

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт открытого и дистанционного образования
Кафедра «Техника, технологии и строительство»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
к.т.н., доцент
_____ К.М. Виноградов
_____ 3 июля _____ 2020 г.

Автоматизированный электропривод конвейерной линии участка обвалки мясных
продуктов

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–13.03.02.2020.094.00 000 ПЗ ВКР

Руководитель работы,
Доцент, канд. техн. наук
_____ К.М. Виноградов
_____ 26.06 _____ 2020 г.

Автор работы
студент группы ДО – 503
_____ Е.А. Кувиков
_____ 26.06 _____ 2020 г.

Нормоконтролер, преподаватель
_____ О.С. Микерина
_____ 30.06 _____ 2020 г.

Челябинск 2020

АННОТАЦИЯ

Кувиков Е.А. Автоматизированный электропривод конвейерной линии участка обвалки мясных продуктов, 2020, 72 с., 29 ил., библиографический список – 20 наименования, 6 листов чертежей ф. А1.

После анализа существующего технологического процесса участка обвалки мясных продуктов предложено оснащение конвейерной линии автоматизированным электроприводом на основе преобразователя частоты, программируемого логического контроллера, сенсорной панели оператора, а также датчиков параметров работы конвейерной линии.

В работе выполнен расчет мощности необходимого электродвигателя, рассчитаны его механические характеристики, выбран преобразователь частоты, программируемый логический контроллер и другие компоненты автоматизированного электропривода. Также выполнены параметрирование преобразователя частоты, программирование управляющего контроллера и сенсорной панели оператора.

В экономическом разделе определена стоимость затрат на реализацию автоматизированного электропривода.

В разделе безопасности жизнедеятельности рассмотрены вопросы электробезопасности, пожарной безопасности и мероприятия по ликвидации аварийных ситуаций.

					13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>				
Разраб.	Кувиков Е.А.				Автоматизированный электропривод конвейерной линии участка обвалки мясных продуктов	Лит.	Лист	Листов
Провер.	Виноградов К.М.							72
Реценз.						ЮУрГУ		
Н.Контр.	Микерина О.С.							
Утверд.	Виноградов К.М.							

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	9
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ.....	11
1.1 Описание технологического процесса.....	11
1.2 Описание конвейера.....	12
1.3 Постановка задач на разработку.....	14
2 СРАВНЕНИЕ ПЕРЕДОВЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	16
3 РАСЧЕТ И ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ.....	22
3.1 Расчет и выбор электродвигателя.....	22
3.2 Расчет механических характеристик электропривода.....	23
4 ВЫБОР И НАСТРОЙКА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ.....	27
4.1 Выбор преобразователя частоты.....	27
4.2 Параметрирование преобразователя частоты.....	31
5 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ.....	36
5.1 Разработка структурной схемы системы.....	36
5.2 Программируемый логический контроллер.....	38
5.3 Панель оператора.....	39
5.4 Датчики.....	41
5.4.1 Датчик скорости ленты конвейера.....	41
5.4.2 Датчик контроля схода ленты конвейера.....	42
5.5 Компоновка шкафа автоматизации.....	44
5.6 Выводы по разделу.....	47
6 ПРОГРАММИРОВАНИЕ КОНТРОЛЛЕРА И СЕНСОРНОЙ ПАНЕЛИ.....	49
6.1 Алгоритм работы.....	49
6.2 Программирование управляющего контроллера.....	51
6.3 Программирование сенсорной панели.....	53
7 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	57
7.1 Организация и планирование работ по теме.....	57
7.1.1 Организация работ.....	57
7.1.2 График проведения работ.....	58
7.2 Расчёт стоимости проведения работ.....	59
7.2.1 Статья «Материалы, покупные изделия и полуфабрикаты».....	59
7.2.2 Статья «Специальное оборудование».....	60
7.2.3 Статья «Основная заработная плата».....	61
7.2.4 Статья «Дополнительная заработная плата».....	62
7.2.5 Статья «Страховые отчисления».....	62
7.2.6 Статья «Командировочные расходы».....	62
7.2.7 Статья «Контрагентские услуги».....	62
7.2.8 Статья «Накладные расходы».....	63
7.2.9 Статья «Прочие расходы».....	63

					13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

7.2.10	Полная себестоимость проекта.....	63
7.3	Расчет договорной цены.....	64
8	БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	65
8.1	Электробезопасность.....	65
8.2	Пожарная безопасность.....	66
8.3	Мероприятия по ликвидации аварийных ситуаций.....	68
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	70
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	71

					13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Производство мясной продукции в необходимых объемах и требуемого качества требует ответственного и взвешенного подхода на всех его стадиях, начиная от приемки туш и заканчивая хранением и реализацией мясных изделий. Одним из этапов производства мясной продукции является процесс обвалки мясных полутуш. Данный процесс, может требовать непосредственного участия человека, и его интенсификация возможна при использовании соответствующих механизмов для распилки, транспортировки и других действий над полутушами. В современных условиях, для облегчения труда обвальщиков, для исключения ошибок и увеличения скорости обвалки, применяются различные варианты автоматизации. Особенно это стало возможным с появлением доступных технологий автоматизации на основе программируемых логических контроллеров, преобразователей частоты, панелей операторского интерфейса, различных датчиков и других средств автоматизации. Применение современных технологий автоматизации позволяет обеспечить технологические линии необходимыми защитами и блокировками, исключить аварийные ситуации, вести статистику использования оборудования, представлять информацию о работе и состоянии оборудования в удобной графической или табличной форме. При этом не существует полностью стандартных и унифицированных решений по автоматизации технологических линий обвалки мясных полутуш. Это значит, что при разработке, модернизации, а также при эксплуатации технологических линий обвалки, требуется участие специалистов по автоматизации.

В связи с вышеперечисленным можно утверждать, что разработка автоматизированного электропривода конвейерной линии участка обвалки мясных полутуш является актуальной задачей, и ее результаты будут востребованы в условиях реального производства.

Объектом исследования и разработки в данной работе является комплекс оборудования технологической линии обвалки мясных полутуш.

Предметом исследования и разработки в данной работе является автоматизированный электропривод конвейерной линии участка обвалки мясных продуктов.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка автоматизированного электропривода конвейерной линии участка обвалки мясных продуктов.

Для достижения поставленной цели необходимо в работе решить следующие задачи:

1. Обзор литературы и постановка задач.
2. Сравнение передовых отечественных и зарубежных технологий и решений.
3. Расчет электропривода конвейера.
4. Настройка преобразователя частоты для электропривода конвейера.
5. Разработка системы автоматизации электропривода конвейера.

									Лист
									9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ				

6. Программирование контроллера для системы автоматизации электропривода конвейера.

7. Расчет экономических показателей разработки автоматизированного электропривода.

8. Изучение вопросов безопасности жизнедеятельности, связанных с разработкой автоматизированного электропривода.

					13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

1.2 Описание конвейера

Для транспортировки мясных полутуш применяется ленточный конвейер типа УКЛС-500 с прорезиненной лентой (табл. 1.1) [3].

Таблица 1.1 – Технические характеристики конвейера УКЛС-500

Параметр	Значение
Мощность приводного двигателя	до 37 кВт
Ширина ленты	500 мм
Насыпная плотность транспортируемого груза	до 1,6 т/м ³
Диаметр роликов	89; 102 мм
Скорость ленты	0,2 - 3 м/с
Производительность с плоской лентой	100 – 280 м ³ /ч
Длина конвейера	от 3 до 800 м
Напряжение	220/380 В

Исходя из данных таблицы 1.1, отметим, что данный конвейер характеризуется высокой производительностью, а также надежностью по транспортировке груза. Скорость движения его ленты может изменяться в определенных пределах.

На рисунке 1.2 показана схема оборудования конвейера УКЛС-500.

На рисунке 1.3 показана кинематическая схема конвейера УКЛС-500. На данном рисунке цифрами обозначены: 1 – ведомый барабан; 2 – поддерживающие ролики; 3 – лента; 4 – двигатель; 5 – передача; 6 – ведущий барабан; 7 – механизм натяжения; 8 – груз; 9 – отводной шкив; 10 – подшипник.

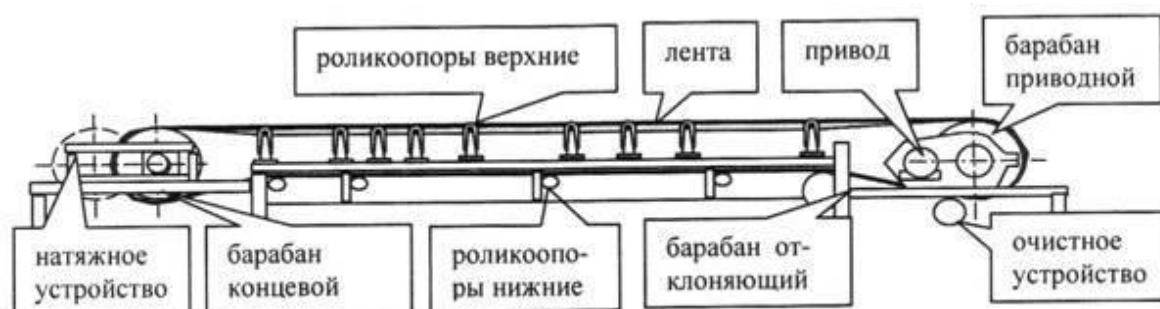


Рисунок 1.2 – Схема оборудования конвейера УКЛС-500

дополнительных отверстий, использованием роликов облегченной конструкции. Стандартный комплект поставки включает: приводную и натяжную станции, отклоняющие барабаны, роликоопоры с роликами, очистные устройства для ленты, рычажные и канатные выключающие устройства, аварийное и предохранительное устройства, устройство автоматики, резинотканевую ленту, конвейерный став с опорами, сетчатое ограждение рабочей ветви, укрытия для рабочей ветви, загрузочную воронку, разгрузочную течку, приемный стол, площадки обслуживания, перила, рамы и другие металлические конструкции.

1.3 Постановка задач на разработку

Выполним постановку задач на разработку автоматизированного электропривода конвейерной линии участка обвалки мясных полутуш.

Автоматизированный электропривод конвейерной линии должен состоять из следующих основных узлов и компонентов:

- асинхронный приводной двигатель;
- преобразователь частоты (ПЧ);
- программируемый логический контроллер (ПЛК);
- сенсорная панель оператора;
- датчик скорости ленты конвейера;
- датчик схода ленты конвейера;
- шкаф электротехнический для размещения оборудования (ПЛК, ПЧ, сенсорная панель, блок питания и другие компоненты).

