

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»**

Институт «Политехнический», факультет «Энергетический»

Кафедра «Автоматизированный электропривод»

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ**

Заведующий кафедрой, к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_/А.Н. Шишков/

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2018 г.

---

**АВТОМАТИЗАЦИЯ СОРТИРОВКИ ДЕТАЛЕЙ**

---

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К ВЫПУСКНОЙ  
КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ**

**ЮУрГУ-13.03.02.2018.256 ВКР**

*Руководитель проекта:*

Доцент, к.т.н.

\_\_\_\_\_/А.Н. Горожанкин/

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2018 г.

*Автор проекта*

*студент группы* \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_/А.В. Сохина/

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2018 г.

*Нормоконтролер*

Доцент, к.т.н.

\_\_\_\_\_/А.Е. Бычков /

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2018 г.

Челябинск

2018 г.

## АННОТАЦИЯ

Сохина А.В. Автоматизация сортировки деталей.  
– Челябинск: ЮУрГУ, П-477, 44 с., 10 ил., 17 табл.,  
библиографический список – 8 наим.

Целями выпускного квалификационного проекта являются: применений знаний, полученных в процессе обучения и умение применять обоснованные в технико-экономическом отношении решения инженерных задач, создание автоматизированной системы управления типовым технологическим процессом.

Проект включает в себя – технологический процесс, описание, принцип и порядок его работы, инициализацию входных и выходных сигналов программируемого контроллера, составление уравнений для автоматизированной работы этого процесса, разработка программы для записи в ПЛК, разработка функциональной схемы системы.

					<b>ЮУрГУ-13.03.02.2018.256.01ПЗ</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
Разраб.		Сохина А.В.			<b>Автоматизация сортировки деталей</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Провер.		Горожанкин А.Н					4	44
Реценз						<b>ЮУрГУ Кафедра «АЭП»</b>		
Н. Контр.		Бычков А.Е.						
Утверд.		Шишков А.Н.						

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....	5
2 СОСТАВЛЕНИЕ СПИСКА СИГНАЛОВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ.....	7
3 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМАМИ ОБЪЕКТА.....	10
4 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ.....	14
5 РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ КОНВЕЙЕРОВ.....	16
6 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ АВТОМАТИЗАЦИИ.....	24
6.1 Выбор блока управления.....	24
6.2 Выбор центрального процессора.....	25
6.3 Выбор датчиков технологической информации.....	26
7 РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ.....	36
8 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.....	37
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	43
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	44
ПРИЛОЖЕНИЯ	
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	45
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	46
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	47

## ВВЕДЕНИЕ

В современном мире большая часть существующих типовых технологических процессов автоматизирована. Роль оператора-человека заключается в контроле над исправностью работы системы автоматизации и принятии решения в аварийных ситуациях, если это необходимо.

Данный курсовой проект рассматривает процесс автоматизации сортировки деталей. Предполагаемый контроллер, реализующий автоматизацию в данной системе – SIEMENS SIMATIC S7-1200, выбран на основании актуальности и удобства эксплуатации.

Для создания человеко-машинного интерфейса и решения задач операторного управления в системе предлагается пульт управления, на котором оператор может выбирать необходимый режим работы, осуществлять запуск механизма, наблюдать световую индикацию состояний системы.

Для приведения механизмов в движения будут использованы асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, управление которыми осуществляется с помощью устройств плавного пуска.

Применение подобной системы автоматизации сортировки деталей позволяет увеличить производительность, уменьшить экономические затраты и снизить вовлеченность человека до минимума.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2018.256.01 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						3
	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

## 1 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Детали трех разных видов: заготовка, основание и крышка, поступают на конвейер.

Направляющая обеспечивает правильное расположение детали на конвейере под датчиком. Детали подаются на конвейер в одинаковом положении таким образом, чтобы QR-код находился в левом верхнем углу детали, датчики (Д1, Д2 и Д3) определяют вид детали. В случае, если датчик не распознает деталь, срабатывает аварийный барьер, не допускающий дальнейшее движение детали, на пульте управления включается лампочка «Аварийный стоп».

В зависимости от вида детали, срабатывает одна из направляющих Н1...Н3, которая определяет движение детали дальше по одному из трех выходных конвейеров. Направляющие оснащены транспортной лентой для обеспечения разворота и дальнейшего движения детали на выходной конвейер. Конвейеры на выходе могут работать в реверсивном режиме, в случае проведения ремонтных и наладочных работ.

Перед выходными конвейерами стоит датчик, определяющий наличие детали.

В ручном режиме предусмотрено включение в работу конвейера подачи и выходных конвейеров кнопками с пульта управления, а также аварийная остановка при нажатии кнопки «Аварийный стоп».

Переключатель режимов работы расположен на пульте управления, на котором расположены кнопки «Пуск» и «Стоп» для управления включением и выключением механизма в работу. При нажатии кнопки «Сброс», так же расположенной на пульте управления, происходит сброс аварийной остановки и счетчиков индикаторов. Индикаторы на пульте управления показывают количество деталей определенного вида, прошедших через датчик.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2018.256.01 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						4
<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			

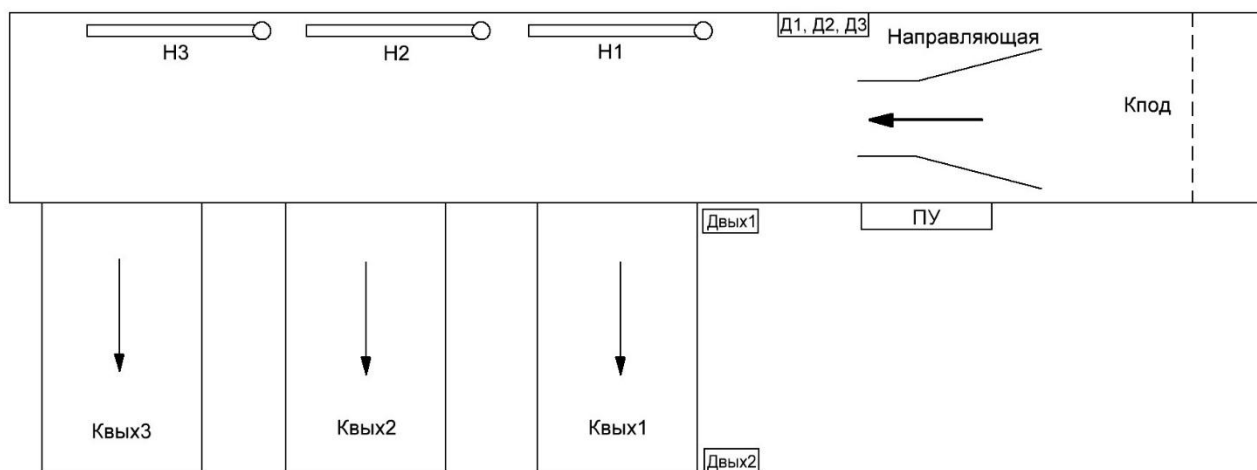


Рисунок 1.1 – Линия сортировки деталей

Кпод – конвейер подачи;

Направляющая – определяет расположение детали под датчиками распознавания вида;

ПУ – пульт управления;

Барьер – аварийный барьер;

Н1, Н2, Н3 – направляющие, обеспечивающие движение деталей на выходные конвейеры;

Д1 – датчик, распознающий наличие заготовки;

Д2 – датчик, распознающий наличие крышки;

Д3 – датчик, распознающий наличие основания;

Двых1 – датчик, считывающий нахождение деталей перед выходными конвейерами;

Двых2 – датчик, считывающий нахождение деталей в конце длины выходных конвейеров;

Квых1, Квых2, Квых3 – выходные конвейеры.

Лист	№ документа	Подпись	Дата	

## 2 СОСТАВЛЕНИЕ СПИСКА СИГНАЛОВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

На основании описания технологического процесса необходимо составить список команд, с помощью которых будет реализовываться работа системы.

Для управления системой должны быть сформированы следующие команды:

- включение в работу привода конвейера подачи;
- включение поворота и вращения транспортерных лент направляющих;
- включение в работу привода выходных конвейеров.

В данной работе в качестве приводов вращения всех используемых конвейеров и направляющих выбраны асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, подробный выбор которых будет рассмотрен в разделах 5 и 6.

Помимо сигналов включения в работу исполнительных механизмов, необходимо иметь сигналы индикации состояния системы, выводящиеся на пульт управления:

- сигнал «Стоп»;
- сигнал «Пуск»;
- индикатор счета количества заготовок;
- индикатор счета количества крышек;
- индикатор счета количества оснований.

Пульт управления представляет собой панель с кнопками, лампами, переключателем режима и индикаторами. Сигналы, предназначенные для управления работой системы в ручном режиме, представлены ниже:

- сигнал «Пуск»;
- сигнал «Стоп»;
- сигнал «Сброс»;
- сигнал «АварСтоп».

Для передачи информации о состоянии системы в работе используются датчики технологической информации:

- датчики, распознающие вид детали (Д1, Д2, Д3);

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2018.256.01 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						6
<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			

– датчик, сигнализирующий о наличии детали перед выходным конвейером (Двых1);

– датчик, сигнализирующий о наличии детали в конце транспортной линии выходного конвейера (Двых2).

