

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»  
Политехнический институт  
Механико-технологический факультет  
Кафедра машиностроения, автоматике и электроэнергетики

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой,  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ К.М. Виноградов  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

## Автоматизация линии транспортировки сыпучих продуктов

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ– 15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты  
Безопасность жизнедеятельности  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ В.Г. Некрутов  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

Руководитель работы  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ К.М. Виноградов  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

Автор работы  
студент группы ДО–506  
\_\_\_\_\_ А.С. Малахов  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

Нормоконтролер преподаватель  
\_\_\_\_\_ Ю.В. Константинов  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

## АННОТАЦИЯ

Малахов, А.С. Автоматизация линии транспортировки сыпучих продуктов – Челябинск: МТ; 2018, 77 с. 47 ил. Библиографический список – 7 наим., 7 листов чертежей ф. А1.

В настоящей выпускной квалификационной работе рассмотрены вопросы создания системы автоматизации линии транспортировки сыпучих продуктов.

В ходе выполнения работы проведен обзор и сравнение отечественных и зарубежных линий, разработаны все необходимые чертежи и схемы. Произведен расчет математической модели электропривода конвейера, разработана программа управления, выбраны датчики.

В экономическом разделе был выполнен расчет фонда заработной платы работников, произведем подсчет оплаты труда всем рабочим за время, в течение которого будет производиться монтаж оборудования.

В разделе безопасность жизнедеятельности рассмотрены вопросы обеспечение безопасных условий труда на автоматизированном производстве, расчет общего освещения, по предотвращению или уменьшению вероятности возникновения ЧС.

					15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Автоматизация линии транспортировки сыпучих продуктов	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Малахов						4	77
Провер.	Виноградов							
Реценз.								
Н. Контр.	Константинов							
Утверд.	Виноградов					ФГБАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» Кафедра МАЭ		

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	9
Выводы по разделу один.....	10
2 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	
2.1 Сведения о предприятии .....	11
2.2 Анализ процесса транспортировки сыпучих продуктов.....	12
2.2.1 Общие сведения о технологии .....	12
2.2.2 Анализ технологического процесса транспортировки сыпучих продуктов .....	15
2.3 Цели и преимущества автоматизации процесса транспортировки сыпучих продуктов.....	19
2.4 Обоснование выбора объекта и предмета автоматизации .....	20
2.5 Описание недостатков существующего объекта автоматизации.....	21
Выводы по разделу два.....	21
3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ	
3.1 Разработка алгоритма автоматизации управления объектом и ее описание .....	22
3.2 Разработка структурной схемы автоматизации и ее описание.....	23
3.3 Разработка электрической принципиальной схемы автоматизации и ее описание .....	25
3.4 Расчет математической модели электропривода конвейера.....	26
3.5 Выбор средств автоматизации, элементной базы и преобразователей (датчиков) технологической информации.....	35
3.5.1 Выбор емкостного датчика.....	35
3.5.2 Выбор индукционного датчика .....	35
3.5.3 Выбор пневмораспределителя .....	36
3.5.4 Выбор программируемого логического контроллера .....	37
3.5.5 Выбор модулей логического программируемого контроллера.....	41
3.5.6 Выбор преобразователя частоты.....	50
3.5.7 Выбор электродвигателя конвейерного двигателя .....	52
3.6 Разработка программы для ПЛК в Simatic STEP7 .....	52
Выводы по разделу три.....	60
4 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	
4.1 Расходы на приобретение электрооборудования .....	61
4.2 Расчёт фонда заработной платы .....	61
Выводы по разделу четыре.....	65
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНИДЕЯТЕЛЬНОСТИ	

					15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

5.1 Обеспечение безопасности условий труда на автоматизированном участке .....	66
5.2 Расчет общего освещения .....	68
5.3 Мероприятия по предотвращению или уменьшению вероятности возникновения ЧС .....	71
Выводы по разделу пять .....	75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	76
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	77

					15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## ВВЕДЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе я собирал информацию и продолжал изучения метода транспортировки сыпучих продуктов с помощью ковшевых маятниковых транспортеров, которые широко применяются на ЗАО «Смарт».

Данные ковшовые маятниковые транспортеры осуществляют транспортировку сыпучих материалов в закрытом корпусе, состоящем из горизонтальных и вертикальных линий. По данным линиям осуществляется транспортировка ковшей по горизонтали и по вертикали. Ковши подвешены в виде маятников между двумя цепями, перемещаются и направляются роликами.

Благодаря модульному исполнению установку можно в любое время перестроить и приспособить для соответствующих целей использования.

Транспортируемый материал определяет исполнение и материалы ковшей, цепей и корпуса.

Конвейерные цепи поставляются в исполнениях из нержавеющей, оцинкованной и закаленной стали. Ролики между отдельными звеньями цепи выполнены из того же материала, что и цепь или, в качестве альтернативы, из пластмассы.

В зависимости от вида транспортируемого материала могут использоваться ковши из пластмассы, стали, нержавеющей стали или алюминия, а также ковши с тефлоновым покрытием.

По периметру отверстия транспортировочных ковшей имеется перекрывающая кромка. Она препятствует выпадению материала между ковшами.

Корпус выполнен либо из лакированной, либо из нержавеющей стали. Для использования ковшевых маятниковых транспортеров в пищевой промышленности используются контактирующие с транспортируемым материалом детали установки исключительно из пищевых материалов.

По всему корпусу установки имеются ревизионные люки. Через них можно легко добраться до всех внутренних деталей ковшевого маятникового транспортера для очистки и технического обслуживания. В нижней части горизонтальной линии в натяжной / заправочной станции имеются дополнительные выдвижные ящики, позволяющие улавливать просыпавшийся транспортируемый материал и легко удалять его из корпуса линии.

									Лист
									7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ				

Целями выпускной квалификационной работы является:

- Разработка алгоритма автоматизации управления объектом и ее описание;
- Разработка структурной схемы автоматизации и ее описание;
- Разработка электрической принципиальной схемы автоматизации;
- Расчет математической модели электропривода конвейера;
- Выбор датчика скорости;
- Выбор программируемого логического контролера;
- Выбор датчика для измерения уровня продукта;
- Выбор преобразователя частоты;

Объект автоматизации: Линия транспортировки сыпучих продуктов.

Предмет автоматизации: разработка АСУ процесса транспортировки продукта.

									Лист
									8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ				

# 1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЕ

На данное время прослеживается существенное увеличение объема применения конвейерного оборудования на предприятиях России и ближнего зарубежья.

Использование конвейеров, осуществляющих транспортировку материалов крупностью до 300 мм, особенно эффективно при грузопотоках свыше 1,5 млн. т в год. В таких условиях конвейерное оборудование обеспечивает большие резервы в производительности за счет непрерывности процесса.

Основными задачами развития конвейерного транспорта повышенной производительности для работы в ведущих отраслях (цементной, асбестовой, известковой, сборного железобетона, нерудных и строительных материалов) являются:

- рост производительности конвейеров;
- увеличение протяженности отдельных конвейеров и конвейерных линий;
- расширение ассортимента и крупности перевозимых насыпных грузов;
- повышение надежности оборудования и уменьшение износа узлов (лент, опорных конструкций, приводов);
- улучшение работы вспомогательного оборудования (устройств для загрузки и очистки ленты, пыле-подавления и др.).

В нашей стране с учетом накопленного отечественного и зарубежного опыта проводятся инженерно-исследовательские и проектно-конструкторские работы по совершенствованию и созданию нового конвейерного оборудования. Они ведутся по трем магистральным направлениям:

- совершенствование ленточных конвейеров традиционной конструкции;
- разработка и опытное применение конвейеров новой конструкции;
- ленточных с криволинейной трассой;
- многоприводных с ленточными промежуточными приводами, промежуточными и концевыми барабанными приводами;
- разработка перспективных конструкций конвейеров (конвейерных поездов, конвейеров на воздушной подушке и магнитной подвеске).

Производство конвейеров в России имеет те же особенности, что и отечественное подъемно-транспортное машиностроение в целом — это большое разнообразие компаний и широкий ассортимент производимого оборудования.

В секторе производства конвейеров разнообразие фирм-производителей «усугубляется» разнообразием видов продукции. Но даже в этой конвейерной стихии наблюдаются определенные тенденции[4].

Это разнообразие касается не только редукторов. В последние годы в выставках принимают участие совместные фирмы, которые продают любые комплектующие для конвейеров — приводы, ленты, цепи, подшипники. Особенно это актуально для пищевой промышленности, так как там много специфических требований, связанных с гигиеной и герметичностью транспортировки.

					15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

Таким образом, самые заметные тенденции в сфере производства машин непрерывного транспорта — это расширение ассортимента и производство конвейеров по индивидуальным заказам.

Российские производители все чаще предлагают трубные скребковые конвейеры. Они представляют собой трубопровод из стандартной трубы, внутри которой движется трос с закрепленными на ней скребками.

Его основные преимущества — это герметичность и сравнительно низкое энергопотребление, возможность выполнять практически любые пространственные трассы. В ряде конструкций скребковых трубных конвейеров вместо троса в зависимости от свойств перемещаемого материала применяется цепь.

Еще одна важная тенденция рынка заключается в том, что конвейерные машины «обрастают» приборами. Например, стала очень популярной установка конвейерных весов. С их помощью можно получить полную картину загрузки конвейера и подачи материала. Стандартные весы предназначены для непрерывного измерения массы сыпучего материала, транспортируемого ленточным конвейером. Как правило, весы индицируют такие параметры, как отгруженная масса продукта, текущая производительность конвейера, текущая нагрузка, скорость ленты конвейера. Предоставляется возможность отображения показателей нарастающим итогом. Кроме того, конвейер можно оснастить дистанционным управлением, регуляторами скорости перемещения ленты, устройствами автоматической корректировки позиции груза[2]. Предлагаются также специальные узлы, предназначенные для автоматизации работы оператора.

Как правило, конвейер собирают с большим или меньшим количеством деталей из полимера — это скребки, ленты, поддерживающие ролики, ковши. Более того, появились машины, почти полностью выполненные из полимеров. Пластмассы позволяют сделать конвейер более легким, более экономичным, уменьшают трение и повышают безопасность конвейера.

Резюмируя, можно сказать, что, следуя за изменением экономической конъюнктуры, производство конвейеров претерпело структурные и номенклатурные изменения, а также изменения в материалах и технологиях производства конвейеров. На данный момент в сфере машин конвейерного оборудования наступило «время покупателя».

#### Вывод по разделу один

В данном разделе кратко описаны современные тенденции развития отечественных и зарубежных технологий в области транспортировки и конвейерного оборудования.

