

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет

Кафедра

вычислительной техники

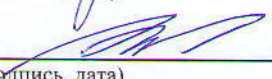
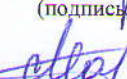
«Вычислительная техника»

Специальность: 09.05.01 «Применение и эксплуатация
автоматизированных систем специального
назначения»
Специализация: «Эксплуатация вычислительных машин, комплексов,
систем и сетей специального назначения»

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему

Система контроля параметров дисбаланса одноплоскостных
тел вращения

Студент	 (подпись, дата)	Андреев Кирилл Викторович (ФИО полностью)
Руководитель	 (подпись, дата)	Бычков А.С. (фамилия, инициалы)
Нормоконтролёр	 (подпись, дата)	Кучин А.В. (фамилия, инициалы)
Рецензент <i>доцент каф. ВМНС</i> (должность, место работы) <i>ПензГТУ</i>	 (подпись, дата)	Мартышкин А.И. (фамилия, инициалы)

Работа допущена к защите (протокол зас. кафедры от 10.06.2020 г. № 13)

Заведующий кафедрой 
(подпись) Митрохин М.А.
(фамилия, инициалы)

Работа защищена с отметкой отлично (протокол заседания ГЭК от
18.06.2020 № 2)

Секретарь ГЭК 
Гурин Е.И.

Пенза 2020

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет

Кафедра

Вычислительной техники

Вычислительная техника

«Утверждаю»

Заведующий кафедрой

 Митрохин М.А.

«30» апреля 2020г.

ЗАДАНИЕ НА ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

1. Андреев Кирилл Викторович гр. 15ВО2 факультета вычислительной техники.

2. Тема работы: «Система контроля параметров дисбаланса одноплоскостных тел вращения».

Тема утверждена приказом ПГУ №0335а/о от 30.04.2020 г.

3. Руководитель работы к.т.н., доцент каф. ВТ ПГУ Бычков А.С.

4. Задание на работу (назначение разработки, исходные данные и т.п.).

Система предназначена для контроля параметров дисбаланса одноплоскостных тел вращения.

5. Перечень подлежащих разработке вопросов.

Требуется произвести анализ предметной области, выбрать функциональный состав системы, разработать структурную схему системы, осуществить выбор элементной базы, разработать принципиальную схему и алгоритм работы системы. Система должна измерять массу и определять места дисбаланса плоской детали в колебательном режиме. Результаты должны выводиться на индикаторы. Питание системы осуществляется от источника постоянного напряжения от 8 до 15 Вольт. В технологической части необходимо представить способы изготовления печатных плат. Также выполнить задание по БЖД и экономике.

6. Календарный график выполнения работы

№ п/п	Наименование этапов работы	Объем работы	Срок выполнения	Подпись руководителя
1.	Система контроля параметров дисбаланса одноплоскостных тел вращения		09.05.20	
2.	Разработка структурной схемы		16.05.2020	
3.	Разработка алгоритма системы		16.05.2020	
4.	Выбор компонентов для реализации принципиальной схемы		23.05.2020	
5.	Составление принципиальной схемы устройства		26.05.2020	
6.	Технология изготовления печатных плат		27.05.2020	
7.	Меры безопасности при изготовлении печатных плат		29.05.2020	
8.	Расчет экономической части		30.05.2020	
9..	Исправление ошибок в работе системы		31.05.2020	
10.	Оформление выпускной работы		06.06.2020	

Дата выдачи задания 30 «апреля» 2020 года.

Руководитель дипломной работы _____ Бычков А.С.
(подпись, дата)

Задание к исполнению принял студент _____ Андреев К.В.
(подпись, дата)

Работу к защите допустить
Декан факультета _____ Фионова Л.Р.
(подпись, дата)

РЕФЕРАТ

Работа содержит 103 листа, 25 рисунков, 11 источников, 5 приложений.

КОНТРОЛЬ ДИСБАЛАНСА ОДНОПЛОСКОСТНЫХ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ, МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА, БАЛАНСИРОВКА КОЛЕС, БАЛАНСИРОВКА ЛОПАСТЕЙ, БАЛАНСИРОВКА ТУРБИН

Цель работы – разработать систему определения места дисбаланса тел вращения колебательным методом.

Объектом разработки является аппаратный комплекс, обеспечивающий измерение массы, определения места дисбаланса тел вращения колебательным методом.

В результате проведенной работы создан проект, удовлетворяющий поставленной задаче, а именно, создан аппаратный комплекс, в состав которого вошел контроллер на базе микроконтроллера фирмы АТМega, реализующий определения места дисбаланса тел вращения.

Данное устройство рекомендуется использовать для определения места дисбаланса тел вращения на станциях технического обслуживания транспортных средств, а также в авиационной промышленности.

					ПГУ 1.090501.01.001 ПЗ								
Изм.	Лист	Л	№ докум.	№	Подпись	Дата	Система контроля параметров дисбаланса одноплоскостных тел вращения Пояснительная записка			Лит.	Лист	Листов	
Разраб.			Андреев К.В.									2	100
Провер.			Бычков А.С.										
Н. Контр.			Кучин А.В.										
..													
Утверд.			Митрохин М.А.							ФВТ, каф. ВТ гр. 15В02			

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 Система контроля параметров дисбаланса одноплоскостных тел вращения.....	9
1.1 Анализ предметной области	9
1.2 Разработка структурной схемы системы	17
1.2.1 Определение функционального состава системы	17
1.2.2 Описание работы системы по структурной схеме.....	18
1.2.3 Датчик опорного сигнала	24
1.2.4 Организация связи с персональным компьютером	26
1.3 Разработка электрической принципиальной схемы	26
1.3.1 Выбор микропроцессора и определение стратегии при проектировании.....	26
1.3.2 Проектирование МПС с использованием универсального микропроцессора.....	27
1.3.3 Распределение адресного пространства памяти.....	31
1.3.4 Проектирование устройств ввода-вывода.....	33
1.3.5 Организация индикации.....	33
1.4 Описание схемы электрической принципиальной	37
1.4.1 Микропроцессорный блок	37
1.4.2 Индикация.....	43
1.5 Описание алгоритма работы микроконтроллерного блока	47
1.5.1 Процедура измерения	50
1.5.2 Действие в одном такте	51
1.5.3 Поиск минимума, максимума и ф.....	52
1.5.4 Работа с собранной информацией.....	52
1.5.5 Калибровка.....	53
1.5.6 Коррекция	54

2	Технология изготовления печатных плат	56
2.1	Методы изготовления печатных плат	56
2.2	Описание технологического процесса изготовления печатных плат химическим методом	57
2.3	Электрохимический метод изготовления ДПП	61
2.4	Аддитивный способ изготовления ДПП.....	63
2.5	Типовой технологический процесс изготовления МПП методом металлизации сквозных отверстий	64
3	Меры безопасности при изготовлении печатных плат	67
3.1	Техника безопасности при заготовительных операциях.....	68
3.2	Техника безопасности при травлении и металлизацииотверстий печатной платы.....	70
3.3	Техника безопасности при пайке деталей на печатную плату	71
3.4	Техника безопасности при промывке и обезжиривании поверхности печатной платы.....	73
4	Расчет затрат на разработку микропроцессорной системы.....	74
4.1	Расчет цеховой себестоимости	75
4.1.1	Расчет затрат на покупные изделия	76
4.1.2	Расчет затрат на материалы	77
4.1.3	Расчет затрат на кооперацию	78
4.1.4	Расчет затрат на электроэнергию для технологических целей	79
4.1.5	Расчет затрат на заработную плату основных производственных рабочих.....	80
4.1.6	Расчет затрат на социальные отчисления.....	82
4.1.7	Расчет косвенных цеховых затрат.....	82
4.2	Расчет заводской себестоимости	83
4.3	Расчет полной себестоимости.....	84
4.4	Расчет цены проектируемого устройства	85
4.5	Оценка инвестиционной привлекательности проекта	85

Заключение	86
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	87
ПРИЛОЖЕНИЕ	88
Приложение А Электрическая структурная схема	88
Приложение Б Электрическая принципиальная схема	90
Приложение В Перечень элементов.....	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение Г Алгоритм.....	94
Приложение Д Презентация.....	98

ВВЕДЕНИЕ

Для уменьшения неуравновешенности при изготовлении, ремонте, эксплуатации производят балансировку тел вращения путём изменения их массы или геометрии.

Наиболее известное применение балансировки – автомобильное производство и обслуживание автомобилей во время эксплуатации. Обратим на эту проблему особое внимание.

Надлежащая балансировка деталей автомобиля удлинит срок службы на (25...100)%, повышает полезную мощность двигателя на 10%.

В связи с увеличением автомобильного парка легковых автомобилей, высокой стоимости шин, а также ремонта автомобилей необходимость балансировки колёс с учетом заводских нормативов требует новых технических решений в области разработки балансировочных станков.

При выпуске автомобиля с завода все колеса (включая и запасное) после монтажа шин подвергаются динамической балансировке на специальных стендах для определения веса и места установки балансировочных грузиков. По техническим условиям заводов-изготовителей шины легкового автомобиля могут иметь статический дисбаланс, равный произведению 0,5-0,7% массы шины на ее радиус.

При эксплуатации возможен дисбаланс колёс по причинам:

- потери балансировочных грузиков;
- сдвига грузиков относительно диска колеса;
- установки массивных манжет и заплат при ремонтах покрышки или камеры;
- неравномерного износа протектора шин;
- деформации диска колеса.

1 Система контроля параметров дисбаланса одноплоскостных тел вращения

1.1 Анализ предметной области

В данном разделе предлагаю рассмотреть некоторые варианты уже существующих станков для балансировки автомобильных колес. Рассмотрим их характеристики и особенности работы.

Станок «ЛС 1-01р» для балансировки колес легкового автомобиля производства ТОО «СТОРМ», г. Санкт-Петербург показан на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Балансировочный станок «ЛС 1-01р»

Машина балансировочная «ЛС1-01Р» является прецизионным автоматическим устройством с микропроцессорным управлением и обработкой информации. Станок обеспечивает измерение статического и динамического дисбаланса колеса в двух плоскостях коррекции за один цикл измерения.

Правильное положение колеса обеспечивается плотным прилеганием установочной поверхности обода к фланцу шпинделя.

Технические характеристики приведены в таблице 1.1.

При включении станка программа измерения дисбаланса настраивается таким образом, что дисбаланс менее 8 г на любой плоскости коррекции не показывается, в этом случае высвечивается «0». Дисбаланс, превышающий 8 грамм, округляется до величины, кратной 5. Т.е. дисбаланс 9, 10, 11 и 12 отображаются цифрой 10. Величину минимального дисбаланса при необходимости можно изменять в пределах от 1 до 20 г.

Таблица 1.1. Технические характеристики «ЛС 1-01р»

Параметр	Ед. изм.	min	max
Точность	Грамм	1	8
Диаметр диска	Дюйм	9	26
Погрешность измерения	%		10
Ширина диска	Дюйм	4	16
Масса колеса	кг.		65
Напряжение питания	В.	380	
Потребляемая мощность	Вт.	400	
Габариты	мм.	1100x590x1200	
Масса станка	кг.	130	

Определение погрешности станка «ЛС 1-01р» при наличии дисбаланса только в одной плоскости коррекции и определение смещения нуля в одной из плоскостей коррекции, вызванное влиянием дисбаланса в другой плоскости, выполняется в следующей последовательности:

- установить и отбалансировать калибровочный обод;

- установить контрольный груз массой 25 г на наружный край калибровочного обода;
- провести измерение дисбаланса по наружному и внутреннему краям обода не менее трех раз. При измерениях считывать неокругленные значения дисбаланса. За значение дисбаланса в каждой из плоскостей принимается среднеарифметическое значение из проведенных измерений;
- аналогичные измерения произвести с контрольными грузами массой 50, 75 и 100 г;
- погрешность ΔM_i при измерении дисбаланса в плоскости, на которой установлен контрольный груз, определяется по формуле:

$$\Delta M_i = M_i - M_k ,$$

где M_i – измеренная величина дисбаланса,

M_k – масса контрольного груза.

Абсолютная погрешность не должна превышать значения

$$(3,0 + 0,1 * M_k) \text{ г.}$$

Смещение нуля определяется в плоскости, на которой в момент измерения груз не установлен. Смещение нуля не должно превышать величины $(3,0 + 0,1 * M_k)$ г.

Определение погрешности станка «ЛС 1-01р» при измерении углового положения массы дисбаланса выполняется в следующей последовательности:

- установить и отбалансировать калибровочный обод;
- установить контрольный груз массой 75 грамм на наружный калибровочного обода;

измерить линейкой 0 – 300 мм. ГОСТ 427 расстояние от центра тяжести контрольного груза до линии отвеса, проходящей через центр вращения шпинделя. Операцию повторить не менее трех раз;

- погрешность балансирующего станка «ЛС 1-01р» при измерении углового положения массы дисбаланса определяется по формуле:

$$\Delta a = 57,3 * l_{cp} / D,$$

где:

а) $\Delta\alpha$ – погрешность измерения углового положения точки дисбаланса в градусах;

б) l_{cp} – среднеарифметическое значение расстояния от центра тяжести контрольного груза до линии отвеса, проходящей через центр вращения шпинделя станка;

б) D – диаметр калибровочного обода в мм.

- аналогичные измерения провести при установке контрольного груза массой 75 грамм на внутренний край калибровочного обода.

Погрешность балансировочного станка при измерении углового положения массы дисбаланса не должна превышать 6° .

По информации итальянской компании SICAM представленные балансировочные стенды обладают высокой надежностью и прецизионной точностью в сочетании с удобством управления и простотой обслуживания, рисунок 1.2.

В конструкцию заложен трехкратный запас несущей способности опорного вала, датчиков дисбаланса, основных узлов станка, а также использование шпинделя с максимальным посадочным размером, что определяет надежность и долговечность стендов. Стенды не чувствительны к ударным нагрузкам вала, возникающим при установке колеса и набивании грузиков.

В отличие от большинства стендов, измеряющих дисбаланс на «выбеге» (с периодически разгоняемым и отключаемым валом), в этих стендах скорость вращения вала неизменна на протяжении всего цикла измерения, что обеспечивает высокую точность и стабильность измерений. Автоматическая система диагностики стенда запускается каждый раз при включении, а простая процедура калибровки делает техническое обслуживание максимально простым.

Балансировка автоматически начинается после ввода параметров колеса, выбора схемы расположения грузов и опускания защитного кожуха.

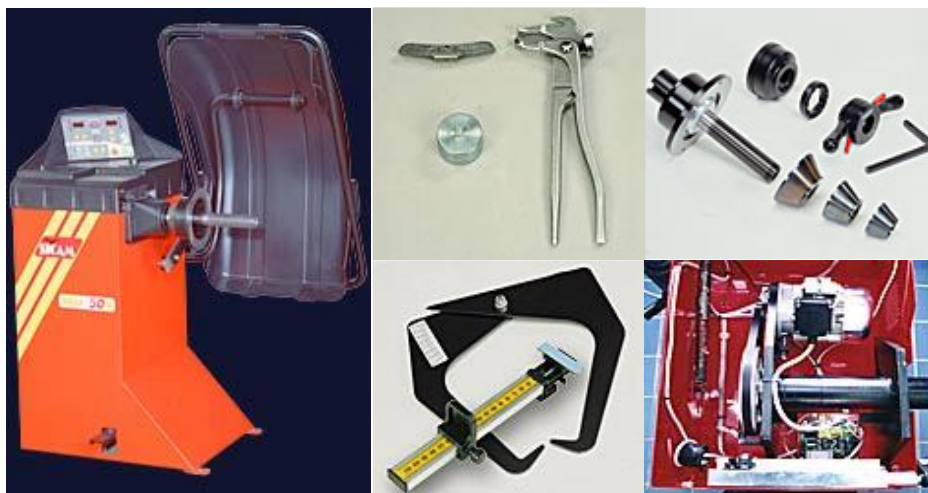


Рисунок 1.2 – Балансировочное оборудование компании SICAM

После завершения измерений электромагнитный тормоз останавливает колесо и на дисплее высвечиваются массы и положения необходимых грузов. Для ускорения процесса балансировки модели SBM 200S и SBM V700, показанные на рисунках 1.4 и 1.5, имеют электронный ввод размеров дисков и тормоз для фиксирования колеса в выбранном положении, что также понижает возможность допуска ошибок и делает балансировку более точной.

Для работы с дисками из легких сплавов используются программы разделения и внутренней установки адгезивных грузиков, позволяющие спрятать их за спицами. Специальный калибр обеспечивает точность задания размеров и установки грузика в наиболее подходящем месте.

Станок SBM 50S – модель «эконом» класса работает с любыми типами грузиков, имеет программы оптимизации и скрывания грузов за спицами алюминиевых дисков, показан на рисунке 1.3.

Модели SBM 100S и SBM 200S – цифровые балансировочные станки с микропроцессорным управлением, с дисплеем на светодиодных индикаторах, который дает ясную визуализацию процесса. Станки снабжены программой

статической балансировки. Они также имеют пять программ оптимизации и скрывания грузиков за спицы для алюминиевых дисков.



Рисунок 1.3 – Балансировочный станок SBM 50S



Рисунок 1.4 – Балансировочные станки SBM 100S и SBM 200S

Модель SBM V700 – электронный балансировочный станок с электроннолучевым монитором. Все операции сопровождаются чертежами и соответствующими инструкциями на мониторе. Доступ к различным рабочим функциям осуществляется посредством кнопок. Функция «Мультиоператор» дает возможность работы со станком нескольким операторам без повторного введения данных.

Станок имеет семь программ балансировки, программу оптимизации для уменьшения дисбаланса шины и диска и программы балансировки колес мотоциклов. Наличие стояночного тормоза облегчает установку грузов.



Рисунок 1.5 – Балансировочный станок SBM V700

Технические данные станка SBM V700 приведены в Таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Технические данные станков компании SICAM

Параметр	Ед. Изм.	SBM 50S	SBM 100S	SBM 200S	SBM V700	SBM 800S	SBM V900
Вес колеса, макс.	кг.	60	70	70	70	200	200
Диаметр колеса, макс.	мм.	800	900	900	900	1200	1200
Ширина диска, макс.	мм.	51-330	25-508	25-508	25-508	25-508	25-508
Диаметр диска, макс.	мм.	206-609	254-609	254-609	254-609	254-673	254-673
Скорость вращения	Об/мин	170	190	190	190	200	200
Напряжение питания	В.	230	230	230	230	230	230
Потребляемая мощность	Вт.	370	370	370	370	1000	1000
Вес	кг.	87	143	172	167	248	280

Балансировочный станок GEODINA 3001 М предназначен для эксплуатации в гаражах и шиномонтажных мастерских со средним объемом обслуживания. На нем производится балансировка колес легковых автомобилей, легких грузовых автомобилей и мотоциклов. Внешний вид станка показан на рисунке 1.6.



Рисунок 1.6 – Балансировочный станок GEODINA 3001 М

Особенности балансировочного станка являются:

- патентованный метод балансировки колес мотоциклов;
 - ввод данных диска и точная расстановка балансировочных грузиков на диске при помощи измерительной системы geodata;
 - установка грузиков в точную позицию осуществляется над отметкой «12 часов» посредством звуковых и визуальных сигналов;
 - в месте установки грузика колесо автоматически тормозится автостоп системой;
 - в процессе автоматического измерения происходит ориентация на левое размещение;
 - с помощью кнопки «Старт» ориентация идет на правое размещение;
- большой жидкокристаллический экран;
- патентованный метод оптимизации плавности хода и минимизации веса;
 - механический зажим для главной оси;
 - шесть методов балансировки, пять из которых для легкосплавных дисков.

1.2 Разработка структурной схемы системы

1.2.1 Определение функционального состава системы

Согласно заданию, необходимо разработать микропроцессорную систему для балансировки тел вращения, работающем в режиме вибрации.

					ПГУ 1.090501.01.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Следуя этому заданию, можно определить, что система должна содержать: микроконтроллер, постоянное запоминающее устройство для хранения программы и оперативное запоминающее устройство, которое будет хранить текущую информацию.

В процессе работы система должна будет измерять массу дисбаланса, поэтому в состав системы, для формирования опорного сигнала целесообразно использовать специальный датчик, формирующий в каждом периоде механического колебания импульсный сигнал. Но датчик должен быть состыкован с системой, поэтому необходимо ввести интерфейс датчика, чтобы результаты работы датчика воспринимались микропроцессором в соответствии с программой. Для усиления информационного сигнала необходимо ввести в состав усилитель. Необходимо в системе предусмотреть режим задания режимов работы, то есть режим, в котором оператор устанавливает, сколько циклов работы будет у системы для выполнения конкретного задания, калибровка станка. Для решения этих задач необходимо в состав системы ввести клавиатуру. Для того чтобы индцировать входную информацию, контролировать процесс работы системы требуется индикация. Для связи с персональным компьютером необходим интерфейс. Так же необходим электродвигатель.