Для реализации системы автоматизированного электропривода конвейерной линии необходимо решить следующие задачи:

- выполнить сравнение передовых отечественных и зарубежных технологий и решений;
- рассчитать мощность и выбрать электрический двигатель для электропривода конвейера;
- выбрать преобразователь частоты и выполнить его настройки для работы в составе автоматизированного электропривода конвейера;
- разработать структурную схему системы автоматизированного электропривода;
- выбрать программируемый логический контроллер;
- выбрать сенсорную панель оператора;
- выбрать датчики (скорость ленты конвейера, сход ленты конвейера);

					13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

- выполнить компоновку шкафа автоматизации для размещения необходимых компонентов;
- выполнить программирование управляющего контроллера для работы в составе автоматизированного электропривода;
- изучить вопросы экономики, связанные с разработкой автоматизированного электропривода;
- изучить вопросы жизнедеятельности, связанные с разработкой автоматизированного электропривода.

					13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

2 СРАВНЕНИЕ ПЕРЕДОВЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

Рассмотрим особенности применения и доступный функционал систем автоматизации технологических процессов и автоматизированного электропривода с частотными преобразователями для конвейерных линий на основе информации, доступной в сети интернет [4-9].

В [4] рассматривается автоматизация конвейерных линий с целью сокращения участия оператора в технологическом процессе. Применение данной системы автоматизации позволяет минимизировать действия по управлению технологического процесса. В случае технологической линии из нескольких конвейеров, задача оператора при такой системе сводится к пуску только одного первого конвейера, а включение остальных конвейеров происходит автоматически. При этом цепочка автоматизированного управления активируется с учетом нужного порядка запуска конвейеров.

В [5] отмечается, что при автоматизации конвейерных линий достигаются следующие преимущества:

- пуск/остановка, регулирование скорости, мониторинг состояния оборудования конвейерной линии с единого рабочего места оператора или диспетчера конвейерной линии;
- экономится время, затрачиваемое на запуск каждого конвейера в отдельности;
- сокращается количество персонала, необходимого для управления и обслуживанием конвейерных линий.

Автоматизация конвейера предполагает применение следующих функций:

- управление и контроль пусковых процессов электропривода конвейера;
- управление и контроль процесса регулирования скорости конвейера;
- контроль движения ленты конвейера;
- контроль схода ленты конвейера;
- контроль температуры приводного электродвигателя;
- контроль температуры редуктора и прочих механических элементов.

Также в [5] отмечаются ситуации при которых возможно автоматическое отключение питания или остановка электропривода конвейера:

- аварийный обрыв конвейерной ленты;
- чрезмерно длинный процесс включения (затянутый пуск);
- обрыв или «зажевывание» конвейерной ленты;

					13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

дискретных сигналов о состоянии процесса и оборудования посредством дискретных датчиков, непосредственное регулирование и управление технологическим процессом с помощью исполнительных механизмов.

На нижнем уровне системы располагаются следующие узлы и устройства – датчики (скорость ленты, сход ленты, избыточное давление, объемная доля окиси углерода, метан и др.), устройства сигнализации, электромонтажное оборудование, оборудование для непосредственного управления технологическим процессом (исполнительные механизмы, пусковая аппаратура и др.).

На втором (среднем) уровне системы располагаются программируемые логические контроллеры, которые собирают информацию от датчиков и формируют сигналы управления на исполнительные механизмы технологической линии. Обмен данными между нижним уровнем и средним уровнем системы автоматизации выполняется на основе аналоговых каналов связи или цифровых коммуникаций на основе RS-485.

					13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

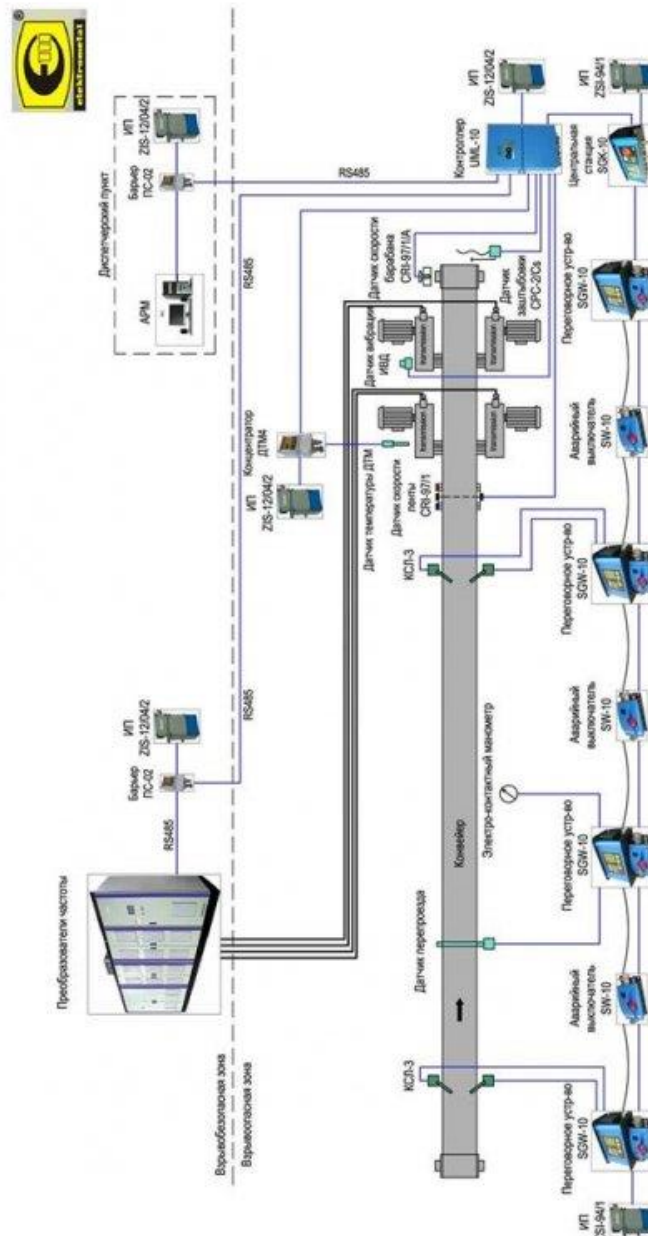


Рисунок 2.1 – Структурная схема системы автоматизации конвейерной
ЛИНИИ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Третий (верхний) иерархический уровень системы строится на основе IBM PC-совместимых персональных компьютеров. На третьем уровне системы выполняется диспетчерское или операторское управление. Физическое подключение среднего уровня к верхнему выполняется на основе коммуникаций типа Ethernet или RS-485. Программные подключения между этими уровнями выполняются на основе OPC-серверов или коммуникационных протоколов.

В [7] рассматривается универсальная автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП) «Конвейерные линии» от компании «Интегратор».

Основные функции и особенности данной АСУ ТП заключаются в следующем:

- измерение функциональных технологических параметров в работе конвейерных линий;
- автоматическое управление в ручном, дистанционном и автоматическом режимах оборудованием конвейерных линий;
- противоаварийное автоматическое управление конвейерной линией;
- визуализация технологического процесса на автоматизированном рабочем месте диспетчера (в цифровом и графическом виде);
- ведение и хранение суточных и исторических протоколов об авариях и работе технологического оборудования;
- работа системы автоматизированного управления на основе трехуровневой архитектуры.

В [8,9] представлена информация о применении частотных преобразователей для электропривода конвейерных линий.

Можно отметить следующие преимущества, которые могут быть получены при использовании частотного электропривода для конвейерных линий:

- управляемость технологического процесса;
- снижение потребления электрической энергии;
- плавный пуск и останов конвейера, находящегося под нагрузкой;
- оптимизация работы группы технологических механизмов.

Управляемость технологического процесса при использовании ПЧ для конвейерных линий заключается в возможности интеграции электропривода в систему управления технологическим процессом, а также необходимое регулирование скорости и дополнительный контроль технологического процесса.

Снижение потребления электрической энергии связано с оптимизацией скоростных режимов конвейера, например, связанного с переменной загрузкой ленты конвейера.

Плавный пуск и останов конвейера позволяют снизить нагрузку на механические и электрические узлы оборудования. Особенностью частотного электропривода также является возможность плавного пуска под нагрузкой, без снятия транспортируемого материала с конвейерной ленты.

					13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

3 РАСЧЕТ И ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

3.1 Расчет и выбор электродвигателя

Электродвигатель конвейера должен обеспечить необходимое тяговое усилие и необходимую скорость движения ленты с учетом запаса мощности, необходимой для обеспечения всех статических и динамических режимов работы.

Мощность электродвигателя конвейера определим по формуле:

$$P_{\text{Эп.конв.}} = k_3 \cdot \frac{F \cdot V}{\eta}, \quad (3.1)$$

где k_3 – коэффициент запаса мощности, позволяющий учесть необходимый запас мощности в динамических и статических режимах работы конвейера, принимаем $k_3 = 1,2$;

F – тяговое усилие на приводном барабане, из документации на технологию конвейера известно, что $F = 1000 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

V – скорость движения ленты конвейера, из документации на технологию конвейера известно, что $V = 2 \text{ м/с}$;

η – коэффициент полезного действия электропривода конвейера, принимаем $\eta = 0,9$.

Тогда мощность электродвигателя конвейера составит

$$P_{\text{Эп.конв.}} = 1,2 \cdot \frac{1000 \cdot 2}{0,9} = 2,67 \cdot 10^3 \text{ Вт} = 2,67 \text{ кВт.}$$

В соответствии с рассчитанным значением мощности электродвигателя конвейера выполним выбор соответствующего электродвигателя по каталогу. Выбор проводим из серии асинхронных электродвигателей АИР [10], которые являются электродвигателями общего исполнения. Применение специализированных серий электродвигателей для электропривода конвейера участка обвалки полутуш нецелесообразно. Выбираем электродвигатель общепромышленной серии типа АИР100S4, его параметры приведены в таблице 3.1.

					13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50}{2} = 157,08 \text{ с}^{-1}.$$

При расчете семейства механических характеристик принимаем во внимание, следующее:

- максимальный вращающий момент на валу электродвигателя во всем диапазоне частот питающего напряжения остается неизменным и равен $M_k = 44,69 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

- критическое скольжение во всем диапазоне частот питающего напряжения остается неизменным и равно $s_k = 0,1123$.

Расчет искусственных механических характеристик выполним для следующих значений пониженной частоты питающего напряжения: 40 Гц, 30 Гц, 20 Гц.