					15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

## 2 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

### 2.1 Сведения о предприятии

Компания «СМАРТ» (производитель ИП Волков А.Е.) является одним из федеральных лидеров на рынке жареных семечек в России и Казахстане и продолжает совершенствовать свои производственные технологии и расширять ассортимент выпускаемой продукции.

Компания была основана в январе 2004 года (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – ЗАО «СМАРТ»

Основной деятельностью Компании является производство и продажа жареных семечек в России и странах ближнего зарубежья.

Компания специализируется на качественной обжарке семян подсолнечника. Производство полностью оснащено передовым европейским и американским оборудованием известных на весь мир компаний. Управление качеством основано на опыте японских и американских компаний. Компания активно сотрудничает с европейскими исследовательскими организациями в области пищевого производства[6].

Производственные мощности компании, согласно особенностям производственного процесса, находятся в разных уголках России:

- комплекс первичной обработки сырья расположен в Краснодарском крае
- производственный центр по обжарке и упаковке в городе Катав-Ивановск (Челябинская область) центральный офис управления находится в городе Златоусте (Челябинская область).

					15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Превосходное качество выпускаемых продуктов стало залогом успеха  
Компания «СМАРТ» подтверждает качество выпускаемой продукции наградами престижных выставок регионального, российского и международного уровня. Вкусные, ароматные, равномерно прожаренные семечки с золотистыми ядрышками – то, что всегда привлекает покупателей к продукции Компании «СМАРТ»

## 2.2 Анализ технологического процесса транспортировки сыпучих продуктов

### 2.2.1 Общие сведения о технологии

В ковшовых конвейерах сыпучие материалы перемещаются в ковшах, укрепленных на тяговом органе — бесконечной прорезиненной ленте или цепях.

Ковшовые конвейеры подразделяют на конвейеры, перемещающие материал в вертикальном или близком к нему наклонном направлении, и конвейеры, перемещающие материал по пространственной или кольцевой трассе.

В строительстве нашли применение только ковшевые элеваторы, используемые на бетонных заводах для перемещения главным образом порошкообразных материалов (цемента, извести, гипса), а в некоторых случаях — крупных и мелких заполнителей. Их производительность достигает 300 м<sup>3</sup>/ч, высота подъема - 50 м.

Ковшовые элеваторы делят по следующим признакам:

- а) по роду тягового органа — на ленточные и цепные;
- б) по скорости движения ковшей — на быстроходные с центробежной разгрузкой и тихоходные с самотечной разгрузкой;
- в) по расположению ковшей — на элеваторы с расставленными ковшами и с сомкнутыми (чешуйчатыми) ковшами.

В ковшовых элеваторах с ленточным тяговым органом лента огибает приводной и натяжной барабаны, а у моделей с цепным тяговым органом огибает звездочки. Цепной тяговый орган применим при любых действующих усилиях и в зависимости от них выполняется с одной или двумя параллельными замкнутыми ветвями.

Скорость движения ковшей у тихоходных элеваторов составляет 0,3—1 м/с, у быстроходных 1,2—2 м/сек.

Быстроходные элеваторы применяют главным образом для перемещения порошкообразных и мелкокусковых материалов, тихоходные — для крупнокусковых материалов.

Ковшовый элеватор (рисунок 2.2) состоит из приводного и натяжного барабанов (звездочек), тягового органа (цепи или ленты) и ковшей. Верхняя часть с приводным устройством называется головкой, нижняя часть с натяжным устройством — башмаком.

					15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12





## 2.2.2 Анализ технологического процесса транспортировки сыпучих продуктов

1 Хранение семян подсолнечника далее- продукт. (Хранение семян подсолнечника осуществляется, на складе при температуре воздуха 15-20°С.)

2 Контроль качества (Контроль качества осуществляется лаборантами в лаборатории.)

3 Передача продукта со склада на участок выгрузки. (Передача продукта производится наземным транспортом, по территории завода.)

4 Транспортировка продукта на участок сортировки и камне отбора путем тарельчатого конвейера. (рисунок 2.3).

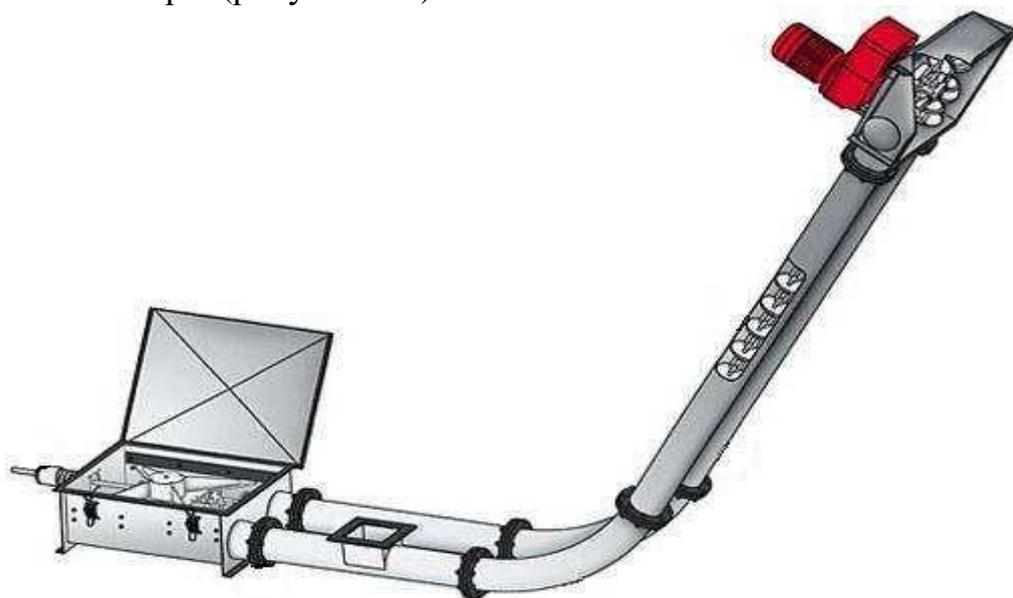


Рисунок 2.3 – Тарельчатый конвейер

Камнеотбор продукта производится установкой MTSC. (рисунок 2.4)



Рисунок 2.4 – Установка камнеотбора продукта

									Лист
									15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ				

5. Транспортировка продукта на сортировочное оборудование посредством тарельчатого конвейера. Сортировка производится сепаратором. (рисунок 2.5)



Рисунок 2.5 – Сепаратор DAESUNG

6. Транспортировка продукта на участок мойки посредством ленточного наклонного конвейера. (рисунок 2.6)



Рисунок 2.6 – Ленточный наклонный конвейер.

					15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

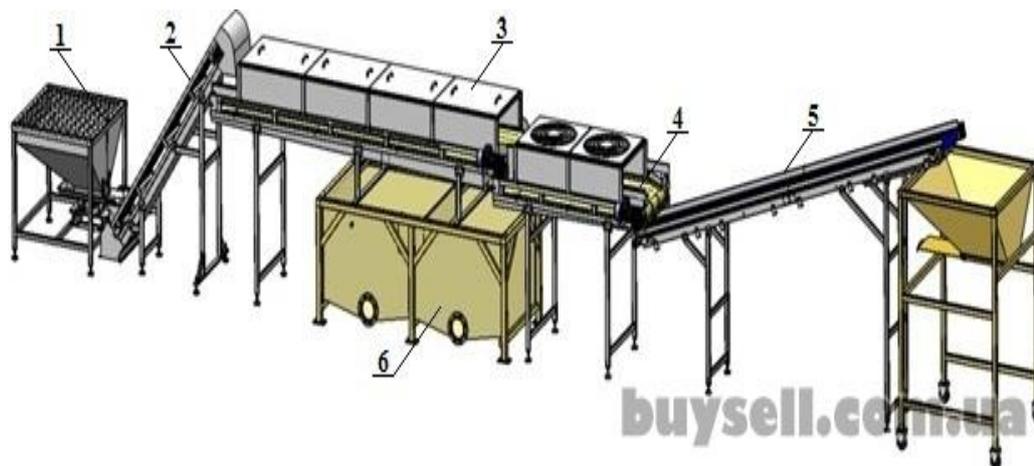


Рисунок 2.7 – Комплекс мойки продукта.

7. Транспортировка продукта на участок отжима посредством ленточного наклонного конвейера. (рисунок 2.6) Отжим происходит посредством центрифуги (рисунок 2.8)



Рисунок 2.8 – Центрифуга

8. Транспортировка продукта на участок обжарки посредством тарельчатого конвейера (рисунок 2.3) Обжарка продукта происходит посредством устройства обжарки (рисунок 2.9)

									Лист
									17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ				



Рисунок 2.9 – Устройство обжарки

9. Транспортировка продукта на линию упаковки посредством ленточного наклонного конвейера.(рисунок 2.3) Упаковка продукта происходит на линии упаковки представленной на рисунке 2.10



Рисунок 2.10 – Упаковочная линия

					15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

## 2.3 Цели и преимущества автоматизации процесса транспортировки сыпучих продуктов

Множество технологических операций в пищевой промышленности очень трудоёмкие, протекают при высокой и большого уровня шума. С внедрением автоматизации на операциях транспортировки продукции ликвидируется тяжелый ручной труд, значительно улучшаются условия труда. Наряду с этим автоматизация транспортировочного оборудования позволяет добиться высоких показателей по выпуску продукции. Одновременно уменьшается численность обслуживающего персонала.

В результате применения автоматизации снижается себестоимость изделий, увеличивается выпуск продукции и повышается ее качество, уменьшается брак, сокращаются расходы на сырье, материалы и топливо, снижается потребление тепловой и электрической энергии.

Степень оснащения производственных процессов средствами автоматизации определяется нормативными и техническими требованиями, а также функциональным назначением оборудования. Поэтому в зависимости от доли участия человека (оператора) в управлении степень автоматизации процесса может быть частичной, полной и комплексной.

Маятниковые ковшевые элеваторы разработаны специально для транспортирования сыпучих грузов от одного или нескольких мест загрузки. Непрерывная подача осуществляется по горизонтальной, вертикальной или наклонной трассе, без дополнительных пунктов передачи. Щадящее перемещение без расслоения транспортируемого слоя и отсутствие шума позволяют использовать данные системы в различных отраслях промышленности – начиная с транспортировки хрупких пищевых продуктов до абразивных грубых строительных материалов.

Автоматизированные транспортировочные линии сокращают количество ручных операций по транспортировке. В этих машинах механизированы все операции.