Таким образом, функциональный состав системы определён.

1.2.2 Описание работы системы по структурной схеме

Предлагаемая микропроцессорная систем позволяет измерить массу и угол дисбаланса и обеспечить связь с персональным компьютером .

Для реализации микропроцессорной системы балансировки тел вращения в соответствии с заданием дипломного проекта необходимо реализовать следующие структурные компоненты:

- датчик информационного сигнала;
- усилитель;

- датчик опорного сигнала;
- клавиатура;
- ОЗУ;
- контроллер;
- усилитель мощности;
- электродвигатель;
- интерфейс;
- круговой индикатор;
- индикация.

Система должна функционировать следующим образом. За цикл колебательного движения балансируемого колеса при наличии дисбаланса наблюдается поворот вала, на котором установлено колесо. Это приводит к появлению на выходе датчика величины неуравновешенности гармонического сигнала, амплитуда которого пропорциональна массе дисбаланса, а фаза зависит от места его расположения. Следовательно, для измерения массы дисбаланса и определения массы балансируемого груза достаточно измерить амплитуду информационного гармонического сигнала. Чтобы уменьшить вероятность ошибки в процессе измерения амплитуды достаточно выполнить усреднение результата по нескольким амплитудам или усреднить результат с помощью интегрирующей цепи после двухполупериодного выпрямления. В зависимости от схемного решения измерительного блока значение массы дисбаланса может быть выведено на цифровую индикацию. При измерении массы возникает задача масштабирования результата в процессе настройки станка с учётом типоразмера балансируемого колеса и плоскости установки балансируемого груза. Эта задача может быть решена или с использованием потенциометров, или программным путём.

Поскольку амплитуда полезного сигнала мала для непосредственного его использования и полезный сигнал замаскирован неинформативным шумом, необходимо выделить сигнал на фоне помехи. Решение этой задачи

					ПГУ 1.090501.01.001 ПЗ	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

облегчается тем, что частота полезного сигнала и частота помехи, обусловленной сетевыми наводками, достаточно разнесены.

При определении места дисбаланса необходим опорный сигнал, относительно которого следует определить величину фазовой задержки гармонического полезного сигнала, формируемого датчиком величины неуравновешенности. Далее с помощью полученного результата определяется место установки балансировочного груза на ободу колеса. При этом место установки груза может быть указано или с помощью цифровой индикации, или с помощью совокупности светодиодов, расположенных по периметру колеса. Светящийся светодиод в этом случае указывает место постановки балансировочного груза. Для формирования опорного сигнала целесообразно использовать специальный датчик, формирующий в каждом периоде механического колебания импульсный сигнал. Именно от этого сигнала измеряется временная задержка полезного сигнала t_1 . Временные диаграммы возможного расположения сигналов с опорного датчика и датчика величины неуравновешенности показаны на рисунке 1.7.

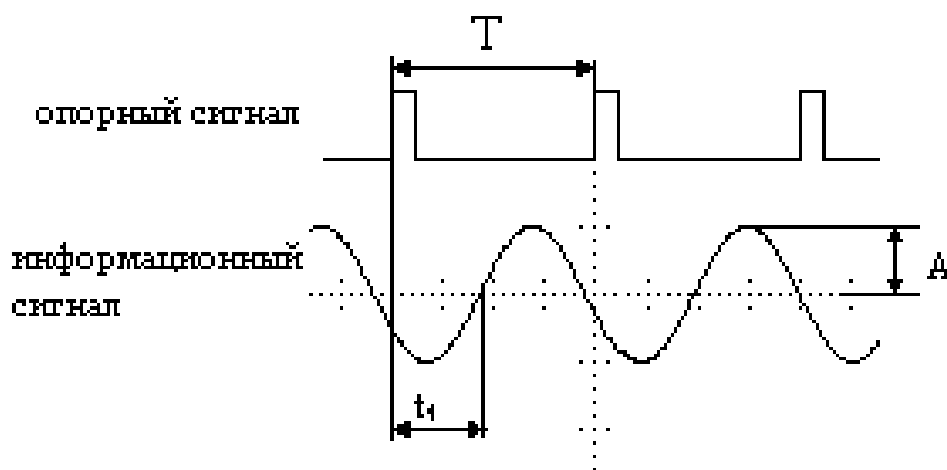


Рисунок 1.7 – Временные диаграммы

При продолжительности периода опорного сигнала T фазовая задержка в градусах определится из выражения: $\varphi = \left(\frac{t_1}{T} \right) \cdot 360^\circ$. В плоскости колеса наносятся угловые метки в предположении начала отсчёта в строго

определённом месте. Решение задачи определения конкретного положения балансировочного груза сводится к расчёту угла с использованием простого выражения: $\alpha = \varphi + \varphi_0$, где φ_0 - угол, подбираемый в процессе настройки станка. Подбор может осуществляться как механическими средствами, так и с использованием возможностей электроники.

В первом случае необходимо предусмотреть возможность изменения положения датчика опорного сигнала или положения совокупности светодиодов кругового индикатора. В процессе настройки оборудования при известном месте постановки балансировочного груза производится механическое изменение положения датчика или светодиодных индикаторов до момента совпадения светящегося светодиода с местом установки груза. При этом автоматически сводится к нулю значение угла φ_0 . Недостатком данного метода является необходимость создания удобной механической системы начальной установки угла, что несколько увеличит стоимость станка при производстве.

Во втором случае неизменным остаётся расположение датчика опорного сигнала и светодиодной индикации, которая может быть дополнительно снабжена шкалой углового положения светящегося светодиода. В процессе настройки в зависимости от аппаратной реализации измерительного блока процедура коррекции положения места установки балансировочного груза может производиться с помощью потенциометра, изменяющего длительность формируемого одновибратором импульса, или программным путём при соответствующей проработке программы.

Сравнивая возможные схемотехнические решения измерительного блока: аналого-цифровое решение с использованием потенциометров подстройки масштабов или схемотехническое решение, предполагающее использование микроконтроллера с программной установкой масштабов, целесообразно остановиться на применении микроконтроллера в составе измерительного блока.

Такое решение имеет ряд преимуществ:

- позволяет упростить задачу подстройки масштабных коэффициентов;
- позволяет упростить задачу управления элементами индикации места и массы балансировочного груза;
- позволяет уменьшить требуемое количество потенциометров подстройки до минимума,
- расширяет функциональные возможности измерительного блока;
- уменьшает совокупный объём аппаратных средств;
- позволяет решить задачу балансировки в двух плоскостях установкой груза в расчётном месте и расчётной массы в плоскости, расположенной между плоскостями балансировки.

При проектировании измерительного блока с использованием микроконтроллера целесообразно по возможности упростить аппаратную часть блока, переложив решение многих задач на программу, прошиваемую в постоянной памяти процессора.

Схема электрическая структурная микроконтроллерного блока приведена на чертеже Э1 и на рисунке 1.8.

В работе измерительного блока предусмотрены два режима: режим настройки масштабных коэффициентов и рабочий режим.

В режиме настройки масштабных коэффициентов производится установка коэффициентов, которые учитываются в рабочем режиме при вычислениях массы и места установки груза для каждого типоразмера балансируемого колеса. Для этой цели на станок устанавливаются поочерёдно тщательно отбалансированные колеса разных типоразмеров, в которые вводятся известные массы неуравновешенности в выбранные на ободе колеса места. Производится измерение. По результатам измерения производится коррекция индицируемой массы и индицируемого места и производится запоминание в энергонезависимой памяти блока коррекции

масштабных коэффициентов устанавливаемых автоматически при выполнении этой процедуры коэффициентов.

Переход в режим настройки производится с помощью кнопки, доступ к которой ограничен. В этом же режиме возможна коррекция величины порога отключения индикации места, что позволяет исключить ложную индикацию места установки при малой массе дисбаланса (например, 10 грамм).

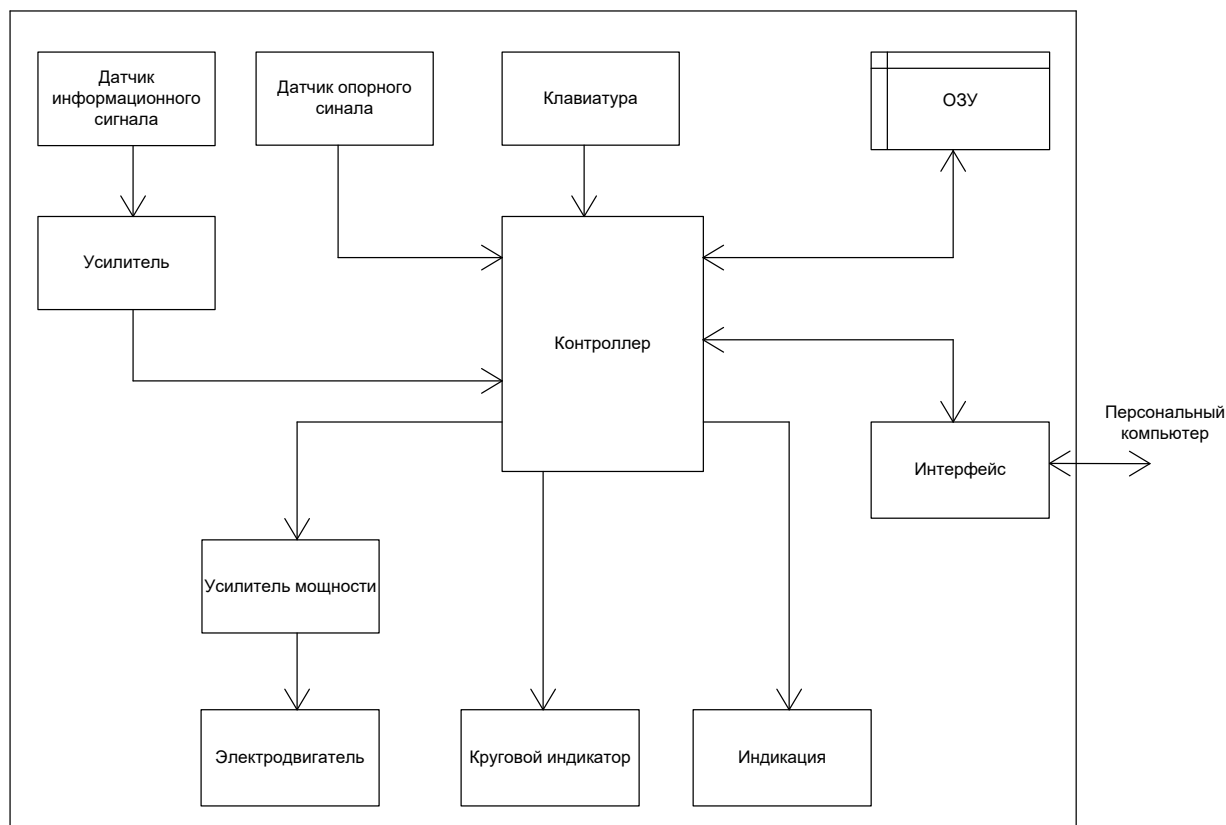


Рисунок 1.8 – Схема электрическая структурная

Выход из режима настройки масштабных коэффициентов производится автоматически по окончании заданного при программировании интервала времени или по окончании установки коэффициентов.

В рабочем режиме скрытая кнопка не используется, включение питания приводит автоматически к рабочему режиму измерительного блока. Включается привод вибрационного движения, что приводит к появлению опорного и информационного сигналов с датчиков. Предварительно усиленный с помощью входного усилителя полезный сигнал поступает на усилитель, который выделяет полезный сигнал на фоне помехи. Применение входного усилителя, во-первых, позволяет согласовать высокое выходное

сопротивление датчика с низкоомным входом фильтра, а во-вторых, позволяет однократной установкой коэффициента усиления подстроить измерительный блок под конкретный датчик величины неуравновешенности.

На вход блока измерения времени поступает опорный сигнал, что позволяет блоку рассчитать фазовую задержку и сформировать управляющие сигналы для индикатора места установки балансировочного груза.

Блок измерения массы осуществляет измерение амплитуды полезного сигнала и, выполнив масштабирование с помощью установленных в режиме настройки масштабных коэффициентов, формирует управляющие сигналы для индикатора массы дисбаланса.

1.2.3 Датчик опорного сигнала

Для определения места расположения дисбаланса необходимо в каждом периоде колебательного движения вала с установленным на нём колесом, сформировать синхронизирующий опорный сигнал. Именно от этого сигнала осуществляется отсчёт фазовой задержки информационного сигнала. Формирование опорного сигнала осуществляется в каждом периоде колебания.

Для формирования опорного сигнала используется специальный датчик, принцип работы которого может базироваться на применении пар «магнит – геркон», «магнит – датчик Холла» или «светодиод – фотодиод». Применение геркона нецелесообразно из-за малого срока службы коммутируемых контактов. Другие два способа формирования опорного сигнала примерно равноценны. Причём, в качестве датчика Холла удобно использовать микросхему со встроенным датчиком Холла, которая на выходе формирует под действием внешнего магнитного поля стандартные логические уровни. Магниточувствительная микросхема закрепляется на станине станка с таким расчётом, чтобы закреплённый на валу магнит в

каждом периоде колебательного движения проходил в непосредственной близости от микросхемы. Это будет вызывать формирование микросхемой в каждом периоде импульсного сигнала, который и будет выступать в качестве опорного.

Применение пары «светодиод – фотодиод» для формирования опорного сигнала также является приемлемым решением, так как высокоомный вход микроконтроллера значительно упрощает стыковку с выходной цепью фотодиода. В процессе выполнения колебательного движения вала специальная заслонка периодически прерывает световой поток, испускаемый светодиодом в сторону фотодиода. Сопротивление обратно смещённого фотодиода резко возрастает, что вызывает формирование на входе микроконтроллера импульса. Формируется сигнал прерывания микроконтроллера, который определяет начало процедуры расчёта места установки балансировочного груза. Принципиальная схема датчика опорного сигнала оказывается исключительно простой и приведена на рисунке 1.9.

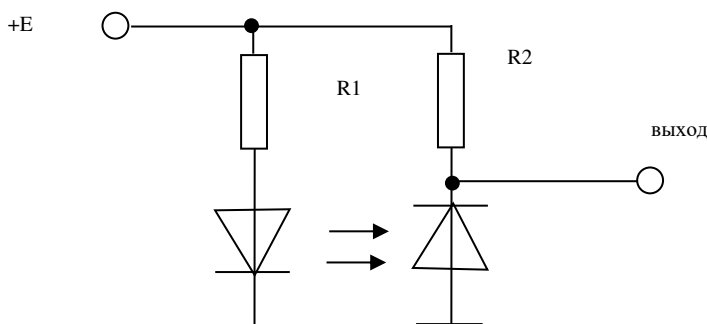


Рисунок 1.9 – Схема включения датчика

Под действием тока резистора R1 светодиод VD1 испускает световой поток, который концентрируется на фотодиоде VD2. Сопротивление резистора R2 выбирается с таким расчётом, чтобы в случае попадания света на фотодиод, то есть когда его сопротивление минимально, выходное напряжение было ниже порога срабатывания микроконтроллера. В этом случае это напряжение воспринимается как уровень логического нуля.

Когда заслонка прерывает световой поток, обратный ток фотодиода падает практически до нуля, что вызывает формирование на выходе напряжения, близкого к уровню напряжения питания Е. Это соответствует уровню логической единицы.

1.2.4. Организация связи с персональным компьютером

Организация связи группы микропроцессорных систем с персональным компьютером представлен на чертеже Э1, и на рисунке 1.10.

Связь с персональным компьютером производится при помощи коммутатора. Kramer VP-14T - Интерфейсное устройство, контроллер коммутатора и масштабатора (RS-232; Tools).

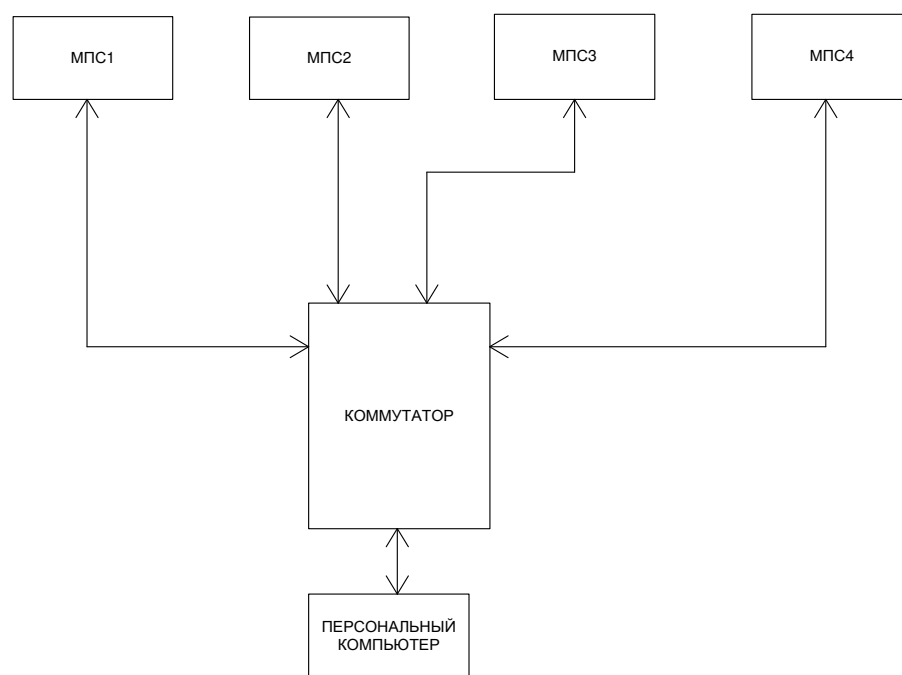


Рисунок 1.10 – Организация связи групп МПС с ПК

1.3 Разработка электрической принципиальной схемы

1.3.1 Выбор микропроцессора и определение стратегии при проектировании

Учитывая тот факт, что система предназначена для сбора, обработки и выдачи информации в виде удобном для человека, можно ставить вопрос о выборе микропроцессора. В простейшем случае, такая система может быть реализована с использованием универсальных микропроцессоров, для которых возникнет необходимость проектирование интерфейсных схем содержащих регистры. При таком подходе устройство ввода/вывода в состав которых будут входить эти регистры, оказывается аппаратно достаточно сложным, но такой подход является классическим и может быть принят на вооружение. При таком подходе необходимо будет определить распределение адресного пространства, как микросхем памяти так и портов ввода вывода информации. С другой стороны вся система может быть использована с использованием микроконтроллеров которые имеют в своём составе таймеры, оперативную и постоянную память и имеют порты ввода/вывода информации. Это позволяет аппаратно реализовать систему более простую, но потребует изучение микроконтроллеров и учета особенностей их использования при работе при организации устройств ввода/вывода. В первом случае рассмотрим возможность реализации микропроцессорной системы с использованием классического универсального микропроцессора. Именно для этого случая, справедливо предложенная выше схема электрическая функциональная. В этом случае, ставится задача с учетом этой схемы построить принципиальную схему системы, выбрав разумным образом универсальный микропроцессор.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

1.3.2 Проектирование МПС с использованием универсального микропроцессора

В ядро микропроцессорной системы можно включить с учетом функциональной системы собственно микропроцессор, таймер, который будет задавать временные интервалы и задавать ритм работы часов, постоянную память, оперативную память. Ядро системы формирует три магистрали всей системы. А именно, магистраль адреса, магистраль данных и магистраль управления. Определим тип микропроцессора который будем использовать. При выборе микропроцессора можно учесть тот факт, что быстродействие в данной системе может быть невысокое, разрядность операндов также невысокое, поэтому целесообразно сделать выбор процессора среди множества однокристальных восьмиразрядных микропроцессоров. Выделим среди возможных вариантов микропроцессоры ATMEGA128, Intel8080, Intel8085, Z80. Сравним эти микропроцессоры между собой. Заметим что, система команд у этих микропроцессоров почти одинаковая, так что программист который привык к системе команд одного из вариантов процессоров может решить задачу программирования для любого из этих трех микропроцессоров. Микропроцессор Intel8080 хорош тем, что имеет отдельные шины адреса и данных, но требует применение системного регистра и связанного с ним системного контроллера. То есть, за счет ограниченного количества выводов процессор требует организацию системного контроллера который формирует все необходимые управляющие сигналы. Можно отметить это как недостаток процессора. С другой стороны, нагрузочная способность по выходам этого процессора исключительно невысокая и составляет величину примерно 2 миллиампера на один выход. Кроме того, процессор требует три напряжения питания $\pm 12\text{В}$ и $+5\text{В}$, что также является не удобным в применении. Далее, процессор имеет всего один вход прерывания что требует при использовании прерывания аппаратной реализации вектора прерывания. Что усложняет аппаратную