Учитываем, то что при скольжениях ниже критических ($s < s_k$) формула Клосса занижает действительные вращающие моменты. Поэтому при расчете в диапазоне скольжений $s < s_k$ выполним корректировку вычисленных значений вращающего момента. При корректировке ориентируемся на значения пускового и минимального момента электродвигателя, приведенные в паспорте электродвигателя (таблица 3.1).

Результаты расчетов механических характеристик электродвигателя АИР100S4 приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Механические характеристики электродвигателя АИР100S4

	s	ω , рад/с	M , Н · м
$f = 50 \text{ Гц}$	0	157,08	0
	$s_H = 0,027$	152,84	20,32
	0,1	141,37	44,4
	$s_k = 0,1123$	139,44	44,7
	0,2	125,66	38,17
	0,3	109,96	29,35
	0,4	94,25	23,27
	0,8	31,42	32,51
	1,0	0	40,64
$f = 40 \text{ Гц}$	0	125,66	0
	$s_H = 0,027$	122,27	20,32
	0,1	113,1	44,4
	$s_k = 0,1123$	111,55	44,7
	0,2	100,53	38,17
	0,3	87,96	29,35
	0,4	75,4	23,27
	0,8	25,13	32,51
	1,0	0	40,64

$f = 30 \text{ Гц}$	0	94,25	0
	$s_H = 0,027$	91,23	20,32
	0,1	84,82	44,4
	$s_K = 0,1123$	83,66	44,7
	0,2	75,4	38,17
	0,3	65,97	29,35
	0,4	56,55	23,27
	0,8	18,85	32,51
	1,0	0	40,64
$f = 20 \text{ Гц}$	0	62,83	0
	$s_H = 0,027$	61,14	20,32
	0,1	56,55	44,4
	$s_K = 0,1123$	55,78	44,7
	0,2	50,27	38,17
	0,3	43,98	29,35
	0,4	37,7	23,27
	0,8	12,57	32,51
	1,0	0	40,64

По данным таблицы 3.2 построим механические характеристики электродвигателя конвейера АИР100S4 (рис. 3.1).

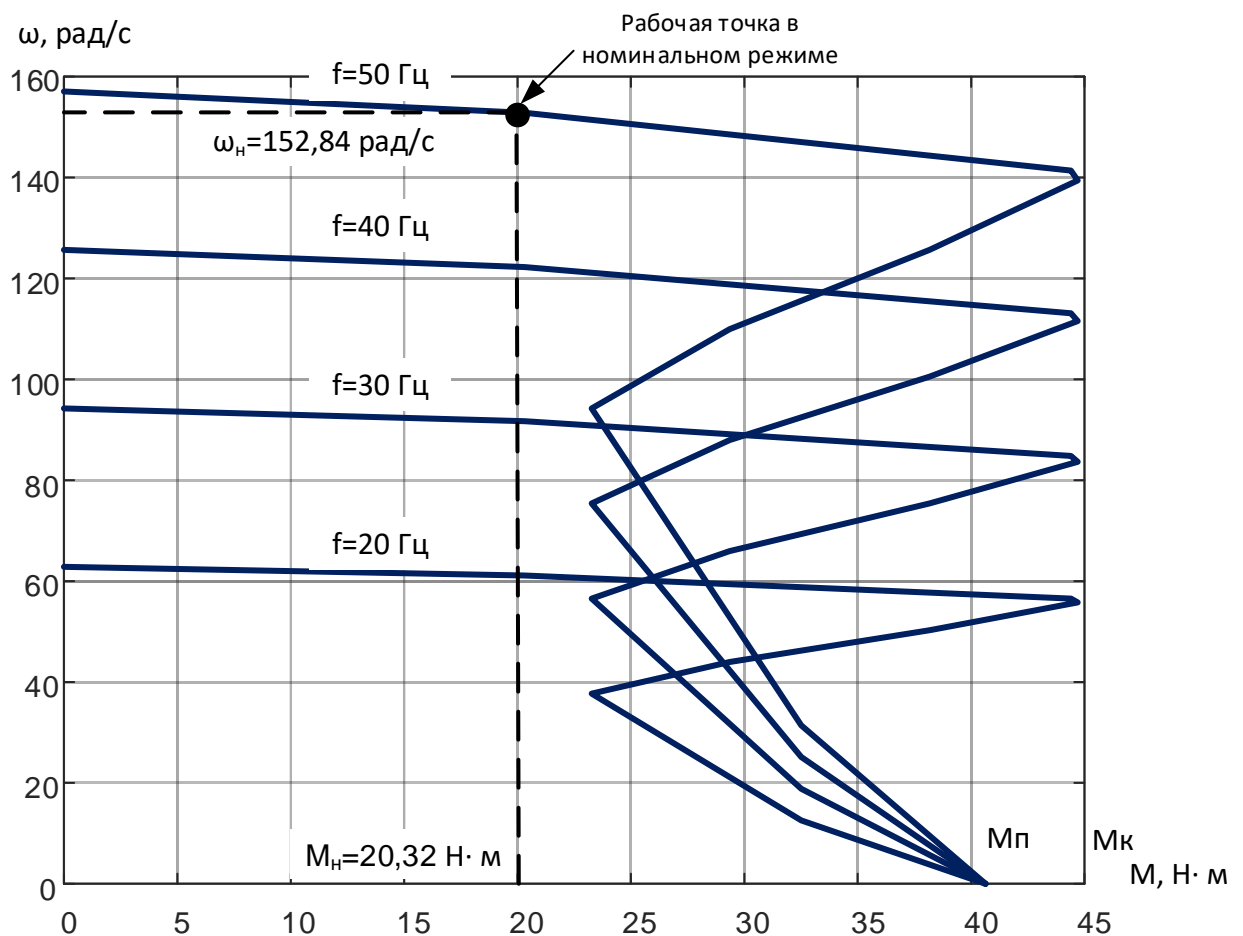


Рисунок 3.1 – Семейство механических характеристик асинхронного двигателя АИР100S4

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ

Лист

26

4 ВЫБОР И НАСТРОЙКА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ

4.1 Выбор преобразователя частоты

Преобразователь частоты (ПЧ), питающий электродвигатель конвейера необходим для обеспечения плавного пуска конвейера и регулирования скорости конвейера.

В настоящее время наиболее распространены преобразователи частоты типа – двухзвенный инверторный. Такой преобразователь частоты осуществляет преобразование напряжения питающей сети последовательно в напряжение постоянного тока, а затем в трехфазное напряжение регулируемой частоты.

Двухзвенные инверторные ПЧ должны соответствовать рассматриваемым электроприводам по следующим параметрам:

- диапазон изменения частоты на выходе ПЧ (определяется диапазоном изменения скорости вращения двигателя);
- мощность электродвигателя;
- диапазон изменения нагрузки на валу двигателя.

На рисунке 4.1 показана функциональная схема двухзвенного преобразователя частоты.

На данной схеме обозначены следующие функциональные узлы:

- неуправляемый выпрямитель;
- звено постоянного тока;
- автономный инвертор напряжения;
- узел торможения;
- система управления инвертором.

Силовой канал ПЧ необходим для выполнения двухступенчатого преобразование электрической энергии. Данное преобразование заключается в следующем:

					13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

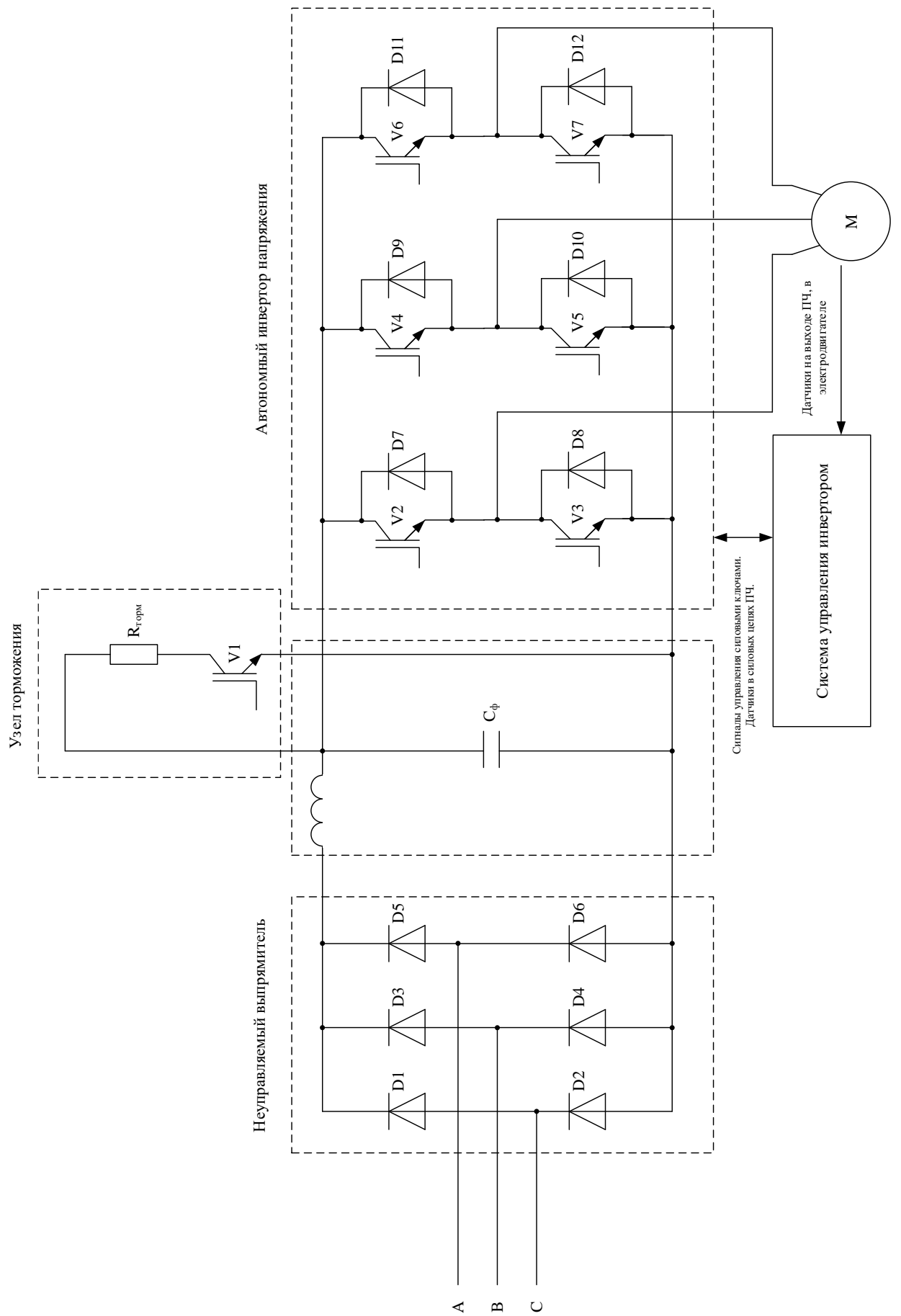


Рисунок 4.1 – Функциональная схема силовой части ПЧ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ

- выпрямление входного переменного напряжения на диодном выпрямителе;
- инвертирование ранее выпрямленного постоянного напряжения с помощью автономного инвертора напряжения (АИН).

