/8200 = 0,00005 \text{ Вт}$$

В схему устанавливаем резистор, мощность рассеивания которого в 2 раза больше рассчитанной, т.е. 0,125 Вт.

Таким образом выбираем R11 P1-12-0,125-8,2кОм ±5%-M-A

Выберем резистор R13. Предварительные расчеты показали, что напряжение на резисторе R13 равно 1,2 В, а номинал резистора 5100 Ом. По формуле (1) определим P

$$P = 1,2^2/5100 = 0,0002 \text{ Вт}$$

В схему устанавливаем резистор, мощность рассеивания которого в 2 раза больше рассчитанной, т.е. 0,125 Вт.

Таким образом выбираем R13 P1-12-0,125-5,1кОм ±5%-M-A

Выберем резистор R15. Предварительные расчеты показали, что напряжение на резисторе R15 равно 0,8 В, а номинал резистора 4300 Ом. По формуле (1) определим P

$$P = 0,8^2/4300 = 0,0001 \text{ Вт}$$

В схему устанавливаем резистор, мощность рассеивания которого в 2 раза больше рассчитанной, т.е. 0,125 Вт.

Таким образом выбираем R15 P1-12-0,125-4,3кОм ±5%-M-A

Выберем резистор R16. Предварительные расчеты показали, что напряжение на резисторе R16 равно 1 В, а номинал резистора 10000 Ом. По формуле (1) определим P

$$P = 1^2/10000 = 0,0001 \text{ Вт}$$

В схему устанавливаем резистор, мощность рассеивания которого в 2

раза больше рассчитанной, т.е. 0,125 Вт.

Таким образом выбираем R16 P1-12-0,125-10кОм ±5%-М-А

Выберем резистор R17. Предварительные расчеты показали, что напряжение на резисторе R17 равно 0,6 В, а номинал резистора 1000 Ом. По формуле (1) определим P

$$P = 0,6^2/1000 = 0,0003 \text{ Вт}$$

В схему устанавливаем резистор, мощность рассеивания которого в 2 раза больше рассчитанной, т.е. 0,125 Вт.

Таким образом выбираем R17 P1-12-0,125-1кОм ±5%-М-А

Выберем резистор R19. Предварительные расчеты показали, что напряжение на резисторе R19 равно 1,9 В, а номинал резистора 62000 Ом. По формуле (1) определим P

$$P = 1,9^2/62000 = 0,00005 \text{ Вт}$$

В схему устанавливаем резистор, мощность рассеивания которого в 2 раза больше рассчитанной, т.е. 0,125 Вт.

Таким образом выбираем R19 P1-12-0,125-62 кОм ±5%-М-А

Выберем резистор R20. Предварительные расчеты показали, что напряжение на резисторе R20 равно 10 В, а номинал резистора 220 Ом. По формуле (1) определим P

$$P = 10^2/220 = 0,45 \text{ Вт}$$

В схему устанавливаем резистор, мощность рассеивания которого в 2 раза больше рассчитанной, т.е. 1,0 Вт.

Таким образом выбираем R20 P1-12-1,0-220 Ом ±5%-М-А

Выберем резистор R23. Предварительные расчеты показали, что напряжение на резисторе R23 равно 2 В, а номинал резистора 100 Ом. По формуле (1) определим P

$$P = 2^2/100 = 0,04 \text{ Вт}$$

В схему устанавливаем резистор, мощность рассеивания которого в 2 раза больше рассчитанной, т.е. 0,125 Вт.

Таким образом выбираем R23 P1-12-0,125-100Ом ±5%-М-А

Выберем резистор R26. Предварительные расчеты показали, что напряжение на резисторе R26 равно 10 В, а номинал резистора 220 Ом. По формуле (1) определим P

$$P = 10^2/220 = 0,45 \text{ Вт}$$

В схему устанавливаем резистор, мощность рассеивания которого в 2 раза больше рассчитанной, т.е. 1,0 Вт.

Таким образом выбираем R26 P1-12-1,0-220Ом ±5%-М-А

Выберем резистор R27. Предварительные расчеты показали, что напряжение на резисторе R27 равно 2 В, а номинал резистора 100 Ом. По формуле (1) определим P

$$P = 2^2/100 = 0,04 \text{ Вт}$$

В схему устанавливаем резистор, мощность рассеивания которого в 2 раза больше рассчитанной, т.е. 0,125 Вт.

Таким образом выбираем R27 P1-12-0,125-100Ом ±5%-М-А

4 Технологическая часть

4.1 Разработка технологического процесса сборки ФРК

Типы производства — это категоричность производства продукта или услуги по видам организации структуры производственных факторов отношений количества самого продукта или услуги.

«Тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операции за одним рабочим местом или единицей оборудования:

$$K_{з.о.} = \frac{N}{P_m} \quad (2)$$

где:

N —число различных операций, выполняемых в течении календарного времени

P_m —число рабочих мест, на которых выполняются данные операции.»

[21]

В таблице 10 представлено разделение производств в зависимости от коэффициента закрепления операций.

Таблица 10 – Типы производств

Коэффициент закрепления операций				
Единичное	Мелкосерийное	Среднесерийное	Крупносерийное	Массовое
>40	20–40	10–20	1–10	<1

Так как коэффициент закрепления операций при выпуске ФРК составляет 40, то выбирается мелкосерийное производство.

«Организационная форма сборки называется принятой форма связей между отдельными операциями сборочного технологического процесса и

рабочими местами в определённых условиях производства.

В соответствии с формой связи различают две основные формы сборки: стационарную и подвижную.

Стационарная форма сборки. В зависимости от конструкции изделия и возможности расчленения на отдельные сборочные единицы стационарная форма сборки бывает стационарная концентрированная и стационарная дифференцированная.

При стационарной концентрированной форме сборке изделия от начала до конца собирает один человек или бригада. Этот метод применяют в единичном и мелкосерийном производстве, когда весь процесс сборки изделия состоит из небольшого количества несложных операций.

При стационарно дифференцированной форме сборки, сборочный процесс расчленяют на части, и за каждым рабочим бригады закрепляют определенную сборочную единицу изделия и определенные сборочные работы. При таком методе сборки большое значение имеет правильное планирование начала и конца сборочных работ с учетом трудоемкости и последовательности установки сборочных единиц на машину.