					ПГУ 1.090501.01.001 ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

часть системы. Микропроцессор Intel8085 имеет полусовмещенные шины адреса и данных, что требует применение восьмиразрядного регистра адреса для хранения половины адреса при обращении к внешней среде. Зато система прерываний у этого процессора хорошо развита, что позволяет исключить необходимость применения аппаратных средств для организации вектора прерывания. Нагрузочная способность этого процессора значительно выше и также проста схема организации управляющей магистрали. Микропроцессор z80 также имеет преимущество по сравнению с процессором Intel8080, как в нагрузочной способности так и по простоте аппаратных средств которые требуется при его применение. Остановим выбор на микропроцессоре Intel 8085. Поскольку в самом процессоре отсутствует таймер и какая либо память кроме регистров общего назначения, необходимо во внешней среде организовать эти модули для создания ядра системы. Обратим внимание на реализацию таймера. Таймер должен формировать импульсы времени с частотой которая соответствует требуемой дискретности времени. Отсчет времени с точностью до секунд в нашем случае не интересен. Поэтому, нам нужен таймер, который будет выдавать импульсы с периодом в одну минуту. Такой таймер легко реализуется с использованием микросхемы K176IE18, которая представляет микросхему реализованную по МОП технологии и для работы которой требуется применение внешнего кварцевого резонатора с частотой 20^{15} герца. При подключении резонатора к этой микросхеме по определенной схеме на одном из выходов микросхемы формируются импульсы с периодом в одну минуту. Эти импульсы поступают на вход прерывания процессора заставляя процессор обслуживать электронные часы, которые реализуются в процессоре программно и которые задают ритм работы всей системы с учетом внесенной в систему программы. Интерес составляет и организация памяти системы. Поскольку никаких требований к объему памяти не предъявляется, определим объем памяти следующим образом. Постоянная память должна иметь объем соответствующая 8 килобайтам, а оперативная которая требуется только для хранения

					ПГУ 1.090501.01.001 ПЗ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

оперативной информации и для хранения установок при программировании выберем с объемом 2 килобайта. В проекте будет стараться применять микросхемы имеющие минимальную потребляемую мощность. То есть эта микросхемы выполненная по технологии ТТЛШ или КМОП. Для обеспечения стыковки процессора с ТТЛ уровнями на выходах с КМОП элементами достаточно при одинаковом питании +5В использовать на выходах процессора дополнительные подтягивающие резисторы. Которые подключаются к шине питания. Это позволяет увеличить уровень логической единицы на выходах ТТЛ схемы. В этом случае выберем в качестве микросхемы постоянной памяти микросхему КР556РТ16. Она выполнена по технологии ТТЛШ и объём её памяти составляет величину 8 килобайт. Потребляет эта микросхема 1 ватт, время задержки при обращении невелико и составляет 85 наносекунд. Следует заметить, что выбираемая в данном руководстве микросхемы достаточно старые и желательно при проектировании ориентироваться на более свежие микросхемы используя для их поиска справочную литературу или интернет. В данном случае предлагается лишь возможный вариант реализации системы без учета того, что микросхемы выбраны достаточно старые. В качестве микросхем оперативной памяти выберем микросхему КР537РУ8А. Она выполнена по технологии КМОП имеет объем 2 килобайта, задержку 220 наносекунд при обращении и потребляемую мощность 160 милливатт. Адресные входы, входы и выходы данных выбранных микросхем будут подключены к магистралям системы, а поскольку объем памяти невелик и всего 2 микросхемы подключаются к магистрали адреса/данных есть надежда исключить необходимость применение магистральных усилителей для упрочнения магистрали адреса и данных. Правда эта определяется не только данными микросхемами и их входными токами, но и микросхемами которые будут использоваться в устройствах ввода/вывода при организации клавиатуры, индикации.

1.3.3 Распределение адресного пространства памяти

Поскольку совокупный объем памяти системы невелик, можно адресное пространство с объемом 64 килобайта распределить следующим образом: постоянная память - располагается так, чтобы при "0" в старшем разряде магистрали адреса осуществлялось обращение к микросхеме постоянной памяти. Для этой цели требуется применение сигнала Memory Read (MEMR).

При обращении к оперативной памяти необходимо формировать на старшем разряде магистрали адреса "1" и сигналы обращения к оперативной памяти будут использоваться следующие: Memory Read и Memory Write (MEMW).

Лучшим выбором будет ATMEGA128, потому что:

- высокопроизводительные, мало потребляющие AVR 8- битные микроконтроллеры;
- развитая RISC архитектура: 130 исполняемых команд, большинство за один машинный такт 32x8 рабочих регистра общего назначения полностью статический режим работы производительность до 4 MIPS при 4 МГц встроенный 2-х тактовый умножитель;
- энергонезависимая память программ и данных 16К байт внутрисистемносамопрограммируемой FLASH памяти с количеством циклов перепрограммирования до 10 000. Опционно секция с независимыми ключевыми битами, внутрисистемное программирование встроенной, правильное чтение в процессе записи. 512 байт EEPROM с допустимым количеством циклов стирания записи до 100 000. 1К байт внутренней SRAM программируемый ключ защиты программ;
- JTAG (IEEE1149.1 совместимый) интерфейс Сканирование памяти в соответствии с JTAG стандартом, встроенная поддержка отладчика Программирование FLASH, EEPROM, охранных и ключевых бит через JTAG интерфейс;

- периферийные функции 4x25 LCD драйвер 2 8-битных таймера/счётчика с программируемым предделителем и режимом сравнения один 16-битный таймер/счётчик с программируемым предделителем, режимом сравнения и захвата счётчик реального времени с программируемым генератором Master/Slave SPI последовательный интерфейс Универсальный последовательный интерфейс с обнаружением начала посылок Программируемый Watchdog таймер с программируемым генератором Встроенный аналоговый компаратор Прерывания по изменению потенциалов выводов;

- специальные функции Reset по включению питания и выключение при снижении напряжения питания Внутренний калиброванный генератор Внешние и внутренние источники прерывания Пять экономичных режимов: Idle, подавления шумов АЦП, экономичный, выкл. и режим ожидания;

- входы-выходы и корпуса;
- 53 программируемых вывода вход-выход и 1 вход;
- 64 выводной корпус TQFP;
- напряжение питания: 1.8В до 3.6В для Atmega169V 2.7В до 3.6В для Atmega128;

- ультрамалое потребление: В активном режиме 1 МГц, 1.8 В- 300 мкА 32 КГц, 1.8 В- 20 мкА (включая генератор);

- в режиме Выкл. 0.5 мкА, 1.8 В 0.5мкА при 1.8 В.

1.3.4 Проектирование устройств ввода-вывода

С учётом предложенной функциональной схемы можно заметить, что адресный дешифратор, который определяет адрес соответствующего порта ввода или вывода, должен иметь небольшое количество выходов. В предложенном на схеме варианте дешифратор имеет всего 6 выходов. Микропроцессор рассчитан на подключение 256 портов ввода информации и

256 портов вывода информации. У нас же требуется всего 6 портов ввода вывода подключить к магистралям системы. С учётом этого дешифрацию этих портов можно реализовать в упрощенном варианте, даже не используя сложных дешифраторов. Например, можно предположить, что используется простейший дешифратор с тремя адресными входами и восемью выходами, который подключается, например, к старшим разрядам магистрали адреса. Это позволяет с помощью такого дешифратора обращаться к 8 портам ввода-вывода, направление передачи информации будет определяться тем, какой именно сигнал формируется одновременно с адресом при обращении к портам. Если формируется сигнал In/Out Read, то процессор читает по выбранному адресу информацию, а если In/Out Write - то записывает в выбранный адрес.

Таким образом, распределение адресного пространства устройств ввода-вывода (или портов ввода-вывода) определено.

1.3.5 Организация индикации

Общие сведения о семисегментных светодиодных индикаторах.

Кроме одиночных световых индикаторов в микропроцессорных устройствах часто применяют знакосинтезирующие матрицы, которые еще называют цифровыми индикаторами. Простейшим примером цифрового индикатора может служить так называемый семисегментный индикатор. Он широко применяется в самых разных устройствах цифровой техники: от калькулятора, до электронных часов. Семисегментный индикатор представляет собой матрицу из семи светодиодов продолговатой формы, размещенных таким образом, чтобы, зажигая их в разных сочетаниях, можно было бы отобразить любую десятичную цифру (имеются в виду арабские цифры от 0 до 9). Кроме семи основных сегментов индикатор чаще всего дополняют восьмым маленьким сегментом, который предназначен для отображения десятичной точки (запятой). Расположив в ряд несколько таких

индикаторов, можно отображать любое десятичное число с плавающей запятой.

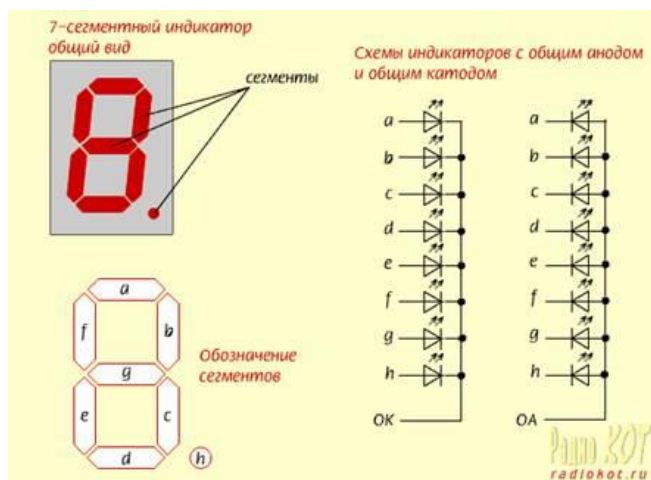


Рисунок 1.11 – Устройство 7-сегментного светодиодного индикатора

Каждый светодиод в индикаторе имеет свой буквенный идентификатор (а, б, в, г, д, е, ж, з), и одна из ножек светодиода подключена к соответствующему внешнему выводу. Вторые ножки всех светодиодов соединены вместе и подключены к общему выводу. Этот общий вывод определяет тип индикатора: с общим катодом или с общим анодом.

Подключение индикатора к МК осуществляется весьма просто: обычно индикатор подключают как семь или восемь (если используется десятичная точка) независимых светодиодов.

По внутренней схеме включения семисегментные индикаторы подразделяются на индикаторы с общим анодом и индикаторы с общим катодом. Схемы обоих видов индикаторов приведены на рис.1.11. В первом случае на общий провод подается плюс источника питания, а во втором минус.

Так же, как и для отдельных светодиодов, существует широкая гамма различных модификаций семисегментных индикаторов. Они отличаются друг от друга размерами, цветом свечения, яркостью, расположением выводов. Существуют двухцветные семисегментные индикаторы, многоразрядные матрицы и так далее. Применение простейших цифровых

светодиодных индикаторов самый недорогой способ заставить ваше микропроцессорное устройство отображать цифры.

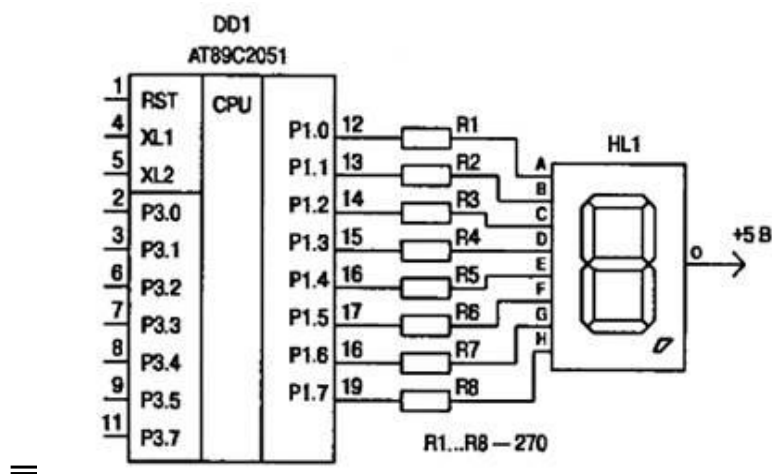


Рисунок 1.12 – Пример подключения 7-сегментного индикатора

Типичный способ подключения нескольких индикаторов состоит в том, чтобы включить их параллельно и затем управлять протеканием тока через общие выводы отдельных индикаторов. Так как величина этого тока обычно превышает допустимое значение выходного тока МК, то для управления током включаются дополнительные транзисторы, которые выбирают, какой из индикаторов будет находиться в активном состоянии.

Работа цифрового индикатора в режиме динамической индикации очень напоминает смену кадров в фильме. В момент времени работает только один разряд. И каждый разряд показывает свою цифру. Разряды включаются по очереди, начиная с первого и заканчивая последним. Затем все начинается сначала. Такой способ работы индикатора имеет только одно преимущество: он позволяет экономить выводы микропроцессора и количество управляющих элементов (ключей).

В схеме, изображенной на рис. 1.13 микроконтроллер выдает данные для индикации, последовательно переходя от одного индикатора к другому. Каждая цифра будет высвечиваться в течение очень короткого интервала

времени. Это обычно выполняется с помощью подпрограммы обслуживания прерываний таймера.

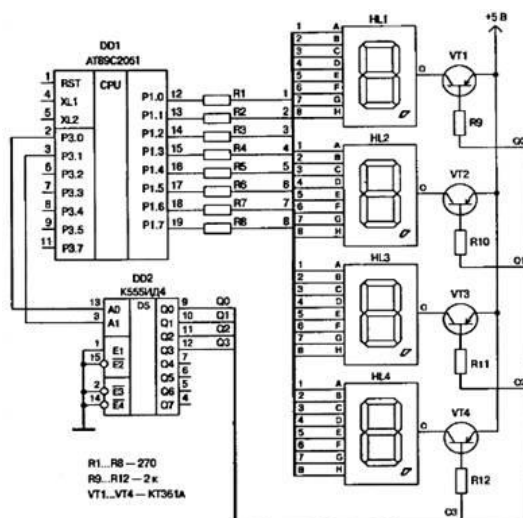


Рисунок 1.13 – Пример подключения к микроконтроллеру четырех 7-сегментных индикаторов

Чтобы избежать мерцания изображения, подпрограмма должна выполняться со скоростью, обеспечивающий включение индикатора, по крайней мере, 50 раз в секунду. Чем больше цифр, тем чаще должны следовать прерывания от таймера. Например, при использовании восьми ССИ цифры должны выводиться со скоростью 400 раз в секунду.

1.4 Описание схемы электрической принципиальной

В состав микропроцессорного блока входят клавиатура, цифровая индикация массы балансировочного груза, светодиодная индикация места установки балансировочного груза, микроконтроллер для обработки информации и управления всеми компонентами блока, стабилизатор напряжения, интерфейс для связи с персональным компьютером, оперативная память. Рассмотрим наиболее важные составные части микропроцессорного блока.

1.4.1 Микропроцессорный блок

Схема электрическая принципиальная блока микроконтроллера приведена на чертеже ЭЗ и на рисунке 1.14.

Микросхема стабилизаторов напряжения DA1 обеспечивают требуемые напряжения питания всей схемы. Микросхема DA1 формирует напряжение 5В, которое используется микроконтроллером и индикацией, а микросхемы. С помощью разъёма XS2 из внешней среды поступает переменное напряжение питания с действующим значением напряжения 12,6В.

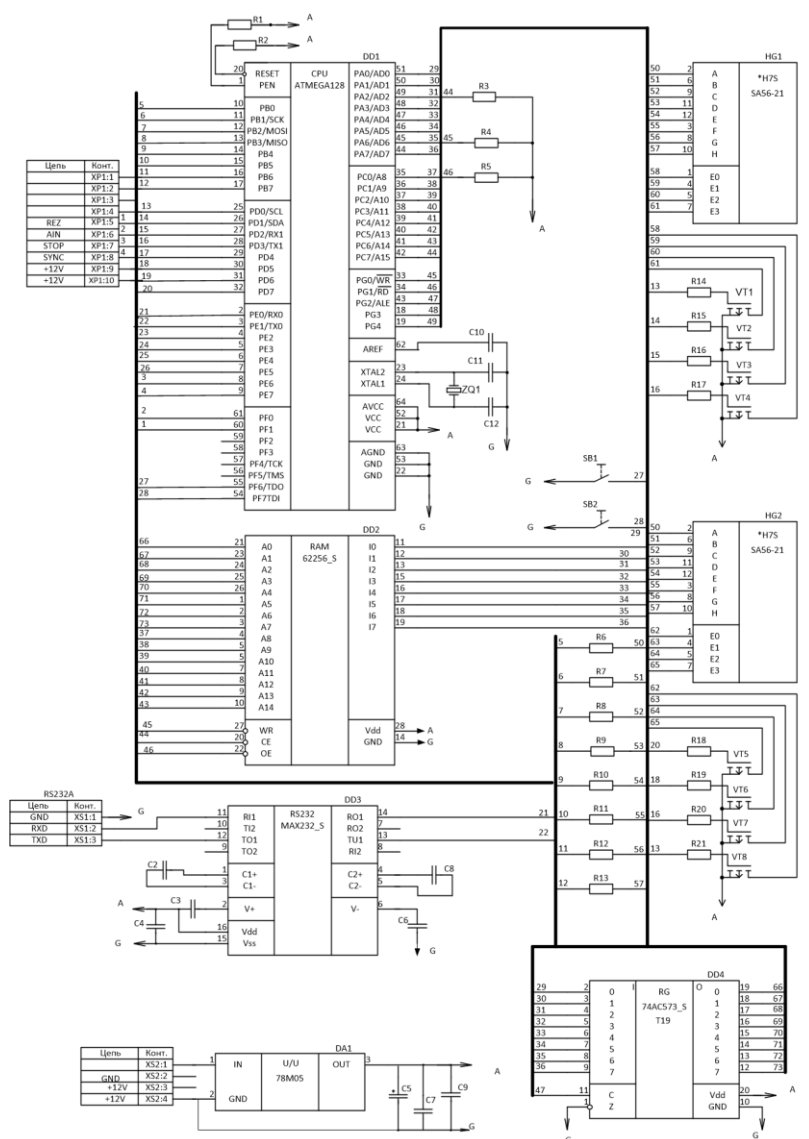


Рисунок 1.14 – Микропроцессорный блок. Схема принципиальная

Микроконтроллерный блок реализован на базе микроконтроллера типа ATMEGA128 (микросхема DD1), Низкочастотный кварцевый генератор Для использования часового кварцевого резонатора 32.768 кГц в качестве источника синхронизации необходимо выбрать низкочастотный кварцевый генератор путем установки конфигурационных бит CKSEL равными “1001”. Подключение кварцевого резонатора показано на рисунке 19. Путем программирования конфигурационного бита пользователь может разрешить подключение встроенных конденсаторов к выводам XTAL1 и XTAL2, тем самым исключая необходимость применения внешних конденсаторов. Внутренние конденсаторы имеют номинал 36 пФ. После выбора данного генератора, длительности задержек при старте определяются конфигурационными битами SUT как показано в таблице 1.3.

Таблица 1.3. Длительности задержек при старте для низкочастотного кварцевого резонатора

SUT1..0	Длительность задержки при выходе из режима выключения и экономичного режима	Дополнительная задержка после сброса (VCC= 5.0В)	Рекомендуемая область применения
00	1K СК(1)	4.1 мс	Быстро нарастающее питание или включен детектор питания BOD
01	1K СК(1)	65 мс	Медленно нарастающее питание
10	32K СК	65 мс	Стабильная частота при старте
11	Зарезервировано		

Для работы с внешними устройствами микроконтроллер имеет восьмиразрядные порты RB, RC и шестиразрядный порт RA. Способности портов работать как на приём информации, так и на вывод с возможностью перевода выходной цепи в высокоомное состояние позволяет использовать одни и те же выводы микроконтроллера для решения с разделением времени

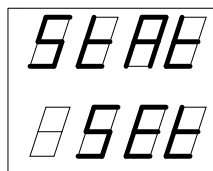
разных задач. Все разряды порта RC[7/0] используются для управления анодными цепями светодиодной индикации места установки балансировочного груза, старшие семь разрядов порта RB[7/1] и разряд RA2 используются для управления катодными цепями шестидесяти четырёх светодиодов, организованных в матрицу. Принятое количество светодиодов обеспечивает погрешность в определении места установки балансировочного груза не хуже $\pm 3^\circ$. В то же время выводы RB7-RB4 используются одновременно для обслуживания клавиатуры и для выдачи цифровой информации на символьный индикатор HL1.