Преимущества установки автоматизированных линий:

- Высокий уровень производительности, за счет современных технологий, которые обеспечивают хорошие показатели скорости работы данного устройства;
- Перемещения груза на большую высоту, до 60 метров, в зависимости от технологии производства элеватора;
- Качественная, надежная и быстрая работа;
- Возможность транспортировки груза разного характера;
- Ковшовые элеваторы являются долговечным оборудованием, так как производятся из высококачественных материалов.

На транспортировочных линиях в автоматическом режиме выполняются следующие операции:

- Загрузка продуктом транспортера на станции загрузки;
- Транспортировка продукта к пункту разгрузки;

										Лист
										19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ					

– Выгрузка продукта в упаковочное оборудование;

Решающим фактором увеличения производственных мощностей производства, снижения себестоимости продукции является оснащение его новейшей техникой на основе комплексной механизации и автоматизации производства.

## 2.4 Обоснование выбора объекта и предмета автоматизации

Линия транспортировки, используемая в настоящее время, представляет собой неавтоматизированную линию с ручным управлением, ручным управление загрузкой, с устаревшими контрольно-измерительными приборами, с очень габаритными размерами. Данная линия сложна и неудобна в эксплуатации, а в некоторых случаях даже опасна. Руководство завода требует автоматизации этой линии по следующим причинам: Автоматизация производственных линий, позволяет сократить количество обслуживающего персонала, улучшить работу агрегатов, обеспечить экономию сырья, облегчить условия работы обслуживающего персонала и создать безопасные условия эксплуатации, уменьшить процент боя продукта.

Для решения этой проблемы в данном дипломном проекте предлагаю установить автоматизированную систему управления линией транспортировки сыпучих продуктов посредством внедрения ковшевого маятникового конвейера с возможностью работы в автоматическом режиме. Данные элеваторы разработаны специально для транспортирования сыпучих продуктов от одного или нескольких мест загрузки. Непрерывная подача осуществляется по горизонтальной, вертикальной или наклонной трассе, без дополнительных пунктов передачи. Бережное перемещение и отсутствие шума позволяют использовать данные системы в различных отраслях промышленности

В отличие от загрузки обычного груза, сыпучий продукт подается на движущуюся ленту транспортера дозировано. Выгрузка ковшей происходит в точках разгрузки у колеса привода под действием собственного веса продукта. Угловые элеваторы, благодаря своей конструкции, очень эргономичны и не требуют значительной площади для своего размещения. При небольшой мощности привода они имеют высокую производительность транспортировки материалов. Эта система предполагает использование центрального контроллера управляющего исполнительными механизмами, которые устанавливаются на данную линию в целях обеспечения стабильной работы, увеличения производительности и снижения процента брака.

Автоматизация производственных линий, позволяет сократить количество обслуживающего персонала, улучшить работу агрегатов, обеспечить экономию сырья, облегчить условия работы обслуживающего персонала и создать безопасные условия эксплуатации, уменьшить процент бракованных изделий.

Удобный и более компактный шкаф управления обеспечит легкий доступ оператору для ремонта и обслуживания управляющего оборудования.

									Лист
									20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ				

## 2.5 Описание недостатков существующего объекта автоматизации

Недостатки существующего объекта автоматизации:

- невысокая производительность оборудования;
- отсутствие работы в автоматическом режиме;
- большие габариты и протяженность трассы;
- устаревшая элементная база системы управления;
- сложность в ремонте существующей системы управления объектом автоматизации в связи с тем, что многие ее компоненты перестали выпускаться промышленностью.

Вывод по разделу два

В данном разделе кратко описана целесообразность выбранной темы по автоматизации линии транспортировки сыпучих продуктов. Путем анализа объекта автоматизации был выявлен ряд недостатков устранением которых послужит модернизация и автоматизация данного оборудования.

									Лист
									21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ				

### 3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

#### 3.1 Разработка алгоритма автоматизации управления объектом и ее описание

На рисунке 3.1 приведен алгоритм работы системы управления.

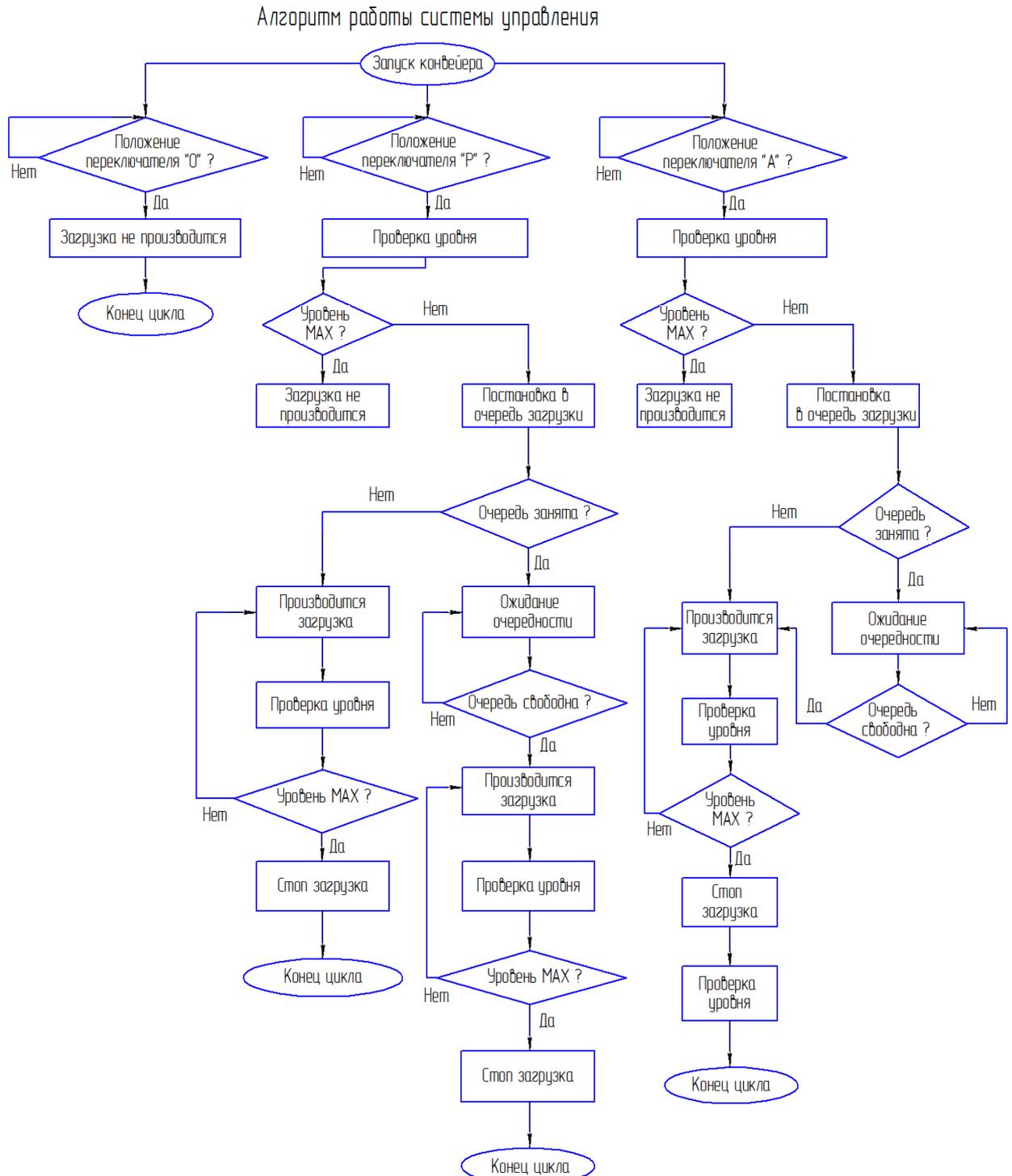


Рисунок 3.1 – Алгоритм работы системы управления.

Данная блок-схема отображает работу линии транспортировки при нормальных рабочих условиях.

Логика работы следующая: Оператор со щита управления загрузкой нажимает кнопку пуска и после этого начинается выполнение алгоритма. При каждом срабатывании датчиков положения выполняется определенное действие показанное на блок схеме. Если в алгоритме возникает ошибка, то включается сигнал о данной ошибке.

Срабатывание датчика уровня MIN показывает, что продукт в бункере достиг нижнего уровня и требуется загрузка продуктом.

Срабатывание датчика уровня MAX показывает, что продукт в бункере достиг верхнего уровня и требуется прекратить загрузку продуктом.

Включение конвейера означает, что происходит запуск электродвигателя.

Загрузка продуктом происходит на специальных станциях загрузки посредством непрерывной подачи продукта на конвейер.

Разгрузка ковшей происходит на специальных станциях разгрузки оборудованных датчиками уровня и пневмоцилиндрами, которые в свою очередь толкают специальную планку, и ковши с продуктом опрокидываются и происходит загрузка бункера.

Так же блок схема алгоритма работы системы управления представлена на листе формата А1 графической части проекта.

### 3.2 Разработка структурной схемы автоматизации и ее описание

Разработка структурной схемы приведена на рисунке 3.2

Основным блоком системы управления линии транспортировки является шкаф управления в котором расположен программируемый логический контроллер. С его помощью управляется технологический процесс и обрабатывается вся информация поступающая с датчиков обратной связи. Для этой цели используется программируемый логический контроллер (ПЛК) Siemens SIMATIC S7-300 с интерфейсными дискретными входами и выходами сигналов. На его входа в дискретной форме подаются сигналы с датчиков обратной связи установленных на бункерах. Для задания программы в ПЛК служит щит управления загрузкой, с помощью которой оператор имеет возможность выбирать режимы работы загрузкой и отслеживать ошибки системы.

Датчики скорости отвечают за контроль скорости перемещения конвейера.

Датчики уровня № 1,3,5,7,9,11 отвечают за нижний уровень промежуточных бункеров и дают сигнал на выполнение цикла загрузки.

Датчики уровня №2,4,6,8,10,12 отвечают за верхний уровень продукта в бункерах и дают сигнал на окончание цикла загрузки

Пневмораспределители по команде с ПЛК включают/выключают пневмоцилиндры, которые в свою очередь управляют загрузкой бункеров.

Электродвигатели приводят в движение конвейерную цепь, по которой перемещаются ковши.