Более подробный список команд, используемых в системе, с описанием соответствий действий сигналов и команд представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Сигналы и команды, используемые в системе автоматизации

Переменные	Обозначение	Наименование	Принятое значение (единица)
Входные сигналы пульта управления	Пуск	Сигнал пуск	Есть/Нет
	Авто	Сигнал автоматического режима	Есть/Нет
	Руч	Сигнал ручного режима	Есть/Нет
	Стоп	Сигнал стоп	Есть/Нет
	Сброс	Сигнал сброса аварийной остановки	Есть/Нет
Выходные сигналы пульта управления	ИндСч1	Индикатор счета заготовок	0...255
	ИндСч2	Индикатор счета оснований	0...255
	ИндСч3	Индикатор счета крышек	0...255
	Лстоп	Индикатор сигнала стоп	Есть/Нет
	Лсброс	Индикатор сигнала сброс	Есть/Нет
	Лпуск	Индикатор сигнала пуск	Есть/Нет
Входные сигналы контроллера	Д1	Датчик распознавания заготовок	Есть/Нет
	Д2	Датчик распознавания крышек	Есть/Нет
	Д3	Датчик распознавания оснований	Есть/Нет
	Двых1	Датчик положения детали перед выходным конвейером	Есть/Нет
	Двых2	Датчик положения детали в конце выходного конвейера	Есть/Нет



Продолжение таблицы 1

Переменные	Обозначение	Наименование	Принятое значение (единица)
	ДнЗ	Датчик положения заготовки перед выходным конвейером	Есть/Нет
	ДкЗ	Датчик положения заготовки в конце выходного конвейера	Есть/Нет
	ТекСчКр	Текущий счет крышек	0...255
	ТекСчОсн	Текущий счет оснований	0...255
	ТекСчЗаг	Текущий счет заготовок	0...255
Выходные сигналы контроллера	Авт	Сигнал автоматического управления	Есть/Нет
Переменные	Обозначение	Наименование	Принятое значение (единица)
	АварСтоп	Аварийный стоп	Есть/Нет
	КонПодачи	Сигнал включения в работу конвейера подачи	Есть/Нет
	КонВых1	Сигнал включения в работу выходного конвейера 1	Есть/Нет
	КонВых2	Сигнал включения в работу выходного конвейера 2	Есть/Нет
	КонВых3	Сигнал включения в работу выходного конвейера 3	Есть/Нет
	Н1	Сигнал поворота и вращения направляющей 1	Есть/Нет
	Н2	Сигнал поворота и вращения направляющей 2	Есть/Нет
	Н3	Сигнал поворота и вращения направляющей 3	Есть/Нет

Данная таблица будет использована в качестве основы для разработки функциональной схемы и программного обеспечения.

### 3 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМАМИ ОБЪЕКТА

Алгоритм работы контроллера можно условно разделить на четыре функциональных блока:

- 1) Автоматический режим;
- 2) Сигналы для обеспечения движения конвейеров;
- 3) Сигналы включения направляющих;
- 4) Счет и индикация количества деталей.

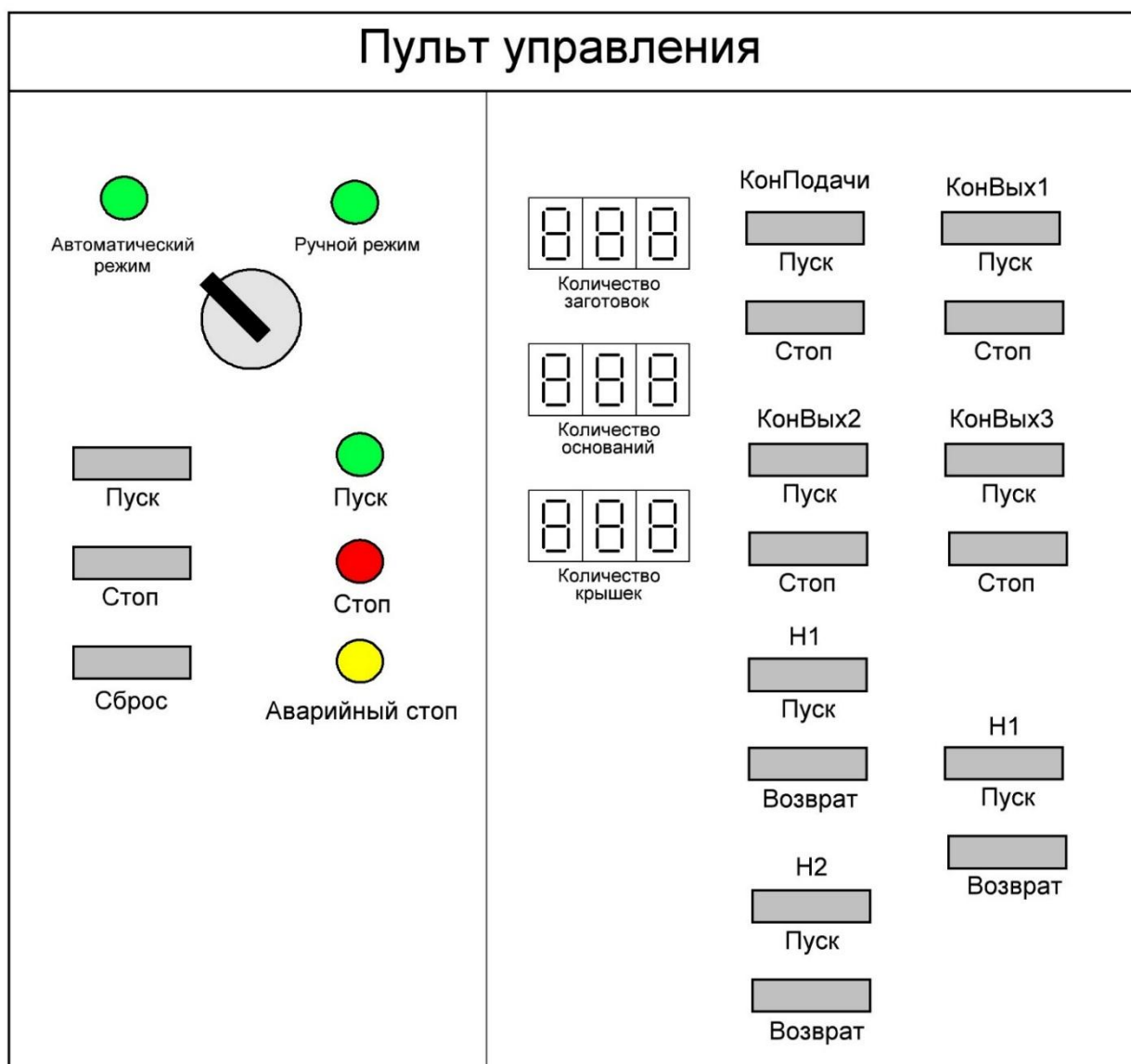


Рисунок 3.1 – Пульт управления

### 3.1 Сигналы управления.

Сигнал работы в автоматическом режиме.

Сигнал работы в автоматическом режиме возникает при нажатии кнопки «Пуск», переведении переключателя Авт/Руч в положение «Авт». Для возникновения сигнала также необходимо отсутствие памяти нажатия аварийной остановки:

$$\text{Авт} = (\text{Пуск} \cdot \text{Авто} \cdot \overline{\text{РаварСтоп}} + \text{Авт}) \cdot \overline{\text{Стоп}} \cdot \overline{\text{АварСтоп}} \cdot \overline{\text{Сброс}}.$$

Сигнал аварийной остановки.

Сигнал аварийной остановки в автоматическом режиме формируется при подачи сигнала «Ошибка» с датчиков распознавания. Выключающим условием является нажатие кнопки «Сброс»:

$$\text{АварСтоп} = (\text{ОшибкаД1} + \text{ОшибкаД2} + \text{ОшибкаД3} + \text{АварСтоп}) \cdot \overline{\text{Сброс}}.$$

Сигнал индикации остановки.

Остановка процесса происходит при нажатии кнопки «Стоп» с пульта управления. Индикатором остановки работы системы является лампа стоп, которая активна при отсутствии сигналов автоматического или ручного режима:

$$\text{Лстоп} = \text{Стоп}.$$

Индикация сигнала «Сброс».

Сброс счетчика количества деталей происходит при нажатии кнопки «Сброс» на пульте управления. Индикатором сигнала «Сброс» служит лампа сброс:

$$\text{Лсброс} = \text{Сброс}.$$

### 3.2 Сигналы для обеспечения движения конвейеров

Сигнал включения конвейера подачи.

Сигнал включения подачи формируется при двух возможных вариантах:

$$\text{КонПод} = (\text{КонПод1} + \text{КонПод2}).$$

Первый вариант включения конвейера подачи.

Первый вариант включения конвейера подачи — это отсутствие сигнала с датчика типа объекта и сигнала движения конвейера на выходе:

$$\text{КонПод1} = \overline{\text{Ркр}} \cdot \overline{\text{Рзаг}} \cdot \overline{\text{Росн}} \cdot \overline{\text{КонВых}}.$$

Второй вариант включения конвейера подачи.

Второй вариант включения конвейера подачи — это наличие сигнала одного из трех видов деталей и отсутствие движения конвейера на выходе:

$$\text{КонПод2} = [(\text{Ркр} + \text{Рзаг} + \text{Росн}) \cdot \overline{\text{КонВых}} + \text{КонПод2}] \cdot \text{Авт.}$$

Сигнал включения конвейеров на выходе.

Сигнал включения конвейеров на выходе возникает во втором варианте включения в работу конвейера подачи.

$$\text{КонВых} = \text{КонВых1} + \text{КонВых2} + \text{КонВых3},$$

$$\text{КонВых1} = (\text{КонПод2} + \text{КонВых1}) \cdot \overline{\text{Двых2}} \cdot \text{Росн},$$

$$\text{КонВых2} = (\text{КонПод2} + \text{КонВых2}) \cdot \overline{\text{Двых2}} \cdot \text{Ркр},$$

$$\text{КонВых3} = (\text{КонПод2} + \text{КонВых3}) \cdot \overline{\text{Двых2}} \cdot \text{Рзаг}.$$

Сигнал наличия основания.

Сигнал наличия основания формируется при отсутствии сигналов наличия крышек и заготовок, а также соответствующего сигнала от датчика типа объекта на входе. Сброс происходит после прохождения объекта за датчик на выходе:

$$\text{Росн} = (\text{Д1} \cdot \overline{\text{Ркр}} \cdot \overline{\text{Рзаг}} + \text{Росн}) \cdot \overline{\text{Двых1}}.$$

Сигнал наличия крышки.