Матрица светодиодов, используемая для светового указания места установки балансировочного груза, в состав микроконтроллерного блока не входит и подключается с помощью разъёмов XS3 (катоды светодиодов) и XS4 (аноды светодиодов).

Для выбора режима работы, используется клавиатура, содержащая две клавиши: SB1, SB2, которые на лицевой панели измерительного блока помечены символами «start» и «select» соответственно. Кнопка «select» располагается таким образом, чтобы исключить случайное нажатие на неё. Именно эта кнопка определяет режим работы измерительного блока. Возможны два режима работы: режим калибровка и рабочий режим. При включении питания измерительный блок оказывается в рабочем режиме. Нажатие на кнопку «select» переводит блок в режим калибровки.

Питание включается при удерживании одновременно кнопок «start» и «select». При включении питания микроконтроллерный блок оказывается в рабочем режиме и производит измерение величины дисбаланса с выводом массы балансировочного груза на индикацию, с высвечиванием места установки груза с помощью светодиода, если масса дисбаланса превышает заданный при настройке порог.

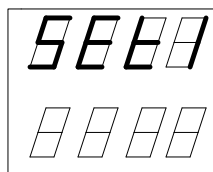
Нажатие на кнопку «select» переводит станок в режим калибровки. Символом этого пункта является комбинация:



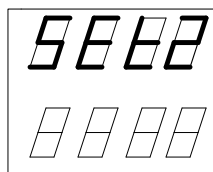
Процедура калибровки содержит три пункта:

- измерение дисбаланса демпфера в исходном положении;
- измерение дисбаланса после поворота демпфера на 180°;
- определение масштаба и положения нуля путём установки груза известной массы (например, гири с весом в 10 граммов) на радиусе уравнивания в точке, угловое положение которой определено как ноль градусов.

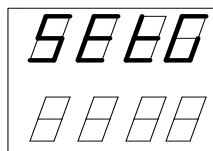
Выбрав этот пункт длительным нажатием на правую клавишу, можно начать процедуру калибровки. Символом начала калибровки будет комбинация:



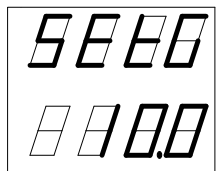
При появлении этой комбинации необходимо нажать на кнопку «start», запустив процедуру измерения. Станок выполнит измерение и перейдёт ко второму пункту, символом которого будет комбинация:



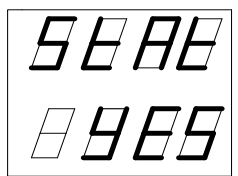
Необходимо повернуть демпфер на 180 градусов, зафиксировав его и повторить измерение нажатием на кнопку «start». После измерения станок выдаст на индикацию приглашение установить образцовый груз на плоскости приведения в месте, положение которого определяется как нулевой угол. Вид приглашения показан:



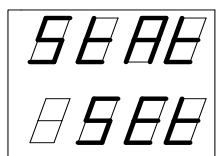
При появлении этой комбинации необходимо установить образцовую массу, например, в 10 граммов, на радиус приведения в место, которое соответствует нулю градусов и нажать на кнопку «start», запустив процедуру измерения. Станок выполнит измерение и выдаст на индикацию возможную массу калибровки, например, 10 граммов. Индикация выглядит в этом случае следующим образом:



Разряд десятых долей грамма мигает, указывая на возможность коррекции. Если младший разряд требует коррекции, то длительным нажатием на левую или правую клавишу можно корректировать значение этого разряда. Если требуется коррекция других разрядов, то кратковременным нажатием на левую клавишу можно переместиться к старшим разрядам для возможной коррекции. Кратковременными нажатиями на правую клавишу можно выйти из этого пункта после коррекции числа с учётом выбранной массы для коррекции масштаба. Если же выбранная масса равна 10,0 граммам, то коррекция числа не требуется и кратковременным нажатием на правую клавишу можно выйти из данного пункта меню. Выход из этого пункта сопровождается кратковременной выдачей символа успешного завершения калибровки:



После этого выдаётся название пункта меню:



Кратковременными нажатиями на клавиши можно или выбрать другой пункт меню, или выйти из меню в рабочий режим, пройдя при этом все пункты меню при многократном кратковременном нажатии на правую клавишу «select».

После нажатия клавиши «start» запускается процедура измерения. После окончания процедуру выводится на индикацию значение массы дисбаланса.

При удерживании одновременно кнопок «start» и «select» выключается питание.

1.4.2 Индикация

Статическая индикация и динамическая индикация.

Суть статической индикации заключается в постоянном подсвечивании индикатора от одного источника. То есть мы просто должны подключить индикатор к портам микроконтроллера, настроить эти порты на выход и записать в эти порты данные так, чтобы на индикаторах высветилось что-то вразумительное, и соответственно менять значения в портах при необходимости. Теперь подсчитаем, сколько необходимо выводов микроконтроллера для вывода восьмизначного числа 8 (порядок числа) * 8 (количество выводов для одного разряда) = 64. Чтобы уменьшить количество необходимых выводов, применяется динамическая индикация.

Сущность динамической индикации заключается в поочередном включении индикаторов через общую цепь преобразования кода. Подключение индикаторов необходимо производить с частотой $f=120...140$ Гц, такой частоты достаточно, чтобы не замечать мерцания индикаторов.

Преимущество данного способа ощутимо при числе разрядов больше 4...6. Схема с динамической индикацией потребляет меньший ток, имеет меньшие габариты и меньшую стоимость, требует меньшего количества выводов микроконтроллера.

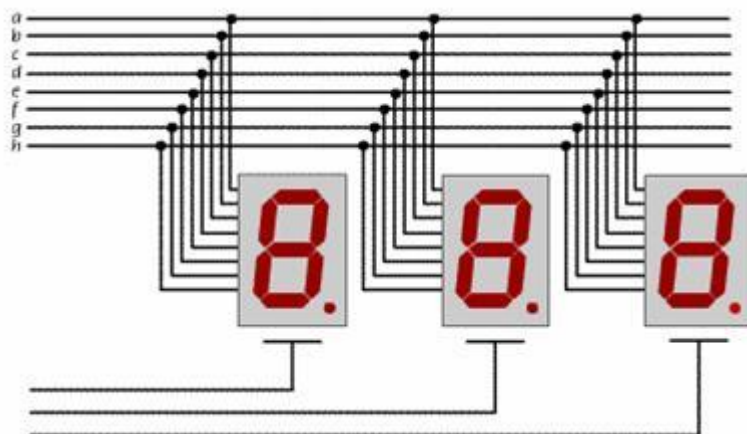


Рисунок 1.15 – Принцип работы динамической индикации на следующем
схеме

Здесь три индикатора, принципиально, что все они подключены к одной шине данных, то есть сегменты, которые мы подсвечиваем, для любого индикатора задаются одними и теми же выводами микроконтроллера. А текущий индикатор, для которого мы выводим нужную информацию, задаётся адресным входом, и в любой момент времени может быть подключен либо один индикатор, либо не подключено ни одного.

Рассмотрим работу данной схемы.

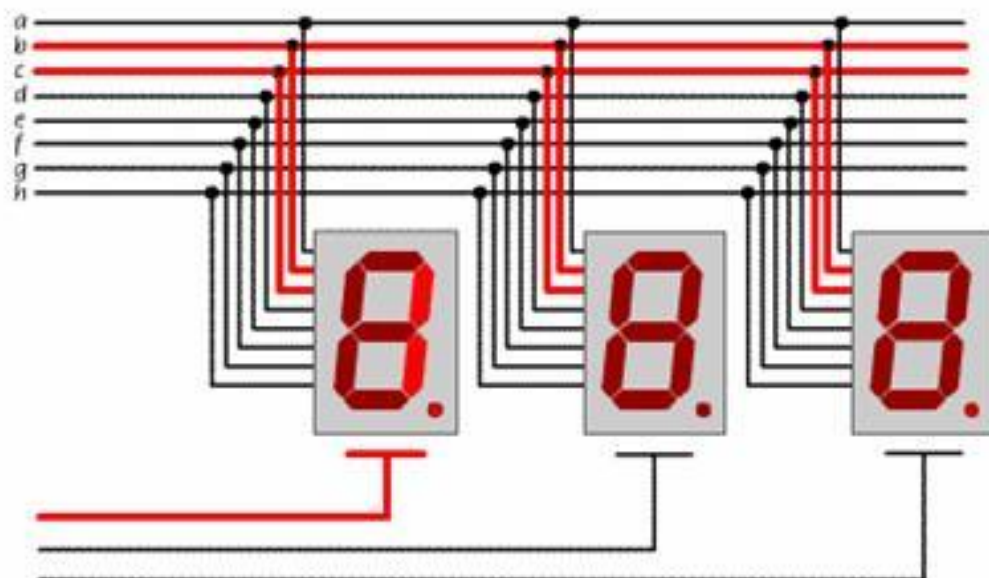


Рисунок 1.16 – Шаг 1. Текущим является первый индикатор, на него мы
выводим единицу

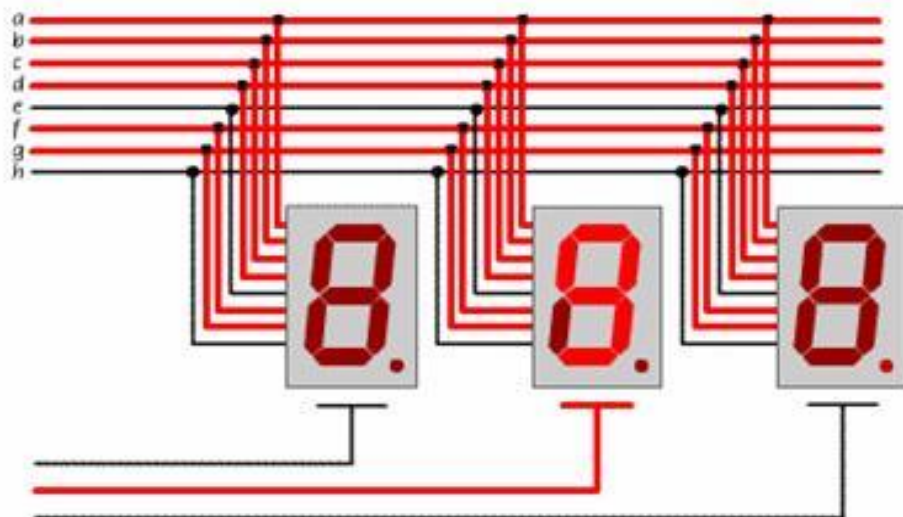


Рисунок 1.17 – Шаг 2. Текущим является второй индикатор, на него мы выводим девятку

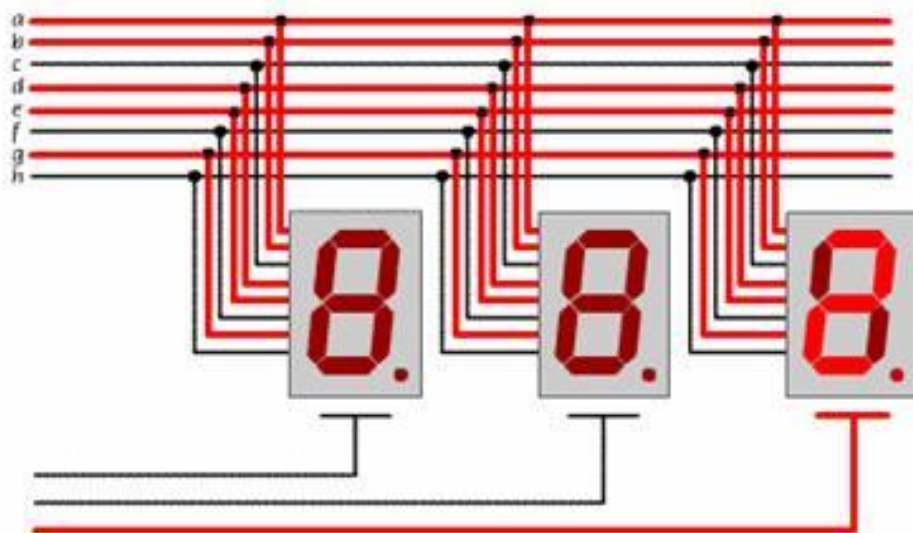


Рисунок 1.18 – Шаг 3. Текущим является третий индикатор, на него мы выводим 2

За счёт того, что длительность каждого шага мала, мы видим не по очереди выводимые на разные индикаторы цифры 1, 9, 2, а число 192. Естественно, что при этом яркость индикаторов может несколько снизиться, особенно, если между индикациями мы проводим какие-либо длительные по времени действия.

Работа индикации представлена временными диаграммами и на рисунке 1.19

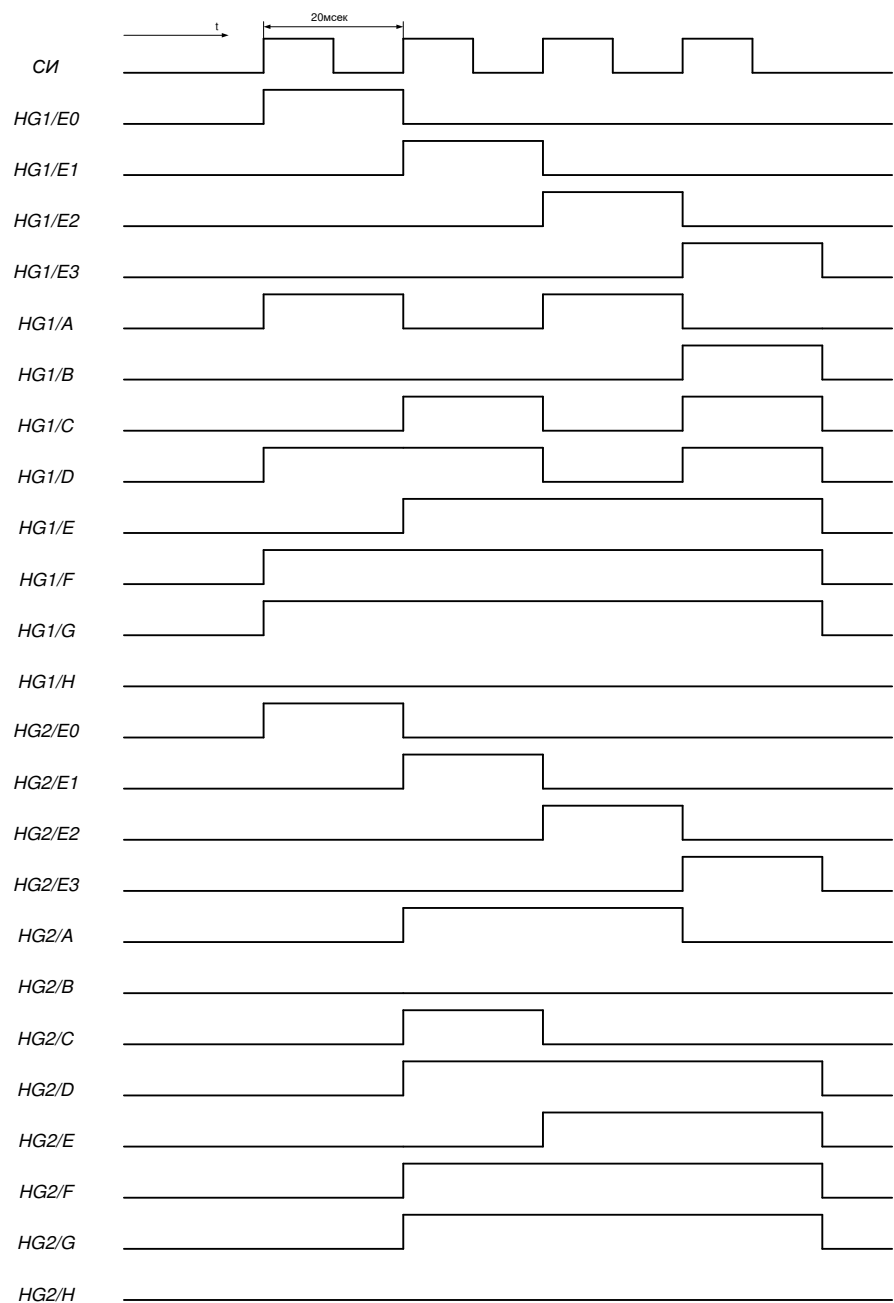


Рисунок 1.19 – Временные диаграммы работы индикации

1.5 Описание алгоритма работы микроконтроллерного блока

Алгоритм работы микропроцессорного блока представлен на рисунке 1.20аб.

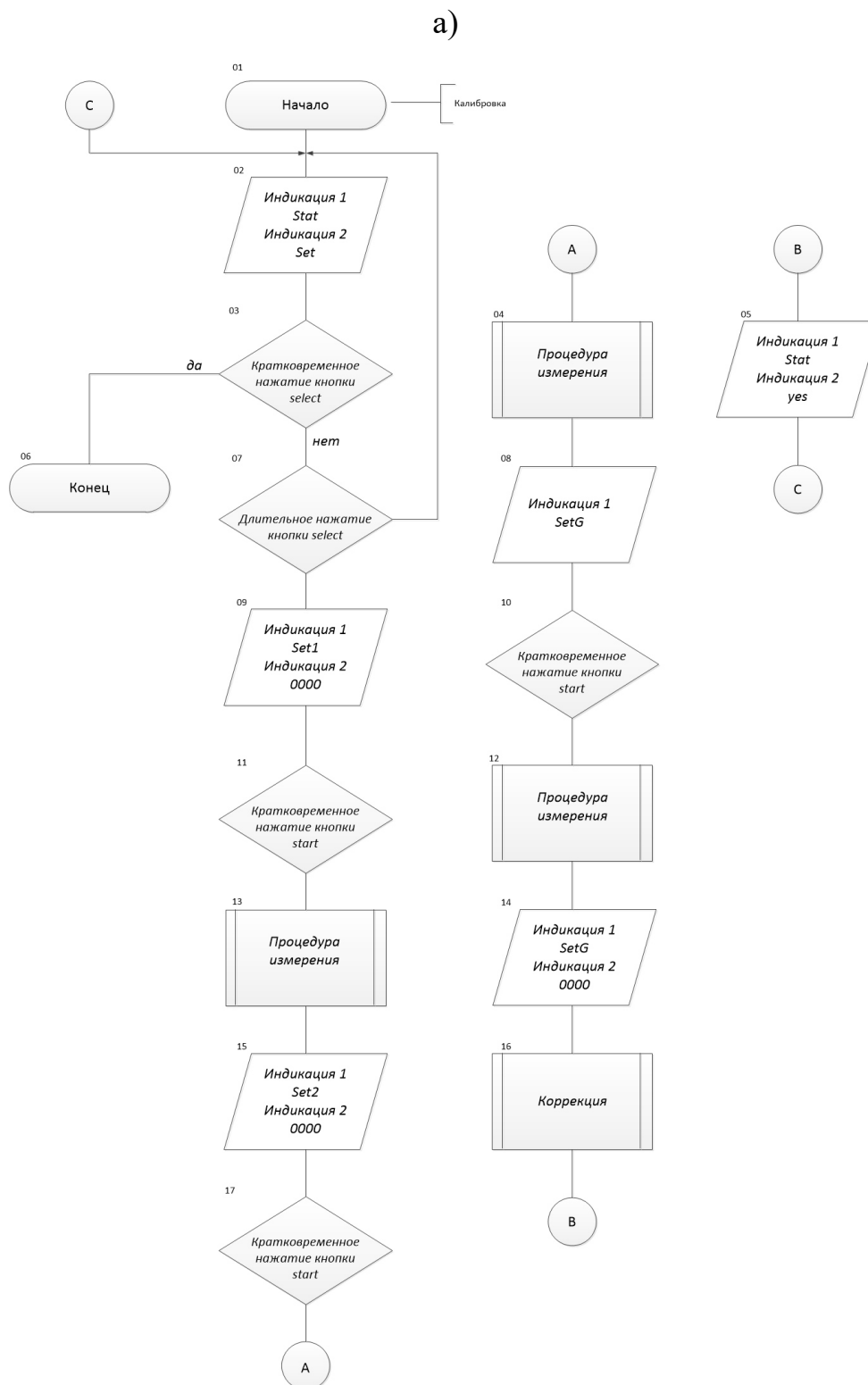


Рисунок 1.20а – Алгоритм работы микропроцессорного блока

б)