					15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23



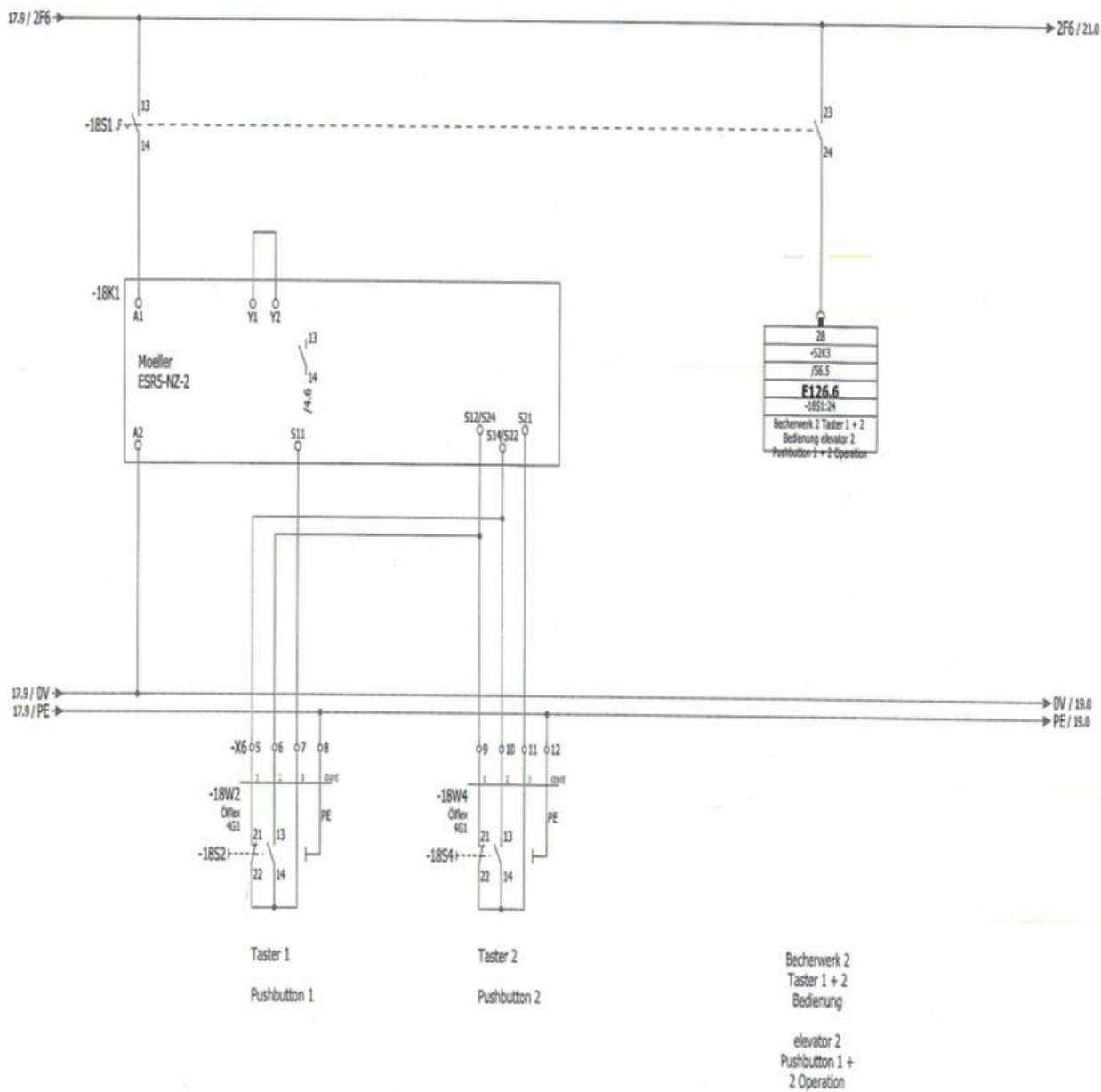


Рисунок 3.3 – Схема электрическая принципиальная

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ

Лист

25

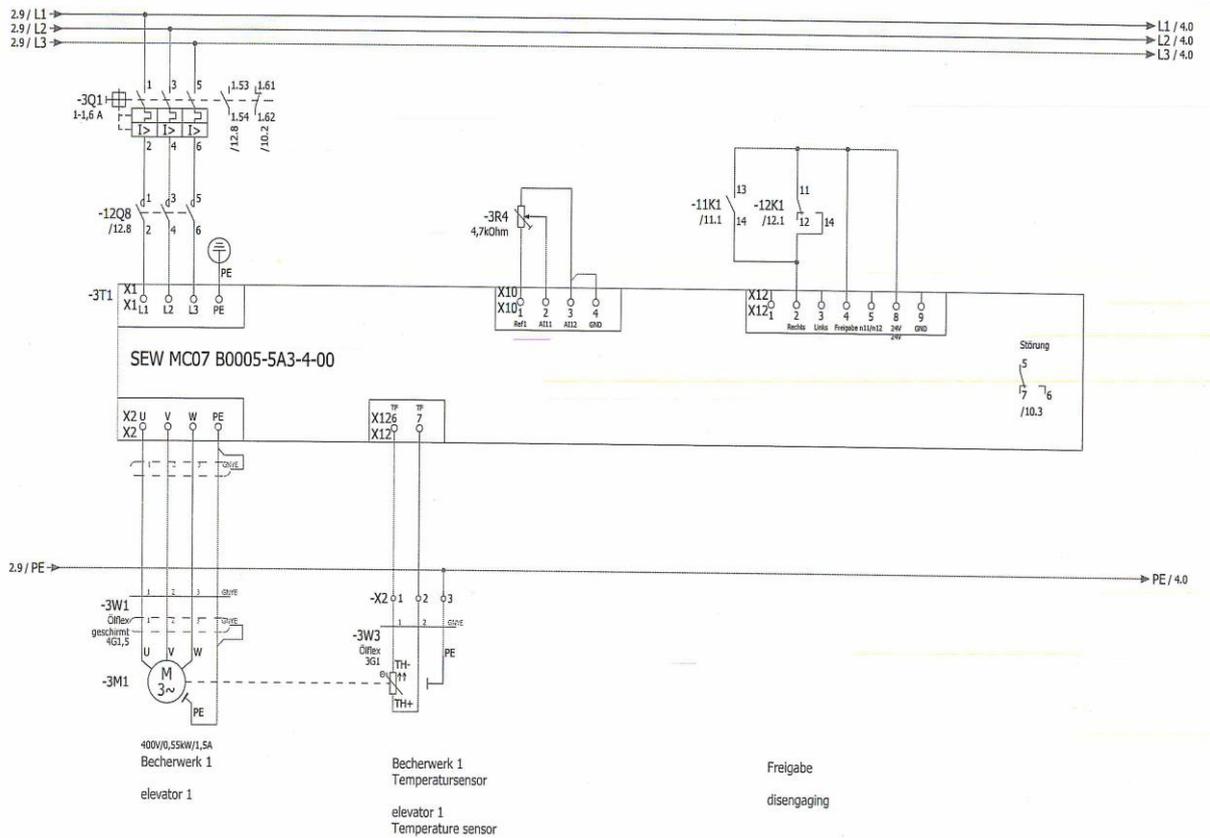


Рисунок 3.4 – Схема электрическая принципиальная

### 3.4 Расчет математической модели электропривода конвейера

В таблице 3.1 приведены технические характеристики электропривода конвейера:

Таблица 3.1 – Технические характеристики электропривода конвейера

Наименование	Значения
Мощность, кВт	0,55
Частота вращения, об/мин	920
Напряжение, В	380
Ток статора, А	2,4
КПД	74%
Коэф. мощности, cos φ	0,74
Класс защиты, IP	54

Для определения параметров структурной схемы провожу необходимые расчеты.

Найдем коэффициент усиления по формуле:

$$K_{\text{э}} = \frac{1}{S_{\text{н}}}, \quad (3.1)$$

где  $S_{\text{н}}$  – номинальное скольжение.

Из формулы (3.1) найдем номинальное скольжение по формуле:

$$S_{\text{н}} = \frac{n_{\text{с}} - n_{\text{н}}}{n_{\text{с}}}, \quad (3.2)$$

где  $n_{\text{с}}$  – синхронная скорость;

$n_{\text{н}}$  – номинальная скорость.

$$S_{\text{н}} = \frac{1500 - 920}{1500} = 0.386$$

$$K_{\text{э}} = \frac{1}{0.386} = 2,5$$

Найдем электрическое скольжение по формуле:

$$\omega_{\text{э}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{с}}}{30}, \quad (3.3)$$

$$\omega_{\text{э}} = \frac{3.14 \cdot 1500}{30} = 157 \text{ рад/с}$$

Найдем критическое скольжение по формуле:

$$S_{\text{к}} = S_{\text{н}} \cdot \left( \mu_{\text{к}} + \sqrt{\mu_{\text{к}}^2 - 1} \right), \quad (3.4)$$

где  $\mu_{\text{к}}$  – отношение максимального момента к номинальному, определяем по таблице 8.1,  $\mu_{\text{к}} = 2.2$

					15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

$$S_K = 0.386 \cdot (2.2 + \sqrt{2.2^2 - 1}) = 1$$

Находим эквивалентную электромагнитную постоянную времени по формуле:

$$T_{\text{Э}} = \frac{1}{\omega_{\text{Э}} \cdot S_K} \quad (3.5)$$

$$T_{\text{Э}} = \frac{1}{157 \cdot 1} = 0.006 \text{ с},$$

Находим механическую постоянную времени электродвигателя по формуле:

$$T_{\text{д}} = I \cdot \frac{\omega_{\text{Э}}}{M_{\text{н}}}, \quad (3.6)$$

$$T_{\text{д}} = 0.386 \cdot \frac{157}{2.2} = 27.5 \text{ с}$$

Приближенно параметры регулятора тока вычисляются по правилу технического оптимума:  $T_2 = T_{\text{Э}}$

Найдем постоянную времени контура регулирования тока по формуле:

$$T_{\text{рт}} = (2 \dots 4)(T_{\text{п}} + \tau), \quad (3.7)$$

где  $T_{\text{п}}$  – постоянная времени преобразователя,  $T_{\text{п}} = 0.03$