На выбор организационной формы сборки влияют конструкция изделия, его размеры и масса, программа и сроки выпуска. Организационные формы сборки устанавливают отдельно для изделия и его составных частей. В общем случае они могут быть разными.» [13]

Для данного блока выбираем стационарную дифференцированную форму сборки, т. к. производство мелкосерийное, блок состоит из отдельных сборочных единиц, которые собираются независимо друг от друга на отдельных рабочих местах.

«Состав технологического маршрута сборки:

Сначала определяется необходимое количество операций. Затем устанавливается их последовательность и содержание каждой операции.» [20]

Технологический маршрут сборки состоит из следующих операций:

005. Комплектовочная

010. Входной контроль

015. Формовочная

020. Сборочная

025. Монтажная

030. Контрольная

035. Монтажная

040. Контрольная

045. Покрытие

«Выбор оборудования, технологической оснастки и вспомогательных материалов:

Технологическая подготовка производства состоит из следующих этапов:

- Разработка технологического процесса изготовления и сборки
- Составление трудоемкости и материальных затрат
- Освоение производства» [20]

В таблице 11 представлен выбор оборудования для каждой технологической операции.

Таблица 11 – Выбор оборудования

Наименование операции	Оборудование	Приспособление	Инструмент	Вспом. материалы
005. Комплектовочная	Рабочее место комплектовщика	Тара	Пинцет	
010. Входной контроль	Рабочее место контролёра	Измерительные приборы и стенды		
015 Формовочная	Стол монтажника	Приспособление для формовки; тигель с расплавленным припоем	Антистатический браслет; пинцет	Припой ПОС–61; флюс ЛТИ–120
020 Сборочная	Стол монтажника	Приспособление для установки ЭРЭ на плату	Пинцет, отвертка	
025 Монтажная	Стол монтажника	Паяльная станция	Антистатический браслет; пинцет	Припой ПОС–61; флюс ЛТИ–120
030 Контрольная	Стол монтажника	Микроскоп; мультиметр		
035 Монтажная	Стол монтажника	Паяльная станция	Антистатический браслет; пинцет	Припой ПОС–61; флюс ЛТИ–120

Продолжение таблицы 11

Наименование операции	Оборудование	Приспособление	Инструмент	Вспом. материалы
040 Контрольная	Рабочее место контролёра	Микроскоп; мультиметр		
045 Покрытие	Вытяжной шкаф	Пульверизатор		Лак Ур – 231

Описание технологического процесса сборки:

005 Комплектовочная

Получить оборудование в соответствии со спецификации. Сверить его со сроком хранения изделия. Срок хранения не может превышать более 1 года.

010 Входной контроль

Проверить все комплектующие. Резисторы и конденсаторы проверить в количестве 5% от всей партии. Остальные ЭРЭ проверить в количестве 100% от всей партии. Методика и порядок контроля должны быть описаны в ТУ.

015 Формовочная

– Формовать выводы конденсаторов С1, С2, микросхем DD1...DD11, блоки DR1...DR7, DV1...DV7 методом подгибки. Формовка выполняется с помощью специальных приспособлений.

– Лужение выводов

Выполняется погружением в расплавленный припой и выдерживают в течение времени погружения $t_{\text{погр}} = 1 - 3$ сек при температуре припоя $t^{\circ} = 180^{\circ}\text{C}$.

– Отмывка от остатков флюса

Выполняется под горячей проточной водой. Сушка в сетчатых противнях при комнатной температуре, в течение $t = (15...20)$ мин.

020 Сборочная

Установить конденсаторы С1...С2, оптопары DV4...DV7, микросхемы

DD1...DD11, блоки DR1...DR7, диодную матрицу DV1, наборы диодов DV2...DV3. Выполняется вручную с применением ручных приспособлений.

025 Монтажная

С помощью паяльной станции выполнить монтаж конденсаторов C1...C2, оптопар DV4...DV7, микросхем DD1...DD11, блоков DR1...DR7, диодной матрицы DV1, наборов диодов DV2...DV3. Паять припоем ПОС – 61 ГОСТ 21931 – 76, температура плавления припоя составляет 183° С, температура пайки до 240° С. Пайка выполняется на монтажном столе, снабженным системой локального удаления газов. Паяльная станция должна обеспечивать терморегулирование, дозированную подачу припоя в зону пайки, отсос газов из зоны пайки. Промыть места пайки ЭРЭ с помощью нескольких ванн и мягких щеток. Сушка в сетчатых противнях при комнатной температуре, в течение $t = (15...20)$ мин.

030 Контрольная

Провести внешний осмотр платы при 16–ти кратном увеличении на отсутствие трещин, царапин, отслаивания фольги, проверяется качество пайки.

035 Монтажная

С помощью паяльной станции выполнить монтаж резисторов R1...R27. Паять припоем ПОС – 61 ГОСТ 21931 – 76, температура плавления припоя составляет 183° С, температура пайки до 240° С. Пайка выполняется на монтажном столе, снабженным системой локального удаления газов. Паяльная станция должна обеспечивать терморегулирование, дозированную подачу припоя в зону пайки, отсос газов из зоны пайки. Промыть места пайки ЭРЭ с помощью нескольких ванн и мягких щеток. Сушка в сетчатых противнях при комнатной температуре, в течение $t = (15...20)$ мин.

040 Контрольная

Провести внешний осмотр платы при 16–ти кратном увеличении на отсутствие трещин, царапин, отслаивания фольги, проверяется качество пайки.

Проверить работоспособность платы.

045 Покрытие

Покрытие лаком УР – 231 в 3 слоя с помощью пульверизатора в вытяжном шкафу. Время $t = 15$ мин.

Произведем расчёт норм времени.

«Штучное время на каждую операцию определяется по формуле:

$$T_{шт} = \sum t_{осн} + \sum t_{всп} + t_{обсл} + t_{пер}$$

(5)

где:

$t_{осн}$ – основное технологическое время;

$t_{всп}$ – вспомогательное время;

$t_{обсл}$ – время обслуживания рабочего места;

$t_{пер}$ – время перерывов.» [20]

При слесарно–сборочных операциях невозможно разделить основное и вспомогательное время, $t_{опер}$.