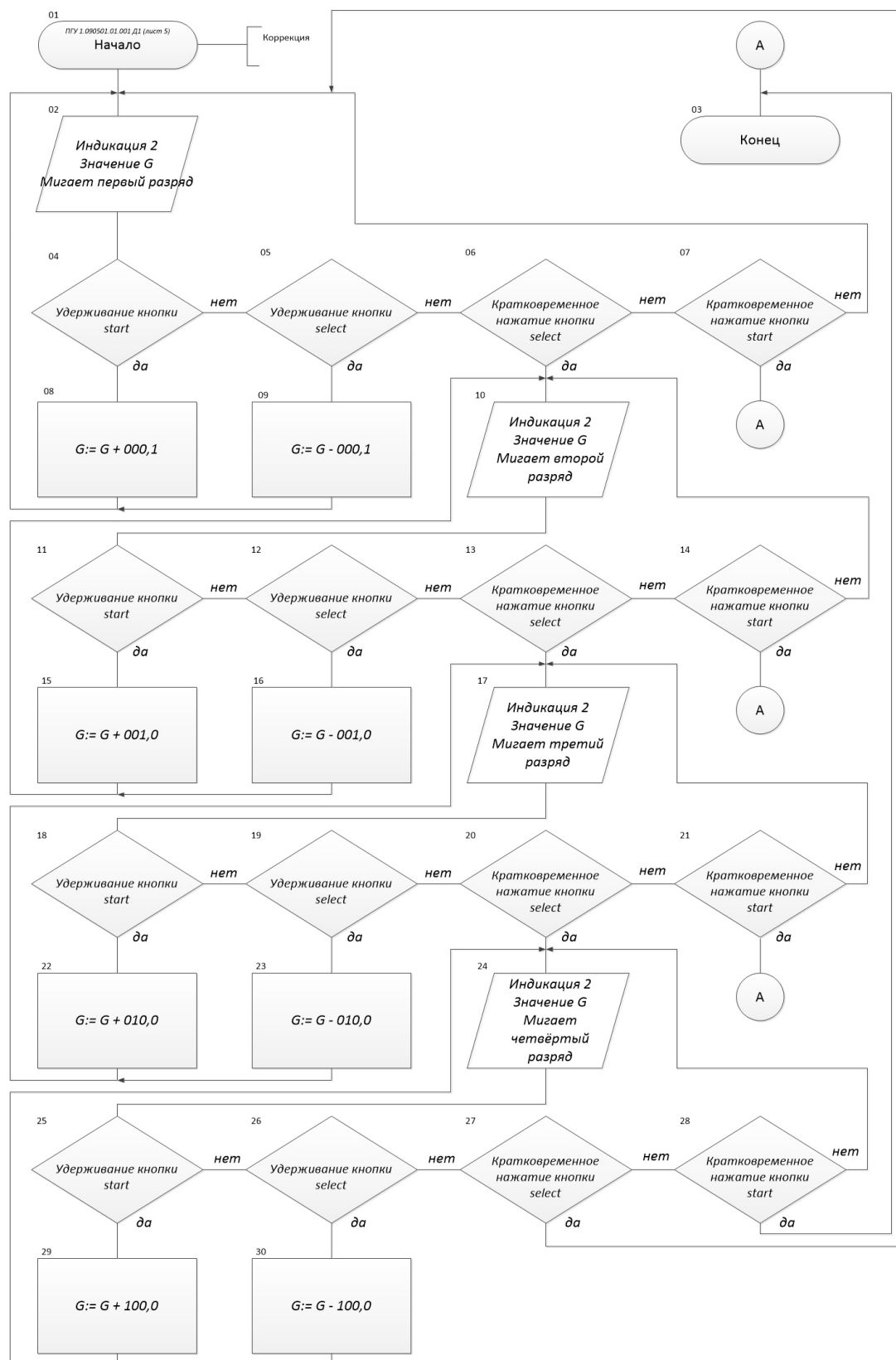


Рисунок 1.20б – Алгоритм работы микропроцессорного блока

Требуется измерить два параметра входного сигнала: амплитуду сигнала и сдвиг фазы между сигналом с датчика величины неуравновешенности и опорным сигналом. Для этого аналоговый сигнал требуется оцифровать, выделить из него постоянную составляющую для определения пересечения через ноль, и подсчитать сумму модуля сигнала в течение нескольких периодов для вычисления массы балансировочного груза. Одновременно с оцифровкой требуется при переходе через ноль определить сдвиг относительно опорного сигнала.

Определяя частоту дискретизации, необходимо учесть требуемое количество квантов времени в периоде. При 64 светодиодах требуется минимум 128 измерений за период. Это дает минимальную частоту оцифровки в 1600 Гц при предположении рабочей частоты в 12.5Гц.

Выберем частоту дискретизации в 4000Гц, что легко организуется с помощью 8-ми разрядного таймера и делителя на 4. При такой частоте одно прерывание от таймера будет происходить через каждые 1024 команды контроллера, что требует применения флагов синхронизации между процедурой обработки прерывания и процедурами расчёта и организации интерфейса с пользователем.

Сигнал синхронизации подается на вход прерывания по спадающему либо нарастающему фронту (в зависимости от полярности сигнала). Так как сигнал может быть искажен помехой, после первой реакции на прерывание этот вектор прерывания отключается на некоторое время, необходимое для возвращения сигнала в предыдущее состояние.

В алгоритме работы контроллера можно выделить три процедуры: подпрограмма прерывания по таймеру, подпрограмма прерывания по опорному сигналу и основная программа обработки результатов измерений и управления индикацией.

1.5.1 Процедура измерения

Процедура измерения проводится в несколько последовательных действий, представленных ниже:

- опрос клавиатуры на нажатие кнопки start;
- если нажата кнопка start, то запускается электродвигатель.
- после этого ждём опорного сигнала;
- если поступил опорный сигнал, сравниваем длину текущего такта T с константой T_0 , где $T_0 = 1/f_0 = 0,1$ сек;
- если длина установилась равная константе, то обнуляем временную переменную J , с помощью которой создаём цикл для сбора информации, сравнения и нахождения средней арифметической величины массы дисбаланса;
- запускаем первый таймер TMR1;
- в этого места начинается цикл. Сравниваем значение TMR1 со значением переменной J ;
- если значения совпадают, то производим сбор и запись информации J -того такта;
- сравниваем J со значением 31, если не равны, то к J прибавляем 1. Цикл продолжается пока J не станет = 31. переход к пункту 7;
- если $J = 31$, то выключаем электродвигатель;
- выключаем АЦП, выключаем таймер TMR1;
- обработка собранной информации.

1.5.2 Действие в одном такте

Действие в одном такте представляется в виде некоторых простых действий в которых:

- обнуляем временную переменную I, с помощью которой создаём цикл для сбора информации, сравнения, нахождения средней арифметической величины массы и угла дисбаланса;
- в этом месте начинается цикл. запускаем TMR2;
- сравниваем значение TMR2 с значением переменной I;
- если значение TMR2 равно значения I, то происходит прерывание от АЦП;
- чтение АЦП;
- запись значения АЦП в регистр общего назначения RG1;
- ищем max, min и угол дисбаланса;
- сравниваем I со значением 127, если не равны, то к I прибавляем 1, цикл продолжается пока I не станет = 127. Переход к пункту 2;
- выключение таймера TMR2;
- записываем в регистр переменную min[J], где J номер такта;
- записываем в регистр переменную max[J], где J номер такта;
- записываем в регистр переменную ф[J], где J номер такта.

1.5.3 Поиск минимума, максимума и ф

Поиск минимума, максимума и ф, производится по следующему алгоритму:

- сравниваем значение переменной I с 0;
- если $I = 0$, то переменную min[J], записываем в регистр общего назначения RG[I], где I номер ячейки регистра;
- сравниваем текущее значение регистра с предыдущим;
- если текущее значение меньше предыдущего, то присваиваем это значение переменной min[J], где J номер такта;
- если текущее значение больше предыдущего, то присваиваем это значение переменной max[J], где J номер такта;

- если текущее значение больше предыдущего и равно 01111111 в двоичной системе счисления, то присваиваем I значение переменной угла дисбаланса;

1.5.4 Работа с собранной информацией

Работа с собранной информацией осуществляется:

- $G := \frac{\sum_{n=0}^{32} |\max - \min|}{32}$ ищем усредненное значение массы дисбаланса;
- $\varphi_{cp} := \frac{\sum_{m=0}^{31} \varphi}{32}$ ищем усреднённое значение угла дисбаланса;
- $G := G * M_1$, где M_1 – масштабный коэффициент;
- преобразование G из двоичной в десятичную систему счисления;
- выдача на индикацию значение массы;
- $\varphi = \varphi_{cp} + \varphi_0$ где φ_0 – подбирается в процессе калибровки;
- преобразование φ из двоичной системы счисления в десятичную;
- вывод φ на индикацию.

1.5.5 Калибровка

Рассмотрим процесс калибровки системы:

- на индикацию 1 выводится STAT, на индикацию 2 выводится информация SET;
- если есть кратковременно нажатие «select», выход из меню калибровки;
- если есть длительное нажатие «select», то на индикацию 1 выводится SET1, на индикацию 2 выводится информация 0000;
- если кратковременное нажатие «start», переходим на «процедуру измерения»;

- после окончания «процедуру измерения» на индикацию 1 выводится SET2, на индикацию 2 выводится информация 0000;
- если кратковременное нажатие «start», переходим на «процедуру измерения»;
- после окончания «процедуру измерения» на индикацию 1 выводится SET, на индикацию 2 ничего не выводится;
- если кратковременное нажатие «start», переходим на «процедуру измерения»;
- после окончания «процедуру измерения» на индикацию 1 выводится SETG, на индикацию 2 выводится информация 0000;
- коррекция;
- после окончания «процедуру измерения» на индикацию 1 выводится STAT, на индикацию 2 выводится информация YES.

1.5.6 Коррекция

Коррекция системы производится следующими действиями:

- на индикацию 2 выводится информация значение переменной G мигает первый разряд;
- проверка на нажатие кнопок;
- долговременно нажата «start», то $G:=G+000,1$. Переход на 2 пункт;
- долговременно нажата «selest», то $G:=G-000,1$. Переход на 2 пункт;
- кратковременно нажата «start», конец;
- кратковременно нажата «select», на индикацию 2 выводится информация значение переменной G мигает второй разряд;
- проверка на нажатие кнопок;
- долговременно нажата «start», то $G:=G+001,0$. Переход на 7 пункт;

- долговременно нажата «selest», то $G:=G-001,0$. Переход на 7 пункт;
- кратковременно нажата «start», конец;
- кратковременно нажата «select», на индикацию 2 выводится информация значение переменной G мигает третий разряд;
- проверка на нажатие кнопок;
- долговременно нажата «start», то $G:=G+010,0$. Переход на 12 пункт;
- долговременно нажата «selest», то $G:=G-010,0$. Переход на 12 пункт;
- кратковременно нажата «start», конец;
- кратковременно нажата «select», на индикацию 2 выводится информация значение переменной G мигает четвёртый разряд;
- проверка на нажатие кнопок;
- долговременно нажата «start», то $G:=G+100,0$. Переход на 17 пункт;
- долговременно нажата «selest», то $G:=G-100,0$. Переход на 17 пункт;
- кратковременно нажата «start», конец;
- кратковременно нажата «select», переход на пункт 1.

2 Технология изготовления печатных плат

Для производства устройства используется новая печатная плата, на которой будут установлены микросхемы, микропроцессор, светодиодные индикаторы. Поэтому рассмотрим некоторые вопросы, связанные с изготовлением печатных плат. Для устройства будут изготовлены две односторонних печатных платы.

2.1 Методы изготовления печатных плат

На сегодняшний используют следующие способы изготовления печатных плат: аддитивные, субтрактивные и полуаддитивные.

Субтрактивный способ (subtraction – отнимать) – процесс получения проводящего рисунка, заключается в избирательном удалении участков проводящей фольги путем травления.

Аддитивный способ (additio – прибавлять) – процесс в избирательном осаждении проводящего материала на нефольгированный материал основания.

Полуаддитивный способ – процесс предусматривает предварительное нанесение тонкого (вспомогательного) проводящего покрытия, в последствии удаляемого с пробельных мест.

Конструирование печатных плат производят с учетом следующих методов изготовления: комбинированного позитивного для ДПП (двусторонние печатные платы), химического для ОПП (односторонние печатные платы), ГПП, ГПП (гибкие печатные платы), электрохимического (полуаддитивного) для ДПП; металлизации сквозных отверстий для МПП (многослойные печатные платы). Все рекомендуемые методы (кроме полуаддитивного) являются субтрактивными.

2.2 Описание технологического процесса изготовления печатных плат химическим методом

Химический метод или метод травления фольгированного диэлектрика. Он заключается в том, что на медную фольгу, приклеенную к диэлектрику, наносят позитивный рисунок структуры схемы ПП. Последующим травлением устраняется металл с незащищенных участков и на диэлектрическом основании образуется требуемая структура элементов (печатные проводники, шины "земли", контактные площадки, "питания" и др. элементы) ПП, соответствующая электрической принципиальной схеме. Наиболее популярными вариантами этого метода считается фотохимический и сеточно-химический, которые различаются методом нанесения защитного слоя (трафаретная печать или фотопечать). Схема типового технологического процесса показана на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Схема типового технологического процесса изготовления ПП химическим методом

Подготовку фольги выполняют вращающимися латунными или капроновыми щетками. На поверхность фольги наносят смесь маршалита и венской извести. После зачистки желательно получение поверхности фольги в пределах 2,5...1,25 мкм, что осуществляет хорошую адгезию фоторезиста и простое удаление его при проявлении.

Независимо от механической очистки во всех случаях проводят химическую зачистку фольги и нефольгированных поверхностей платы. Ее делают в щелочных растворах с последующей промывкой в деионизованной воде. Для нейтрализации щелочи и устранения окисления платы подвергают декапированию в растворах соляной и серной кислоты. Качество очистки влияет на все следующие операции технологического процесса.

Нанесение слоя фоторезиста производят на подготовленную поверхность фольги слоя фоторезиста и делают его сушку в течение 15-20 минут при температуре 65°C.

Экспонирование осуществляется при использовании фотошаблона с негативным изображением схемы (топологии) в вакуумной светокопировальной раме для засвечивания.

Источником света используют дуговые ртутные и люминесцентные лампы. Для получения резкого изображения требуется плотный контакт между фотошаблоном и фоторезистом.

Проявление схемы заключается в промывке растворимых участков фоторезиста, находящихся под темными местами негатива. Для фоторезистов негативного действия в качестве проявителей применяют спиртовые смеси. Время проявки (2-3 минуты) зависит от толщины фоторезиста.

Проявление выполняется в двух ваннах. В первой ванне устраняется большая часть фоторезиста, а во второй ванне осуществляется тонкое проявление. Загрязнение проявителя во второй ванне будет небольшим и действие его в течение большего времени будет стабильным [4].

Качество данного слоя можно проверить путем погружения платы в раствор с красителем. Окраска позволяет визуально найти наличие дефектов в слое фоторезиста.

Неизбежные дефекты эмульсионного слоя убираются ретушированием (обычно эмалью НЦ—25). При этой закрывают точечные отверстия, раковины, а также устраняют излишки фоторезиста. Трудоемкость ретуширования напрямую зависит от числа дефектов и составляет в среднем

10 мин. на плату. Снижение трудоемкости ретуширования возможно за счет увеличения чистоты и обеспыленности рабочего пространства.

Полученный защитный слой подвергается химическому дублированию в растворе ангидрида и тепловому дублированию (выдержка в термостате при $t = 60^{\circ}\text{C}$ в течение 40...60 минут). Необходимость операции задубливания определяется в каждом конкретном случае, так как она уменьшает адгезию фоторезиста.

Дальнейшие этапы будут общими для плат, изготавливаемых сеточно-химическим и фотохимическим методами.

Травление – процесс устранения слоя металла для получения нужного рисунка схемы. Процесс травления включает в себя предварительную очистку, травление металла, очистку после травления и удаления краски фоторезиста.

Механическая обработка платы заключается в фрезеровании по контуру или штамповании и получении отверстий. Для устранения пыли и загрязнений плату обдувают сжатым воздухом.

Проводящий рисунок (топологию) получают субтрактивным способом, а металлизация отверстий осуществляются электрохимическим методом (рисунок 2.2).

Поверхность обеих сторон платы 1 и отверстия 2 подвергают предварительному и химическому меднению для получения слоя меди толщиной 5...7 мкм (рисунок 2.2, а). После подготовки металлизированных поверхностей на них образуется негативное изображение схемы проводников 3 (рисунок 2.2, б). Это изображение получают с помощью сеткографической краски или сухого пленочного фоторезиста.

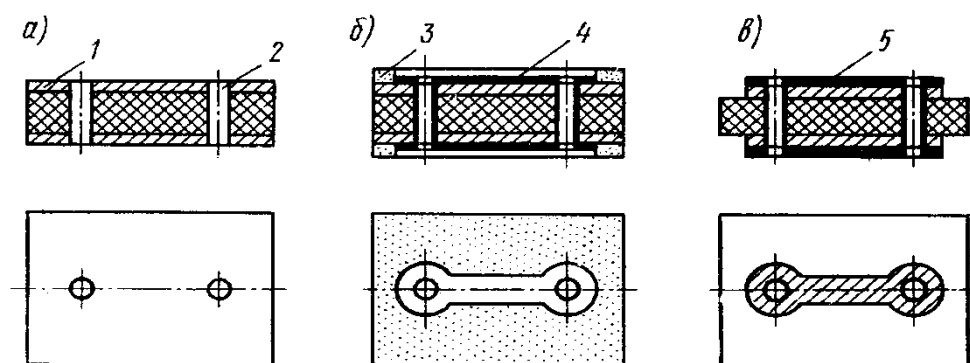


Рисунок 2.2 – Основные этапы получения проводников комбинированным позитивным методом

На наружной поверхности, не защищенной резистивной маской, и в отверстия поселяется слой меди 4, толщина которого в отверстиях должна быть не менее 25 мкм. Гальваническое осаждение меди осуществляется на заготовке платы, которая имеет сплошной слой фольги, которая защищает электрическую поверхность диэлектрика и осуществляет контакт всех элементов схемы. На металлизированные поверхности наносится защитный слой из сплава олово–свинец толщиной не менее 10 мкм. Этот сплав защищает медь от травления и после нанесения этого покрытия участки медной фольги, предварительно покрытые фоторезистом, удаляются травлением. После травления на плате остается существенная топология цепей 5, образованных оловянной медной фольгой (рис.2.2).

Изображение проявляют в душе при температуре 40...50°C с легкой протиркой поверхности губкой. Процесс ускоряется с помощью ультразвуковых колебаний.

После проявления проводится внешний осмотр. Рисунки должны быть четкими и гладкими, без краски, наплывов и подтеков эмульсии. При получении проводников возникают эффекты подтравливания и разрастания. Если толщина металлического покрытия превышает толщину слоя резиста, то боковой рост покрытия начинается с той же скоростью, что и рост

толщины основного покрытия, что приводит к образованию грибового сечения проводника.

После нанесения покрытия вдоль всего проводника появляется хрупкий нависающий край сплава олово-свинец. Отрываясь, они создают тонкие заусенцы размера 25...50 микрон, которые трудно найти невооруженным глазом. Так заусенцы могут вызвать замыкание смежных проводников.

Ширина проводников зависит от типа резки металла. Если используется неплавящийся металл, то их ширина увеличивается за счет роста металла при металлизации, а расстояние между проводниками уменьшается. Расплавленный металлизатор, например, оловянно-свинцовый сплав, за счет сил поверхностного натяжения при его плавлении заряжается внутри медного слоя, обеспечивает оптимальное сечение элементов проводящей схемы.

2.3 Электрохимический (полуаддитивный) метод изготовления ДПП

Электрохимический (полуаддитивный) метод используют для изготовления ДПП с большой плотностью токопроводящего рисунка (таблица 2.1). Основное отличие от комбинированного позитивного метода заключается в применении нефольгированного диэлектрика СТЭФ.1–2ЛК с обязательной активизацией его поверхности или диэлектрика слофозит с фольгой 5 мкм.

Разрешение аддитивного метода выше, чем комбинированного положительного. Это из-за небольшого бокового травления, который равен толщине вытравленного слоя и полуаддитивный метод только 5 микрон. Способ обеспечивает высокую точность волочения, исключает неоправданный расход меди, который достигает 80% при использовании фольгированных диэлектриков и отличную адгезию проводников к основанию.