$\tau$  – время чистого запаздывания тиристорного преобразователя,  $\tau = 0.0055$

$$T_{\text{рт}} = 2 \cdot (0.03 + 0.0055) = 0.07$$

Найдем время  $T_1$  по формуле:

$$T_1 = K_{\text{Э}} \cdot T_{\text{рт}}, \quad (3.8)$$

$$T_1 = 2.7 \cdot 0.07 = 0.19$$

Найдем вспомогательную постоянную времени контура регулирования скорости по формуле:

$$T_{\text{рс}} = (2 \dots 4)(T_{\text{рт}} + T_{\text{п}} + \tau), \quad (3.9)$$

$$T_{\text{рс}} = 2 \cdot (0.07 + 0.03 + 0.0055) = 0.21$$

									Лист
									28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ				

Найдем коэффициент регулятора скорости по формуле:

$$K_{pc} = \frac{T_d}{T_{pc}}, \quad (3.10)$$

$$K_{pc} = \frac{0.5}{0.21} = 2.4$$

Найдем время  $T_4$  из формулы:

$$\omega_{сопр} = \frac{1}{T_4} = \frac{\omega_c}{2 \cdot 2.4} = \frac{1}{(2 \cdot 2.4) T_{pc}}, \quad (3.11)$$

$$\omega_{сопр} = \frac{1}{2 \cdot 0.21} = \frac{1}{0.32} = 3.12 \text{ рад/с}$$

$$T_4 = 0.32 \text{ с}$$

Найдем время  $T_3$  по формуле:

$$T_3 = \frac{T_4}{K_{pc}}, \quad (3.12)$$

$$T_3 = \frac{0.32}{2.4} = 0.13 \text{ с}$$

На основе имеющихся расчетов составляем в программе VisSim схему моделирования работы электропривода конвейера. Структурная схема представлена на рисунке 3.5

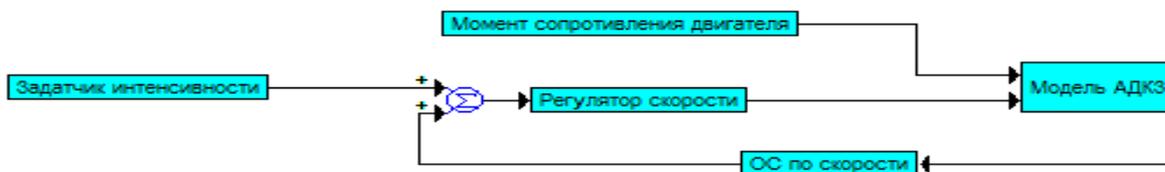


Рисунок 3.5 – Структурная схема

Задатчик интенсивности – устройство, формирующее сигналы ускорения соответствующей технической заданию величины, поступающие на регулятор скорости. Модель задатчика интенсивности представлена на рисунке 3.6

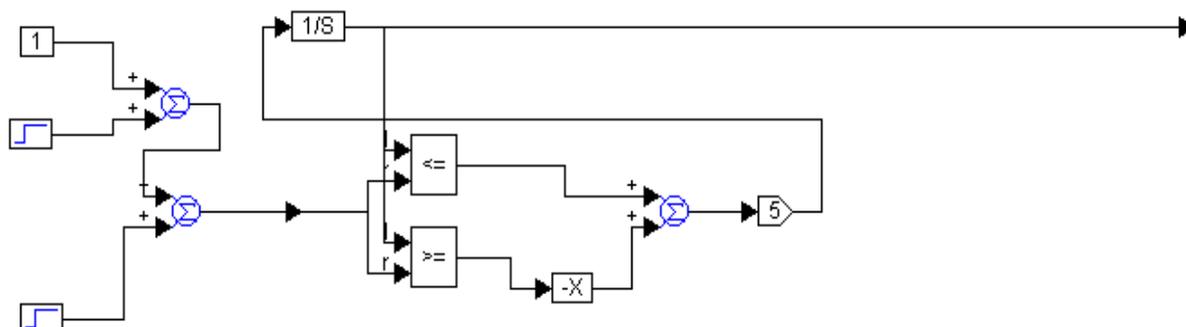


Рисунок 3.6 – Модель задатчика интенсивности

Регулятор скорости выполняет функцию регулирования частоты вращения посредством электродвигателя с учетом обратной связи по скорости. Модель регулятора скорости представлена на рисунке 3.7

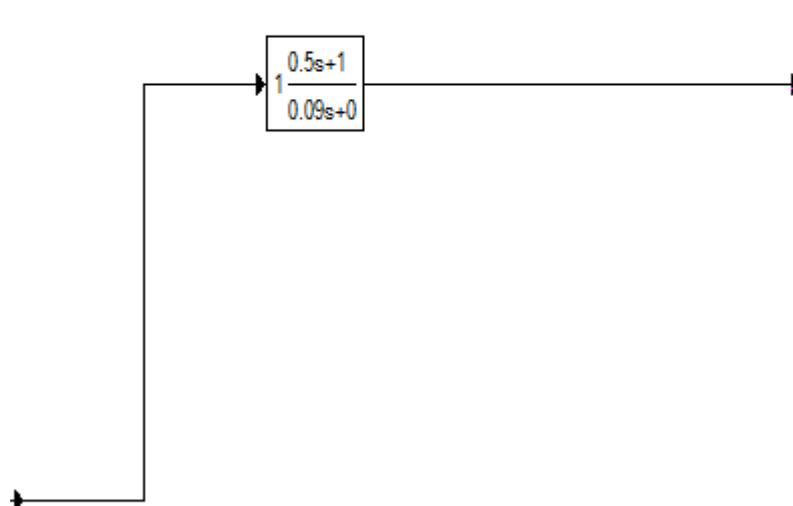


Рисунок 3.7 – Модель регулятора скорости

Модель обратной связи по скорости представлена на рисунке 3.8

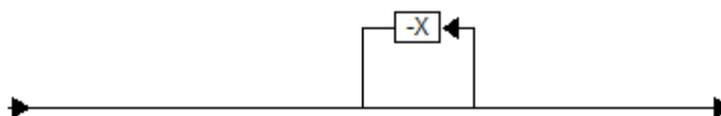


Рисунок 3.8 – Модель обратной связи по скорости

В модели асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (АДКЗ) частично включена модель преобразователя частоты. Модель асинхронного двигателя представлена на рисунке 3.9

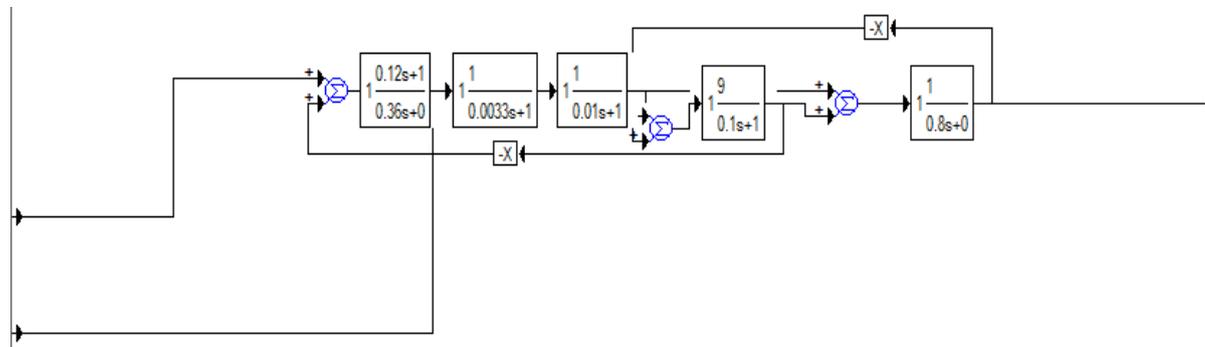
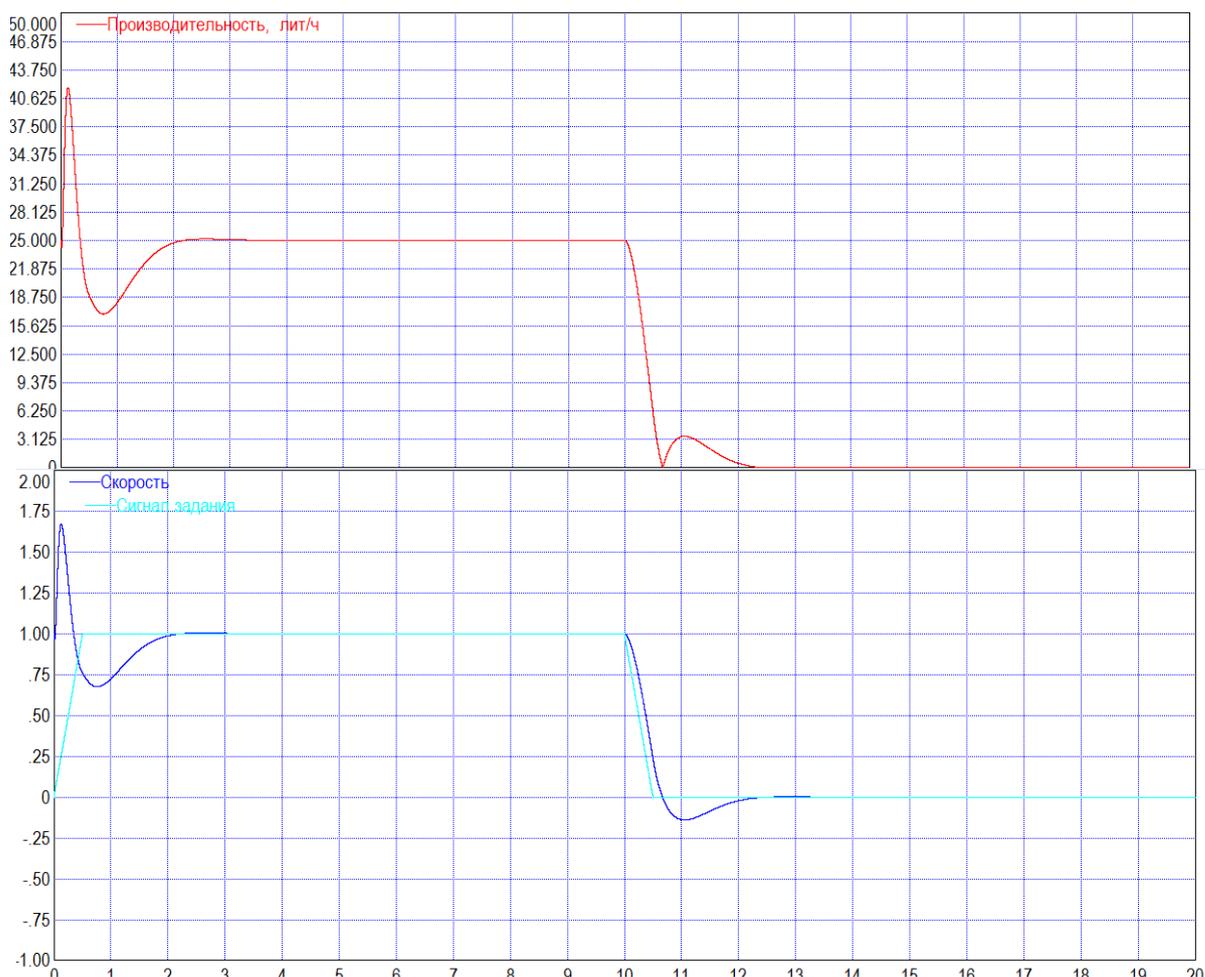


Рисунок 3.9 – Модель АДКЗ

На рисунке 3.10 изображен график работы электропривода конвейера



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ

Лист

31

Рисунок 3.10 – График моделирования работы электропривода конвейера  
 Настройка контура регулирования тока с помощью программы Vissim.  
 Параметры регулятора тока вычисленные по правилу технического оптимума.