$$t_{всп} = t_{осн} + t_{всп} \quad (3)$$

$$T_{шт} = 1,08 \sum t_{опер} \quad (4)$$

Результаты расчетов $T_{шт}$ представлены в таблице 12

Таблица 12 – Нормы времени

Содержание операции	Количество деталей и сборочных единиц	$t_{\text{опер}}(\text{мин})$		$T_{\text{шт}}(\text{мин})$
		1 дет.	n дет.	
005 Комплектовочная Получить и проверить укомплектовку		–	–	20
010 Входной контроль				
–Резисторы	27	0,5	14	$20(14+1+2+1+11) \cdot 1,08 = 31,32$
–Конденсаторы	2	0,5	1	
–Оптопары	4	0,5	2	
–Диоды	2	0,5	1	
–Микросхемы	22	0,5	11	
015 Формовочная				
Формовка	57	0,8	46	$(46+18,4+7+20) \cdot 1,08 = 98,71$
–Лужение	57	0,2	18,4	
–Отмывка	57	–	7	
–Сушка	57	–	20	
020 Сборочная Установка ЭРЭ на плату	57	0,3	17,1	$17,1 \cdot 1,08 = 18,5$
025 Монтажная Пайка паяльной станцией	1 30	0,35 0,1	 0,35	$(0,35+3+3+6+15+20) \cdot 1,08 = 51,1$
–Закрепить плату в	30	0,1	3	

приспособление	30	0,2	3	
–Нанести флюс	1	15	6	
–Нанести припой	1	20	15	
–Припаять			20	
–Промыть				
–Сушить				
030 Контрольная	1	-	-	25
035 Монтажная				
Пайка паяльной станцией				(0,35+2,7+2,7+5,2+15+20) •
–Закрепить плату в приспособление	27	0,35	0,35	1,08=49,6
–Нанести флюс	27	0,1	2,7	
–Нанести припой	1	0,1	2,7	
–Припаять	1	0,2	5,2	
–Промыть		0,2		
–Сушить		15		
		20		

4.2 Техника безопасности при сборке ФРК

«Перед началом работы необходимо произвести осмотр рабочего места, проверить наличие инструментов, проверить рабочую одежду.

Освещение рабочего места должно быть общее и местное. $E > 200$ Люкс.

Нормальные условия работы обеспечиваются приточной и вытяжной вентиляцией.

Размещение рабочего оборудования (в пределах досягаемости (на расстоянии руки)).

Техническая тара с растворами должна исключать возможность опрокидывания и должна иметь крышки.

Легко воспламеняющиеся жидкости должны храниться отдельно.

На рабочем месте запрещено курить и принимать пищу.

В особо травмоопасных участках необходимо проводить инструктаж.

Рабочее место не должно быть загромождено. Должно быть оснащено резиновыми ковриками и резиновыми перчатками.

Резкие скачки напряжения должны сниматься плавкими предметами.

Запрещается применять самодельные скрутки из проволоки.

Около розеток и токоъемников должны быть предупредительные таблички о номинальном напряжении или тока.

Контрольная проверочная аппаратура должна быть на месте и иметь съемные блоки.

Рукоятки всех инструментов должны быть изолированы, и не иметь трещин, заусенцев, выбоин.

Влажность не должна превышать 60%.

Запрещается работать без специальной одежды. Спецодежда должна храниться в отдельном помещении.

На рабочем месте должно находиться не менее двух человек.

При работе с щелочами должны быть предусмотрены меры при разбрызгивании.

Отработанные растворы нейтрализуются и выливаются в специальные

тары. Рабочие должны соблюдать правила личной гигиены

По завершении работы производится уборка рабочего места. Необходимо отключить все приборы. Обесточить все производство. На рубильнике должна быть табличка.

Требования безопасности во время работы.

При монтаже радиоэлектронных устройств быть осторожным с горячим паяльником и расплавленным припоем. Не стряхивать с паяльника расплавленный припой, все это может привести к ожогу открытых частей тела.

При проведении монтажных работ проверять, чтобы токоведущая часть паяльника была надежно заизолирована.

Пайку радиоэлектронного устройства проводить под вытяжной вентиляцией. Нагретый паяльник во время перерывов класть на металлическую подставку. Монтаж радиоэлектронных устройств проводить с надетым антистатическим браслетом. Ходить по участку с антистатическим браслетом на руке запрещается.

После 45 минут напряженной работы под микроскопом необходимо делать 10 минутный перерыв для глаз.

В случае перерыва между монтажными работами необходимо обесточить паяльник.

Требования безопасности при аварийных ситуациях:

При неожиданном отсутствии напряжения в электросети необходимо выключить стол монтажника, электропаяльник и осветительные приборы.

При коротком замыкании в розетке или в столе монтажника немедленно отключить стол монтажника от электросети и сообщить о случившемся в службу главного инженера. Повторное включение производится после выяснения и устранения причин короткого замыкания в присутствии представителя службы главного инженера.

При возгорании электропроводки под воздействием короткого замыкания в электросети необходимо произвести следующие действия: — лицо, первым заметившее пожар,

должно окриком предупредить весь персонал о пожаре;

- выключить питание в электросети;

- сообщить в пожарную команду по телефону 112;

- принять меры к выходу людей из зоны пожара;

- до прибытия пожарной команды приступить к тушению пожара, имеющимися силами и средствами;

- при несчастном случае, вызвать скорую помощь по телефону 03 и оказать первую доврачебную помощь пострадавшему.

Требования безопасности по окончании работы:

- Обесточить рабочее место. Убрать инструменты в стол, а оставшуюся комплектацию в железный шкаф.

- Снять с руки антистатический браслет и убрать его в стол.

- Выключить вентиляцию и произвести влажную уборку рабочего места.

- Снять спецодежду и вымыть руки теплой водой с мылом.» [14]

5 Экономическая часть

5.1 Технико–экономическое обоснование сборки ФРК

5.1.1 Экономический анализ элементной базы

В экономическом анализе элементной базы будут рассмотрены базовые элементы с учётом требований, предъявляемых к устройству и данных о габаритах, массе, сроке службы, номинальном напряжении и цене выбранного элемента.

Выбор конденсаторов производится в таблице 13.

Таблица 13 – Конденсаторы

Параметры	Габариты, мм	Масса, гр.	Срок службы, лет	Номинальное напряжение, В	Цена, руб.
K10–176	7,5x5,0	0,5	15	12	50
K53–18	5,8x10	0,35	20	12	130
73–17	16x6	0,6	25	250	54

Выбор микросхем производится в таблице 14.

Таблица 14 – Микросхемы

Параметры	Габариты, мм	Масса, гр.	Срок службы, лет	Номинальное напряжение, В	Цена, руб.
1533ЛА1	16x10	0,65	10	5±10%	790
198НТ1А	16x10	0,65	10	5±10%	350
2ТС622А	16x10	0,65	10	5±10%	194

Выбираем микросхему 2ТС622А, так как его цена ниже.