Таблица 2.1 – Методы изготовления ДПП

Наименование этапа	Комбинированный позитивный метод (материал СФ–2–35)	Электрохимический полуаддитивный метод (материал СТЭФ–2ЛК)
Механическая обработка нанесения проводников	Входной контроль фольгированного диэлектрика	
	Нарезка заготовок. Вскрытие базовых отверстий. Сверление отверстий, подлежащих металлизации.	
Гальваническая обработка	Химическая и предварительная гальваническая металлизация 5..7 мкм.	
	Подготовка металлизированной поверхности заготовки	
	Получение рисунка (топологии) схемы проводников. Гальваническое меднение. Нанесение защитного покрытия Sn–Pb. Удаление фоторезиста или краски.	
	Травление фольги 40..42мкм	Травление меди 5..7мкм
	Оплавление защитного покрытия.	
Заключительные операции	Обрезка плат по контуру. Маркировка, консервация, упаковка.	

При изготовлении ДПП на металлическом основании с помощью полуаддитивный метод формирования проводящего рисунка на металлической подложке с перфорированными отверстиями, которые предварительно нанесена полимерного материала. Такое покрытие получают вихревым напылением, электростатическим напылением.

2.4 Аддитивный способ изготовления ДПП

Аддитивный метод используется для изготовления двусторонних печатных плат на диэлектрике, в который добавляют катализатор, а на его поверхность наносят клеевой слой.

Процесс нанесения толстого слоя (25-35 мкм) химической меди требует специального оборудования, оснащенного системами дозирования добавок в ванну, непрерывной фильтрации раствора и системой управления процессом.

ГЧП, полученные аддитивным методом, имеют высокое разрешение, практически соответствующее разрешению применяемого отрицательного показателя схемы. Толщина меди получается одинаковой во всех сечениях ДПП и покрытых отверстиях. По оценкам экспертов, стоимость таких плат на 20% ниже стоимости ДПП, изготовленных вычитающими методами.

Метод фотоформирования является одним из вариантов аддитивного метода. Он применяется для изготовления ДПП и слоев МПП на нефольгированном основании 5-го класса точности. В качестве материала основания используют слоистые диэлектрики. Он не использует защитное сопротивление. Осажденная медь имеет хорошую адгезию к диэлектрику, разрешение зависит только от разрешения используемых фотошаблонов.

2.5 Типовой технологический процесс изготовления МПП методом металлизации сквозных отверстий

Метод металлизации сквозных отверстий используют для изготовления МПП. Главные операции технологического процесса получения печатных проводников показаны на рисунке 2.3.



Рисунок 2.3 – Схема типового технологического процесса изготовления МПП методом металлизации сквозных отверстий

Заготовки из фольгированного диэлектрика обрезают с припуском 30мм на сторону. После удаления заусенцев по периметру заготовок и в отверстиях поверхность фольги очищают на крацевальном станке и обезжиривают механически (смесью венской извести и наждачного порошка) или химически (путем обработки в соляной кислоте и хромовом ангидриде).

Рисунок схемы внутренних слоев делают химическим методом. При этом противоположная сторона платы не должна иметь механических повреждений и подтравливание фольги. Базовые отверстия получают путем пробивки, ориентируясь на метки совмещения, расположенные на технологическом поле. Данные заготовки собирают в пакет, перекладывая их склеивающими прокладками из стеклоткани, содержащими до 50% термореактивной эпоксидной смолы. Совмещение слоев осуществляется по базовым отверстиям.

Основные этапы получения печатных проводников МПП:

- производство заготовок фольгированного материала и стеклоткани;
- получение рисунка схемы внутренних слоев;
- прессование многослойной печатной платы;
- сверление отверстий, предварительная металлизация, получение рисунка схемы наружных слоев МПП;
- окончательная металлизация отверстий, нанесение защитного покрытия;
- травление меди с пробельных мест.

Прессование пакета осуществляется горячим способом. Устройство с пакетом слоев надевают на пресс-пластины, нагревают до 120...130°C. Первый цикл прессования осуществляют при давлении 0,5 МПа и 15...20 минут. Затем температуру повышают до 150...160°C, а давление – до 4...6 мПа. При этом давлении плата лежит из расчета 10 мин. на каждый миллиметр толщины платы. Охлаждение осуществляется без снятия давления. Воздух, находящийся между слоями, проходит через

					ПГУ 1.090501.01.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

размягченную смолу и выходит наружу. Частично он задерживается у краев, образуя пустоты, которые удаляются при обрезке краев платы. Во избежание колебания после обрезки краев рекомендуется плату зажать между двумя пластинами и поместить на 40 минут в печь при температуре 125°C.

Сверление отверстий выполняется на станках с ЧПУ. Перед сверлением с обеих сторон заготовки наносят защитный слой лака. После очистки и обезжиривания доска моется в горячей и холодной проточной воде. Затем выполняют предварительную химическую и электролитическую металлизацию отверстий, а также операции по получению рисунка наружных слоев. Окончательное электролитическое покрытие необходимо для получения равномерной толщины покрытия в отверстиях толщиной слоя меди не менее 25 мкм. Все незащищенные фоторезистом внешние поверхности платы и отверстия покрыты защитным оловянно-свинцовым сплавом. После этого фоторезистивная маска удаляется.

Схему проводников на наружных слоях получают травлением. Для обеспечения равномерного травления поверхность фольги зачищают смесью венской извести и наждачного порошка.

Механическая обработка по контуру получение конструктивных отверстий и пазов осуществляются на фрезерных, координатно-сверлильных и станках с ЧПУ. После окончательного контроля платы подвергают консервированию флюсом. Качество пайки проверяют внешним осмотром и испытанием на вибропрочность.

3 Меры безопасности при изготовлении печатных плат

Основы техники безопасности при изготовлении печатной платы определены нормативными правовыми актами:

- ГОСТ 23662-79 Платы печатные. Получение заготовок, фиксирующих и технологических отверстий. Требования к типовым технологическим процессам;
- ГОСТ 23664-79 Платы печатные. Получение монтажных и подлежащих металлизации отверстий. Требования к типовым технологическим процессам;
- ГОСТ 23665-79 Платы печатные. Обработка контура. Требования к типовым технологическим процессам;
- ГОСТ 23770-79 Платы печатные. Типовые технологические процессы химической и гальванической металлизации;
- ГОСТ 23752.1-92 Платы печатные. Методы испытаний.

На основе этих документов, а также типового технологического процесса изготовления печатных плат все меры по обеспечению безопасности разделим на 4 основных категории:

- техника безопасности при заготовительных операциях;
- техника безопасности при травлении и металлизации отверстий печатной платы;
- техника безопасности при пайке деталей на печатную плату;
- техника безопасности при промывке и обезжиривании поверхности печатной платы.

3.1 Техника безопасности при заготовительных операциях

К заготовительным операциям относятся раскрой заготовки, раскрой материала и нижележащих отверстий и изготовление слоев на печатных платах.

В крупносерийном производстве резку материала осуществляют штамповкой в специальных штампах на эксцентриковых прессах с одновременной пробивкой базовых отверстий на технологическом поле. В условиях серийного и мелкосерийного производства, широко распространены роликовые ножницы, где материал разрезается сначала на полосы заданной ширины, а затем на заготовки. Резки основных и вспомогательных материалов (укладка стеклоткани, кабельной бумаги и др.), необходимых при изготовлении многослойных печатных плат в мелкосерийном и единичном производстве, осуществляют с помощью гильотинных ножниц.

Базовые отверстия получают различными методами в зависимости от класса печатных плат:

- на печатных платах первого класса базовые отверстия получают методом штамповки с одновременной резкой заготовок;
- базовые отверстия на досках заготовок второго и третьего классов получают сверлением в универсальных кондукторах.

В серийном и крупносерийном производстве традиционное сверление основных отверстий на проводнике на универсальных сверлильных станках уступило место сверлению на специализированных станках. Таким образом, станки за один цикл с бурением обеспечивают установку крепежных штифтов, плотно входящих в просверленное отверстие и скрепляющих пакет из 2-6 заготовок.

Перечень факторов обитаемости:

- физический. Выполнение операций по закупкам для резки материала связано с риском повреждения рук работающего в случае попадания их в зону между пуансоном и матрицей, в частности верхним и нижним ножом гильотинных ножниц, при ручной подаче материала;
- химический. При сверлении, резке материала печатных плат, образуется пыль, которая вызывает отравление дыхательных путей и загрязнение легких человека;

– психофизиологические. Наибольшую опасность представляет работа прессы в автоматическом режиме, что требует большого напряжения, внимания и осторожности рабочего, так как любое замедление движения рабочего может привести к травмам. Методы защиты рабочих от опасных и вредных факторов производства.

Механизация, автоматизация, дистанционное управление.

Часто опасные зоны на пресс защищены при помощи фотоэлементов, сигнал от которых автоматически останавливает пресс, если руки рабочего находятся в опасной зоне.

Радикальным решением вопроса безопасности является механизация и автоматизация подачи и удаления заготовок из штампа, в том числе использование робототехники.

При ручной подаче заготовок необходимо использовать специальные приспособления: пинцет, крючки и др.

Адаптация окружающей среды к человеку.

Избегать контакта с руками рабочего в опасной зоне прессы необходимо в автоматическом режиме, для этого используется включение системы Дворжакова, в котором пресс включается только после одновременного нажатия обеими руками двух пусковых кнопок.

В прессах и ножницах с ножными педалями для предотвращения случайных включений педаль огорожена или выполнена запорной.

Чтобы избежать травм при работе на сверлильных станках, необходимо позаботиться о том, чтобы все ремни, шестерни и валы, если они размещены в корпусе станка и доступны для прикосновения, имели жесткие фиксированные ограждения.

Движущиеся части и механизмы, требующие частого доступа для осмотра, должны быть защищены от прямого контакта.

В станках без электрической блокировки должны быть приняты меры, чтобы исключить возможность случайного или ошибочного их включения во время осмотра.

Адаптация человека к окружающей среде.

Во избежание захвата одежды и волос рабочего его одежда должна быть заправлена так, чтобы не было свободных концов; манжеты рукавов должны быть застегнуты, волосы убраны под берет.

Пыль, образующуюся при сверлении, резке материала заготовок печатных плат, необходимо удалять с помощью промышленных пылесосов.

3.2 Техника безопасности при травлении и металлизации отверстий печатной платы

При травлении, металлизации отверстий, гальванических покрытий и для многих других целей используются различные агрессивные вещества – азот, фторид-водород, соль, сера, уксусная, фосфорная, муравьиная и другие кислоты, а также щелочи.

При работе с кислотами возникают следующие опасные факторы:

- отравления выделяющимися парами и газами, которые выражаются в раздражении верхних дыхательных путей и слизистых оболочек глаз;
- при высоких концентрациях могут возникать медленно заживающие язвы слизистых оболочек глаз, носа, гортани, бронхов;
- разрушение зубов (особенно плавиковой кислотой);
- химические ожоги при контакте с кислотами на коже и глазах.

При контакте с кислотами и щелочами в воздушной среде они могут вызывать острые отравления и профессиональные заболевания. Чтобы не допустить этого, все работы с агрессивными веществами следует проводить в помещениях с эффективной местной вытяжной.

Чтобы избежать ожогов при работе с кислотами и щелочами, необходимо использовать соответствующую одежду согласно утвержденным стандартам.

Для защиты глаз следует использовать очки в резиновой оправе.

3.3 Техника безопасности при пайке деталей на печатную плату

Пайкой осуществляется неразъемное соединение деталей с печатной платой с помощью припоя. Наиболее часто применяемые припои: оловянно-свинцовые (ПОС-18, ПОС-30, ПОС-40, ПОС-61) и ПОСК-50, содержащий 32% свинца. Из сказанного видно, что в состав припоев входит свинец, поэтому процесс пайки сопровождается загрязнением воздушной среды, рабочих поверхностей, одежды и кожи рук, работающих со свинцом, что может привести к свинцовым отравлениям организма и вызвать изменения в нервной системе, крови и сосудах.

С целью предупреждения отравления свинцом участки пайки оборудуются в соответствии с требованиями Санитарных правил.

В помещениях, где производится пайка припоем, содержащим свинец, во избежание попадания свинца в организм не допускается хранить личные вещи, принимать пищу и курить, а также уносить рабочую одежду домой.

Рабочее место пайки оборудуется местной вытяжкой вентиляции, обеспечивающей концентрацию свинца в рабочей зоне не более предельно допустимой - 0.01 мг/м^3 .

Для предотвращения ожогов и загрязнения свинцом кожи рук работающих, должны быть выданы салфетки для удаления лишнего припоя с паяльника, а также пинцеты для поддержания провода и припоя к месту пайки, если отсутствует автоматическая подача.

С целью защиты от окисления мест пайки используют флюсы, такие как канифольно-спиртовой при пайке припоями ПОС-40, ПОС-61 и ПОСК-50 и хлористый цинк при пайке и лужении припоями ПОС-18 и ПОС-30.

Токсическое действие канифоли заключается в раздражении кожи, хлористый цинк оказывает резкое раздражение кожи и обжигающее действие на кожу и слизистые оболочки.

Наиболее эффективными мерами, предупреждающими заболевания при пайке, являются механизация и автоматизация паяльных работ методом погружения, избирательная пайка и пайка волной припоя с применением печатного монтажа, которые полностью исключают соприкосновение кожи работающих со свинцом и флюсами.

Поскольку еще значительное количество паяльных работ проводится вручную – паяльником, по окончании этих работ в целях предупреждения заболеваний необходимо споласкивать руки однопроцентным раствором уксусной кислоты, мыть их горячей водой с мылом, прополаскивать рот, чистить зубы и принимать теплый душ.

При монтажных работах, связанных с опасностью засорения или ожога глаз, предусмотрена выдача рабочим защитных очков.

3.4 Техника безопасности при промывке и обезжиривании поверхности печатной платы

Промывка и обезжиривание поверхности печатной платы органическими растворителями осуществляется в специально оборудованных устройствах с крышками и вытяжными вентиляционными установками.

Рабочие, занятые промывкой печатных плат органическими растворителями, инструктируются о токсичных свойствах применяемых растворителей и о пожарной безопасности.

Хранение растворителей в помещении для промывки допускается в количестве не более суточной потребности и в герметически закрытой таре.

Во избежание образования ядовитого и самовоспламеняющегося моноклорэтилена соприкосновение трихлорэтилена с крепкими щелочами и минеральными кислотами не допускается.

При электрическом обезжиривании накапливающаяся на поверхности пена (во избежание взрыва гремучего газа) периодически должна удаляться. В помещениях для промывки применение печного отопления или отопления газовыми, или электрическими приборами, а также применение открытого огня не допускается.

					ПГУ 1.090501.01.001 ПЗ	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4 Расчет затрат на изготовление микропроцессорной системы

Суммарные затраты на разработку микропроцессорной системы рассчитываются по следующей формуле:

$$S_{\text{рп}} = S_{\text{зп}} + S_{\text{нак}},$$

где:

- $S_{\text{зп}}$ – затраты по заработной плате инженера-разработчика;
- $S_{\text{нак}}$ – накладные расходы.

Затраты по заработной плате инженера-разработчика рассчитываются по формуле:

$$S_{\text{зп}} = \text{ОЗП} \cdot (1 + \omega_{\text{с}}) \cdot (1 + \omega_{\text{д}}) \cdot t_{\text{pi}},$$

где:

- ОЗП – основная заработная плата инженера-разработчика за месяц (12000 руб.);
- t_{pi} – время, необходимое для разработки программы программистом i -го разряда (чел.-мес.);
- $\omega_{\text{д}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату разработчика микропроцессорной системы, в долях к сумме основной заработной платы (0,15);
- $\omega_{\text{с}}$ – коэффициент, учитывающий начисления органам социального страхования на заработную плату разработчика микропроцессорной системы, в долях к сумме основной заработной плате разработчика (0,26).

Микропроцессорная система разрабатывалась 40 дней, если учесть, что в одном месяце 22 рабочих дня, то:

$$t_{\text{pi}} = \frac{40}{22} = 1,82 \text{ (чел. –мес.)}$$

Таким образом, затраты по заработной плате инженера-разработчика составят:

$$S_{ЗП} = 12000 \cdot (1+0,26) \cdot (1+0,15) \cdot 1,82 = 31646,16 \text{ (руб.)}$$

Накладные затраты рассчитываются с учетом ω_n – коэффициента (1,35), определяющего уровень накладных расходов организации по формуле:

$$S_{НАК} = ОЗП \cdot \omega_n \cdot t_{p12} ,$$

$$S_{НАК} = 12000 \cdot 1,35 \cdot 1,82 = 29484 \text{ (руб.)}$$

Таким образом, суммарные затраты на разработку микропроцессорной системы составляют:

$$S_{РП} = 31646,16 + 29484 = 61130,16 \text{ (руб.)}$$

4.1 Расчёт цеховой себестоимости

Цеховая себестоимость включает следующие расходы:

- материалы, основные и вспомогательные - $M_{ОСН}$, $M_{ВСПМ}$;
- комплектующие изделия, полуфабрикаты - $П$;
- заработная плата основная и дополнительная - $З_{ОСН}$, $З_{ДОП}$;
- отчисления на социальные нужды - $Н$;
- затраты на технологические цели $Э_T$;
- затраты по кооперации - $З_{КООП}$;
- косвенные затраты цеха - $K_{ЦЕХ}$.

В соответствии с перечисленными элементами цеховых затрат можно составить формулу нахождения цеховой себестоимости:

$$C_{ЦЕХ} = П + М + З_{КООП} + Н + З_{ОСН} + З_{ДОП} + Э_T + K_{ЦЕХ} ,$$

Где:

- $C_{ЦЕХ}$ - цеховая себестоимость, руб.;
- $П$ - затраты на комплектующие изделия, полуфабрикаты, руб.;
- $М$ - затраты на материалы, основные и вспомогательные, руб.;

- H - отчисления на социальные нужды, руб.;
- $З_{осн}$, $З_{доп}$ - заработная плата, основная и дополнительная, руб.;
- $Э_T$ - затраты на технологические цели: электроэнергию, руб.;
- $К_{цех}$ - косвенные цеховые затраты, руб.

4.1.1 Расчёт затрат на покупные изделия

К покупным изделиям относятся комплектующие и полуфабрикаты, являющиеся составными элементами будущего изделия, закупка которых предприятием производится на стороне. Для изготовления устройства “Микропроцессорная Система контроля параметров дисбаланса одноплоскостных тел вращения” потребуются микросхемы и электрорадиоэлементы, затраты на которые сведены в таблицу 4.1:

Таблица 4.1 – Расходы на покупные изделия

Наименование	Количество, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4
Микросхемы:			
74AC573	1	12,00	12,00
78M05	1	15,00	15,00
ATMEGA 128-16AI	1	240,00	240,00
62256CSC-70SNI/32Kx8	1	98,00	98,00
MAX232ACSE	1	120,00	120,00
Резисторы:			
0805-10 кОм	5	2,00	10,00
0805- 300 Ом	8	1,00	8,00
0805- 10 кОм	8	10,00	80,00
Конденсаторы:			
D-16В-100мкФ ±20%	1	5,00	5,00
0805 Y5V 0,1мкФ	6	8,00	48,00
D-10В-47мкФ ±20%	1	6,00	6,00
0805 Y5V 0,47мкФ	2	7,00	14,00
0805 NPO 16пФ	2	10,00	20,00

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4
Индикаторы:			
*H7S	2	15,00	30,00
Кнопки:			
TS-A2PS-130	2	7,00	14,00
Транзисторы:			
IRLML6402	8	4,00	32,00
Разъемы:			
IDC-10MR, вилка	1	12,00	12,00
IDC-8MR, вилка	7	17,00	119,00
OWF-3, вилка	1	12,00	12,00
H-04	1	10,00	10,00
Резонаторы:			
НС-49U 16МГц	1	14,00	14,00
Итого:			919,00
Зтр			45,95
Всего:			964,95

В итоге общая сумма затрат на покупные изделия с учётом транспортных расходов (Зтр=5%) для изготовления единицы продукции составила 964,95 руб.

4.1.2 Расчёт затрат на материалы

Кроме того, необходимо рассчитать виды и количество используемых для изготовления одного изделия основных и вспомогательных материалов. Соответствующие данные отображены в таблице 4.2:

Таблица 4.2 – Расходы на основные и вспомогательные материалы

Наименование	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Стеклотекстолит СФ-235-2	0,4 м ²	250,00	100,00
Припой ПОС-61	0,01 кг	430,00	4,30
Флюс ФКСп	0,015 кг	128,00	1,92
Провод монтажный ПЭВ ТЛК	1 м	5,00	5,00
Спирт технический	0,1 л	31,00	3,10
Лак УР 231	0,05 кг	26,00	1,30
Итого:			115,62
Зтр			5,78
Всего:			121,40

Сумма расходов на основные и вспомогательные материалы для единицы продукции составила 121,40 руб.