Сигнал наличия крышек формируется при отсутствии сигналов наличия оснований и заготовок, а также соответствующего сигнала от датчика типа объекта на входе. Сброс происходит после прохождения объекта за датчик на выходе:

$$\text{Ркр} = (\text{Д2} \cdot \overline{\text{Росн}} \cdot \overline{\text{Рзаг}} + \text{Ркр}) \cdot \overline{\text{Двых1}}.$$

Сигнал наличия заготовки.

Сигнал наличия заготовки формируется при отсутствии сигналов наличия оснований и крышек, а также соответствующего сигнала от датчика типа объекта на входе. Сброс происходит после прохождения объекта за датчик на выходе:

$$\text{Рзаг} = (\text{Д3} \cdot \overline{\text{Росн}} \cdot \overline{\text{Ркр}} + \text{Рзаг}) \cdot \overline{\text{Двых1}}.$$

### 3.3 Сигналы включения направляющих.

Поворот и вращение направляющих конвейера заготовок.

Поворот и вращение направляющих конвейера заготовок происходит при возникновении сигнала наличия заготовок:

$$N1 = P_{заг.}$$

Поворот и вращение направляющих конвейера оснований.

Поворот и вращение направляющих конвейера оснований происходит при возникновении сигнала наличия оснований:

$$N2 = P_{осн.}$$

Поворот и вращение направляющих конвейера крышек.

Поворот и вращение направляющих конвейера крышек происходит при возникновении сигнала наличия крышек:

$$N3 = P_{кр.}$$

### 3.4 Счет и индикация количества деталей

Счет количества деталей.

Счет количества деталей определенного типа происходит при появлении сигнала наличия детали. Сброс счетчиков осуществляется при нажатии кнопки Сброс на пульте управления.

Индикация количества деталей.

Текущее значение счетчика количества деталей определенного типа отображается с помощью индикаторов, расположенных на пульте управления.

Представленные уравнения будут использованы в разделе 8 для разработки программного обеспечения для программируемого логического контроллера SIMATIC S7-120.

#### 4 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

На рисунке 3 представлена функциональная схема автоматизации сортировки деталей, разработанная на основании описания технологического процесса и сигналов блока управления.

Функциональные элементы представленные на схеме:

- пульт управления (ПУ);
- блок управления (БУ);
- приводной двигатель (М1) конвейера подачи;
- приводной двигатель (М2) управления направляющей Н1;
- приводной двигатель (М3) управления направляющей Н2;
- приводной двигатель (М4) управления направляющей Н3;
- приводной двигатель (М5) конвейера выхода Квых1;
- приводной двигатель (М6) конвейера выхода Квых2;
- приводной двигатель (М7) конвейера выхода Квых3;
- направляющие (Н1, Н2, Н3);
- направляющая для позиционирования деталей под датчиком (Направляющая);
- датчики технологической информации (Д1, Д2, Д3, Двых1, Двых2);
- блок питания (БП).

Питание контроллера, пульта управления и датчиков осуществляется от блока питания, преобразующего переменный трехфазный ток напряжением 380В в постоянный ток напряжением 24В.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2018.256.01 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						13
<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			

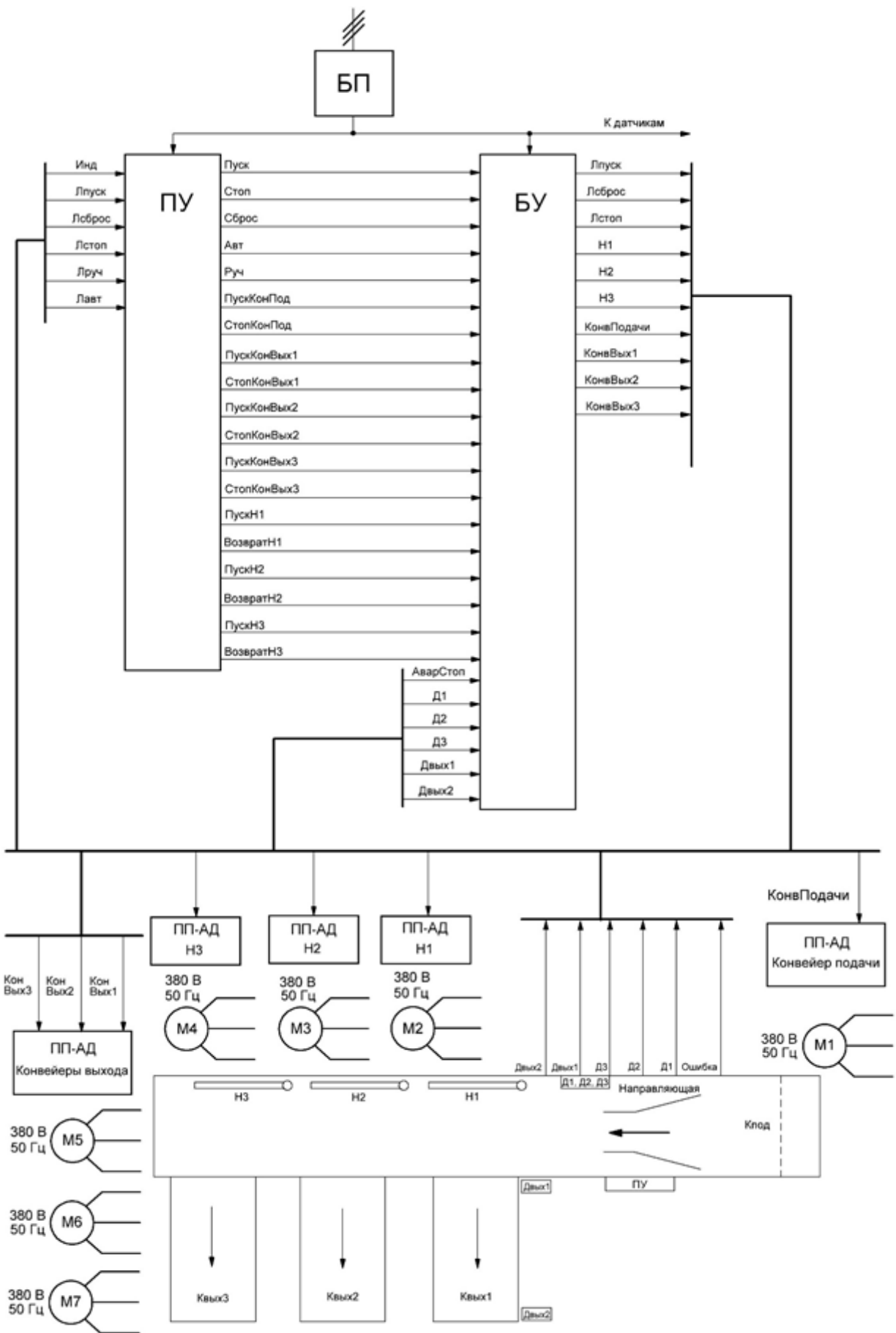


Рисунок 4.1 – Функциональная схема системы автоматизации

Лист	№ документа	Подпись	Дата

## 5 РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ КОНВЕЙЕРА ПОДАЧИ

Основными частями ленточного конвейера являются рама, приводной барабан, натяжной барабан, ролики конвейера, транспортерная лента.

На раме закреплены ролики, по которым транспортерная лента скользит, и перемещает груз в пространстве. Для натяжения ленты служит два больших ролика, называемых барабанами. Натяжной барабан закреплен на подшипниковом узле и служит для регулировки натяжения ленты. Приводной барабан конвейера закреплен на противоположном конце конвейера и имеет специальный вал, который соединен с электродвигателем через редуктор.

Движение ленты транспортера происходит с помощью передачи вращательного движения от электродвигателя к приводному барабану.

Кинематическая схема ленточного конвейера представлена на рисунке 4.

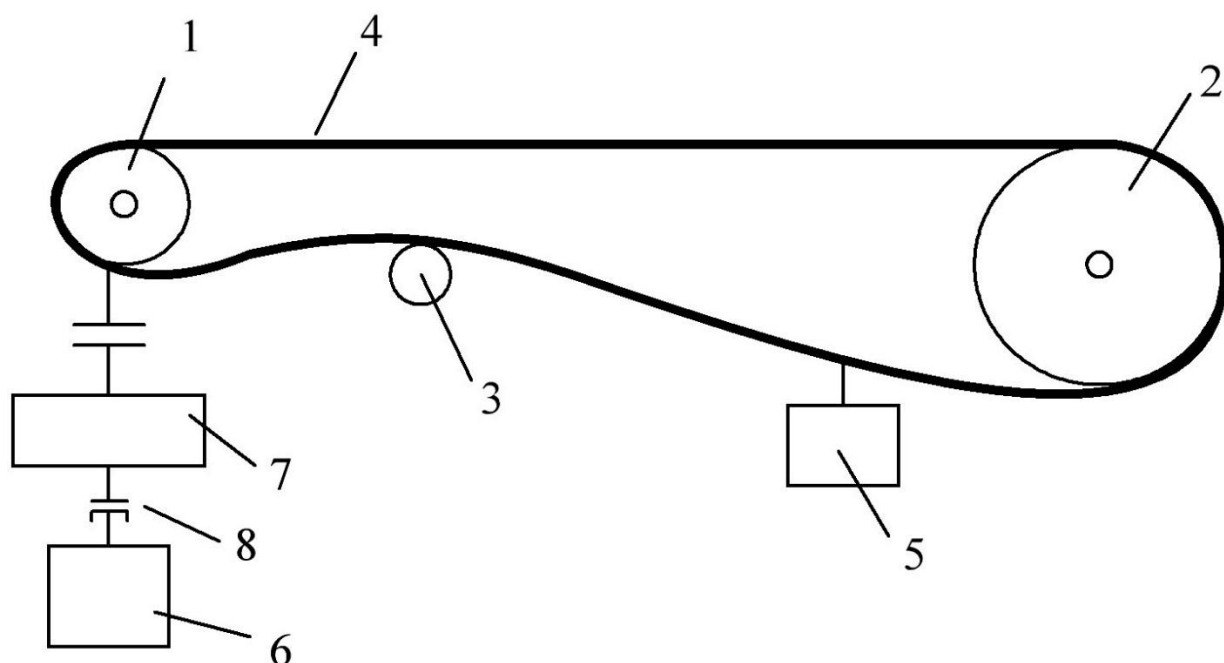


Рисунок 5.1 – Кинематическая схема ленточного конвейера подачи:

- 1 – приводной барабан; 2 – натяжной барабан; 3 – роликовые опоры;  
4 – прорезиненная лента; 5 – натяжное устройство; 6 – электродвигатель;  
7 – редуктор; 8 – тормозной шкив

Лист	№ документа	Подпись	Дата	



Мощность электродвигателя ленточного конвейера рассчитывается по формуле [7]:

$$P = \frac{KP_0}{\eta}, \quad (5.1)$$

где  $K = 1,1 \dots 1,4$  – коэффициент, учитывающий условия работы конвейера (легким условиям работы соответствует меньшее значение);

$\eta = 0,6 \dots 0,85$  – КПД привода (предварительно выбираем равным 0,85);

$P_0$  – мощность на приводном валу.

$$P_0 = \frac{W_0 \cdot \eta}{D_p \cdot \eta_B}, \quad (5.2)$$

где 
$$\eta_B = \frac{1}{1 + \omega_c(2K_S - 1)}, \quad (5.3)$$

$D_p$  – диаметр ролика;

$\omega_c = 0,04$  – коэффициент сопротивления барабана;

$W_0$  – туговая сила конвейера;

$K_S$  – функция от коэффициента сцепления барабана с лентой и от угла его обхвата лентой (табл. 2);

Таблица 2 – Значение коэффициента  $K_S$

Значение коэффициента сцепления барабана с лентой $\mu$	$K_S$ при угле обхвата барабана лентой		
	180°	200°	225°
0,15	1,5	1,42	1,35
0,25	1,85	1,73	1,61
0,35	2,65	2,46	2,26
0,4	2,86	2,27	2,1

Значения коэффициента сцепления барабана с лентой  $\mu$  выбирается по таблице 3.

Таблица 3 – Значения коэффициента сцепления барабана с лентой  $\mu$

Материал поверхности барабана	Влажность атмосферы	Коэффициент сцепления
Чугун, сталь	Очень влажная	0,1
	Влажная	0,2
	Сухая	0,3
Дерево, резина	Очень влажная	0,15
	Влажная	0,25
	Сухая	0,4

Материалом поверхности барабана, используемого в данном проекте, является сталь. Влажность атмосфера примем «влажная». Таким образом, коэффициент сцепления барабана с лентой  $\mu$  будет равным 0,2.

Соответственно, при выбранном значении коэффициента сцепления барабана, определим значение коэффициента  $K_S$ . Если принять углом обхвата лентой равным  $180^\circ$ , то по таблице 2, значение коэффициента  $K_S$  будет равно 1,85.

Зная значение коэффициента  $K_S$ , найдем  $\eta_B$  из уравнения (5.3):

$$\eta_B = \frac{1}{1 + 0,04(2 \cdot 1,85 - 1)} = 0,9$$

Для расчета туговой силы конвейера используем следующую формулу:

$$W_0 = \omega \cdot L(g + g_k) + gH, \quad (5.4)$$

где  $\omega$  – коэффициент сопротивления;

$L$  – длина конвейера (для расчета конвейера подачи примем равной 10 м);

$g$  – погонная весовая нагрузка от груза, кг/м;

$g_k$  – погонная весовая нагрузка от движущихся частей конвейера, кг/м;

$H$  – высота конвейера (примем равной 1,5 м).

Значения коэффициента сопротивления  $\omega$  выбирается из таблицы 4.

Таблица 4 – Значения коэффициента сопротивления  $\omega$  для ленточных конвейеров

Условия работы конвейера	Вид роlikоопор	
	Прямые	Желобчатые
Чистое сухое помещение без пыли	0,018	0,02
Отапливаемое помещение, небольшое количество образованной пыли, нормальная влажность воздуха	0,022	0,025
Неотапливаемое помещение и работа вне помещения; большое количество абразивной пыли, повышенная влажность воздуха.	0,035	0,04

Прямые (плоские) роlikоопоры используются на прямых конвейерах для поддержки верхней и нижней ветвей ленты. Ролики могут быть гладкие, футерованные резиной и дисковые. Бывают роlikовые опоры на выносных шарикоподшипниках.

Желобчатая роlikоопора предназначена для поддержания верхней грузонесущей ветви ленты с углом наклона роlikов от 20 до 45 градусов. Для поддержания свободной ветви ленты используются роlikовые опоры с углом 10 градусов.

В данном проекте примем, что конвейер работает в отапливаемом помещении с небольшим количеством образований пыли и нормальной влажностью воздуха. Роlikоопоры выбираются прямыми.

Таким образом, коэффициент сопротивления  $\omega$  равен 0,022.

Погонная весовая нагрузка от груза  $g$ , т.е. среднее количество груза на одном метре длины конвейера, при непрерывном потоке груза определяется по формуле:

$$g = 1000F\rho_H, \quad (5.5)$$

где  $F$  – площадь поперечного сечения потока груза на конвейере,  $\text{м}^2$

$\rho_H$  – плотность материала (для твердых веществ эта величина может варьироваться от 1200 до 2000, для расчета в данном проекте выберем плотность материала равную  $1700 \text{ кг/м}^3$ ).

Для плоской ленты:

$$F = 0,11B^2, \quad (5.6)$$

где  $B$  – ширина ленты (в данном проекте примем ширину ленты равную 800 мм).

Тогда:

$$F = 0,11B^2 = 0,11 \cdot 0,8^2 = 70,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Подставив рассчитанное значение площади поперечного сечения потока груза на конвейере в формулу (5.4), найдем значения погонной весовой нагрузки:

$$g = 1000F\rho_H = 1000 \cdot 70,4 \cdot 10^{-3} \cdot 1,7 = 119,68 \text{ кг/м}$$

Погонная нагрузка от движущихся частей конвейера рассчитывается по следующей формуле:

$$g_K = 2 \cdot g_E + \frac{G_p}{l_p} + \frac{G_d}{l_d}, \quad (5.7)$$

где  $g_E$  – погонная нагрузка от ленты (приблизительно принимаем равной  $25 \cdot B$ ),  $\text{кг/м}$ ;

$G_p$  – масса вращающихся частей роlikоопоры (выбирается из таблицы 5),  $\text{кг}$ ;

$l_p$  – шаг рабочих роlikоопор,  $\text{м}$ ;

$l_d$  – шаг холостых роlikоопор,  $\text{м}$ .

Таблица 5 – Ориентировочная масса вращающихся частей роlikоопор

Ширина ленты, мм		400	500	650	800	1000	1200	1400
Диаметр ролика, мм		102	102	102	127	127	127	159
Масса вращающихся частей роlikоопор, кг	Прямых	6,0	7,5	10,7	19	21,5	26	40
	Желобчатых	10	11,5	12,5	22	25	29	50

Согласно таблице 5, для транспортной ленты шириной 800 м и диаметром ролика равным 127 мм, масса вращающихся частей прямых роlikоопор  $G_p$  равна 19 кг.

Шаг рабочих роlikоопор выбирается в зависимости от насыпной плотности транспортируемого груза и ширины ленты, по таблице 6.

Таблица 6 – Предельное расстояние между роlikоопорами рабочей ветви ленточного конвейера

Насыпная плотность, т/м <sup>3</sup>	Предельное расстояние между роlikоопорами при ширине ленты, мм			
	400–500	650–800	1000–1200	1200–1600
До 1	1500	1400	1300	1200
До 2	1400	1300	1200	1100
До 3,15	1300	1200	1100	1000

Согласно таблице 6, для ширины транспортной ленты равной 800 метров и для грузов плотностью до 2 т/м<sup>3</sup>, предельное расстояние между роlikоопорами рабочей ветви  $l_p$  принимаем равным 1300 мм.

Расстояние между роlikоопарами холостой ветви принимается равным от 200 до 3500 мм. Меньшее расстояние принимается для более широких лент. Таким образом, для конвейера подачи расстояние между роlikоопорами холостой ветви  $l_d$  примем равным 2500 мм.

Зная все необходимые значения и подставив их в формулу (5.6), получим:

$$g_k = 2 \cdot 25 \cdot 0,8 + \frac{19}{1,3} + \frac{19}{2,5} = 40 + 15,8 + 7,6 = 63,4 \text{ кг/м}$$

Подставив рассчитанные значения в формулу (5.4), найдем значение туговой силы конвейера подачи:

$$W_0 = 0,022 \cdot 10(119,68 + 63,4) + 119,68 \cdot 1,5 = 219,8 \text{ кг}$$

Рассчитав значение  $\eta_B$  и туговой силы конвейера  $W_0$ , найдем мощность на приводном валу из уравнения (5.2):

$$P_0 = \frac{219,8 \cdot 0,85}{127 \cdot 0,9} = 1,63 \text{ кВт}$$

Таким образом, требуемая мощность двигателя конвейера подачи, из формулы (5.1), будет рассчитана как:

$$P_{кп} = \frac{1,3 \cdot 1,63}{0,85} = 2,35 \text{ кВт}$$

Далее рассчитаем требуемую мощность конвейеров выхода. Ширина этих конвейеров, в отличие от конвейера подачи, равна 500 мм, длинна – 10 м.