Для случая рассматриваемого электропривода конвейера выпрямитель будет неуправляемым, т.к. ПЧ, соответствующей электродвигателю мощностью 4 кВт большинство преобразователей частоты выполняются с неуправляемым выпрямителем.

При возникновении режима рекуперации, асинхронный двигатель работает как генератор. При этом автономный инвертор напряжения питает статор двигателя током, который обеспечивает намагничивание двигателя, также АИН работает в режиме выпрямления, что позволяет заряжать емкость фильтра C_{ϕ} . Если направление тока в звене постоянного тока изменяется, то в работу вступает узел торможения – тормозной ключ, подключающий тормозное сопротивление. Узел торможения обеспечивает рассеивание избыточной электрической энергии, поступающей от электродвигателя при электрическом торможении. Данный режим может быть актуален для электропривода конвейера.

Выбор конкретной модели преобразователя частоты выполняется на основе номинальных данных электродвигателя механизма.

При выборе должны выполняться следующие соотношения:

- по напряжению ПЧ

$$U_{\text{нпч}} \geq U_{\text{нд}}; \quad (4.1)$$

- по току ПЧ

$$I_{\text{нпч}} \geq I_{\text{нд}}; \quad (4.2)$$

где $U_{\text{нд}}$, $I_{\text{нд}}$ – номинальные линейное напряжение и фазный ток статора двигателя;

$U_{\text{нпч}}$, $I_{\text{нпч}}$ – номинальное линейное напряжение и ток нагрузки преобразователя частоты.

Для электродвигателя АИР100S4, с учетом соотношений (4.1) и (4.2), выбираем преобразователь частоты серии Altivar 630 модели ATV630U55N4 производства компании Schneider Electric [11]. Преобразователи частоты данной серии предназначены для работы в промышленных условиях.

Технические данные выбранного преобразователя частоты представлены в таблице 4.1.

					13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29



Рисунок 4.2 – Внешний вид преобразователя частоты ATV630U55N4

Для подключения ПЧ модели ATV630U55N4 к сети питания необходимо применять автоматический выключатель типа GV2L16 [12].

4.2 Параметрирование преобразователя частоты

Под параметрированием (программированием) преобразователя частоты понимается приспособление его к конкретной прикладной задаче. Данная операция выполняется путем изменения его настраиваемых параметров.

Для преобразователя частоты ATV630 изменение параметров возможно с помощью следующих средств:

- встроенного четырехразрядного терминала;
- съемного графического терминала;
- человеко-машинного интерфейса, подключаемого извне;
- коммуникационной сети Ethernet или Modbus;
- программного обеспечения на персональном компьютере.

На рисунке 4.3 показан внешний вид графического терминала ПЧ для параметрирования и мониторинга.

Совокупность значений параметров преобразователя частоты представляет из себя его конфигурацию. При этом возможно сохранение конфигурации ПЧ для ее последующего использования.

Каждый из параметров преобразователя частоты имеет значение по умолчанию (заводская настройка), которое он получает при выборе одной из его макроконфигураций.

Некоторые из параметров связаны между собой. Из-за этого отдельные параметры могут быть доступными только при определенных значениях другого параметра. Также в некоторых случаях возможно автоматическое изменение значений одних параметров при изменении значений других параметров.

Каждый из параметров ПЧ имеет свой диапазон изменения или индикации.

Изначально преобразователи частоты содержат исходные (заводские) настройки параметров. При этом, изменения, внесенные в настройки параметров можно отменить, вернувшись к заводским настройкам.

Анализ соответствующей технической документации, связанной с настройкой преобразователей частоты, показывает, что в большинстве случаев можно придерживаться следующей последовательности настройки параметров ПЧ:

- выбор уровня доступа;
- выбор макроконфигурации;
- ввод параметров двигателя;
- автоподстройка;
- настройка тахограммы разгона и торможения;
- настройка закона управления двигателем;
- настройка входов/выходов;
- выбор канала управления и задания;
- настройка прикладных функций;
- настройка защит и управления при неисправностях;
- настройка коммуникационных параметров.

В таблице 4.2 приведена таблица с параметрами ПЧ, которые необходимо изменить при настройке автоматизированного электропривода конвейера участка обвалки мясных полутуш.

Таблица 4.2 – Основные параметры ПЧ для настройки

[Меню] (код меню)	[Параметр] (код параметра)	[Значение параметра] (код значения)
[1.12 ЗАВОДСКАЯ НАСТРОЙКА] (FCS-)	[ВОЗВРАТ К ЗАВОДСКОЙ НАСТРОЙКЕ] (GFS)	[Yes] (YES)
[2 УРОВЕНЬ ДОСТУПА] (LAC-)	[Уровень доступа] (LAC)	[Экспертный] (Epr)
[1.1 УСКОРЕННЫЙ ЗАПУСК] (SIM-)	[Макроконфигурация] (CFG-)	[Транспорт.] (HdG)
	[Ном. мощность двигателя] (nPr)	4
	[Ном. напряжение двигателя] (UnS)	380
	[Ном. ток двигателя] (nCr)	8,8
	[Ном. частота двигателя] (FrS)	50
	[Ном. скорость двигателя] (nSP)	1500
	[Автоподстройка] (tUn)	[Да] (YES)
	[Время разгона] (ACC)	5
[1.4 ПРИВОД] (CtL-)	[Закон управления двигателем] (Ctt)	[SVC I] (CUC)
	[Канал задания 1] (Fr1)	[Ком. карта] (nEt)
[1.6 УПРАВЛЕНИЕ ЭП] (CtL-)	[Канал управления 1] (Cd1)	[Ком. карта] (nEt)
	[Обрыв фазы сети] (IPL)	[Выбег] (YES)
[1.8 УПРАВЛЕНИЕ ПРИ НЕИСПРАВНОСТЯХ] (FLt-)	[УПРАВЛЕНИЕ ПРИ НЕИСПРАВНОСТИ СВЯЗИ] (CLL-)	
	[УПРАВЛЕНИЕ ПРИ НЕИСПРАВНОСТИ СЕТИ] (CLL)	[Резерв. Ск.] (LFF)
[1.9 КОММУНИКАЦИЯ] (COM-)	[MODBUS СЕТЬ] (Md1-)	
	[Адрес Modbus] (Add-)	2

5 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

5.1 Разработка структурной схемы системы

В основу автоматизированной системы управления конвейера участка обвалки мясных полутуш принимаем систему с трехуровневой архитектурой, где условно можно выделить три уровня автоматизации – нижний, средний и верхний. На рисунке 5.1 показана соответствующая архитектура автоматизированной системы управления.

Нижний уровень системы автоматизации также называется уровень полевых устройств. Здесь расположены различные датчики и исполнительные механизмы, размещенные на технологических узлах системы. Соответственно на нижнем уровне датчики являются входными каналами системы, а исполнительные механизмы – выходными.

В системе автоматизации на нижнем уровне задействованы входные каналы для получения от датчиков следующей информации – скорость ленты конвейера и сход ленты конвейера.

Также предусмотрено управление контактором цепи питания преобразователя частоты.

Считаем, что преобразователь частоты также находится на нижнем уровне системы автоматизации и управляет скоростью конвейера по командам и заданиям, получаемым от программируемого логического контроллера по коммуникационной сети.

Средний уровень системы автоматизации также называется уровнем контроллеров. На данном уровне расположен щит автоматизации, оснащенный программируемым логическим контроллером.

Верхний уровень системы автоматизации также называется уровнем управления. На данном уровне выполняется диспетчерский сбор данных и управление технологическими линиями на основе SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) системы.

					13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

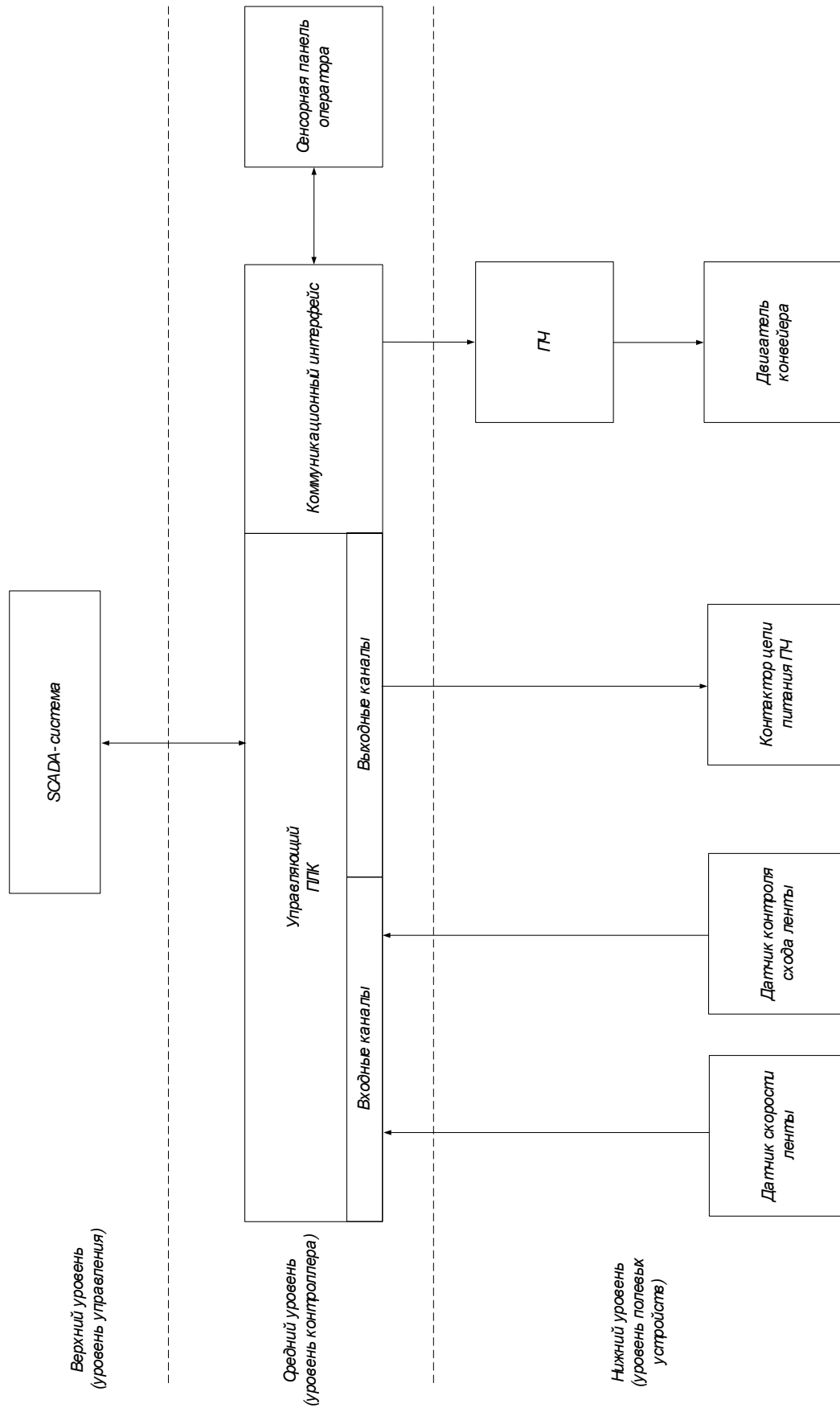


Рисунок 5.1 – Структурная схема системы автоматизации

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ

5.4 Датчики

5.4.1 Датчик скорости ленты конвейера

Для контроля скорости ленты конвейера выбираем датчик типа E2A-M30LN30-M1-B1, выпускаемый компанией Omron [17,18].