4.1.3 Расчёт затрат по кооперированию

В данном случае на производстве используется предметное кооперирование. На основании договорённости с другим машиностроительным предприятием производятся поставки готовых корпусов и печатных плат, изготовленных по соответствующим чертежам предприятия-заказчика, т.е. описываемого в работе предприятия. Элементы затрат по кооперированию отображены в таблице 4.3:

Таблица 4.3 – Расходы на кооперирование

Наименование	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Печатная плата	2	135,00	270,00
Корпус	2	142,00	284,00
Итого:			554,00
Зтр			27,7
Всего:			581,70

Сумма затрат по кооперированию составила 581,70руб. в расчёте на единицу готовой продукции.

4.1.4 Расчёт затрат на электроэнергию для технологических целей

Определение затрат на электроэнергию в технологических целях сводится к определению потребления энергии оборудованием, участвующим в производстве изделий. Для нахождения данного элемента себестоимости воспользуемся формулой:

$$\mathcal{E}_T = \frac{W_{\mathcal{E}} \cdot F_{ДР} \cdot K_M}{K_{ПЭ} \cdot K_{\Phi}} \cdot \mathcal{C}_{\mathcal{E}},$$

где

- $W_{\mathcal{E}}$ – мощность оборудования;
- K_M – коэффициент машинного времени работы оборудования (0,7);
- $F_{ДР}$ – полезный фонд работы одной единицы оборудования;
- $K_{ПЭ}$ – коэффициент полезного потребления электроэнергии (0,99);
- K_{Φ} – коэффициент полезного действия оборудования;
- $\mathcal{C}_{\mathcal{E}}$ – цена единицы электроэнергии, руб/кВт·ч.

Определение мощности оборудования:

- вытяжной шкаф НО-11 – 0,75кВт;
- шкаф сушильный ВШ-0,035А – 1кВт;
- электропаяльник – 36Вт;
- установка для пайки волной припоя – 0,5кВт.

Определение действительного фонда рабочего времени оборудования:

Для определения действительного фонда рабочего времени воспользуемся следующей формулой:

В данном дипломном проекте необходимо использовать машинное время, необходимое для производства одного изделия, которое в данном случае составляет 0,93ч.

При известных:

- коэффициент машинного времени работы оборудования $K_M = 0,7$;
- коэффициент потерь электроэнергии $K_{пэ} = 0,25$;
- коэффициент полезного действия оборудования $K_\phi = 0,75$.

Можно рассчитывать расходы на электроэнергию для технологических целей:

$$\mathcal{E}_r = \frac{2,286 \cdot 0,93 \cdot 0,7}{0,25 \cdot 0,75} \cdot 2,80 = 27,80$$

4.1.5 Расчёт затрат на заработную плату основных производственных рабочих

Заработная плата работающим выплачивается в соответствии с тарифной системой (по видам работ и квалификации работающих).

Необходимо отметить, что количество работающих не соответствует количеству приведённых в таблице технологических операций, так как две из них, а именно радиомонтажная и сборочная, производятся одним работающим – радиомонтажником 4 разряда.

Таблица 4.4 – Расчёт основной заработной платы производственных рабочих

Наименование технологической операции	Часовая тарифная ставка, руб.	Разряд работы	Норма времени, час	Основная заработная плата, руб.
Радиомонтажная	34,00	4	2,5	85,00
Сборочная	34,00	4	1,2	40,80
Регулировочная	48,30	5	1,8	86,94
Контрольная	85,20	5	2,0	170,40
Итого:				383,14

Соответственно, регулировочную операцию выполняет регулировщик (настройщик) 5 разряда, а контрольную – контролёр ОТК 5 разряда.

Определим дополнительную заработную плату основных производственных рабочих по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = 13\% \cdot З_{\text{осн}},$$

где

- $З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата работающих;
- $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата работающих.

$$З_{\text{доп}} = 0,13 \cdot 383,14 = 48,80$$

4.1.6 Расчёт затрат на социальные отчисления

Налоги отчисляются в размере 26,0% от суммы основной и дополнительной заработной платы в следующие фонды:

- Федеральный бюджет – 20%;
- фонд социального страхования Российской Федерации – 2,9%
- фонд обязательного медицинского страхования:
 - а) региональный фонд -2,0%;
 - б) федеральный фонд – 1,1%;

$$H = 26\% \cdot (Z_{OCH} + Z_{BSP})$$

$$H = 0,26 \cdot (383,14 + 48,80) = 112,56$$

Определяем заработную плату производственных рабочих:

$$Z_{IP} = Z_{OCH} + Z_{ДОП} + H = 383,14 + 48,80 + 112,56 = 544,50$$

4.1.7 Расчёт косвенных цеховых затрат

Косвенные цеховые затраты включают:

- содержание аппарата управления цеха;
- техническое обслуживание цеха;
- заработная плата цехового персонала управления;
- энергетические затраты (отопление, освещение и другие);
- содержание оборудования и транспортных средств;
- амортизационные отчисления.

$$K_{ЦЕХ} = \%ЦЕХ \cdot Z_{OCH}$$

$\%ЦЕХ$ – процент цеховых затрат. Он зависит от объёма работы цеха и от типа производства. (Данное предприятие является серийным по типу производства, поэтому для него $\%ЦЕХ = 200\%$);

Z_{OCH} – основная заработная плата производственных рабочих.

$$K_{ЦЕХ} = 200\% \cdot 383,14 = 766,28$$

Итак, рассчитав все необходимые элементы, можно определить цеховую себестоимость:

$$C_{ЦЕХ} = П + М + Z_{КООП} + Z_{IP} + Э_T + K_{ЦЕХ}$$

$$C_{ЦЕХ} = 964,95 + 121,40 + 581,70 + 544,50 + 27,80 + 766,28 = 3006,63$$

Цеховая себестоимость устройства “Микропроцессорная Система контроля параметров дисбаланса одноплоскостных тел вращения” составила:

$$C_{ЦЕХ} = 3006,63$$

4.2 Расчёт заводской себестоимости

Заводская себестоимость кроме цеховой себестоимости также включает в себя следующие виды расходов (косвенные заводские затраты):

- общепроизводственные расходы:
 - а) содержание аппарата управления заводом;
 - б) содержание технических средств;
 - в) содержание территорий;
 - г) оплата аудиторских и информационных услуг;
 - д) подготовка и переподготовка кадров;
 - е) охрана природы;
 - ж) ремонт зданий и сооружений;
 - з) оплата страхования имущества.
- потери от брака:

$$C_{ЗAB} = C_{ЦЕХ} + K_{ЗAB},$$

где

$C_{ЦЕХ}$ – цеховая себестоимость

$K_{ЗAB}$ – косвенные заводские затраты

$$K_{ЗAB} = \%ЗAB \cdot З_{ОСН},$$

где

$\%Зав$ – процент косвенных заводских затрат (в данном случае равный 80% - серийное производство)

$З_{ОСН}$ – основная заработная плата рабочих

$$K_{ЗAB} = 0,8 \cdot 383,14 = 306,51$$

$$C_{ЗAB} = 3006,63 + 306,51 = 3313,14$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

4.3 Расчёт полной себестоимости

Для расчета полной себестоимости, которая кроме заводской себестоимости включает в себя внепроизводственные расходы (расходы на рекламу, упаковку, отгрузку, сбыт, выплату комиссионных, участие предприятия в выставках и прочие отчисления и платежи), нужно определить сумму внепроизводственных затрат.

$$C_{\text{полн}} = C_{\text{зав}} + BP,$$

где

$C_{\text{зав}}$ – заводская себестоимость

BP – сумма внепроизводственных расходов

$$BP = \%BP \cdot C_{\text{зав}},$$

где

$\%BP$ – процент внепроизводственных расходов от заводских расходов (для данного предприятия она составляет 8,5%)

$C_{\text{зав}}$ – заводская себестоимость

$$BP = 0,085 \cdot 3146,29 = 267,43$$

$$C_{\text{полн}} = 3313,14 + 267,43 = 3580,57$$

Итак, получена полная себестоимость проектируемого устройства «Система контроля параметров стрелкового оружия», которая составила:

$$C_{\text{полн}} = 3580,57$$

4.4 Расчёт цены проектируемого устройства

Цена является денежным выражением стоимости товара. Она выражает общественно необходимые затраты на продукцию.

Цены обеспечивают дальнейшую хозяйственную деятельность, возместить издержки производства и реализации продукции и определяют такой размер прибыли, который позволил бы им выжить в условиях рыночной экономики.

Оптовая цена промышленности – это цена, по которой предприятия-потребители оплачивают продукцию сбытовым организациям. Оптовая цена промышленности подразумевает НДС, оптовую цену предприятия, торговую наценку.

Вначале определяется оптовая цена предприятия. Она рассчитывается как сумма полной себестоимости и плановой прибыли.

$$ОЦ_{ПРЕДПР} = C_{ПОЛН} + П_{ПЛ},$$

где

$C_{ПОЛН}$ – полная себестоимость единицы продукции

$П_{ПЛ}$ – плановая прибыль (в данном случае равная 15% от полной себестоимости)

Плановая прибыль рассчитывается как процент от полной себестоимости:

$$П_{ПЛ} = 15\% \cdot C_{ПОЛН}$$

$$П_{ПЛ} = 0,15 \cdot 3580,57 = 537,09$$

$$ОЦ_{ПРЕДПР} = 3580,57 + 537,09 = 4117,66$$

Оптовая цена промышленности рассчитывается как сумма оптовой цены предприятия, НДС и наценки от сбыта:

$$ОЦ_{ПРОМ} = ОЦ_{ПРЕДПР} + НДС + Н_{СБ},$$

где

$ОЦ_{ПРЕДПР}$ – оптовая цена предприятия

НДС – налог на добавленную стоимость (равный 20% от полной себестоимости)

$Н_{СБ}$ – наценка сбытовых организаций (7% от оптовой цены предприятия)

$$НДС = 20\% \cdot C_{ПОЛН} = 3580,57 \cdot 20\% = 716,114$$

$$Н_{СБ} = 7\% \cdot ОЦ_{ПРЕДПР} = 7\% \cdot 4117,66 = 288,23$$

$$ОЦ_{ПРОМ} = 4117,66 + 716,114 + 288,23 = 5122,004$$

Розничная цена рассчитывается как сумма оптовой цены промышленности и торговой наценки:

$$Ц_{РОЗН} = ОЦ_{ПРОМ} + Н_{ТОРГ} ,$$

где

ОЦ_{ПРОМ} – оптовая цена промышленности

Н_{ТОРГ} – торговая наценка (10% от оптовой цены промышленности)

$$Н_{ТОРГ} = 10\% \cdot ОЦ_{ПРОМ} = 0,1 \cdot 5122,004 = 512,2$$

$$Ц_{РОЗН} = ОЦ_{ПРОМ} + Н_{ТОРГ} = 5122,004 + 512,2 = 5634,204$$

Кроме этого, требуется определить прибыль, которую получит предприятие от реализации данной продукции. Нужно определить значения балансовой, чистой и валовой прибыли.

Балансовая прибыль определяется за счёт 3 источников:

- прибыль от реализации продукции;
- прибыль от продаж имущества;
- прибыль от внереализационных доходов.

Так как отсутствуют прибыль от продаж имущества и прибыль от внереализационных доходов, будем считать за балансовую прибыль - прибыль от реализации продукции.

$$П_{БАЛАНС} = П_{ПЛ} = 537,09$$

Валовая прибыль:

$$П_{ВАЛ} = П_{БАЛАНС} + П_{ПРОЧАЯ} ,$$

где

П_{БАЛАНС} – балансовая прибыль

П_{ПРОЧАЯ} – прочая прибыль

К прочей прибыли относят:

- доходы от транспортных организаций;
- доходы от других хозяйств, находящихся на балансе предприятия.

Вследствие отсутствия вышеперечисленного, за валовую прибыль будем считать прибыль балансовую.

$$П_{ВАЛ} = П_{БАЛАНС} = 537,09$$

Прибыль, облагаемая налогами:

$$П_{ОБЛ.Н.} = 20\% П_{ВАЛ},$$

где

$П_{ВАЛ}$ – валовая прибыль

20% - ставка налога на прибыль

$$П_{ОБЛ.Н.} = 0,20 \cdot 537,09 = 107,41$$

Определив валовую прибыль и прибыль, облагаемую налогами, можно рассчитать чистую прибыль:

$$П_{ч} = П_{ВАЛ} - П_{ОБЛ.Н.},$$

где

$П_{ВАЛ}$ – валовая прибыль

$П_{ОБЛ.Н.}$ – прибыль, облагаемая налогом

$$П_{ч} = 537,09 - 107,41 = 429,68$$

Годовой объём продаж $К_{мпс} = 300$ шт.

Продолжительность инвестиционного цикла $T_c = 3$ года

Чистая прибыль в год ($П_{ч.год.}$)

$$П_{ч.год.} = П_{ч} * K_{мпс}$$

$$П_{ч.год.} = 429,68 * 300 = 128904$$

Прибыль облагаемая налогами в год $П_{обл.н.год}$

$$П_{обл.н.год} = П_{обл.н.} \times K_{мпс}$$

$$П_{обл.н.год} = 107,41 \times 300 = 32223$$

Одним из важных экономических показателей производства продукции является рентабельность продукции. Рентабельность – это относительный показатель эффективности производства, характеризующий степень

использования ресурсов. Рентабельность зависит также от структуры авансированных в производство средств, а именно, от удельного веса расходов на оплату труда работников.

Рассчитывает рентабельность выпускаемой продукции в расчёте на одно изделие:

$$R_{\text{пр}} = \frac{\Pi_{\text{вал}}}{C_{\text{полн}}} \cdot 100\%,$$

где

$\Pi_{\text{вал}}$ – валовая прибыль

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

$$R_{\text{пр}} = \frac{537,09}{3580,57} \cdot 100\% = 15\%$$

Рентабельность проектируемого устройства «Система контроля параметров дисбаланса одноплоскостных тел вращения» составила 15%.

4.5 Оценка инвестиционной привлекательности проекта

Капитальные вложения на разработку и внедрение объектов проектирования, определяются как инвестиции, необходимые для получения прибыли. Экономическая эффективность данных проектов характеризуется системой показателей, отражающих соотношение финансовых результатов и затрат.

Главным моментом при проведении расчетов становится выбор масштабов цен. При отсутствии инфляции применяют постоянные (базовые) цены, действующие на момент расчета. В условиях высокой инфляции, что характерно для России, целесообразно осуществлять расчет, соизмеряя разновременные затраты и результаты, путем дисконтирования. Для этого используется норма дисконта (E).

$$E = 10\% = 0,1.$$

Приведение производится путем умножения затрат и результатов на коэффициент дисконтирования ($KД$), равный:

Оценка проекта, сравнение вариантов и выбор оптимального осуществляется с использованием следующих показателей:

- чистая дисконтированная стоимость (текущая дисконтированная стоимость), т.е. доход;
- индекс доходности;
- срок окупаемости.

Для того чтобы определить данные показатели, необходимо составить план денежных потоков (таблица 4.6).

Таблица 4.5 – План денежных потоков

Показатель	Значения, тыс. руб.			
	0-й год	1-й год	2-й год	3-й год
Налог на прибыль (20%)		36,402	36,402	36,402
Чистая прибыль		145,611	145,611	145,611
Инвестиции в ПО	-61,13	-	-	-
Чистый денежный поток (ЧДП)	-61,13	145,611	145,611	145,611

Для расчета чистой дисконтированной стоимости требуется для каждого года определить коэффициент дисконтирования:

$$КД_T = \frac{1}{(1 + E)^T},$$

где:

T – период дисконтирования (г.).

$$КД_1 = 0,9$$

$$КД_2 = 0,83$$

$$КД_3 = 0,75$$

Чистая дисконтированная стоимость (*ЧДС*) рассчитывается как сумма потоков реальных денег, приведенная за весь расчетный период к начальному году:

$$ЧДС = \sum_{T=1}^T (ЧДП_T \cdot КД_T) - И,$$

где:

$ЧДП_T$ – результат в T -ом году;

$И$ – инвестиции в разработку ПО;

T – период дисконтирования.

Таблица 4.6 – Вычисление чистой и текущей дисконтированной стоимости

Год	Затраты (-) Результаты (+)	КД при $E = 0,10$	ТДС (тыс. руб.)	ТДС нарастающим итогом
0	-61,13	1	-61,13	-61,13
1	145,611	0,9	131,05	69,92
2	145,611	0,83	120,857	190,777
3	145,611	0,75	109,208	299,985
				ЧДС = 299,985

Индекс доходности (*ИД*) определяется по формуле:

$$ИД = \frac{1}{И} \cdot \sum_{T=1}^T (ЧДП_T \cdot КД_T),$$

Индекс доходности (*ИД*) проекта составляет:

$$ИД = \frac{(131,05 + 120,857 + 109,208)}{61,13} = 5,9$$

Полученное значение $ИД = 4,58$ больше единицы, следовательно, разработка программы считается эффективной и экономически обоснованной.

Срок окупаемости инвестиционного проекта (T_{OK}) – это период времени, который необходим для возмещения инвестиций. T_{OK} находят с учетом

дисконтирования, путем суммирования ежегодных поступлений до определенного периода, в котором они превзойдут первоначальные расходы денежных средств.

Найдем T_{OK} графическим методом, график, изображенный на рисунке 4.1, строится по данным таблицы 4.6.

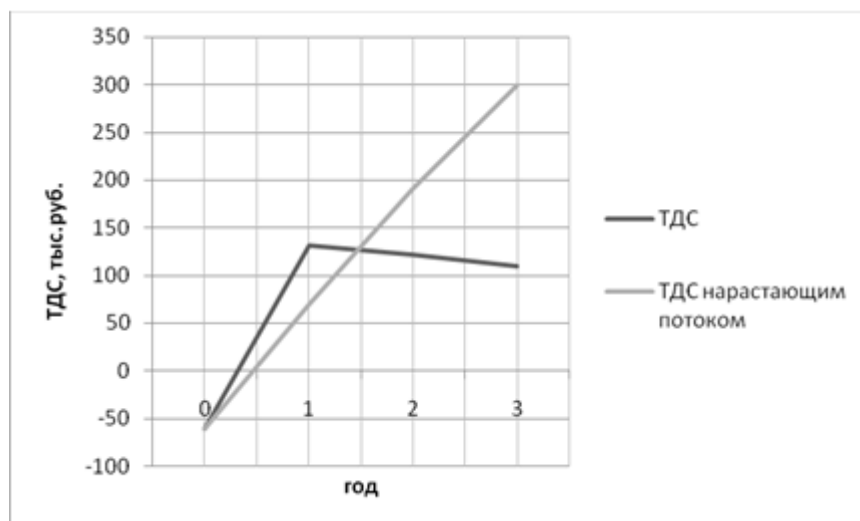


Рисунок 4.1 – Определение срока окупаемости проекта

Как видно из графика, значение T_{OK} составляет 0,5 года.

Заключение

В ходе выполнения дипломного проекта была разработана Система контроля параметров дисбаланса одноплоскостных тел вращения. Разработанная система полностью отвечает требованиям технического задания.

В системе предусмотрено: определение места дисбаланса плоской детали, обработка поступающей информации с датчика на контроллер, вывод информации на индикаторы, которыми обозначается место для установки балансировочного груза, а также его масса. Возможности разработанной системы позволяют балансировать автомобильные колеса, всевозможные виды шкивов, авиационные винты, вращающиеся детали турбин и турбинных двигателей. Балансировка проходит максимально безопасно для оператора системы, так как балансировка проходит в колебательном режиме работы.