Используя программу Vissim, подставляем в схему параметры регулятора тока, вычисленные по правилу технического оптимума.

На рисунке 3.11 изображена структурная схема контура регулирования тока.  
 $T1 = 0.37$   $T2 = Tэ = 0.013$   $Kэ = 9$

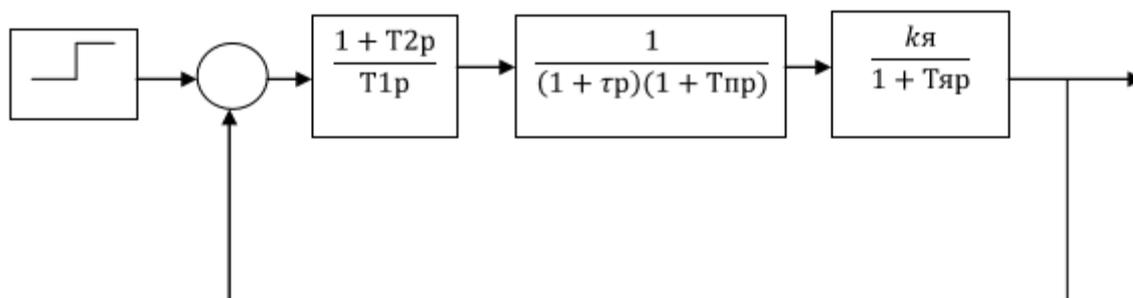


Рисунок 3.11 – Структурная схема контура регулирования тока

Для проверки устойчивости системы (контура регулирования тока) воспользуемся критерием Найквиста – построим логарифмические амплитудные (ЛАЧХ) и фазовые (ЛФЧХ) характеристики разомкнутого контура тока.

На рисунке 3.12 приведен рисунок ЛАЧХ контура регулирования тока статора.

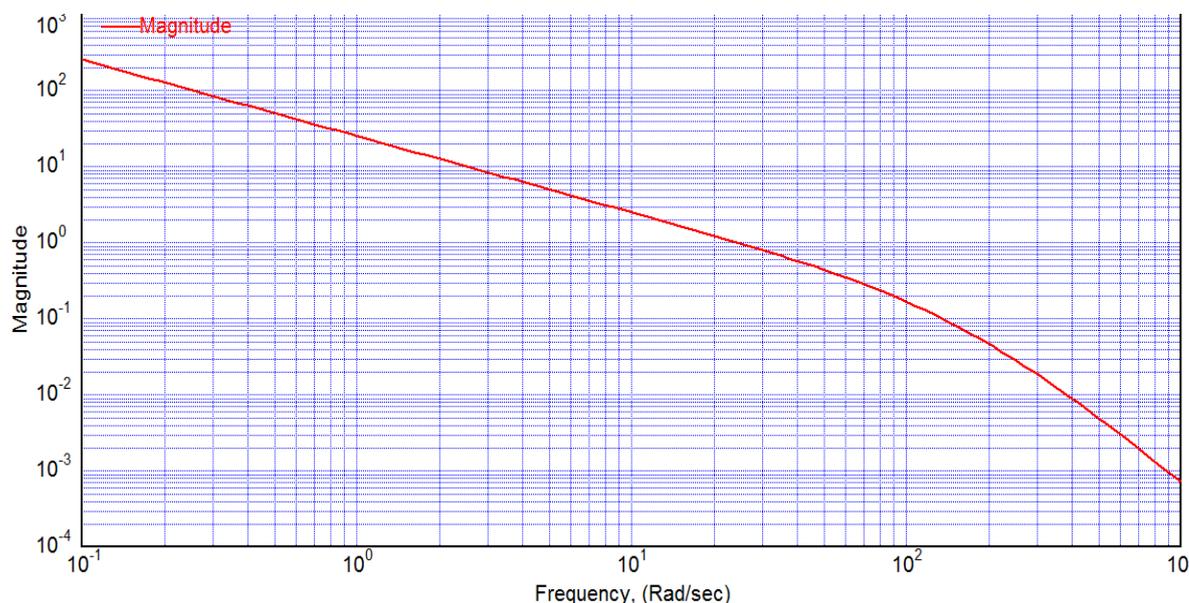


Рисунок 3.12 – ЛАЧХ контура регулирования тока статора

По рисунку 3.13 определяем частоту среза контура регулирования тока – точка пересечения характеристики с осью X (на уровне равном 100).

Частота среза  $\omega_{ср} = 26$  рад/с. По ЛФЧХ определяем запас по фазе  $\Delta\varphi = 72$  градуса

На рисунке 3.13 приведен ЛФЧХ контура регулирования тока статора.

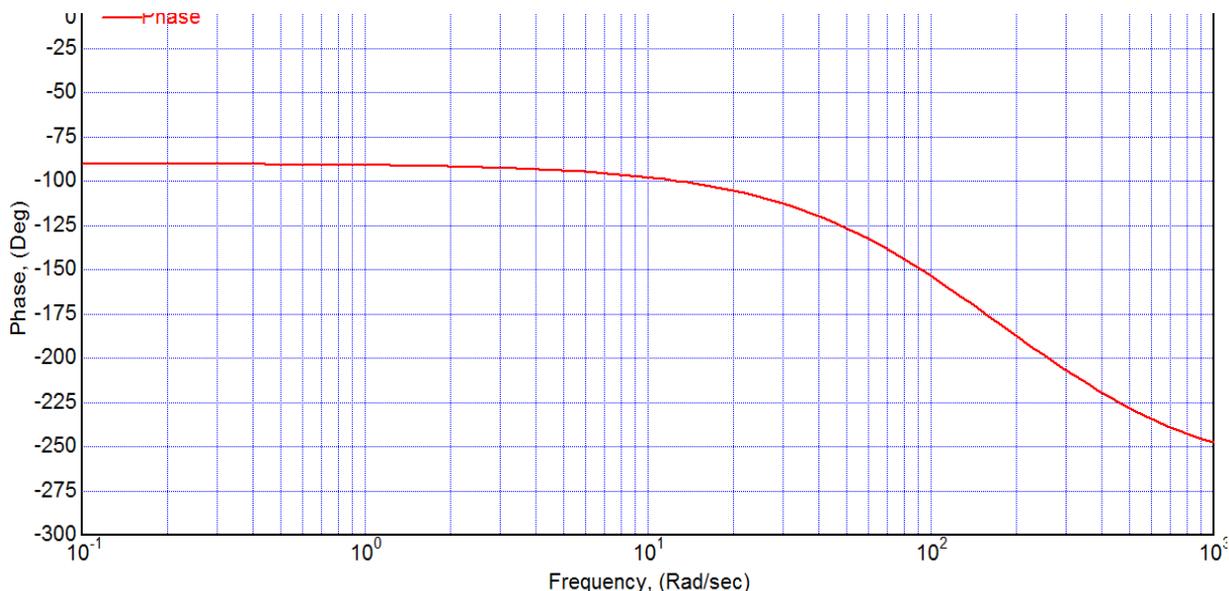


Рисунок 3.13 – ЛФЧХ контура регулирования тока статора

Настройка контура регулирования скорости с помощью программы Vissim.

Параметры регулятора скорости вычисленные по упрощенной структурной схеме по правилу симметричного оптимума.

На рисунке 3.14 изображена структурная схема контура регулирования скорости.

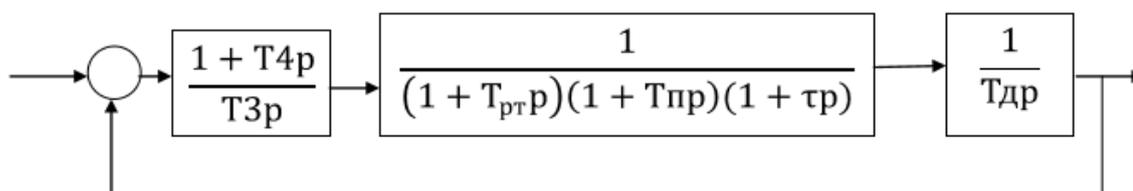


Рисунок 3.14 – Структурная схема контура регулирования скорости.

Используя программу Vissim, подставляем в схему параметры регулятора тока, вычисленные по правилу симметричного оптимума.

$$T_3 = 0.08 \quad T_4 = 5 \quad T_{д} = 0.7$$

Построим логарифмические амплитудные (ЛАЧХ) и фазовые (ЛФЧХ) характеристики разомкнутого контура скорости.

На рисунке 3.15 изображена ЛАЧХ контура регулирования скорости статора.

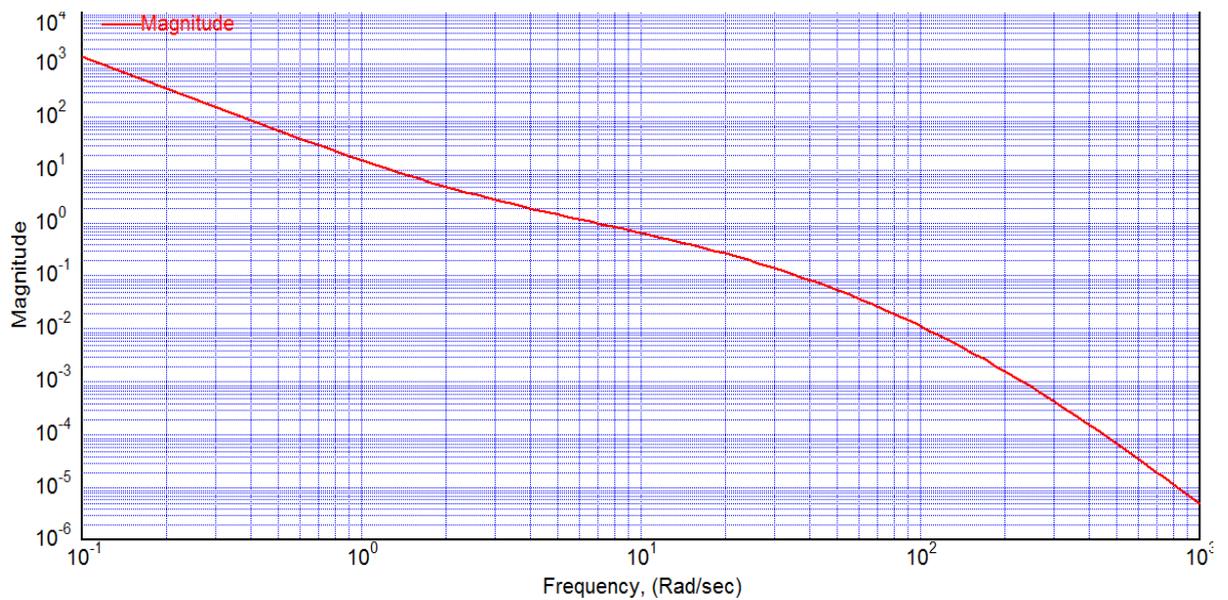


Рисунок 3.15 – ЛАЧХ контура регулирования скорости статора

По рисунку 3.15 определяем частоту среза контура регулирования скорости  $\omega_{ср} = 8$  рад/с. По ЛФЧХ определяем запас по фазе  $\Delta\varphi = 55$  градуса. На рисунке 3.16 изображена ЛФЧХ контура регулирования скорости статора.