Выбор резисторов производится в таблице 15.

Таблица 15 – Резисторы

Параметры	Габариты, мм	Масса, гр.	Срок службы, лет	Предельное напряжение, В	Цена, руб.
P1–12	6,3x3,2	0,1	18	150	6
C2–33H–0,25	7,0x3,0	0,25	20	200	16

Выбираем резистор P1–12, так как у него меньше габариты и цена ниже.

Выбор оптопары производится в таблице 16.

Таблица 16 – Оптопары

Параметры	Габариты, мм	Масса, гр.	Срок службы, лет	Входное напряжение, В	Цена, руб.
ЗОТ123А	8,5x8,5	2	10	2	800
АОТ123А	8,5x8,5	2	10	2	250
ЗОТ123Г	8,5x8,5	2	8	20	715

Выбираем оптопару АОТ123А, так как ее цена ниже.

5.1.2 Расчёт экономичности

«Количественное соотношение деталей в конструкции или электрической схеме и их конструктивного назначения является важнейшим фактором технологичности т.к. определяет экономичность конструктивной и пространственной компоновки изделий

По–своему конструкторскому назначению детали могут быть распределены на четыре основные группы.

1. Основные детали – они служат для выполнения основных функций изделия, являются основными составляющими функционального узла;
2. Дополнительные детали – служат для пространственной компоновки изделия (каркасы, стойки и т.д.);
3. Вспомогательные детали – они нужны для поддержания, закрепления и прикрепления основных деталей (кожухи, крышки и т.д.);
4. Крепёжные детали – закрепляют все элементы устройства.

Пользуясь такой классификацией через $D_{осн}$, $D_{доп}$, $D_{всп}$, $D_{креп}$, обозначается соответственно количество основных, дополнительных, вспомогательных и крепежных деталей. Такая классификация деталей позволяет выразить технологичность и экономичность конструктивного оформления через следующие коэффициенты.» [26]

В таблице 17 представлены количественные показатели деталей.

Таблица 17 – Количественные показатели деталей.

Основные детали $D_{осн}$	Кол- во, шт.	Доп. детали $D_{доп}$	Кол- во, шт.	Всп. детали $D_{всп}$	Кол- во, шт.	Креп. детали $D_{креп}$	Кол- во, шт.
Конденсаторы	2						
Микросхемы	22	Плата	1		0		0
Резисторы	27						
Оптопары	4						
Диоды	2						
Итого	57	Итого	1	Итого	0	Итого	0

Далее рассчитываем коэффициенты экономичности.

Экономичность пространственной компоновки

$$K_{доп \rightarrow 0} = \frac{D_{доп}}{D_{осн}}$$

(6)

Где:

$D_{\text{доп}}$ – число дополнительных деталей,

$D_{\text{осн}}$ – число основных деталей.

$$K_{\text{доп}}^{\rightarrow 0} = \frac{1}{57} = 0,017$$

Полученное значение коэффициента достаточно оптимально.

Коэффициент экономичности окончательного проектирования

$$K_{\text{всп}}^{\rightarrow 0} = \frac{D_{\text{всп}}}{D_{\text{осн}}}$$

(7)

где:

$D_{\text{всп}}$ – число вспомогательных деталей

$$K_{\text{всп}}^{\rightarrow 0} = \frac{0}{57} = 0$$

Полученное значение коэффициента достаточно оптимально.

Коэффициент экономичности с учетом крепежных элементов

$$K_{\text{экон}}^{\rightarrow 0} = \frac{D_{\text{доп}} + D_{\text{всп}} + D_{\text{креп}}}{D_{\text{осн}}}$$

(8)

Где:

$D_{\text{креп}}$ – число крепежных деталей

$$K_{\text{экон}}^{\rightarrow 0} = \frac{1 + 0 + 0}{57} = 0,017$$

Полученное значение коэффициента достаточно оптимально.

5.1.3 Расчёт технологичности конструкции

База существующих модификаций — это шаблонный метод стандартизации, к которому часто прибегают для повышения технологичности устройства. Также повышение технологичности происходит за счёт применения стандартных и заранее определённых компонентов деталей.

В таблице 18 приведено количество всех типов деталей в устройстве.

Таблица 18 – Количественные показатели деталей.

Основные детали Д _{осн}	Кол- во, шт.	Станд. детали Д _{ст}	Кол- во, шт.	Займ. детали Д _{займ}	Кол- во, шт.	Ориг. детали Д _{ориг}	Кол- во, шт.
Конденсаторы	2	–	0	–	0	Плата	1
Микросхемы	22						
Резисторы	27						
Оптопары	4						
Диоды	2						
Итого	57	Итого	0	Итого	0	Итого	1
Количество типоразмеров в схеме				34			

Этот показатель может быть охарактеризован следующими коэффициентами.

– Коэффициент стандартизации

$$K_{\rightarrow 1}^{\text{СТ}} = \frac{D_{\text{СТ}} + D_{\text{ПОК}}}{D_{\text{ОБЦ}}} \quad (9)$$

Где:

Д_{СТ} – Количество стандартных деталей,

Д_{ПОК} – Количество купленных деталей,

Д_{ОБЦ} – общее количество деталей.

$$K_{\rightarrow 1}^{\text{СТ}} = \frac{58}{58} = 1,00$$

Полученное значение коэффициента оптимально.

– Коэффициенты конструктивной унификации узлов.

$$K_{\rightarrow 1}^{\text{УНИФ}} = \frac{D_{\text{СТ}} + D_{\text{ПОК}} + D_{\text{ЗАЙМ}}}{D_{\text{ОБЦ}}} \quad (10)$$

Где:

$D_{\text{займ}}$ – количество заимствованных деталей из других конструкций

$$K_{\text{униф}} = \frac{58}{58} = 1,00$$

Полученное значение коэффициента оптимально.

– Коэффициент повторяемости

$$K_{\text{повт}} = \frac{D_{\text{общ}}}{N_{\text{общ}}}$$

(11) Где:

$N_{\text{общ}}$ – общее количество типоразмеров в конструкции = 34

$$K_{\text{повт}} = \frac{58}{34} = 1,70$$

Полученное значение коэффициента достаточно оптимально.

5.1.4 Оценка качества компоновки

В таблице 19 представлена оценка качества компоновки.

Таблица 19 – Таблица оценки качества компоновки

P_k , кг	$P_{\text{э}}$, кг	P_o , кг	V , мм ³	N , шт.
0,1	0,026	0,126	180800	57

Для сравнительной оценки качества компоновки применяются следующие компоновочные характеристики.