Данная система может быть внедрена на станции технического обслуживания автотранспортных средств, на машиностроительные предприятия, а также предприятия авиационной промышленности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

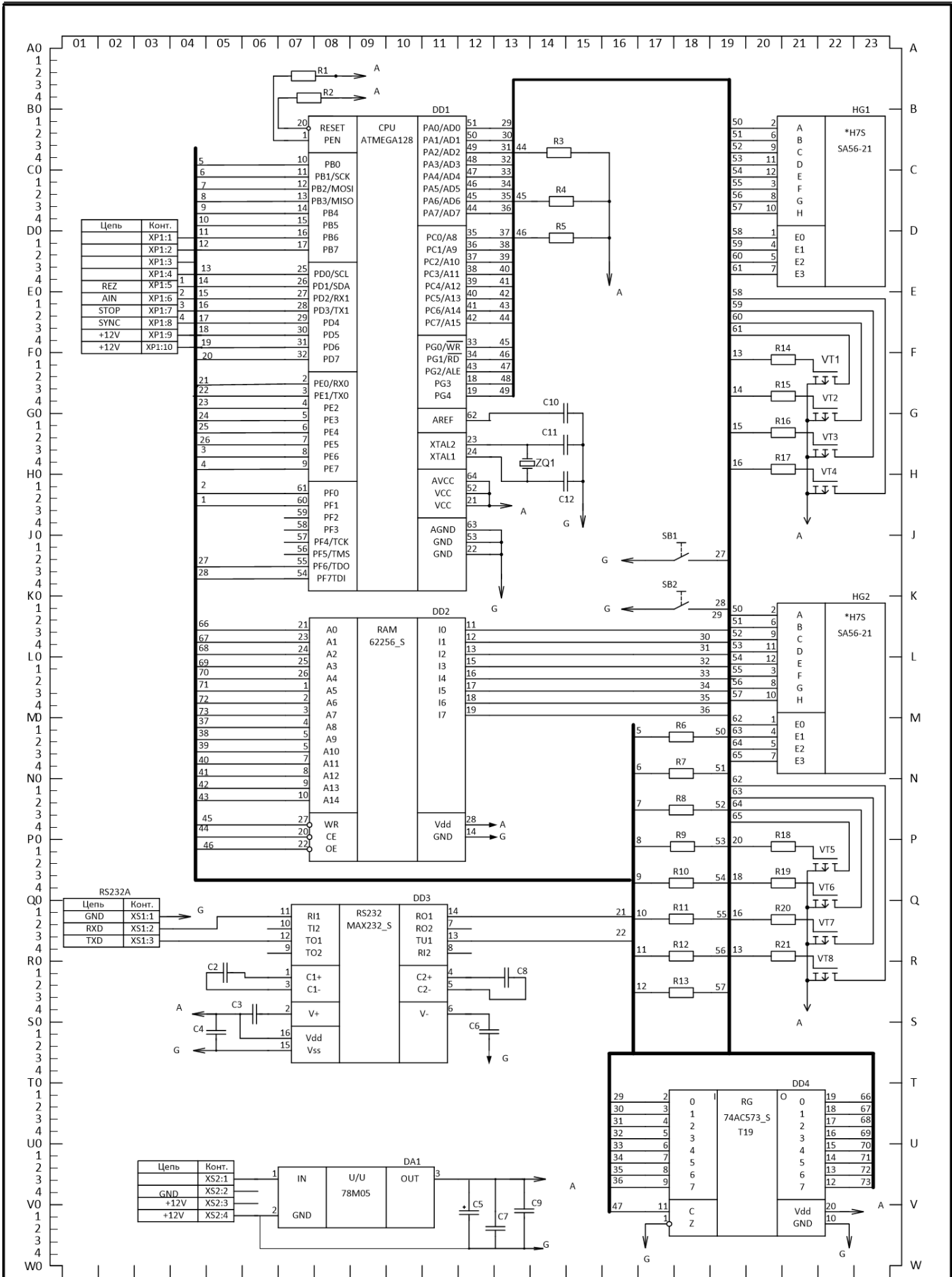
1. Восьмиразрядные RISC-микроконтроллеры. Методические указания и практическое руководство по применению в курсовом и дипломном проектировании./ Л.А.Брякин – ПГУ, 2001
2. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры Microchip: практическое руководство - А.В.Евстифеев. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 296 с.
3. Брякин Л. А, Брякин А. Л. Схемотехника модулей встраиваемых систем. Пенза : Изд-во ПГУ, 2016.
4. Ушаков Н.Н. Технология производства ЭВМ. Учебник для студентов вузов по спец. «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети» – М: Высш. шк., 1991 – 416 с.
5. ГОСТ 23662-79 - ГОСТ 23665-79 Платы печатные. Механическая обработка. Требования к типовым технологическим процессам. (Переиздания с Изм. № 1, 2) ГОССТАНДАРТ РОССИИ 1992, МОСКВА.
6. ГОСТ 23770-79 Платы печатные. Типовые технологические процессы химической и гальванической металлизации. ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ 1995, МОСКВА.
7. ГОСТ 23752.1-92 (МЭК 326 – 2 – 90) Платы печатные. Методы испытаний. КОМИТЕТ СТАНДАРТИЗАЦИИ И МЕТРОЛОГИИ СССР 1992, МОСКВА.
8. ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол N 7 от 26 апреля 1995 г.)
9. Балансировка — статья из Большой советской энциклопедии (1990).
10. Балансировка машин в условиях их эксплуатации
А. Г. Шаблинский, М. А. Баркова.
11. Шитиков Б. В., Динамическая балансировка роторов, М., 1951; Васильев В. С. и Кутко П. С., Станки и приборы для динамической балансировки, М., 1959; Теория и конструкция балансировочных машин, М., 1963.

Приложение А
(обязательное)
СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ДИСБАЛАНСА
ОДНОПЛОСКОСТНЫХ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ
СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СТРУКТУРНАЯ

					ПГУ 1.090501.01.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

Приложение Б
(обязательное)
СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ДИСБАЛАНСА
ОДНОПЛОСКОСТНЫХ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ
СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ

					ПГУ 1.090501.01.001 ПЗ	Лист
						90
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Приложение В
(обязательное)
СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ДИСБАЛАНСА
ОДНОПЛОСКОСТНЫХ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ
ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕМЕНТОВ

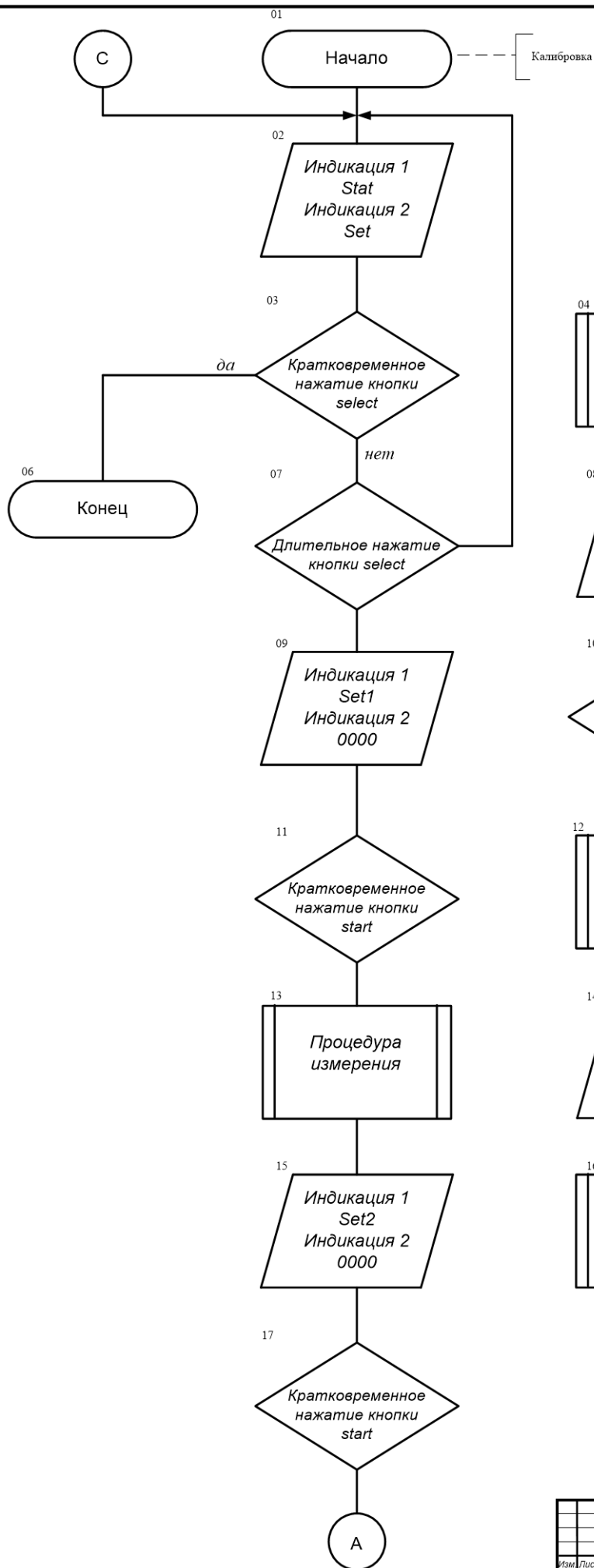
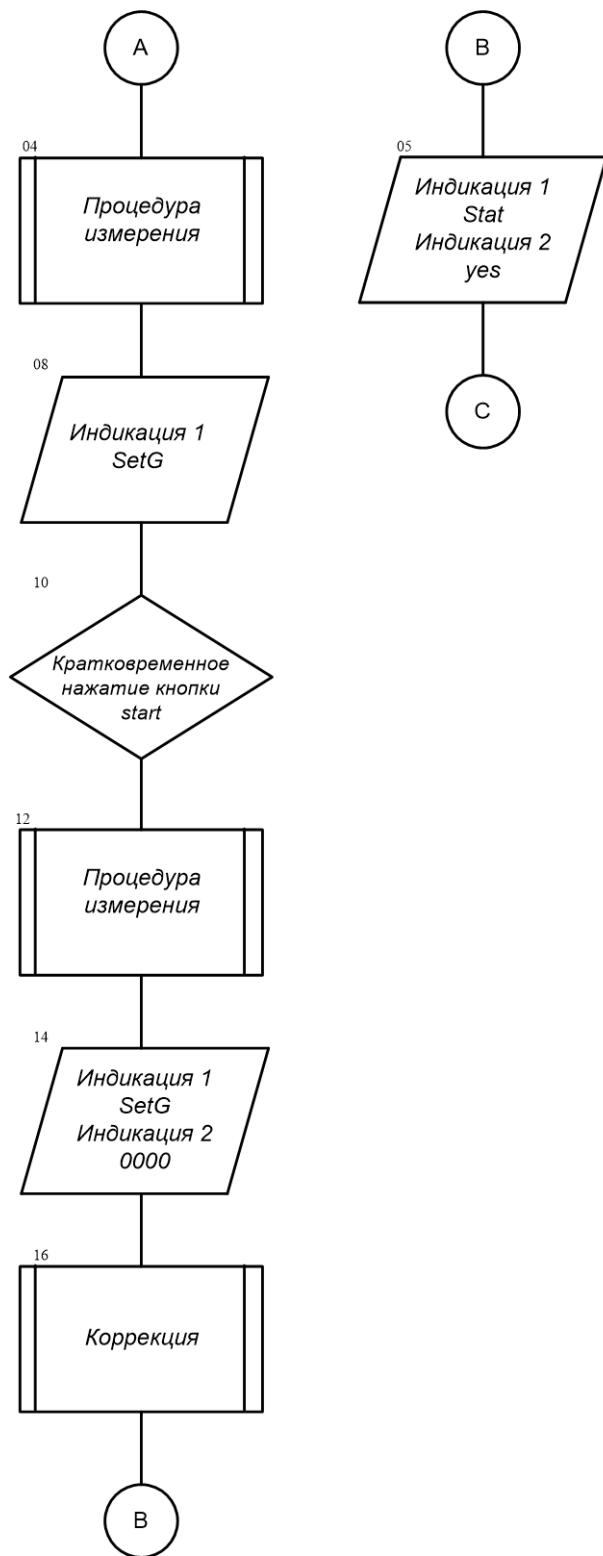
					ПГУ 1.090501.01.001 ПЗ	Лист
						92
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Зона	Поз обозн	Наименование	Кол	Примечание
		<u>Конденсаторы</u>		
	C1	D-16B-100мкФ ±20% ОЖ0.461.134ТУ	1	
	C2-C4,C6,C8,C10	0805 Y5V 0,1мкФ ТУ 6261-015-07594095-2006	6	
	C5	D-10B-47мкФ ±20% ОЖ0.461.134ТУ	1	
	C7,C9	0805 Y5V 0,47мкФ ОЖ0.461.094ТУ	2	
	C11,C12	0805 NPO 16пФ ОЖ0.461.094ТУ	2	
		<u>Микросхемы</u>		
	DA1	78M05	1	
	DD1	ATMEGA 128-16AI	1	
	DD2	62256CSC-70SNI/32Kx8	1	
	DD3	MAX232ACSE	1	
	DD4	74AC573	1	
		<u>Индикаторы</u>		
	HG1,HG2	*H7S	2	
		<u>Резисторы</u>		
	R1-R5	0805-10кОм ±5% ОЖ0.467.180ТУ	5	
	R6-R13	0805-300Ом ±5% ОЖ0.467.180ТУ	8	
	R14-R21	0805-10кОм ±5% ОЖ0.467.180ТУ	8	
		<u>Кнопки</u>		
	SB1,SB2	TS-A2PS-130	2	
		<u>Транзисторы</u>		
	VT1-VT8	IRLML6402 аАО.336.447ТУ / 02	8	
		<u>Разъёмы</u>		
	XP1	IDC-10MR, вилка		
	XP2	IDC-8MR, вилка	7	
	XP3	OWF-3, вилка	1	
	XS1	H-04	1	
		<u>Резонаторы</u>		
	ZQ1	HC49/US 16мГц	1	
			1	

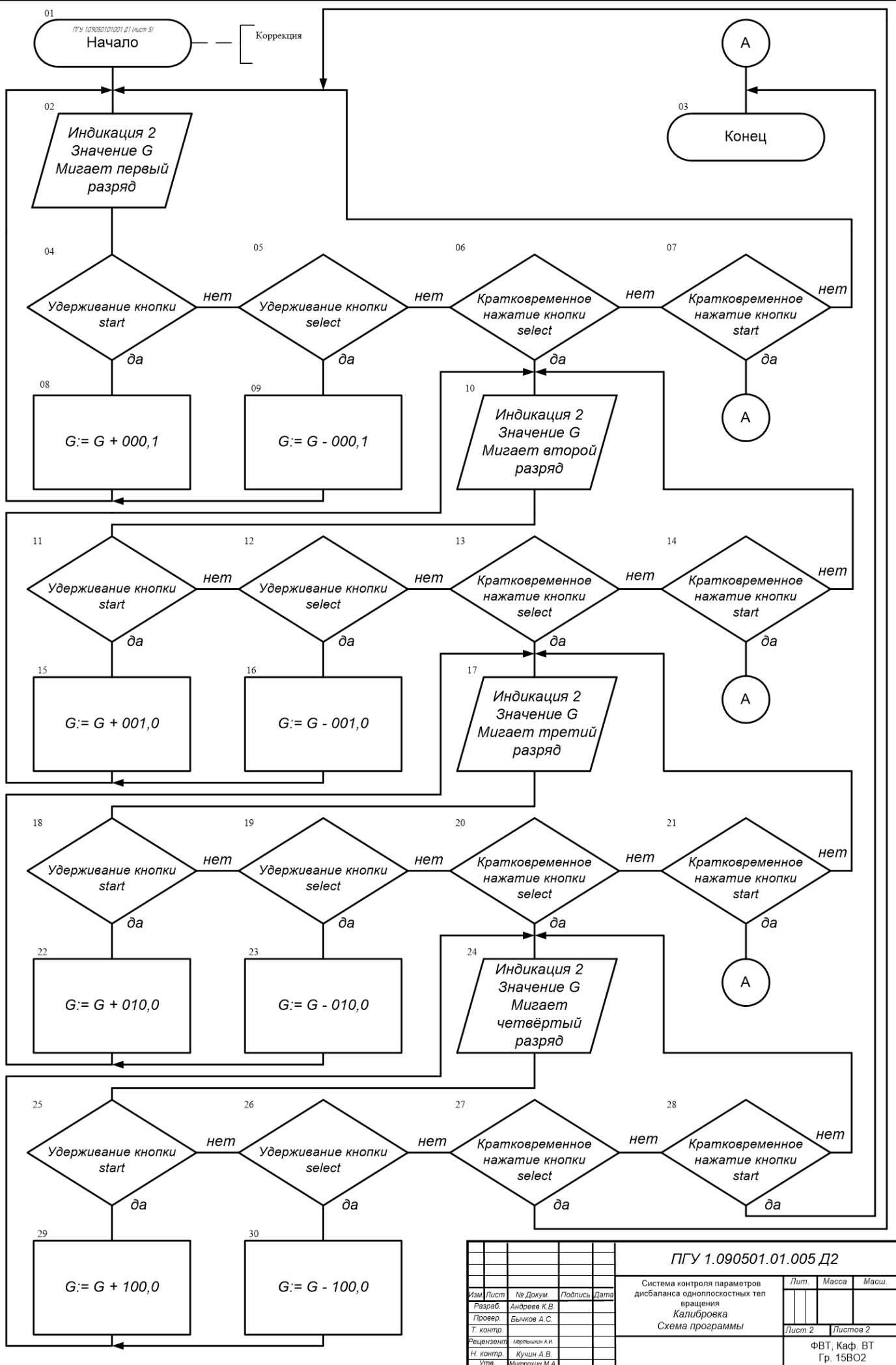
					ПГУ 1.090501.01.004 ПЭЗ						
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Система балансировки одноплоскостных тел вращения Микропроцессорный блок Перечень элементов			Лит.	Лист	Листов	
Разраб.		Андреев К.В.								1	1
Пров.		Бычков А.С.									
Т.контр											
Рецензент		Мартышкин А.И.									
Н.контр		Кучин А.В.									
Утв.		Митрохин М.А.						ФВТ, Каф.ВТ Гр.15В02			

Приложение Г
(обязательное)
СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ДИСБАЛАНСА
ОДНОПЛОСКОСТНЫХ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ
АЛГОРИТМ

					ПГУ 1.090501.01.001 ПЗ	Лист
						94
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



					ПГУ1.090501.01.005 Д2				
					Система контроля параметров дисбаланса однофазных тепловращения				
					Калибровка				
					Схема программы				
Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	Лит.		Масса	Масш.	
Разраб.		Андреев К.В.							
Провер.		Бычков А.С.							
Т. контр.									
Рецензент		Митрохина А.И.							
Н. контр.		Кучин А.В.							
Утв.		Митрохина М.А.							
					Лист 1		Листов 2		
					ФВТ, Каф. ВТ Гр. 15В02				



Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата
Разраб.	Андреев К.В.			
Провер.	Бычков А.С.			
Т. контр.				
Рецензент	Ивертский А.И.			
Н. контр.	Кучин А.В.			
Утв.	Митрохин М.А.			

ПГУ 1.090501.01.005 Д2

Система контроля параметров
дисбаланса одноплоскостных тел
вращения
Калибровка
Схема программы

Лит. Масса Масс.

Лист 2 Листов 2

ФВТ, Каф. ВТ

Гр. 15В02

Приложение Д
(обязательное)
СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ДИСБАЛАНСА
ОДНОПЛОСКОСТНЫХ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ
ПРЕЗЕНТАЦИЯ

					ПГУ 1.090501.01.001 ПЗ	Лист
						97
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Выпускная квалификационная работа

На тему:

«Система контроля параметров дисбаланса одноплоскостных тел вращения»

Выполнил: студент гр. 15В02
Андреев К.В.
Руководитель ВКР: к.т.н., доцент
Бычков А.С.

2020

Рисунок 1 – Слайд №1

Цель данной работы – разработать систему контроля параметров дисбаланса одноплоскостных тел вращения.

Объектом разработки является аппаратный комплекс, обеспечивающий контроль параметров дисбаланса тел вращения в колебательном режиме работы.

Для уменьшения неуравновешенности при изготовлении, ремонте, эксплуатации производят балансировку тел вращения путём изменения их массы или геометрии.

Наиболее известное применение балансировки – автомобильное производство и обслуживание автомобилей во время эксплуатации. Обратим на эту проблему особое внимание.

Рисунок 2 – Слайд №2

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.090501.01.001 ПЗ

Лист

98



Рисунок 3 – Слайд №3



Рисунок 4 – Слайд №4

Система контроля параметров дисбаланса тел вращения. Экономическая часть.

Согласно проведенным расчетам себестоимость системы будет составлять 3580,57 рублей. Розничная цена единицы продукции равна 5634,204 рубля, а оптовая цена составит 5122,004 рубля за единицу. При инвестиционных вложениях в производство данной системы, период окупаемости составит 6 месяцев.



Рисунок 7 – Слайд №7

Система контроля параметров дисбаланса одноплоскостных тел вращения.

г. Пенза
2020

Рисунок 8 – Слайд №8

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.090501.01.001 ПЗ

Лист

101