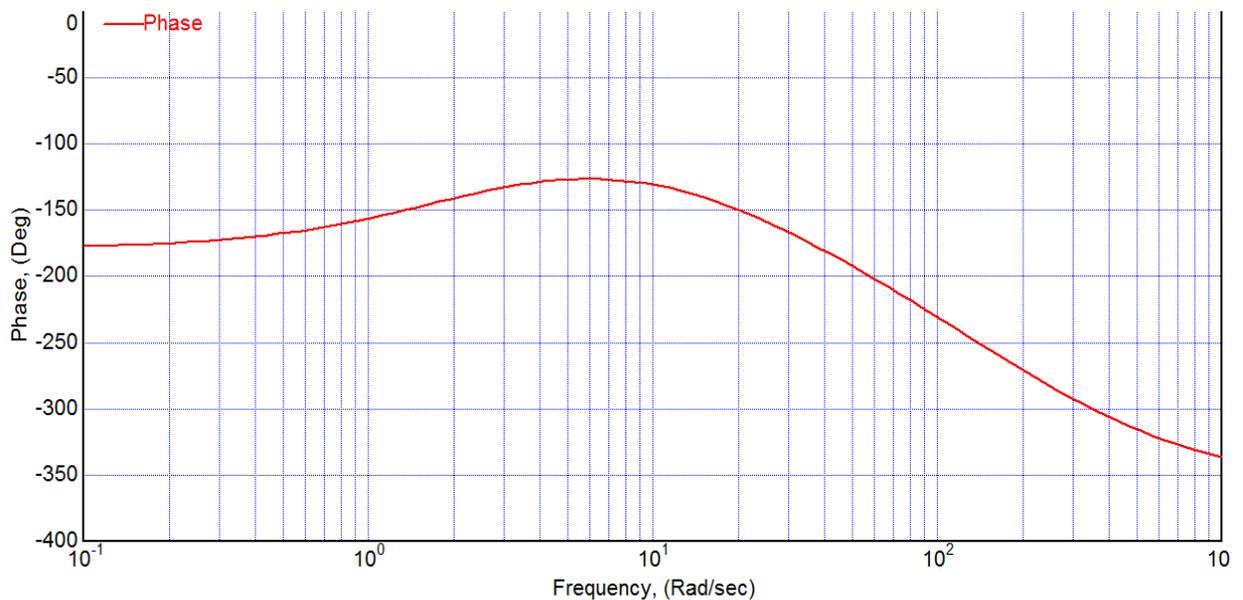


Рисунок 3.16 – ЛФЧХ контура регулирования скорости статора

### 3.5 Выбор средств автоматизации, элементной базы и преобразователей (датчиков) технологической информации

#### 3.5.1 Выбор емкостного датчика уровня

Датчик уровня – будем использовать емкостный. Датчик уровня не обходим нам в нашем проекте для определения уровня загрузки бункера. Нам понадобится 12 датчиков.

На рисунке 3.17 изображен емкостный датчик IFM KI5065.



Рисунок 3.17 – емкостный датчик IFM KI5065

Емкостной датчик, Пластмассовая резьба, M30 x 1,5, DC PNP,  
Рабочее напряжение: 10...30 V DC  
Электрическое исполнение: DC PNP  
Выход: NO / NC программируемый  
Номинальный ток: 250 мА  
Длина: 151 мм  
Расстояние срабатывания: 15, регулируемый мм  
Частота переключения: 10 Гц  
Электрическое подсоединение: клеммы до 2,5 мм<sup>2</sup>  
Материал: PBT (полибутилентерефталат) PA (полиамид)  
Температура окружающей среды: -20...60, -25...80 °C  
Степень защиты: IP 54;  
Индикация состояния выхода: LED желтый  
Маркировка прибора: Ex II 3D Ex tD A22 IP54 T80°C X  
Тип: KI5065

#### 3.5.2 Выбор индукционного датчика скорости

Датчик контроля скорости движения транспортера показан на рисунке 3.18

					15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35



Рисунок 3.18 – индукционный датчик скорости IV11B

Основные характеристики:

- Диапазон регулируемых частот: 0,1...2,5 Гц; 2...50 Гц, с переключением диапазонов частоты;
- Напряжение питания 10-30В DC, 90-250В AC;
- С фиксированной задержкой, с регулируемой задержкой;
- Индикация минимальной скорости;
- Индикация импульсов воздействия;
- M30x1,5; 80x80x40.

### 3.5.3 Выбор Пневмораспределителя

На рисунке 3.19 изображен пневмораспределитель



Рисунок 3.19 – Пневмораспределитель CPE18-M1H-5JS-1/4

									Лист
									36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ				

Предназначен для переключения потоков сжатого воздуха к различным исполнительным механизмам пневматических систем. Оптимизированные размеры распределителей Festo CPE отличаются минимальной шириной корпуса и низким потреблением энергии при больших пропускаемых расходах воздуха. Их можно монтировать на цилиндрах, подвижных элементах системы, крепить индивидуально на рейке или на стене.

Параметры пневмораспределителя Festo CPE18-M1H-5JS-1/4:

- Исполнение: компактный дизайн CPE18;
- Функция: 5/2 бистабильный;
- Эл. питание: 24VDC: 1,5W, для разъёмов Festo KMEB-1, KMEB-2, MSSD-EB, NEDY-L2R1-V1-C1W4L-U;
- Стандартный номинальный расход: 1500 л/мин;
- Тип пилотного управления: пилотный (внешнее питание);
- Рабочее давление: -0,9 ... 10 бар;
- Пилотное давление: 2 ... 10 бар;
- Время переключения, реверс: 13 мс;
- Температура окружающей среды: - 5...+50 °С;
- Пневматическое подключение, канал 1- 5: G1/4 резьба внутренняя;
- Пневматическое подключение, канал 12, 14, 82, 84: M5 резьба внутренняя;
- Материал корпуса: алюминиевое литье под давление;
- Вес пневмораспределителя: 270 г.

#### 3.5.4 Выбор программируемого логического контроллера

ПЛК SIMATIC S7-300 – предназначен для построения систем автоматизации низкой и средней степени сложности. Модульная конструкция контроллера S7-300, работа с естественным охлаждением, возможность применения структур локального и распределенного ввода-вывода, широкие коммуникационные возможности, множество функций, поддерживаемых на уровне операционной системы, высокое удобство эксплуатации и обслуживания обеспечивают возможность получения оптимальных решений для построения систем автоматического управления технологическими процессами в различных областях промышленного производства.

Использование нескольких типов центральных процессоров различной производительности, наличие широкой гаммы модулей ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов, функциональных модулей и коммуникационных процессоров повышает эффективность применения контроллеров SIMATIC S7-300.

Программируемые контроллеры Siemens SIMATIC S7-300 имеют модульную конструкцию и состоят из таких элементов:

Центральные процессоры – Модуль центрального процессора (CPU). В зависимости от сложности задачи в контроллерах могут быть использованы различ-

									Лист
									37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ				

ные типы центральных процессоров, которые отличаются производительностью, размером памяти, наличием или отсутствием встроенных входов-выходов и специальных функций, количеством и типом встроенных коммуникационных интерфейсов и т.д.

Блоки питания (PS), обеспечивают питание контроллера от сети переменного тока напряжением 120/230 В или от источника постоянного тока напряжением 24/48/60/110 В.

Сигнальные модули (SM), предназначены для ввода и вывода дискретных или аналоговых сигналов с различными электрическими и временными параметрами.

Коммуникационные процессоры (CP) обеспечивают возможность подключения к сетям PROFIBUS, Industrial Ethernet, AS-Interface или организации связи по PtP (point to point) интерфейсу.

Функциональные модули (FM), могут самостоятельно решать задачи автоматического регулирования, позиционирования, обработки сигналов. Функциональные модули снабжены встроенным микропроцессором и выполняют возложенные на них функции даже в случае отказа центрального процессора программируемого логического контроллера.

Интерфейсные модули (IM), обеспечивают возможность подключения к базовому блоку (стойка с CPU) стоек расширения ввода-вывода. Программируемые контроллеры Siemens SIMATIC S7-300 позволяют использовать в своем составе до 32 сигнальных и функциональных модулей, а также коммуникационных процессоров, распределенных по 4 монтажным стойкам. Все модули работают с естественным охлаждением.