– Относительная масса несущих конструкций.

$$\alpha = \frac{P_k}{P_o} = \frac{0,1}{0,126} = 0,79$$

(12)

Где:

P_k – масса несущих конструкций.

P_o – общая масса изделия

Полученное значение достаточно оптимально.

– Относительная масса радиоэлементов.

$$\beta = \frac{P_э}{P_o} = \frac{0,026}{0,126} = 0.20$$

(13)

Где:

$P_э$ – масса радиоэлементов

Полученное значение достаточно оптимально.

– Удельная функциональная плотность, характеризующая плотность монтажа

$$\gamma = \frac{N}{V} = \frac{57}{180800} = 0.00031 \text{ шт./мм}^3$$

(14)

Где:

N – число радиоэлементов

V – объем устройства

Полученное значение достаточно оптимально.

– Плотность устройства

$$g = \frac{P_o}{V} = \frac{0,126}{180800} = 0.0000007 \text{ кг/мм}^3$$

(15)

Полученное значение достаточно оптимально.

– Качество компоновки устройства

$$Q = \frac{N}{P_o} = \frac{57}{0,126} = 452$$

(16)

Полученное значение достаточно оптимальное.

5.1.5 Техничко–экономическая характеристика блока формирователя разовых команд

В таблице 20 представлены технико–экономические характеристики.

Таблица 20 – Техничко–экономические характеристики.

Показатель	Обозначение	Единичные измерения	Значения
Общее количество деталей	$D_{\text{общ}}$	Шт	58
Количество покупных деталей	$D_{\text{пок}}$	Шт	57
Количество стандартных изделий	$D_{\text{ст}}$	Шт	0
Количество заимствованных изделий	$D_{\text{заим}}$	Шт	0
Количество оригинальных изделий	$D_{\text{ориг}}$	–	1

Продолжение таблицы 20

Показатель	Обозначение	Единичные измерения	Значения
Коэффициент экономичности	$K_{\text{экон}}$	—	0,017
Коэффициент стандартизации	$K_{\text{ст}}$	—	1,00
Коэффициент унификации	$K_{\text{ун}}$	—	1,00
Коэффициент повторяемости	$K_{\text{пов}}$	—	1,70
Относительный вес платы	α	—	0,79
Относительный вес радиоэлементов	β	—	0,20
Удельная функциональная плотность монтажа	γ	Шт/мм ³	0,00031
Плотность устройства	g	кг/мм ³	0.0000007
Количество компоновки устройств	Q	Шт/кг	452

Исходя из расчетов и анализа технико–экономического обоснования проектируемого устройства можно сделать следующие выводы:

– По экономичности

Полученные значения $K_{\text{доп} \rightarrow 0}$, $K_{\text{всп} \rightarrow 0}$, $K_{\text{экон} \rightarrow 0}$ достаточно оптимальны

Следовательно, устройство экономично.

– По технологичности

Полученные значения $K_{\text{униф} \rightarrow 1}$, $K_{\text{повт} \rightarrow \infty}$, $K_{\text{экон} \rightarrow 0}$ достаточно оптимальны

Следовательно, устройство технологично

– По компоновке

Полученные значения коэффициентов α , β , γ , g , Q достаточно оптимальны

Следовательно, устройство технологично

6.2 Расчет себестоимости ФРК

«Себестоимость – это денежное выражение затрат предприятия, которое тратится на изготовление продукции.

Производственную себестоимость рассчитывается по следующей формуле:

$$C_{\text{полн}} = M + Пф + Тр-з + З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} + O_{\text{соц}} + Н_{\text{цех}} + Н_{\text{зав}} + Вн$$

(17)

Где:

$C_{\text{полн}}$ – себестоимость полная

M – стоимость основных и вспомогательных материалов

$Пф$ – Стоимость комплектующих изделий (полуфабрикатов собственного изготовления и покупных изделий)

$Тр-з$ – транспортно–заготовительные расходы

$З_{\text{осн}}$ – заработная плата основных производственных рабочих

$З_{\text{доп}}$ – заработная плата непроизводственных рабочих

$O_{\text{соц}}$ – отчисления в социальные налоги

$Н_{\text{цех}}$ – цеховые накладные расходы

$Н_{\text{зав}}$ – заводские накладные расходы» [26]

6.2.1 Расчёт стоимости материальных затрат

«К материальным затратам относятся материалы, полуфабрикаты и транспортно– заготовительные расходы.» [26]

Стоимость материальных затрат (M) рассчитывается по формуле:

$$M = A \cdot B$$

(18)

Где:

A – количество материалов

B – количество материалов

В таблице 21 представлены все используемые материалы

Таблица 21 – Материалы

Наименование материала	Марка	Ед. изм.	Цена, руб	Норма расхода на изделие	Стоимость на изделие, руб
Стеклотекстолит	СТЕФ–1 ГОСТ12652–74	кг	752,00	0,20	150,00
Припой	ПОС–61	кг	627,00	0,10	62,70
Флюс	ЛТИ–120	л	118,00	0,10	11,80
Лак	УР–231	кг	519,00	0,10	51,90
Кисть	–	шт	57,00	0,05	2,85
Марля медицинская	ГОСТ9412–93	м	11,00	0,10	1,10
Спирто–бензиновая смесь	БР–2	л	50,00	0,01	7,50
Клей	–	шт	326,00	0,20	65,20
Плѐнка	ПЭТ–Э	м ²	57,00	0,02	0,11
Итого:					353,16

$$M_{\text{стек}} = 752 \cdot 0.2002 = 150 \text{руб.}$$

$$M_{\text{припой}} = 627 \cdot 0.1 = 62,7 \text{руб.}$$

$$M_{\text{флюс}} = 118 \cdot 0.1 = 11,8 \text{руб.}$$

$$M_{\text{лак}} = 519 \cdot 0.1 = 51,9 \text{руб.}$$

$$M_{\text{кисть}} = 57 \cdot 0.05 = 2,85 \text{руб.}$$

$$M_{\text{марля}} = 11 \cdot 0.1 = 1,1 \text{руб.}$$

$$M_{\text{бенз}} = 50 \text{м} \cdot 0.015 = 7,5 \text{руб.}$$

$$M_{\text{клей}} = 326 \cdot 0.2 = 65,2 \text{руб.}$$

$$M_{\text{плѐнка}} = 57 \cdot 0.002 = 0.11 \text{руб.}$$

$$M_{\text{общ}} = \sum M = 150 + 62,7 + 11,8 + 51,9 + 2,85 + 1,1 + 7,5 + 65,2 + 0,11 = 353,16 \text{руб.}$$

Полуфабрикаты (ПФ) рассчитываются по формуле:

$$\text{ПФ} = \text{А} \cdot \text{Б} \quad (19)$$

Где:

А – цена,

Б – количество ПФ.