Выбранный датчик имеет высокую степень защиты от внешних воздействий IP67, что обеспечит его продолжительную работу в неблагоприятных условиях эксплуатации.

Индуктивный датчик E2A-M30LN30-M1-B1 в режиме контроля скорости конвейерной ленты формирует на своем выходе сигналы (до 100 в 1 секунду), частота которых пропорциональна скорости движения ленты конвейера.

Выходные сигналы датчика подключаются к управляющему контроллеру. Последний в случае критического уменьшения частоты сигналов, передаваемых одним датчиком, или критическом рассогласовании частот сигналов, передаваемых двумя датчиками, формирует команду включения предупреждающей сигнализации или команду для аварийного останова конвейера.

Датчик устанавливается так, что при движении конвейера в его рабочей зоне, с частотой, пропорциональной скорости конвейера, оказывались металлические элементы конструкции. Такими элементами могут быть рёбра жёсткости ведущего (натяжного) барабана, звенья цепи, и т.д.

Внешний вид датчика E2A-M30LN30-M1-B1 показан на рисунке 5.4.



Рисунок 5.4 – Внешний вид датчика E2A-M30LN30-M1-B1

Основные технические параметры выбранного индуктивного датчика E2A-M30LN30-M1-B1 для контроля скорости конвейерной ленты приведены в таблице 5.3.

					13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Напряжение питания для датчика не требуется.

Чувствительный элемент датчика приводится в действие смещением конвейерной ленты. Нормально замкнутый контакт срабатывает (размыкает цепь) при отклонении датчика на угол 30° .

Внешний вид датчика ДКСЛ-7502 показан на рисунке 5.5.

В таблице 5.4 приведены основные технические характеристики датчика ДКСЛ-7502.

Датчики ДКСЛ-7502 монтируются на ставе конвейера попарно с двух сторон от конвейерной ленты, на границе её допустимого положения. Рабочее положение датчика может быть любым. Каждый датчик должен быть установлен таким образом, чтобы его упор был направлен в сторону конвейерной ленты.



Рисунок 5.5 – Внешний вид датчика ДКСЛ-7502

Таблица 5.4 – Основные технические характеристики датчика ДКСЛ-7502

Характеристика	Значение
Угол срабатывания	30°
Количество и тип контактов	1 (переключающий)
Максимальный коммутируемый ток	1 А
Максимальное коммутируемое постоянное напряжение	200 В
Максимальное коммутируемое переменное напряжение	220 В
Диапазон рабочих температур	$-45 \dots + 65^\circ\text{C}$
Габаритные размеры	252×130×145
Материал корпуса	Д16Т
Материал ролика	Полиацеталь
Материал кронштейна	Сталь углеродистая
Присоединение	Кабель 3×0,34
Степень защиты	IP67
Масса датчика	1,3 кг

Непосредственно сам датчик ДКСЛ-7502 не требует программирования или параметрирования из отдельного программного обеспечения. Логика использования ДКСЛ-7502 полностью определяется при разработке программного обеспечения для ПЛК.

5.5 Компоновка шкафа автоматизации

Для размещения оборудования системы автоматизированного электропривода конвейерной линии разработаем компоновку шкафа автоматизации. Будем применять односторонний навесной электротехнический щит типа ST от производителя DKS со следующими параметрами [20]:

- количество дверей – 1;
- материал корпуса – металл;
- высота – 800 мм;
- ширина – 600 мм;
- глубина – 300 мм;
- степень защиты – IP 65;

Такие габариты шкафа автоматизации определяются размерами устройств, которые необходимо разместить в нем. Особое значение при выборе шкафа автоматизации уделено размещению по глубине ПЧ.

Внутри шкафа автоматизации будет размещено следующее оборудование и компоненты:

- преобразователь частоты;
- программируемый логический контроллер;
- блок питания с выходным напряжением 24 В постоянного тока;
- однополюсный автоматический выключатель питания слаботочных сетей;
- трехполюсный автоматический выключатель питания преобразователя частоты;
- трехполюсный контактор цепи питания преобразователя частоты;
- клеммники для подключения подходящих кабельных линий;
- коробка для прокладки проводов между устройствами в шкафу;
- DIN-рейки для размещения оборудования.

На рисунке 5.6 показано размещение оборудования внутри шкафа автоматизации.

Свободный объем в шкафу автоматизации позволяет обеспечивать требуемое рассеивание тепла от преобразователя частоты. Размещение оборудования в шкафу меньшего размера нецелесообразно, т.к. высока вероятность перегрева ПЧ.

На рисунке 5.7 показан вид лицевой панели шкафа автоматизации.

					13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

На лицевой панели шкафа автоматизации размещается сенсорная панель оператора и кнопка АВАРИЙНЫЙ СТОП.

При монтаже оборудования в шкафу автоматизации и подключении к ним кабельных линий необходимо применять соответствующую маркировку проводов и клеммников. Также необходимо обеспечить обжим проводов соответствующими наконечниками.