Из формулы (5.7) найдем погонную нагрузку от движущихся частей конвейера для дальнейшего расчета туговой силы:

$$g_k = 2 \cdot 25 \cdot 0,5 + \frac{7,5}{1,4} + \frac{7,5}{2} = 25 + 5,36 + 3,75 = 34,11 \text{ кг/м}$$

Из формул (5.5) и (5.6) найдем значение погонной весовой нагрузки, также необходимого для дальнейшего расчета туговой силы:

$$g = 1000F\rho_H = 1000 \cdot 0,11B^2 \cdot 1,7 = 1000 \cdot 27,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1,7 = 46,75 \text{ кг/м}$$

Подставим рассчитанные значения в формулу (5.4) и найдем значение туговой силы одного из конвейеров выхода:

$$W_0 = 0,022 \cdot 10(46,75 + 34,11) + 46,75 \cdot 1,5 = 87,9 \text{ кг}$$

Для того, чтобы найти значение мощности на приводном валу, используем формулу (5.2):

$$P_0 = \frac{87,9 \cdot 0,85}{102 \cdot 0,9} = 0,81 \text{ кВт}$$

Таким образом, согласно формуле (5.1), требуемая мощность одного конвейера выхода будет равна:

$$P_{\text{КВ}} = \frac{1,3 \cdot 0,81}{0,85} = 1,24 \text{ кВт}$$

Выбор двигателей, соответствующих рассчитанным значениями мощностей конвейера подачи и конвейера выхода, будет произведен в разделе 6.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2018.256.01 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						22
<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			

## 6 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

### 6.1 Выбор блока управления

Для осуществления управления логическими сигналами, в качестве программируемого контроллера выберем Siemens S7-1200.

ПЛК S7-1200 имеют компактные пластиковые корпуса со степенью защиты IP20, могут монтироваться на стандартную 35 мм профильную шину DIN типа или на монтажную плату. Контроллер имеет от 10 до 284 дискретных или от 2 до 67 аналоговых каналов ввода-вывода [4].



Рисунок 6.1 – Внешний вид ПЛК Siemens SIMATIC S7-1200

Характеристики:

- Имеется 5 моделей центральных процессоров с различной производительностью, объемами встроенной памяти и тремя видами модификаций (DC/DC/DC, DC/DC/RLY, AC/DC/RLY);
- Все типы центральных процессоров имеет два аналоговых входа (0-10 В), встроенный блок питания датчиков (24 В) и набор дискретных входов/выходов.
- Оснащен встроенным интерфейсом Ethernet/PROFINET;
- Программируется на языках LAD, FBD и SCL;
- Время выполнения логической операции: до 0,08 мкс;
- Обеспечивает обслуживание до 32 ведомых устройств.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2018.256.01 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						23
<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			



## 6.2 Выбор центрального процессора

В S7-1200 используется 5 моделей центральных процессоров, которые разделяются по производительности, объемам встроенной памяти, количеству и виду встроенных входов/выходов. Существует три основных вида модификации CPU [5]:

1) DC/DC/DC: с напряжением питания равным 24В, дискретными входами по 24В и дискретным выходами по 24В/0,5А на основе транзисторных ключей;

2) DC/DC/RLY: с напряжением питания равным 24В, дискретными выходами по 24В и дискретными выходами с замыкающими контактами реле и нагрузочной способностью до 2А на каждый контакт;

3) AC/DC/RLY: с напряжением питания равным 115/230В переменного напряжения, дискретными входами по 24В и дискретными выходами с замыкающими контактами реле и нагрузочной способностью до 2А на каждый контакт.

Допускается подключение до трех коммуникационных модулей на центральные процессоры, а также установку одной сигнальной коммуникационной платы или модуля батареи. Дополнительно к CPU можно подключить от двух до восьми сигнальных модулей.

С целью обеспечения необходимой производительности выбираем CPU 1214C конфигурации DC/DC/DC, который обладает следующими характеристиками:

- Наличие двух встроенных аналоговых входов 0 ... 10В;
- Наличие двух импульсных выходов (РТО), характеризующихся частотой следования импульсов, достигающей 100кГц;
- Обслуживание до 32 ведомых устройств, подключаемых к контроллеру через промышленные сети;
- Встроенные дискретные входы универсального назначения, позволяющие вводить потенциальные или импульсные сигналы;

- Интерфейс Ethernet (TCP/IP, ISO-на-TCP);
- Выходы (PWM) (широтно-импульсной модуляции), частота следования импульсов – до 100кГц;
- Возможность опционального расширения памяти с применением SIMATIC Memory Card;
- Наличие трех скоростных счетчиков (100кГц) с возможностью настройки входов, разрешения работы и параметров сброса. Эффективная эксплуатация как в режиме суммирующего, так и вычитающего счета. Позволяют подключать инкрементальные датчики положения;
- Поддержка функций ПИД регулирования;
- Возможность расширения с помощью дополнительных коммуникационных интерфейсов RS485, RS232, а также аналоговой или дискретной сигнальной платой без изменения (увеличения) установочных размеров процессора;
- Встроенные аппаратные часы реального времени с запасом хода при перебоях питания до двадцати суток.

Для подачи всех используемых в системе сигналов необходим дополнительный модуль ввода-вывода. Выбираем модуль SM 1221, т.к. он имеет восемь дополнительных цифровых входов.

### 6.3 Выбор датчиков технологической информации

В качестве датчика определения вида детали количества деталей разного типа используется датчик технического зрения фирмы OMRON линейки ZFV.

ZFV это линия «умных» сенсоров, заключающих в себе свойства оптического датчика и датчика технического зрения. Среди остальных линеек датчиков фирмы OMRON их отличает относительно низкая цена. Характеристик и свойств датчиков этой линии достаточно для реализации системы автоматизации, представленной в данной работе.

Для удобства установки каждый датчик оснащен светочувствительным сенсором. Датчики оснащены LCD-монитором, что делает управление более

простым. Сверхвысокая скорость срабатывания позволяет использовать датчики этой серии для установки на быстродвижущихся линиях производства.

Датчики, представленные в рамках этой линии, разделяются по диапазону захвата информации. Датчики с узким диапазоном захвата работают на расстоянии от 34 до 49 мм, в то время как расстояние датчиков с широким диапазоном достигает 194 мм.

Установка датчика включает в себя выбор самого датчика и выбор блока усиления. В данной работе выбран датчик ZFV-SR50, технические данные которого представлены в таблице 7 [6].

Т.к. в работе используются детали трех разных видов, необходимо три датчика для их распознавания.

Таблица 7 – Технические характеристики датчика ZFV-SR50

Параметр	Значение
Расстояние установки, мм	От 38 до 194
Диапазон срабатывания, мм	От 10x9,2 до 50x46 мм
Соотношение между расстоянием установки и диапазоном срабатывания	
Способ освещения объекта	Импульсное освещение
Источник освещения объекта	LED-лампы красного цвета (8 шт)
Чувствительный элемент	ПСЗ
Затвор	Электронный затвор, время записи: 1/1000-1/4000
Ток потребления, мА	200

Продолжение таблицы 7

Параметр	Значение
Температура окружающей среды	Эксплуатация: 0-40 °С, хранение: -25 – 65 °С
Допустимая влажность	От 35 до 85%
Способ соединения	Кабель
Длина кабеля	2 или 5 м
Степень защиты	IP65
Материал корпуса	АБС
Материал крепления	ПБТ
Вес	С кабелем длиной 2 м – 200 гр, с кабелем длиной 5 м – 350гр



Рисунок 6.2 – Внешний вид датчика ZFV-SR50

Для каждого датчика выбираем блок усилителя ZFV-A25, технические данные которого представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические параметры блока усилителя ZFV-A25

Параметр	Значение
Тип выхода	PNP
Выход	Открытый коллектор
Критерии считывания	Форму, яркость, ширина, расположение, счет, символы

Продолжение таблицы 8

Параметр	Значение
Время реагирования, мс	4 – 12 (в зависимости от типа критерия)
Тип интерфейса	Цифровой
Дисплей	LCD экран с TFT сенсором
Напряжение питания, В	20,4-26,4
Ток потребления, мА	600
Температура окружающей среды	Эксплуатация: 0-40 °С, хранение: -25 – 65 °С
Допустимая влажность	От 35 до 85%
Тип соединения	Кабель длиной 2 м
Степень защиты	IP20
Материал изготовления	Поликарбонат
Вес, гр	300 (включая кабель)



Рисунок 6.3 – Внешний вид блока усиления ZFV-A25

Для определения нахождения детали в начале и в конце его транспортной ленты выходного конвейера используется два оптический датчика типа EE-SY310 [6], так же от фирмы OMRON. Технические характеристики выбранных датчиков представлены в таблице 9. На рисунке 7 изображены внутренние цепи и выходы для подключения датчика.