В таблице 22 представлены полуфабрикаты

Таблица 22 – Стоимость полуфабрикатов.

ЭРЭ	Наименование ЭРЭ	Количество ЭРЭ, шт.	Стоимость одной штуки, руб.	Стоимость, руб
Конденсаторы	К10–176	2	50	100
Микросхемы	1533ЛА1	1	300	300
	1533ТР2	1	400	400
	1533ТМ8	1	502	502
	1533ЛЕ1	1	341	341
	1533ЛН3А	2	686	1372
Резисторы	1533ЛП1А	1	292	292
	1533ЛН1	1	446	446
	1533ТМ2	1	502	502
	1533ЛЕ1	1	341	341
	1533ЛА3	1	277	277
	198НТ1А	1	601	601
	2ТС622А	2	342	684
	2ДС627А	1	990	990
	Б19К–1–1–2	3	40	120
	Б19К–1–1–10	4	40	160
	Р1–12–100	4	11	44
	Р1–12–220	4	20	80

Продолжение таблицы 22

ЭРЭ	Наименование ЭРЭ	Количество ЭРЭ, шт.	Стоимость одной штуки, руб.	Стоимость, руб
	P1-12-1	2	10	20
	P1-12-4,3	1	6	6
	P1-12-5,1	2	9	18
	P1-12-8,2	2	9	18
	P1-12-10	1	9	9
	P1-12-20	4	10	40
	P1-12-47	4	9	36
	P1-12-62	1	9	9
Диоды	2Д707	2	75	195
Оптопары	АОТ123А	4	250	1000
Итого:				8903

$$\text{ПФ} = \text{Ск} + \text{Смк} + \text{Ср} + \text{Сд} + \text{Сопт} = 100 + 7328 + 280 + 195 + 1000 = 8903 \text{ руб.}$$

6.2.2 Расчёт транспортно-заготовительных расходов

Транспортно-заготовительные расходы считаются путём взятия от суммы материалов и полуфабрикатов 10% от их суммы в рублях.

$$\text{Тр-з} = (\text{М} + \text{ПФ}) \cdot 10\%$$

(20)

$$\frac{(353,16 + 8903) \cdot 10}{100} = 925.61 \text{ руб.}$$

6.2.3 Расчёт трудоёмкости и заработной платы

Трудоёмкость определяется с учетом операций технологического процесса.

Расчеты приведены в таблице 23.

Таблица 23 – Таблица трудоемкости

Наименование операций	Разряд рабочего	Тарифная ставка, руб./ч	T _{пз} , мин.	T _{шт} , мин.	T _{шт.к} , мин.	P, руб.
Комплектовочная	5	450,60	5	20,00	21,60	162,20
Входной контроль	5	450,60	6	31,32	33,32	250,20
Формовочная	4	435,20	10	98,71	102,00	739,80
Сборочная	4	435,20	4	18,50	19,80	143,60
Монтажная	6	470,40	12	51,10	55,10	431,90
Контрольная	5	450,60	2	25,00	25,60	192,20
Монтажная	6	470,40	12	49,60	53,60	420,20
Контрольная	5	450,60	2	25,00	25,60	192,20
Покрытие	5	450,60	4	15,00	16,30	122,40
Итого		–	57	334,23	352,92	2654,70
Трудоемкость изготовления		–	–	–	352,92	–
Стоимость изготовления		–	–	–	–	2654,70

«Норма времени на операцию называется калькуляционным временем и определяется по формуле:

$$T_{шт.к} = \frac{T_{пз}}{n} + T_{шт}$$

(21)

Где:

T_{пз} – подготовительно заключительное время на одну операцию, мин.;

$T_{шт}$ – штучное время на одну операцию;

n – количество деталей в партии.

Количество деталей в партии можно рассчитать по формуле:

$$n = \frac{\sum T_{пз}}{\sum T_{шт}} \cdot k$$

(22)

Где:

K – коэффициент серийности (изменяется от типа производства 20–40)» [26]

$$n = \frac{57}{334,23} \cdot 20 = 3$$

$$T_{шт.к1} = \frac{5}{3} + 20 = 21,6 \text{ мин}$$

$$T_{шт.к2} = \frac{6}{3} + 31,32 = 33,32 \text{ мин}$$

$$T_{шт.к3} = \frac{10}{3} + 98,71 = 102 \text{ мин}$$

$$T_{шт.к4} = \frac{4}{3} + 18,5 = 19,8 \text{ мин}$$

$$T_{шт.к5} = \frac{12}{3} + 51,1 = 55,1 \text{ мин}$$

$$T_{шт.к6} = \frac{2}{3} + 25 = 25,6 \text{ мин}$$

$$T_{шт.к7} = \frac{12}{3} + 49,6 = 53,6 \text{ мин}$$

$$T_{шт.к8} = \frac{2}{3} + 25 = 25,6 \text{ мин}$$

$$T_{шт.к9} = \frac{4}{3} + 15 = 16,3 \text{ мин}$$

Определяем заработную плату

«Заработная плата – это часть национального дохода, выдаваемая работнику за количество и качество затраченного труда.

Заработная плата включает в себя 3 слагаемых

1. Заработная плата основная ($Z_{\text{осн}}$)
2. Заработная плата дополнительная ($Z_{\text{доп}}$)
3. Отчисления в фонд социального страхования ($O_{\text{соц}}$)

$Z_{\text{осн}}$ — это сумма расценок по всем операциям.

Определяем расценку по всем операциям

$$P = \frac{C \cdot T_{\text{шт.к}}}{60}$$

(23)

Где:

P – расценка (руб.)

C – часовая тарифная ставка (руб.)