					13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

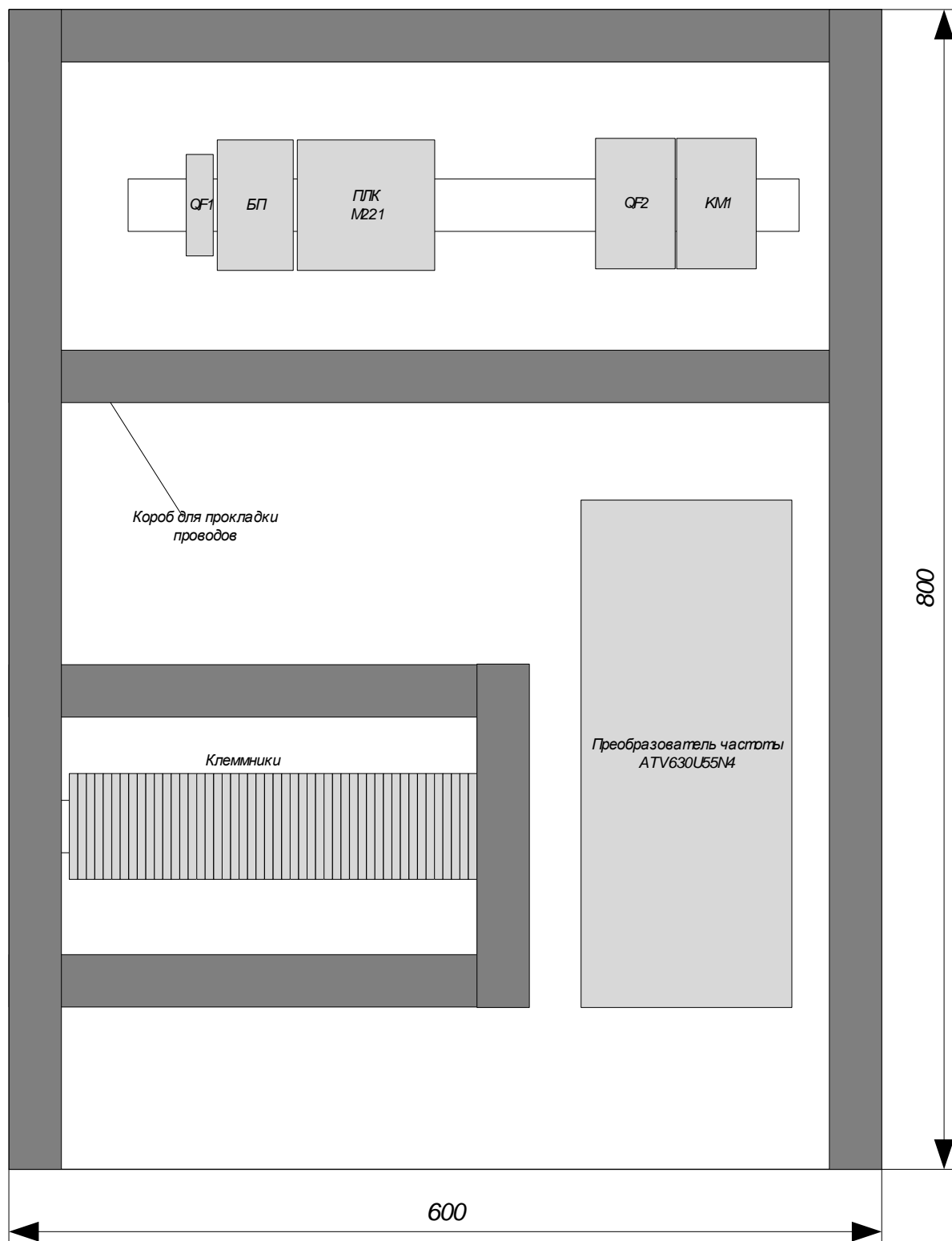


Рисунок 5.6 – Размещение оборудования внутри шкафа автоматизации

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ

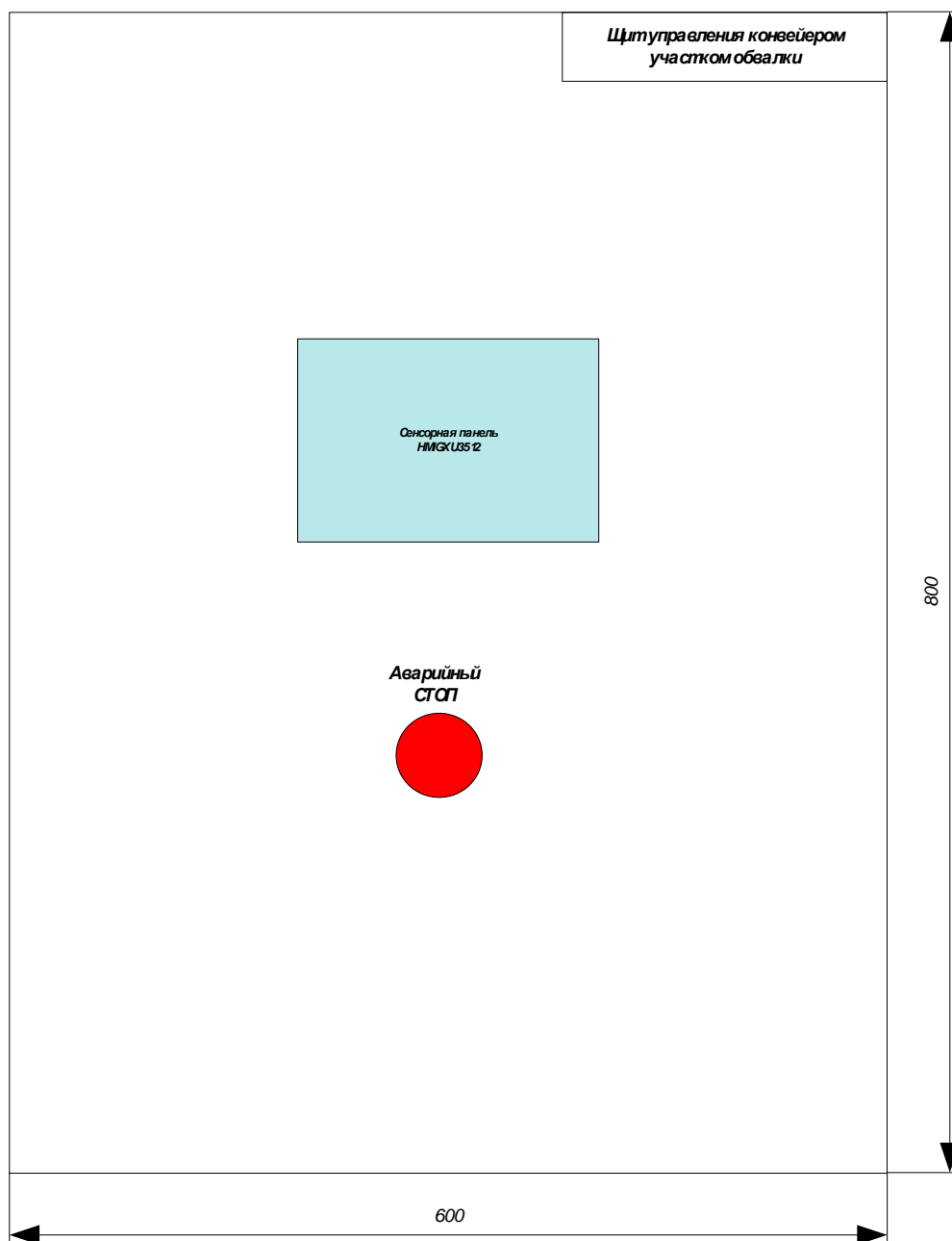


Рисунок 5.7 – Вид лицевой панели шкафа автоматизации

5.6 Выводы по разделу

В данном разделе выполнена разработка системы автоматизации для электропривода конвейерной линии участка обвалки мясных полутуш.

Разработана структурная схема системы автоматизации по трехуровневой архитектуре. Для нее выполнен выбор необходимых устройств нижнего уровня и среднего уровня.

Также выполнена компоновка шкафа автоматизации для размещения управляющего оборудования и сенсорной панели оператора.

					13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Программируемый логический контроллер, преобразователь частоты и сенсорная панель оператора выбраны от одного производителя (Schneider Electric), что позволит упростить процедуру программирования и пусконаладки автоматизированной системы.

					13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

6 ПРОГРАММИРОВАНИЕ КОНТРОЛЛЕРА И СЕНСОРНОЙ ПАНЕЛИ

6.1 Алгоритм работы управляющего контроллера

На рисунке 6.1 показана укрупненная блок-схема алгоритма управляющего контроллера.

В соответствии с данным алгоритмом выполняется следующая последовательность действий:

- получение управления и команд от сенсорной панели;
- отправка управления и команд в преобразователь частоты;
- получение информации от датчика скорости;
- получение информации от датчика контроля схода ленты;
- подсчет времени работы и времени сервисного обслуживания;
- подсчет числа пусков конвейера;
- подсчет числа аварийных остановов конвейера;
- подсчет числа сходов ленты;
- получение информации от преобразователя частоты;
- отправка информации в сенсорную панель.

					13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

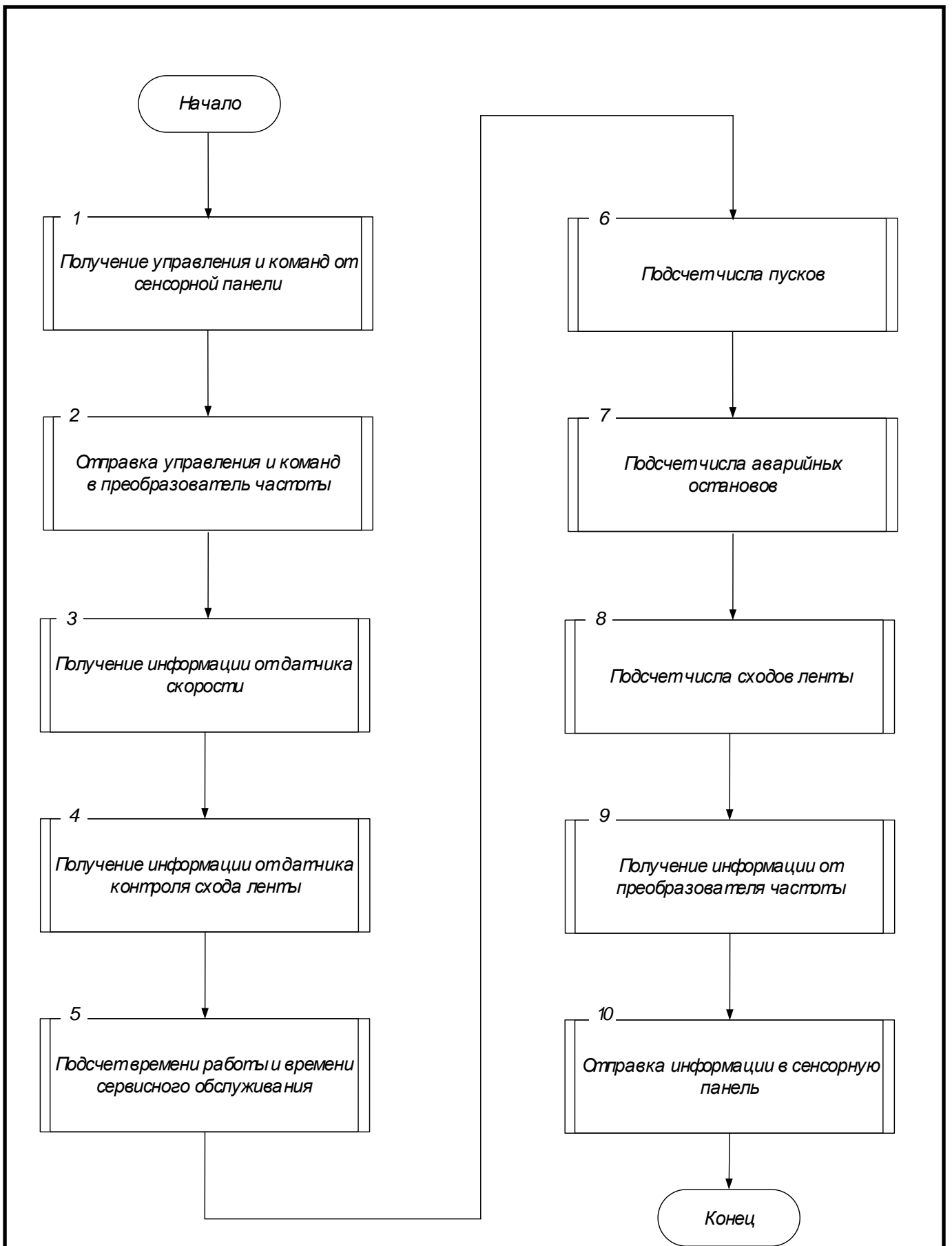


Рисунок 6.1 – Укрупненная блок-схема алгоритма управляющего контроллера

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

6.2 Программирование управляющего контроллера

Разработка прикладного программного обеспечения для ПЛК выполняется в среде разработки SoMachine Basic, которая специально предназначена для программирования ПЛК типа Modicon M221.

Предварительные этапы разработки программного обеспечения включают в себя следующее:

- выбор из библиотеки устройств необходимой модели ПЛК (рис. 6.2);
- настройку аппаратной конфигурации ПЛК (рис. 6.3);
- настройку дискретных входов главного модуля ПЛК (рис.6.4);
- настройка последовательного порта ПЛК (рис. 6.5);
- настройка коммуникации Modbus для ПЛК (рис. 6.6).

Затем выполняется разработка прикладного программного обеспечения на одном из языков программирования, доступных в SoMachine Basic:

- LD (Ladder Diagram) – язык лестничной логики;
- IL (Instruction List) – язык списка инструкций;
- Grafset – язык последовательных диаграмм.