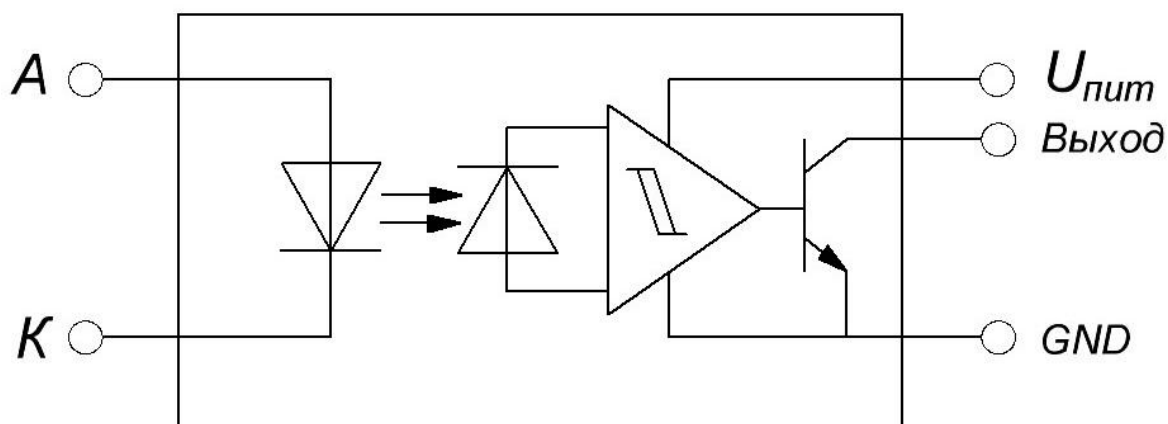


Рисунок 6.4 – Принципиальная схема оптоэлектронного датчика EE-SY310

Таблица 9 – Технические характеристики датчика EE-SY310

Параметр	Значение
Прямой ток излучателя, мА	50
Обратный ток излучателя, мА	До 10
Прямое напряжение излучателя, В	1,5
Обратное напряжение излучателя, В	4
Импульсный ток излучателя, А	1
Напряжение питания приемника, В	16
Напряжение на выходе приемника, В	28
Ток на выходе приемника, мА	16
Допустимая рассеиваемая мощность, мВт	250
Температура окружающей среды	Эксплуатация: от -40 до 75 °С Хранение: от -40 до 85 °С

#### 6.4 Выбор блока питания

К блоку питанию подключены: контроллер, пульт управления, система распознавания деталей (датчик и блок усиления), датчики определения нахождения деталей в начале выходных конвейеров и датчики определения нахождения деталей для каждого из трех выходных конвейеров.

Параметром для выбора блока питания является сумма всех потребляемых мощностей. Используя информацию о технических данных из руководств по эксплуатации выбранных элементов системы, можно рассчитать их общую мощность потребления:

$$P_{\text{Потр}} = U_{\text{пу}} \cdot I_{\text{пу}} + 3 \cdot U_{\text{Д}} \cdot I_{\text{Д}} + U_{\text{БУ}} \cdot I_{\text{БУ}} + U_{\text{Двых1}} \cdot I_{\text{Двых1}} + U_{\text{Двых2}} \cdot I_{\text{Двых2}};$$

$$P_{\text{Потр}} = 24 \cdot 0,50 + 3 \cdot 24 \cdot 0,20 + 24 \cdot 0,60 + 24 \cdot 0,05 + 24 \cdot 0,05 = 43,2 \text{ Вт.}$$

Согласно рассчитанному значению выбираем источник питания NES-50-24 фирмы MeanWell с мощностью 52 Вт. Технические параметры выбранного источника представлены в таблице 10 [6].

Таблица 10 – Технические параметры блока питания NES-50-12

Параметр	Значение
Тип источника питания	NES-50-24
Номинальное входное напряжение, В	230
Выходное напряжение, В	24
Выходной ток, А	2,2
Выходная мощность, Вт	52
Количество выходов	3
Напряжение изоляции вход-выход, кВ	3
Напряжение изоляции вход-земля, кВ	1,5
Напряжение изоляции выход-земля, В	500
Вид подключения	Однофазное
Конструктивное исполнение	В кожухе

Продолжение таблицы 10

Параметр	Значение
Защита	От короткого замыкания, перегрузки, перенапряжения
КПД, %	86
Размер	129x98x38 мм

### 6.5 Выбор электродвигателя

Согласно разработанной функциональной схеме (рис. 3), необходимо выбрать семь двигателей. Исходя из условий эксплуатации и соображений эргономичности, выбираем асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором.

Согласно значениям мощностей, рассчитанным в предыдущем разделе, выбираем электродвигатели в каталоге Ярославского электромашиностроительного завода (ОАО «ELDIN»), т.к. они обладают следующими преимуществами [8]:

- экономия электроэнергии благодаря высоким кпд и управлению преобразователем частоты;
- универсальное применение и снижение складских расходов благодаря серийному исполнению со степенью защиты IP54 или IP55 и применению съемных лап;
- на валу двигателя, со стороны противоположной приводе, устанавливается инкрементальный энкодер DFS60;
- повышенный срок эксплуатации, надежность и термическая перегрузочная способность благодаря применению изоляции класса нагревостойкости F (перегрев обмотки двигателя 80 °С);
- высокий опрокидывающий момент и, как следствие, устойчивая работа в широком диапазоне регулирования;
- сниженные акустические показатели.



В качестве привода конвейера подачи выбираем трехфазный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором RA100L2.

Таблица 11 – Номинальные данные электродвигателя RA100L2

Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	И, А 380 В	J, кгм <sup>2</sup>	КПД, %	cosφ	Мн, Нм	Ммакс, Нм
3,0	2805	6,5	0,0022	82,6	0,86	10,2	32,7

Для привода конвейеров выхода выбираем три трехфазных асинхронных электродвигателя с короткозамкнутым ротором RA90S2.

Таблица 12 – Номинальные данные электродвигателя RA90S2

Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	И, А 380 В	J, кгм <sup>2</sup>	КПД, %	cosφ	Мн, Нм	Ммакс, Нм
1,5	2820	3,3	0,0015	81,3	0,87	5,1	13,7

Направляющие, которые распределяют детали между конвейерами выхода, не требуют большой мощности. Соответственно, двигатели, приводящие в движение направляющие, можно взять маломощные.

Для приводов направляющих выбираем три трехфазных асинхронных электродвигателя с короткозамкнутым ротором RA80A2

Таблица 13 – Номинальные данные электродвигателя RA80A2

Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	И, А 380 В	J, кгм <sup>2</sup>	КПД, %	cosφ	Мн, Нм	Ммакс, Нм
0,75	2835	1,8	0,0006	75,5	0,83	2,5	7,1

### 6.6 Выбор устройств плавного пуска

Для обеспечения включения в работу выбранных электродвигателей выберем устройства плавного пуска, т.к. в системе нет регулируемых электроприводов.

Для каждого из приводов, используемых в проекте, выбираем устройства плавного пуска линейки Altistart 01 фирмы Shneider Electric.

								Лист
								32
Лист	№ документа	Подпись	Дата	ЮУрГУ-13.03.02.2018.256.01 ПЗ				

Устройство Altistart 01 предназначено для управления разгоном и торможением стандартных трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором.

Устройство Altistart 01 осуществляет управлением моментом двигателя, что более предпочтительно, чем простое управление, основанное на изменении напряжения или ограничении тока. Используемые в устройстве Altistart 01 улучшенные алгоритмы управления предназначены для осуществления равномерного изменения частоты вращения на всей характеристике разгона/торможения и уменьшения нестабильности механизма в конце разгона.

Для управления включением в работу привода конвейера подачи выбираем устройство плавного пуска ATS01N125FT.

Таблица 14 – Номинальные данные устройства плавного пуска ATS01N125FT

Параметр	Значение
Серия продукта	Altistart 01
Номинальное напряжение питания, В	110...480
Мощность двигателя, кВт	3
Потребляемый ток, А	125
Тип пуска	Пуск с постепенным увеличением напряжения
Степень защиты IP	IP20
Продолжительность пуска	От 1 до 5 с
Пусковой момент	30...80% пускового момента при прямом пуске двигателя

Для управления включением в работу приводов конвейеров выхода выбираем устройство плавного пуска ATS01N109FT.

Таблица 15 – Номинальные данные устройства плавного пуска ATS01N109FT

Параметр	Значение
Серия продукта	Altistart 01
Номинальное напряжение питания, В	110...480
Мощность двигателя, кВт	1,5
Потребляемый ток, А	45
Тип пуска	Пуск с постепенным увеличением напряжения
Стиль сборки	С радиатором
Продолжительность пуска	От 1 до 5 с
Пусковой момент	30...80% пускового момента при прямом пуске двигателя

Для каждого из приводов направляющих также выбираем устройства плавного пуска ATS01N106FT.

Таблица 16 – Номинальные данные устройства плавного пуска ATS01N106FT

Серия продукта	Altistart 01
Номинальное напряжение питания, В	110...480
Мощность двигателя, кВт	0,75
Потребляемый ток, А	30
Тип пуска	Пуск с постепенным увеличением напряжения
Стиль сборки	С радиатором
Продолжительность пуска	От 1 до 5 с
Пусковой момент	30...80% пускового момента при прямом пуске двигателя

## 7 РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ

В данном разделе разработана принципиальная схема автоматизации процесса сортировки деталей, в соответствии с выбранной элементной базой. Схема представлена в приложении (чертеж П-477.13.02.03.00 ЭЗ).

Питание системы обеспечивается с помощью автоматического выключателя QF1, который также выполняет функцию защиты от короткого замыкания.

В целях исключения возможности самозапуска электродвигателей при исчезновении или резком снижении напряжения питающей сети в схеме установлен контактор KM1. При повороте ключ-бирки SA1 подается питание на силовые цепи и на пульт управления, после ее отпущения происходит самоподхват. А после нажатия кнопки SB1 силовые цепи разрываются.

Питание систем управления двигателями и защита их от короткого замыкания M1 – M7 осуществляется при помощи автоматических выключателей QF2 – QF8.

Низковольтные элементы в системе: пульт управления A1, датчики SQ1 – SQ5, питаются от блока питания G1, который выдает на выходе 24 В.

Для управления всем технологическим процессом в ручном режиме в системе предусмотрен пульт управления A1, на котором расположены кнопки управления пуском двигателей и поворотом направляющих, а также лампы индикации режимов работы.

Автоматизация технологического процесса реализуется программируемым контроллером A2. Входные сигналы поступают с пульта управления A1, датчиков технологической информации SQ1 – SQ5, а также выходные сигналы подаются на устройства плавного пуска двигателей (UZ1 – UZ7).