$T_{\text{шт.к}}$ – калькуляционное время» [26]

$$P1 = \frac{450,60 \cdot 21,6}{60} = 162,2 \text{ руб}$$

$$P2 = \frac{450,60 \cdot 33,32}{60} = 250,2 \text{ руб}$$

$$P3 = \frac{435,20 \cdot 102}{60} = 739,8 \text{ руб}$$

$$P4 = \frac{435,20 \cdot 19,8}{60} = 143,6 \text{ руб}$$

$$P5 = \frac{470,40 \cdot 55,1}{60} = 431,9 \text{ руб}$$

$$P6 = \frac{450,60 \cdot 25,6}{60} = 192,2 \text{ руб}$$

$$P7 = \frac{470,40 \cdot 53,6}{60} = 420,2 \text{ руб}$$

$$P8 = \frac{450,60 \cdot 25,6}{60} = 192,2 \text{ руб}$$

$$P9 = \frac{450,60 \cdot 16,3}{60} = 122,4 \text{ руб}$$

Определяем основную заработную плату ($Z_{\text{осн}}$)

$$Z_{\text{осн}} = \sum Z_{\text{осн}} = P1 + P2 + \dots + P9 \quad (24)$$

$$Z_{\text{осн}} = 162,2 + 250,2 + 739,8 + 143,6 + 431,9 + 192,2 + 420,2 + 192,2 + 122,4 = 2654,7 \text{ руб}$$

Определяем дополнительную заработную плату ($Z_{\text{доп}}$)

«В дополнительную заработную плату включается оплата за отпуск, доплата и т.д. $Z_{\text{доп}}$ принимается в размере 80% от основной заработной платы.» [26]

$$Z_{\text{доп}} = 80\% Z_{\text{осн}} \quad (25)$$

$$Z_{\text{доп}} = \frac{2654,7 \cdot 80}{100} = 2123,76 \text{ руб}$$

«Определяем отчисления в фонд социального страхования ($O_{\text{соц}}$)

Они принимаются в размере 30% от суммы основной и дополнительной заработной платы.» [26]

$$O_{\text{соц}} = 30\% (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (26)$$

$$O_{\text{соц}} = \frac{(2123,76 + 2654,7) \cdot 30}{100} = 1433,5 \text{ руб}$$

6.2.4 Накладные расходы

«Накладные расходы подразделяются на цеховые накладные расходы ($H_{\text{цех}}$) и заводские накладные расходы ($H_{\text{зав}}$).

Накладные расходы связаны с управлением и обслуживанием цеха предприятия. Накладные расходы — это косвенные расходы. Они определяются в процентах от основной заработной платы ($Z_{\text{осн}}$).» [26]

$$H_{\text{цех}} = 350\%Z_{\text{осн}}$$

(27)

$$H_{\text{цех}} = \frac{2654,7 \cdot 350}{100} = 9291,45 \text{ руб}$$

$$H_{\text{зав}} = 150\%Z_{\text{осн}}$$

(28)

$$T_{\text{зав}} = \frac{2654,7 \cdot 150}{100} = 3982,05 \text{ руб}$$

6.2.5 Калькуляция себестоимости

«В калькуляцию себестоимости входит производственная себестоимость, цеховая себестоимость, внепроизводственные расходы.

Себестоимость — это все издержки (зарплаты), понесенные предприятием на производство и реализацию продукции или услуги.

Цеховая себестоимость представляет собой затраты цеха, связанные с производством продукции.

Внепроизводственные расходы — это расходы, связанные с реализацией производственной продукции, которые входят в полную себестоимость продукции сверх ее производственной себестоимости.» [26]

Для составления калькуляции подсчитывается производственная себестоимость по формуле:

$$C_{\text{произв}} = M + \Pi_{\text{ф}} + \text{Тр.з.} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + O_{\text{соц}} + H_{\text{цех}} + H_{\text{зав}}$$

(29)

$$C_{\text{произв}} = 353,16 + 8903 + 925,61 + 2654,7 + 2123,76 + 1433,5 + 9291,45 + 3982,05 = 29667,23 \text{ руб.}$$

Для подсчета себестоимости из производственной себестоимости вычитают заводские накладные расходы

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{произв}} - H_{\text{зав}} = 29667,23 - 3982,05 = 25685,18 \text{ руб.}$$

(30)

Внепроизводственные расходы составляют 5% от производственной себестоимости и рассчитывается по формуле

$$V_{\text{н}} = 5\% C_{\text{произв}}$$

(31)

$$V_{\text{н}} = \frac{29667,23 \cdot 5}{100} = 1483,36 \text{ руб}$$

Полная себестоимость составляет 105% от производственной себестоимости и рассчитывается по формуле

$$C_{\text{полн}} = 105\% C_{\text{произв}}$$

(32)

$$C_{\text{полн}} = \frac{29667,23 \cdot 105}{100} = 31150,59 \text{ руб}$$

В таблице 24 представлена калькуляция себестоимости ФРК.

Таблица 24 – Таблица калькуляции себестоимости

Наименование статей затрат	Сумма, руб.	% к итогу	% к основной зарплате
Прямые затраты			
1. Покупные изделия и полуфабрикаты	8903,00	33,70	400,6
2. Транспортно–заготовительные расходы	925,61	3,40	40,4
3. Заработная плата основная	2654,70	8,40	100
4. Заработная плата дополнительная	2123,76	6,70	80
5. Отчисления в фонд соц. страхования	1433,50	4,50	53,9
Косвенные затраты			
6. Заводские накладные расходы	3982,05	12,60	150
7. Производственная себестоимость	29667,23	100,00	–
Цеховая себестоимость	25685,18	87,30	–
Внепроизводственные расходы	1483,36	5,00	–
Полная себестоимость	31150,59	105,00	–

6.2.6 Анализ структуры себестоимости и пути снижения себестоимости

В связи с тем, что затраты на материалы больше, чем основная заработная плата, то изделие является материалоемким.

Исходя из анализа таблицы калькуляции себестоимости делаем вывод что наибольший удельный вес производственной себестоимости составляют расходы на материалы и полуфабрикаты.

Следовательно, для того, чтобы уменьшить стоимость изготовления устройства нужно найти полуфабрикаты, которые будут стоить дешевле нынешних.

Заключение

В данном дипломном проекте был разработан формирователь разовых команд, входящий в состав блока управления, который входит в состав системы управления (СУ) объекта воздушного базирования. В специальной части описаны назначение и принцип действия блока управления, назначение и требования, предъявляемые к формирователю разовых команд, принцип его действия и описана конструкция формирователя разовых команд.

В расчетной части произведен выбор элементов электрической схемы формирователя разовых команд.

В технологической части разработан технологический процесс сборки формирователя разовых команд, а также написана техника безопасности при его сборке.

В экономической части технико-экономически обосновывается разработка формирователя разовых команд и рассчитывается себестоимость изготовления формирователя разовых команд, его экономичность, заработная плата при сборке формирователя разовых команд, накладные и косвенные расходы, выполнен анализ элементной базы на рынке продукции. Себестоимость формирователя разовых команд равна 31150,59 рублей.