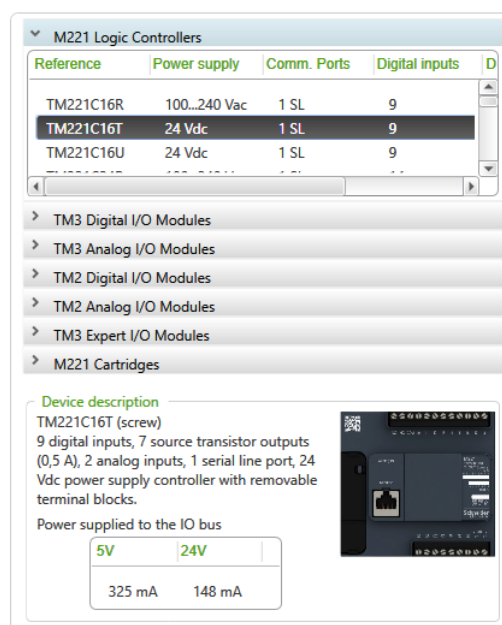


Рисунок 6.2 – Панель выбора конкретной модели ПЛК

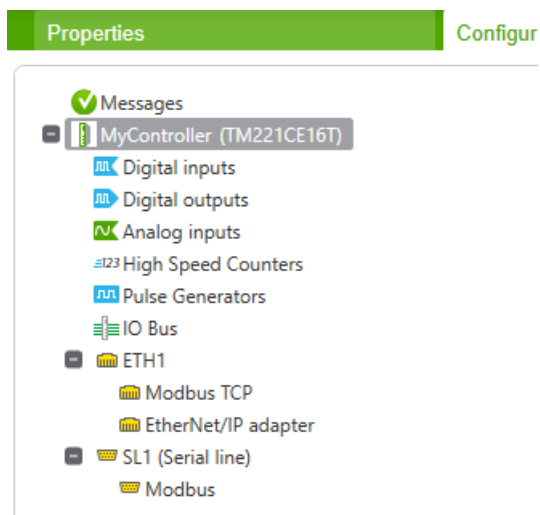


Рисунок 6.3 – Дерево с настройками ПЛК

Used	Address	Symbol	Used by	Filtering	Latch	Run/Stop	Event	Priority	Subroutine	Comment
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.0		Filtering, Run/Stop	3 ms		<input checked="" type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	%I0.1		Filtering	3 ms		<input type="checkbox"/>				Датчик схода ленты
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.2		Filtering, User logic	3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Used			Датчик импульсов
<input type="checkbox"/>	%I0.3		Filtering	3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Used			
<input type="checkbox"/>	%I0.4		Filtering	3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Used			
<input type="checkbox"/>	%I0.5		Filtering	3 ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Used			
<input type="checkbox"/>	%I0.6		Filtering	3 ms		<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	%I0.7		Filtering	3 ms		<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	%I0.8		Filtering	3 ms		<input type="checkbox"/>				

Рисунок 6.4 – Настройка дискретных входов ПЛК

Serial line configuration

Protocol Settings

Protocol: Modbus

Serial line settings

Baud rate: 19200

Parity: Even

Data bits: 8

Stop bits: 1

Physical medium

RS-485 Polarization: No
 RS-232

Рисунок 6.5 – Настройка последовательного порта ПЛК

Modbus

Device settings

Device:

Init command:

Protocol Settings

Transmission mode: RTU ASCII

Addressing: Slave Master Address [1...247]:

Response timeout (× 100 ms):

Time between frames (ms):

Рисунок 6.6 – Настройка коммуникации Modbus для ПЛК

6.3 Программирование сенсорной панели

Разработка проекта для сенсорной панели оператора выполняется в специализированном программном обеспечении Vijeo Designer Basic.

На рисунке 6.7 показано дерево разработанного проекта для панели GXU3512.

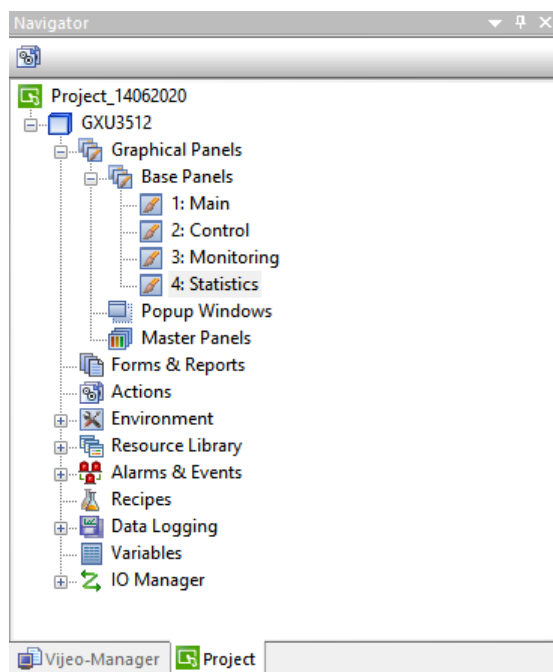


Рисунок 6.7 – Дерево проекта сенсорной панели

В проекте необходимо объявить следующие переменные, значения которых будут получены по коммуникационной сети от ПЛК (рис. 6.8).



Рисунок 6.9 – Интерфейс сенсорной панели страницы «Главная»



Рисунок 6.10 – Интерфейс сенсорной панели страницы «Управление»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

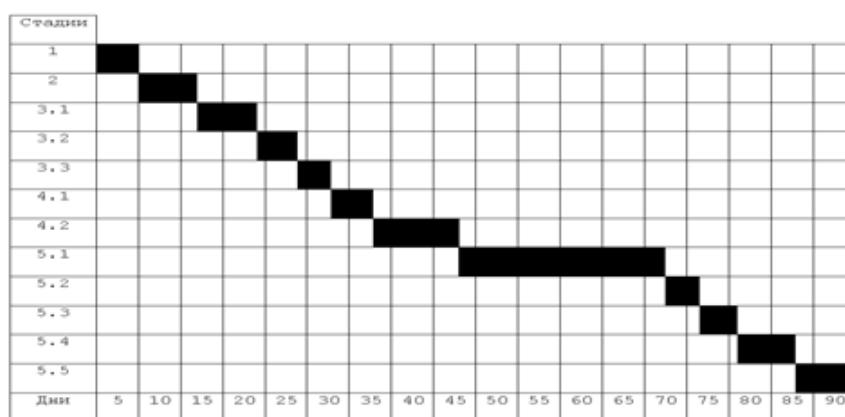


Рисунок 7.2 – Календарный график исполнения работы

7.2 Расчёт стоимости проведения работ

Себестоимость выполнения работ по разработке системы автоматизации технологического процесса состоит из следующих статей

с е б е с т о и м о с т ь	<ul style="list-style-type: none"> 1 статья «Материалы, покупные изделия и полуфабрикаты + ТЗР (15%) от Σ итого по материалам 2 статья «Специальное оборудование» - как правило, затрат нет 3 статья «Основная заработная плата» 4 статья «Дополнительная заработная плата» 20-30% от основной заработной платы 5 статья «Страховые отчисления» - 30% от ФОТ 6 статья «Командировочные расходы» - как правило, затрат нет 7 статья «Контрагентские услуги» - как правило, затрат нет 8 статья «Накладные расходы» - 250% от основной заработной платы 9 статья «Прочие расходы» - затрат нет
---	---

При выполнении разработки системы объем затрат на НИР и ОКР проведем методом калькулирования.

7.2.1 Статья «Материалы, покупные изделия и полуфабрикаты»

К этой статье относится: стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов, комплектующих изделий и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения НИР и ОКР по теме. Потребность в материальных ресурсах определяется на основе материальных

спецификаций, в которых указывается наименование, количество и цена используемых в процессе работы материальных ценностей. В стоимость материальных затрат включаются транспортно-заготовительные расходы, которые возьмем на уровне 15-20 % стоимости затрат по статье. В эту статью включаются также затраты на оформление комплекта документов.

В таблице 7.2 приведены затраты по данной статье.

Таблица 7.2 – Расходы по статье «Материалы, покупные изделия и полуфабрикаты»

№ п/п	Наименование материалов	Единицы измерения	Количество	Цена за единицу (руб.)	Стоимость (руб.)
1	Флешка 2Гб	шт.	1	550,00	550,00
2	Бумага А 4	пачка	1	175,00	175,00
3	Картридж для принтера	шт.	1	2350,00	2350,00
4	Ручка	шт.	10	15,00	150,00
5	Карандаш	шт.	10	7,00	70,00
Итого материалов					3 295,00
Транспортно-заготовительные расходы					659,00
Итого					3 954,00

7.2.2 Статья «Специальное оборудование»

На данную статью относятся затраты, связанные с приобретением специального нестандартного оборудования, стендов, контрольно-измерительной аппаратуры, выполненных по документации главного конструктора или «исполнителя».

При определении общей стоимости специального оборудования необходимо учесть затраты на их доставку и монтаж в размере 20% от его стоимости.

В таблице 7.3 приведены затраты по данной статье.

Таблица 7.3 – Расходы по статье «Специальное оборудование»

№ п/п	Наименование материалов	Ед. изм.	Кол-во	Цена за единицу (руб.)	Стоимость (руб.)
1	Преобразователь частоты ATV630U55N4	шт.	1	75 000,00	75 000,00
2	Программируемый логический контроллер TM221CE16T	шт.	1	35 000,00	35 000,00
3	Источник питания	шт.	1	5 000,00	5 000,00

7.2.4 Статья «Дополнительная заработная плата»

На данную статью относятся выплаты, предусмотренные законодательством о труде за неотработанное по уважительным причинам время; оплата очередных и дополнительных отпусков; времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем она составляет 20-30% от суммы основной заработной платы). В процессе определения сметы затрат проявляется понятие «фонд оплаты труда», представляющую собой сумму основной и дополнительной заработной платы. Фонд оплаты труда используется при расчете взносов в социальные фонды. Во всех других случаях (накладные расходы, командировки и др.) расчеты ведутся от базы основной заработной платы.

$$\text{ДЗП} = 178\,845,00 \times 0,2 = 35\,769,00 \text{ руб.}$$

7.2.5 Статья «Страховые отчисления»

Отчисления на социальные нужды составляют 30% от фонда оплаты труда (ФОТ), который состоит из основной и дополнительной заработной платы. Например,

$$\text{ФОТ} = \text{ОЗП} + \text{ДЗП} = 178845 + 35769 = 214\,614,00 \text{ руб.}$$

$$\text{СВ} = \text{ФОТ} \times 30\% = 214\,614 \times 0,30 = 64\,384,20 \text{ руб.}$$

7.2.6 Статья «Командировочные расходы»

Величина этих расходов определяется или прямым счетом, или их можно принять равными 8-10% от суммы основной заработной платы научного и производственного персонала.

$$\text{КОМ} = 178\,845,00 \times 0,1 = 17\,885,00 \text{ руб.}$$

7.2.7 Статья «Контрагентские услуги»

На эту статью относится стоимость контрагентских работ, осуществляемых сторонними организациями и предприятиями непосредственно для данной НИОКР, в частности, стоимость изготовления и испытания макетов и опытных образцов, стоимость других работ и услуг опытного производства, испытательных баз, полигонов и т.п.

В процессе разработки данного проекта услуги сторонних организаций не использовались.

					13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

7.2.8 Статья «Накладные расходы»

К накладным расходам относятся расходы на содержание и ремонт зданий, сооружений, оборудования, инвентаря. Это затраты, сопутствующие основному производству, но не связанные с ним напрямую, не входящие в стоимость труда и материалов.