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2018.256.01 ПЗ</i>	Лист
						35
Лист	№ документа	Подпись	Дата			

## 8 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Для осуществления автоматизации сортировки деталей необходимо разработать программное обеспечение для контроллера S7-1200. Контроллер использует язык программирования LD (или язык лестничных диаграмм). На основании уравнений, представленных в главе 3, составим программу. Исправность работы разработанной программы проверена в ПО STEP7 v.5.3.

Результаты представления переменных в адресах ПЛК для входных, выходных и промежуточных сигналов представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Адреса переменных контроллера

№ п/п	Наименование сигнала, таймера, счетчиков или переменной	Обозначение переменной	Адрес
<b>Входные сигналы</b>			
1	Кнопка «Пуск» на пульте управления	Пуск	%I0.0
2	Кнопка «Сброс» на пульте управления	Сброс	%I0.1
3	Датчик в начале транспортерных лент конвейеров выхода	Двых1	%I0.2
4	Датчик в конце транспортерных лент конвейеров выхода	Двых2	%I0.3
5	Кнопка «Стоп» на пульте управления	Стоп	%I0.4
6	Положение «Авто» переключателя для работы в автоматическом режиме	Авто	%I0.5
7	Датчик оснований	Д1	%I0.6
8	Датчик крышек	Д2	%I0.7
9	Датчик заготовок	Д3	%I1.0
<b>Выходные сигналы</b>			
1	Активация конвейера подачи	КонПод	%Q0.0
2	Активация любого выходного конвейера	КонВых	%Q0.1
3	Поворот направляющей 1	Н1	%Q0.2
4	Поворот направляющей 2	Н2	%Q0.3
5	Поворот направляющей 3	Н3	%Q0.4
6	Сигнал включения в работу конвейера выхода 1	КонВых1	%Q0.5
7	Сигнал включения в работу конвейера выхода 2	КонВых2	%Q0.6
8	Сигнал включения в работу конвейера выхода 3	КонВых3	%Q0.7
9	Лампа «Пуск» на пульте управления	Лпуск	%Q1.0
10	Лампа «Сброс» на панели управления	Лсброс	%Q1.1

Продолжение таблицы 17

№ п/п	Наименование сигнала, таймера, счетчиков или переменной	Обозначение переменной	Адрес
11	Лампа «Стоп» на панели управления	Лстоп	%Q1.2
12	Общий сигнал работы конвейеров выхода	КонВых	%Q1.3
13	Индикация количества отсортированных заготовок	ИндСч1	%QD30
14	Индикация количества отсортированных оснований	ИндСч2	%QD34
15	Индикация количества отсортированных крышек	ИндСч3	%QD38
<b>Промежуточные переменные</b>			
1	Сигнал работы в автоматическом режиме	Авт	%M0.0
2	Первый вариант активации конвейера подачи	КонПодачи1	%M0.1
3	Второй вариант активации конвейера подачи	КонПодачи2	%M0.2
4	Сигнал наличия крышки	Ркр	%M0.3
5	Сигнал наличия основания	Росн	%M0.4
6	Сигнал наличия заготовки	Рзаг	%M0.5
7	Текущее значение счетчика крышек	ТекСчКр	%MW2
8	Текущее значение счетчика оснований	ТекСчОсн	%MW4
9	Текущее значение счетчика заготовок	ТекСчЗаг	%MW6

Инициализировав переменные в памяти контроллера, можно записать уравнения системы управления с учетом присвоенных названий переменных. Список уравнений представлен в таблице 17.

Таблица 18 – Уравнения в адресации контроллера S7-1200

Команда	Уравнения в адресах ПЛК
Авт	$M0.0 = (I0.0 \cdot I1.1 \cdot \overline{M0.1} + M0.0) \cdot \overline{I1.0} \cdot \overline{I1.2} \cdot \overline{I0.1}$
Лпуск	$Q1.1 = I0.0$
Лстоп	$Q1.3 = I1.0$
Лсброс	$Q1.2 = I0.1$
КонПод	$Q0.0 = M0.2 + M0.7$

Продолжение таблицы 18

Команда	Уравнения в адресах ПЛК
КонПод1	$M0.2 = \overline{ID30} \cdot \overline{Q0.2} + M0.2$
КонПод2	$M0.7 = [(M0.3 + M0.4 + M0.5) \cdot \overline{Q0.2} + M0.7] \cdot ID30$
КонВых1	$M0.7 = (Q0.2 + M0.7) \cdot I0.2 \cdot M0.5$
КонВых2	$M1.0 = (Q0.2 + M1.0) \cdot I0.3 \cdot M0.4$
КонВых3	$M1.1 = (Q0.2 + M1.1) \cdot I0.4 \cdot M0.6$
Росн	$M0.5 = (ID30 \cdot \overline{M0.4} \cdot \overline{M0.6} + M0.5) \cdot I0.2 \cdot \overline{I0.5}$
Ркр	$M0.4 = (ID30 \cdot \overline{M0.5} \cdot \overline{M0.6} + M0.4) \cdot I0.3 \cdot \overline{I0.6}$
Рзаг	$M0.6 = (ID30 \cdot \overline{M0.4} \cdot \overline{M0.5} + M0.6) \cdot I0.4 \cdot \overline{I0.7}$
Н1	$Q0.3 = M0.5$
Н2	$Q0.4 = M0.5$
Н3	$Q0.5 = M0.4$

Ниже представлены лестничные диаграммы с учетом адресации переменных в памяти контроллера.