Отличительной особенностью формирователя разовых команд, который был описан в выпускной квалификационной работе, является стойкость и прочность ко внешним воздействующим факторам, таким как: синусоидальная вибрация одной частоты, механические удары многократного действия, механические удары одиночного действия, виброудар, воздействие широкополосной случайной широкополосной вибрации, прочность при транспортировке.

Схемные решения и их конструкторское исполнение формирователя разовых команд, выполненные в ходе выпускной квалификационной работы, можно использовать при разработке блока управления, который входит в состав СУ объекта воздушного базирования.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Александров А.А. Электротехнические чертежи и схемы / Александров К.К., Кузьмина Е.Г.– М.:Энергоатомиздат, 1990. – 288с.
2. ГОСТ 2.105–95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам [Текст]. – Введ. 1996–07–01. – М.: Госстандарт РФ: Изд–во стандартов, 1994.– 19с.: ил.
3. ГОСТ 2.702–2011. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения схем.– Введ. 2012–01–01. – М.: Стандартинформ: Изд–во стандартов, 2011.– 22с.: ил.
4. ГОСТ 7.32–2001. Отчет о научно–исследовательской работе. Структура и правила оформления [Текст]. – Введ. 2002–07–01. – М.: Госстандарт РФ: Изд–во стандартов, 2001.– 23с.
5. Забродин Ю.С. Промышленная электроника: Учебник для вузов. –М.: Высш. школа, 1982. –496 с.: ил.
6. Каталог материалов [Электронный ресурс]. URL: <https://leeroymerlin.ru/> (дата обращения: 01.04.2024)
7. Каталог материалов [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vseinstrumenti.ru/> (дата обращения: 06.03.2024)
8. Каталог электронных компонентов [Электронный ресурс]. URL: [http:// www.chip-dip.ru](http://www.chip-dip.ru) (дата обращения: 10.03.2024)
9. Методические указания по оформлению выпускных квалификационных работ по программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры : [Электронный ресурс]. URL: [https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_\(Diplom\)](https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_(Diplom)) / Оформление ВКР (Дата обращения: 13.02.2024)
10. Микросхемы интегральные [Электронный ресурс]. URL: <https://eandc.ru/pdf/mikroskhema/198nt1.pdf> (дата обращения: 20.02.2024)
11. Многоканальное устройство для ввода–вывода аналоговой информации [Электронный ресурс] URL:

https://yandex.ru/patents/doc/SU1564606A1_19900515 (дата обращения: 15.01.2024)

12. Оптопары транзисторные [Электронный ресурс]. URL: https://eandc.ru/pdf/opto/3ot123_aot123.pdf (дата обращения: 25.02.2024)

13. Организационная форма сборки [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/7663460/page:22> (дата обращения: 21.04.2024)

14. Охрана труда и техника безопасности: учебник для вузов/ Г. И. Беляков. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2023. — 740 с.

15. Положение о выпускной квалификационной работе: утв. решен. учен. совет. от 21.11.2019 решение №254 : [Электронный ресурс]. URL: [https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_\(Diplom\)](https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_(Diplom)) / Положение о ВКР (Дата обращения: 13.02.2024)

16. Порядок обеспечения самостоятельности выполнения письменных работ в ТГУ : [Электронный ресурс]. URL: [https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_\(Diplom\)](https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_(Diplom)) / Положение о Антиплагиате (Дата обращения: 13.02.2024)

17. Резисторы постоянные непроволочные P1-12 [Электронный ресурс]. URL: https://www.erkon-nn.ru/upload/model_library/R1-12/r1-12_1.pdf?ysclid=lv9362qsxp188445666 (дата обращения: 17.03.2024)

18. Современная зарубежная военная микро- и мини-робототехника. Микросистемная техника / Рубцов И.В., Нестеров В.Е., Рубцов В.И., 2000, №3.

19. Справочник разработчика и конструктора РЭА. Элементная база/ Масленников М.Ю., Соболев Е.А., Соколов Г.В. и др.; под ред. Масленникова М.Ю. М.: Радио и связь, 1996.

20. Технологические процессы в машиностроении: учеб. пособие/ В. П. Иванов, В. А. Фруцкий — Новополюцк: ПГУ, 2009 — 240 с.

21. Типы производства [Электронный ресурс]. URL: https://web.archive.org/web/20140719105854/https://ru.wikipedia.org/wiki/Типы_производства (дата обращения: 22.03.2024)

22. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство. Пер. с нем. – М.: Мир, 1982. – 512 с., ил.

23. Транзисторные матрицы [Электронный ресурс]. URL: https://eandc.ru/pdf/tranzistor/2ts622_kts622.pdf (дата обращения: 17.03.2024)

24. Устройство ввода–вывода [Электронный ресурс] URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2221267C1_20040110 (дата обращения: 13.01.2024)

25. Устройство ввода–вывода разовых команд [Электронный ресурс] URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU188797U1_20190423 (дата обращения: 14.01.2024)

26. Учет затрат на производство и реализацию продукции и калькулирование себестоимости продукции: учебник для вузов / В. О. Бердичевская. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2023. — 146 с.

27. Электроника и наноэлектроника, управление в технических системах, электроэнергетика и электротехника. Выполнение бакалаврской работы / сост. Позднов М.В., Прядилов А.В. – Тольятти: ТГУ, 2019. – 41 с.

28. Электроника и схемотехника. Основы электроники [Электронный ресурс] URL: https://oreluniver.ru/file/employee/1159/Eremenko_elektrotexnika_sxemoteknikai.pdf (дата обращения: 05.02.2024)

29. Digital electronics [Электронный ресурс] URL: https://archive.org/details/digitalelectronic0000tokh_z3t8/mode/2up (дата обращения: 10.02.2024)

30. Electric circuits / Mahmood Nahvi, Joseph A. Edminister — USA, 2003 — 481 с.

31. Electrical Engineering / Clive Maxfi, John Bird, M. A. Laughton, W. Bolton — USA, 2008 — 1105 с.

32. Micro–Cap 12 Electronic Circuit Analysis Program Reference Manual [Электронный ресурс]. URL: <https://archive.org/details/micro-cap-12->

reference–manual (дата обращения: 29.02.2024)

33. Resistor [Электронный ресурс].

URL:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Resistor> (дата обращения: 27.03.2024)