Она определяется процентом от суммы основной заработной платы научного и производственного персонала и на разных предприятиях в зависимости от их структуры, технологического процесса и системы управления находится в широком диапазоне от 200 до 300%.

$$НР = ОЗП \times 200\% = 178\,845,00 \times 2,0 = 357\,690,00 \text{ руб.}$$

7.2.9 Статья «Прочие расходы»

По статье «прочие расходы» затрат нет.

7.2.10 Полная себестоимость проекта

Расчет полной себестоимости разработки сведены в таблицу 7.5.

Таблица 7.5 – Результаты расчета полной себестоимости разработки

№	Номенклатура статей расходов	Затраты (руб.)
1	Материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)	3 954,00
2	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	208 800,00
3	Основная заработная плата научного и производственного персонала	178 845,00
4	Дополнительная заработная плата научного и производственного персонала	35 769,00
5	Страховые взносы в социальные фонды	64 384,20
6	Расходы на научные и производственные командировки	17 885,00
7	Оплата работ, выполненных сторонними организациями и предприятиями	-
8	Накладные расходы	357 690,00
9	Прочие прямые расходы	-
	Итого	867 327,20

7.3 Расчет договорной цены

Определим договорную цену, которая будет актуальна при выполнении разработки системы автоматизации технологического процесса для сторонних организаций.

Договорная цена складывается из полной себестоимости, прибыли и налога на добавленную стоимость.

Норма прибыли составляет 20-30% от стоимости разработки, в нашем случае прибыль будет равна:

$$П = 867\,327,20 * 30\% = 260\,198,16 \text{ руб.}$$

Разработка ведется для коммерческой организации, поэтому данный вид работы облагается НДС в размере 20%:

$$\text{НДС} = (С + П) \times 20\% = (867\,327,20 + 260\,198,20) \times 0,2 = 225\,505,07 \text{ руб.}$$

Таким образом, договорная цена составляет:

$$\begin{aligned} \text{ДЦ} &= С + П + \text{НДС} = 867\,327,20 + 260\,198,20 + 225\,505,10 = \\ &= 1\,353\,030,43 \text{ руб.} \end{aligned}$$

					13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

В помещении службы автоматизации предусмотрены два порошковых огнетушителя (ОП-4).

Порошковые огнетушители предназначены для тушения пожаров твердых, жидких и газообразных веществ, а также электроустановок, находящихся под напряжением до 1кВ. Принцип действия порошкового огнетушителя заключается в механическом сбивании пламени и вытеснения кислорода из зоны горения. При тушении порошковыми огнетушителями загораний огонь ликвидируется, как только зона горения будет окружена облаком порошка требуемой концентрации, кроме того облако порошка обладает экранирующим свойством, что дает возможность подойти к горящему объекту на близкое расстояние.

Перезарядка и ремонт огнетушителей производится в специализированных организациях на зарядных станциях. Контроль массы заряда проводится не реже 1 раза в год. При тушении электроустановок под напряжением не подходить раструб ближе 1 м до электроустановки и пламени.

При работе и обнаружении дефектов в изоляции проводов, неисправности пускателей, штепселей, розеток, вилок и аппаратуры, а также системы зануления, следует немедленно сообщить ответственному лицу за противопожарное состояние помещения. Все неисправности электроприборов должны устраняться только специалистом энергетиком.

Запрещается переносить включенные электроприборы, а также ремонтировать оборудование, находящееся под напряжением.

В случае возникновения пожара или признаков горения (задымление, запах гари, повышение температуры и т. п.) следует:

- немедленно сообщить об этом по телефону «112» в пожарную охрану (при этом необходимо назвать адрес, место возникновения пожара, а также сообщить свою фамилию);
- принять по возможности меры по эвакуации людей, тушению пожара и сохранности материальных ценностей;
- организовать встречу подразделений пожарной охраны и оказать помощь в выборе кратчайшего пути для подъезда к очагу пожара;
- по прибытии пожарного подразделения проинформировать руководителя тушения пожара: о конструктивных особенностях объекта, количестве и пожароопасных свойствах хранимых веществ и изделий, а также других сведениях, необходимых для успешной ликвидации пожара.

8.3 Мероприятия по ликвидации аварийных ситуаций

При возгорании оборудования в помещении службы автоматизации необходимо отключить питание, закрыть окно, эвакуировать людей, вызвать

					13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

пожарных по телефону «112», сообщить руководителю, принять меры по тушению очага пожара при помощи порошкового огнетушителя. При невозможности самостоятельно погасить очаг пожара – покинуть помещение и ждать приезда пожарных на улице.

При возникновении короткого замыкания в помещении, первым делом отключаются все автоматические выключатели, находящиеся в электрическом щитке.

Если в месте замыкания виден открытый огонь, то его надо незамедлительно потушить. Лучше всего накинуть на очаг возгорания любую подходящую ткань.

Водой тушить запрещается – она является прекрасным проводником электрического тока. Сообщить об аварийной ситуации руководителю. При обнаружении человека, попавшего под напряжение, немедленно отключить электропитание и освободить его от действия тока, оказать доврачебную помощь и вызвать скорую медицинскую помощь по телефону «112».

					13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе выполнена разработка автоматизированного электропривода конвейерной линии участка обвалки мясных продуктов.

Основные результаты работы заключаются в следующем:

1. Выполнен обзор литературы и постановка задач.
2. Выполнено сравнение передовых отечественных и зарубежных технологий и решений.
3. Выполнен расчет электропривода конвейера.
4. Изучены настройки преобразователя частоты для электропривода конвейера.
5. Разработана система автоматизации электропривода конвейера.
6. Выполнено программирование контроллера для системы автоматизации электропривода конвейера.
7. Рассчитаны экономические показатели разработки автоматизированного электропривода.
8. Изучены вопросы безопасности жизнедеятельности, связанные с разработкой автоматизированного электропривода.

Для управления электроприводом конвейера предусмотрены преобразователь частоты и программируемый логический контроллер с набором необходимых датчиков.

В работе выполнена разработка необходимых схемных решений, приведены необходимые настройки преобразователя частоты и рассмотрено программное обеспечение управляющего контроллера.

На основе вышеизложенного можно утверждать, что все необходимые задачи решены и цель работы достигнута.

					13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Свинина: разделка, обвалка и жиловка мяса для промпереработки [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://trade-help.com/torgovie-tehnologii/obrabotka-svinini.html> - Данные на 28.05.2020 г.
2. Линии обвалки полутуш [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://agropromholod.ru/linii-obvalki-polutush/> - Данные на 28.05.2020 г.
3. Ленточный конвейер УКЛС-500 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.conveyor-shop.ru/?p=143> - Данные на 28.05.2020 г.
4. Обвалочные конвейеры или конвейерные линии для обвалки [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mastera-md.ru/obvalochnye-konvejery> - Данные на 28.05.2020 г.
5. Автоматизация конвейеров [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://allics.ru/services/avtomatizirovannye-sistemy-upravleniya/avtomatizatsiya-konveyerov/> - Данные на 28.05.2020 г.
6. Автоматизированная система управления конвейерными линиями на базе искробезопасных систем автоматизации технологических процессов типа ELSAP и громкоговорящей связи, сигнализации и блокировки типа UG [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ingortech.ru/component/k2/item/251-автоматизированная-система-управления-конвейерными-линиями> - Данные на 28.05.2020 г.
7. Автоматизированная система управления технологическим процессом «Конвейерные линии» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.int76.ru/equipment/sistemy-avtomaticheskogo-upravleniya/asu-tp-konveyernye-linii/> - Данные на 28.05.2020 г.
8. Преобразователи частоты VACON NX для привода конвейеров [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.ruselkom.ru/upload/documentation/konveera.pdf> - Данные на 28.05.2020 г.
9. Применение частотных преобразователей в конвейерных системах [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://chastotnik.com.ua/s-primenenie-chastotnih-preobrazovateley-v-konveyernih-sistemah> - Данные на 28.05.2020 г.
10. Электродвигатель АИР100S4 [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.esbk.ru/products_info/ed/101_ed_as_obprom/elektrodivigatel_air_1001_4.html - Данные на 28.05.2020 г.
11. Преобразователь частоты ATV630 мощностью 5,5 кВт 380...480 В [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.se.com/ru/ru/product/ATV630U55N4/преобразователь-частоты->

					13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

atv630---5%2C5-квт-7%2C5-л.с.---380...480-в---ip00/ - Данные на 28.05.2020 г.

12. Преобразователи частоты Altivar Process ATV600. Каталог [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=ATV600_cat_01_2017.pdf&p_Doc_Ref=МКР-САТ-АТV600-17 - Дата обращения 28.05.2020 г.
13. Altivar Process. Преобразователи частоты ATV630, ATV650, ATV660, ATV68. Руководство по программированию [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://profsector.com/media/catalogs/5ad83f2b1d5fa.pdf> - Дата обращения 28.05.2020 г.
14. Программируемый логический контроллер TM221CE16T [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.se.com/ru/ru/product/TM221CE16T/компактный-базовый-блок-m221-16io-транзист-источник-ethernet/> - Дата обращения 01.06.2020 г.
15. Modicon M221. Logic Controller. User Guide [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=User+guide&p_File_Name=EIO0000000976.00.pdf&p_Doc_Ref=EIO0000000976 - Дата обращения 01.06.2020 г.
16. Панель оператора 7 дюймов Magelis Easy GXU с Ethernet [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.se.com/ru/ru/product/HMIGXU3512/панель-оператора%2C-7%27%27%2C-s1%2C-ethernet/> - Дата обращения 01.06.2020 г.
17. Датчики индукционные цилиндрические E2A-M30LN30-M1-B1 OMRON для контроля скорости конвейерной ленты [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.tme.eu/ru/details/e2am30ln30m1b1/datchiki-induktsionnye-tsilindricheskie-dc/omron/e2a-m30ln30-m1-b1/> - Дата обращения 28.05.2020 г.
18. Цилиндрические датчики приближения типа E2A. Техническая информация [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.omronsklad.ru/pdf/e2a.pdf/> - Дата обращения 28.05.2020 г.
19. Датчик контроля схода ленты ДКСЛ-7502 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://teko-com.ru/katalog/konvejernaja-avtomatika/podbor-konveyernoju-avtomatiki/dkls-7502.html> - Дата обращения 28.05.2020 г.
20. Навесной шкаф ST, 800×600×300 мм, IP65, ДКС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.elektro-portal.com/product/show/11356> - Дата обращения 28.05.2020 г.

					13.03.02.2020.094.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72