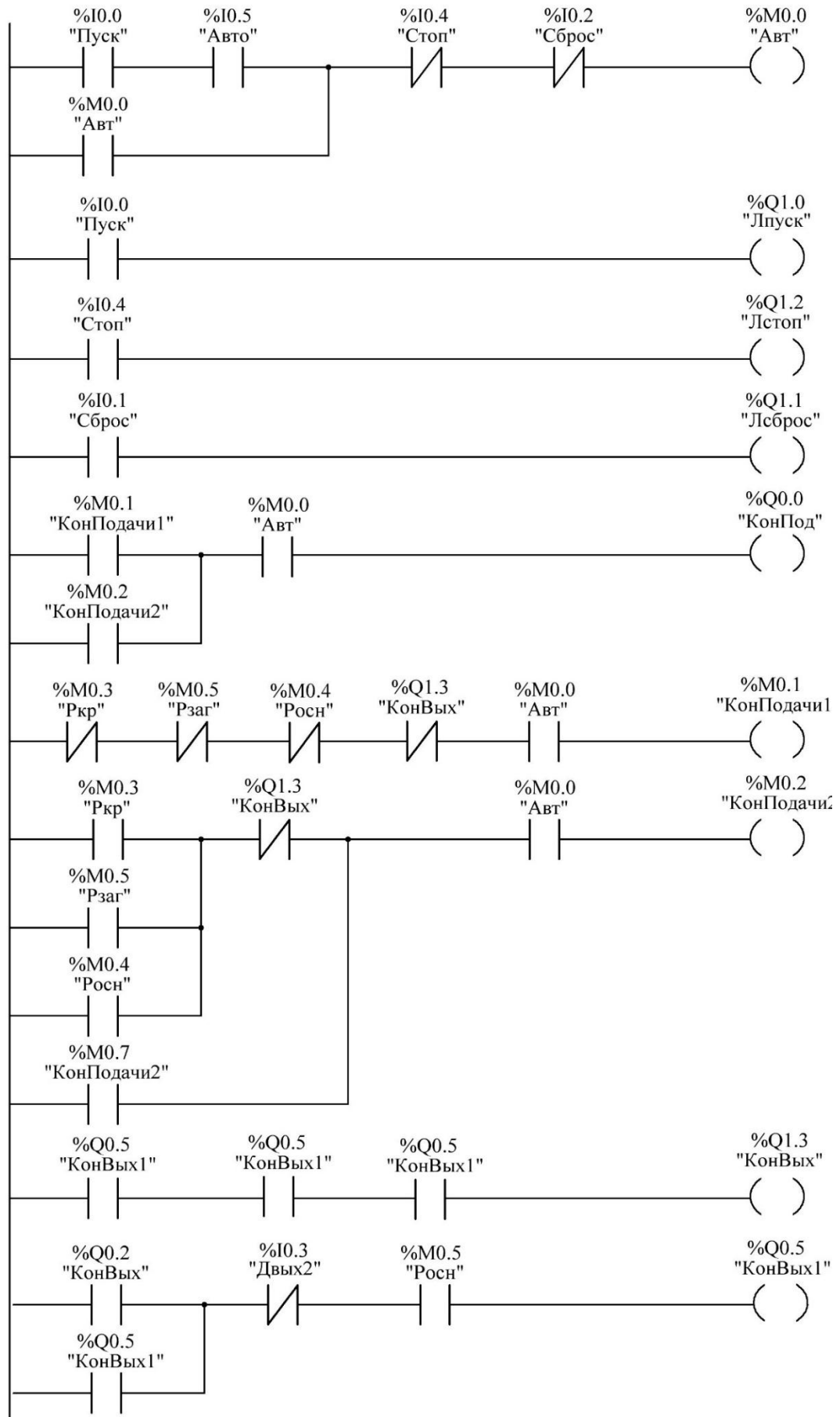


Рис. 8.1 – Лестничные диаграммы



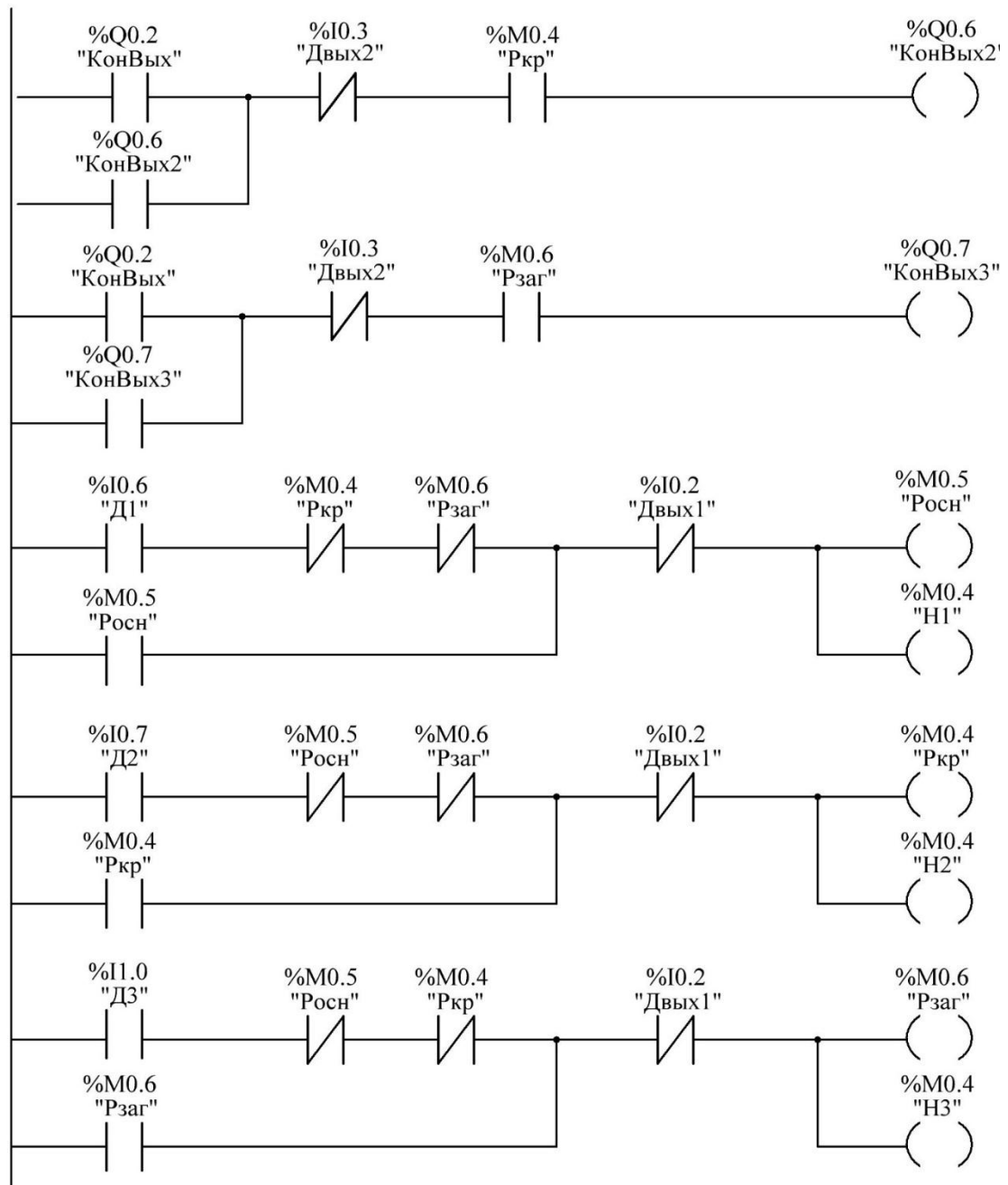


Рис. 8.2 – Лестничные диаграммы

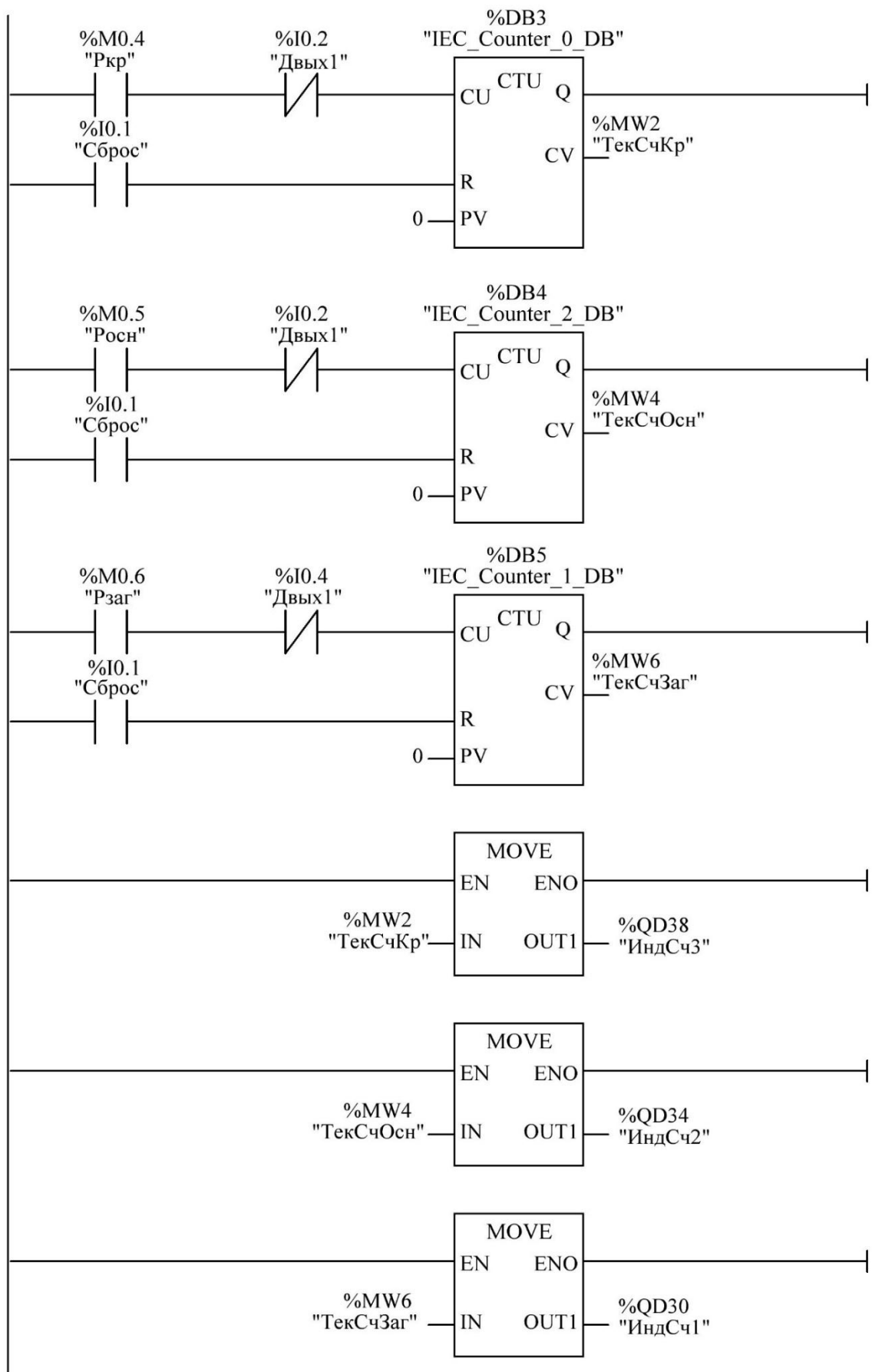


Рис. 8.3 – Лестничные диаграммы

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном курсовом проекте была разработана система автоматизации сортировки деталей. Было составлено описание технологического процесса, приведена упрощенная схема объекта автоматизации (рисунок 1.1). Дано описание конструкции и кинематики механизмов. Также была описана последовательность работы механизмов объекта и связь между ними.

На основании описания технологического процесса, последовательности работы механизма и требований к данной системе был разработан алгоритм работы системы автоматизации в виде логических уравнений. Также был разработан пульт управления системой автоматизации сортировки деталей (рисунки 3.1).

Исходя из требований к системе автоматизации, алгоритма работы автоматизации отдельных механизмов и выбранной элементной базы была составлена функциональная схема (рисунок 4.1).

На основе алгоритма работы системы автоматизации было разработано программное обеспечение системы автоматизации. Все команды управления были записаны в адресах памяти программируемого логического контроллера.

Для питания слаботочных элементов системы был выбран источник питания NES-50-24 фирмы MeanWell. Так же выбрано семь двигателей Ярославского электромашиностроительного завода. Для обеспечения пуска и остановки этих двигателей выбраны устройства плавного пуска фирмы Schneider Electric серии Altistart 01.

На основании требований к системе автоматизации, разработанного алгоритма работы, особенностей выбранных элементов была разработана принципиальная схема «ЮУрГУ-13.03.02.256.02 ЭЗ» и перечень элементов «ЮУрГУ-13.03.02.256.03 ПЭ».

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2018.256.01 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						42
<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Борисов, А.М. Автоматизация технологических процессов (технологические средства, проектирование, лабораторный практикум): учебное пособие в 2 ч. / А.М. Борисов, Н.Е. Лях. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2001. – Ч.1. – 404 с.

2 Борисов, А.М. Программируемые устройства автоматизации: учебное пособие / А.М. Борисов, А.С. Нестеров, Н.А. Логинова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 186 с.

3 Стандарт предприятия: курсовые и дипломные проекты. Общие требования к содержанию и оформлению. СТО ЮУрГУ 04 – 2008. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2008. – 56 с.

4 Siemens сайт производителя. – <https://www.siemens.com>

5 ООО Сименс Департамент «Цифровое производство».Продукты SIMATIC для комплексной автоматизации. Информация и цены – 2017 – Москва: Изд-во АДВЕНТА, 2017. – 215 с.

6 ЗАО «ЧИП и ДИП» сайт магазина. – <https://www.chipdip.ru/>

7 Брус И.Д. Расчет ленточного транспортера: учебно-методические указания / Брус И.Д., Тураев Н.С. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2008. – 24 с.

8 ОАО «Ярославский электромашинный завод» – 2008 – Ярославль: Изд-во ELDIN, 2008. – 25 с.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2018.256.01 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						43
<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			