На рисунке 3.20 изображен программируемый логический контроллер SIMATIC S7-300

										Лист
										38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ					



Рисунок 3.20 – Программируемый логический контроллер SIMATIC S7-300

Таблица 3.2 – Технические характеристики ПЛК S7-300

Характеристика	SIMATIC S7-300	SIPLUS S7-300
1	2	3
Степень защиты корпуса	IP 20 в соответствии с IEC 60 529	IP 20 в соответствии с IEC 60 529
<b>Внешние условия</b>		
Рабочие температуры при горизонтальной установке	0 ... 60°C	0 ... 60°C , -25 ... +60°C или -25 ... +70°C
Рабочие температуры при вертикальной установке	0 ... 40°C	-25 ... 40°C
Температуры хранения и транспортировки	-40 ... +70°C	-40 ... +70°C
Относительная влажность	5 ... 95%	5 ... 95%

Окончание таблицы 3.2

1	2	3
Появление конденсата	Не допускается, RH уровень сложности 2 в соответствии с IEC 1131-2	Допускается, RH уровень 2 в соответствии с IEC 1131-2 и IEC 721 3-3, класс 3К5
Обледенение печатных плат	Не допускается	Допускается, -25 ... 0°C, IEC 721 3-3, класс 3К5
Атмосферное давление	795 ... 1080 ГПа	795 ... 1080 ГПа
Концентрация загрязнений	--	По IEC 721 3-3, класс 3К3. SO <sub>2</sub> : более 0.5‰, относительная влажность 60%; испытания: 10‰ в течение 4 дней. H <sub>2</sub> S: до 0.1‰, относительная влажность 60%; испытания 10‰ в течение 4 дней.
<b>Изоляция</b>		
В цепях =24 В	Испытательное напряжение =500 В	Испытательное напряжение =500 В
В цепях ~220 В	Испытательное напряжение ~1460 В	Испытательное напряжение ~1460 В
<b>Электромагнитная совместимость</b>		
Устойчивость к шумам	По IEC 61000-6-2, испытания по IEC 61000-4-2 ... IEC 61000-4-6	Устойчивость к шумам

ПЛК SIMATIC S7-300 достаточно часто пользуется спросом на производстве, соответствует всем требованиям для автоматизации линии транспортировки.

### 3.5.5 Выбор модулей логического программируемого контроллера

На рисунке 3.21 изображен модуль ввода дискретных сигналов SM 321.



Рисунок 3.21 – Модуль ввода дискретных сигналов SM 321

Модули ввода дискретных сигналов предназначены для преобразования входных дискретных сигналов контроллера в его внутренние логические сигналы. Модули могут работать с контактными датчиками, а также бесконтактными датчиками ВЕРО, подключаемыми по 2-проводным схемам[3]. Принципиальная схема модуля изображена на рисунке 3.22.

SM 321; DI 16 x 24 VDC; с аппаратным и диагностическим прерываниями обладает следующими свойствами:

- 16 входов, потенциальная развязка группам по 16;
- номинальное входное напряжение 24 В пост. тока;

										Лист
										41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ					

- входная характеристика в соответствии с IEC 61131, тип 2;
- пригоден для переключателей и 2/3/4 – проводных ВЕРО (датчиков близости);
- 2 устойчивых к короткому замыканию источника питания на 8 каналов;
- возможна подача внешнего резервного питания датчиков;
- индикаторы состояния «Напряжение на датчиках (VS)»;
- индикатор групповой ошибки;
- поддерживает режим тактовой синхронизации;
- поддерживает функцию «Изменение параметров в режиме RUN»;
- программируемая диагностика;
- программируемое диагностическое прерывание;
- параметризуемое аппаратное прерывание;
- параметризуемые входные запаздывания.

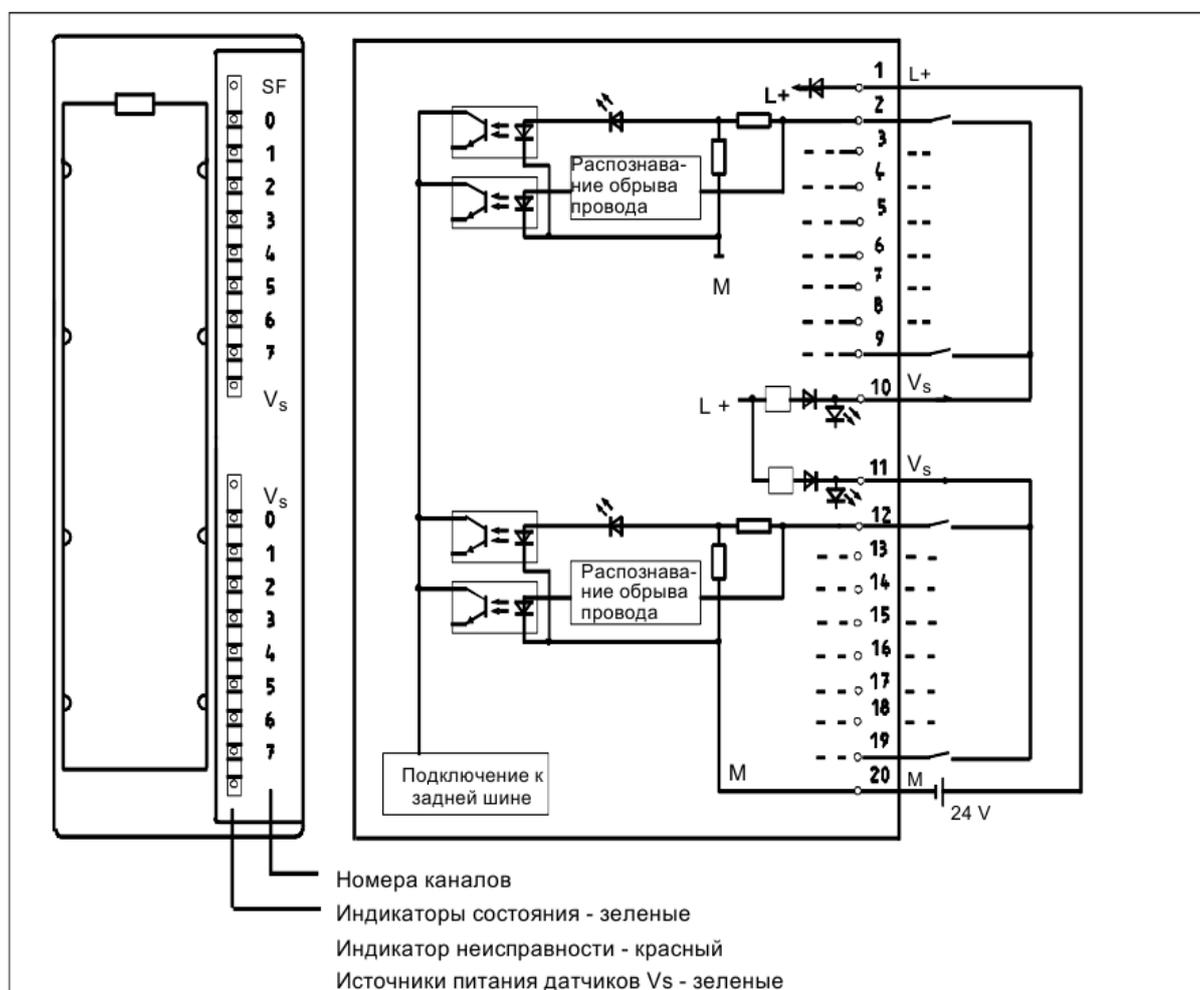


Рисунок 3.22 – Принципиальная схема SM 321

На рисунке 3.23 изображен модуль вывода дискретных сигналов SM 322.

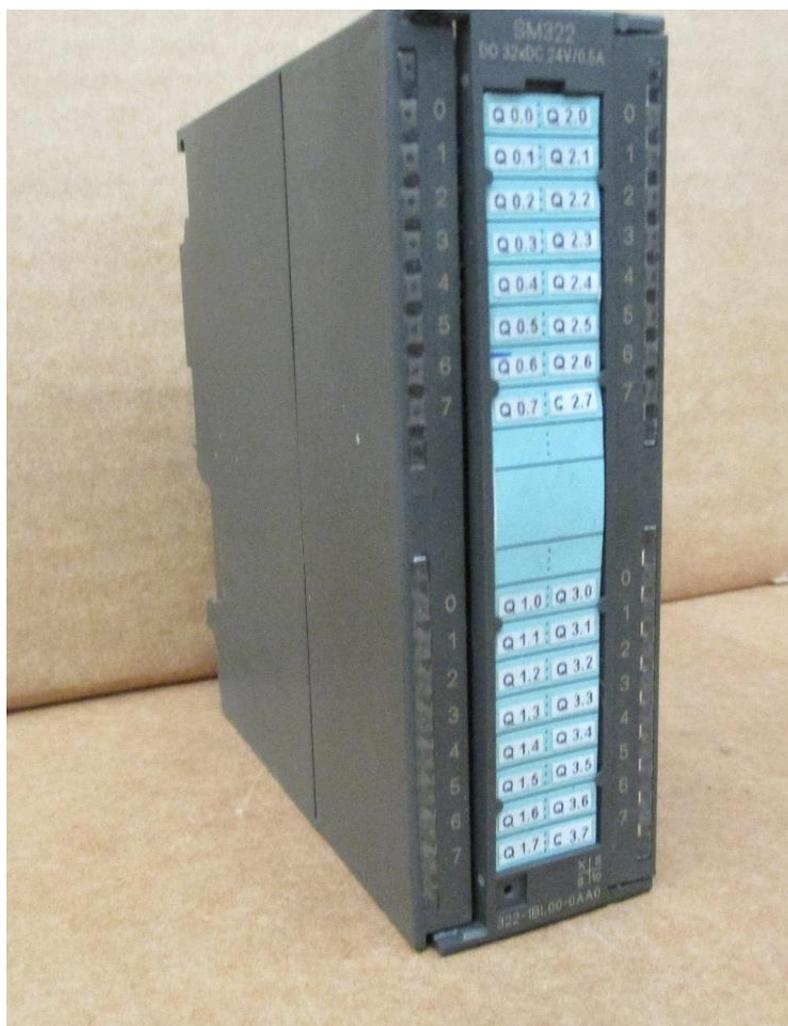


Рисунок 3.23 – Модуль вывода дискретных сигналов SM 322

Модули вывода дискретных сигналов выполняют преобразование внутренних логических сигналов контроллера в его выходные дискретные сигналы. Модули способны управлять задвижками, магнитными пускателями, сигнальными лампами и т.д [5]. Принципиальная схема изображена на рисунке 3.24.

Цифровой модуль вывода SM322; DO 16 x 24/48 VUC обладает следующими характеристиками:

- 16 статистических релейных выходов с индивидуальной гальванической развязкой;
- потенциальная развязка между каналами 120 В;
- переключательные свойства: R во включенном состоянии обычного равного 0.25 Ом, R в выключенном состоянии обычно больше 100 Гом;
- спроектирован для напряжения на нагрузке до 48 В переменного или постоянного тока, и какого – либо минимального напряжения на нагрузке не требуется;
- спроектирован для выходных нагрузок до 0,5 А, и какого – либо минимального тока нагрузки не требуется;

						15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			43

- выходы полностью независимы и могут подключаться в любой конфигурации;
- для выходов при переходе CPU в STOP могут быть запрограммированы заменяющие значения или «Hold last values» [ Сохранение последних значений ];
- модуль располагает диагностикой для ошибок параметризации и потери внешнего питания;
- пригоден для электромагнитных клапанов переменного тока, контактных датчиков, пускателей, маломощных двигателей и сигнальных ламп.

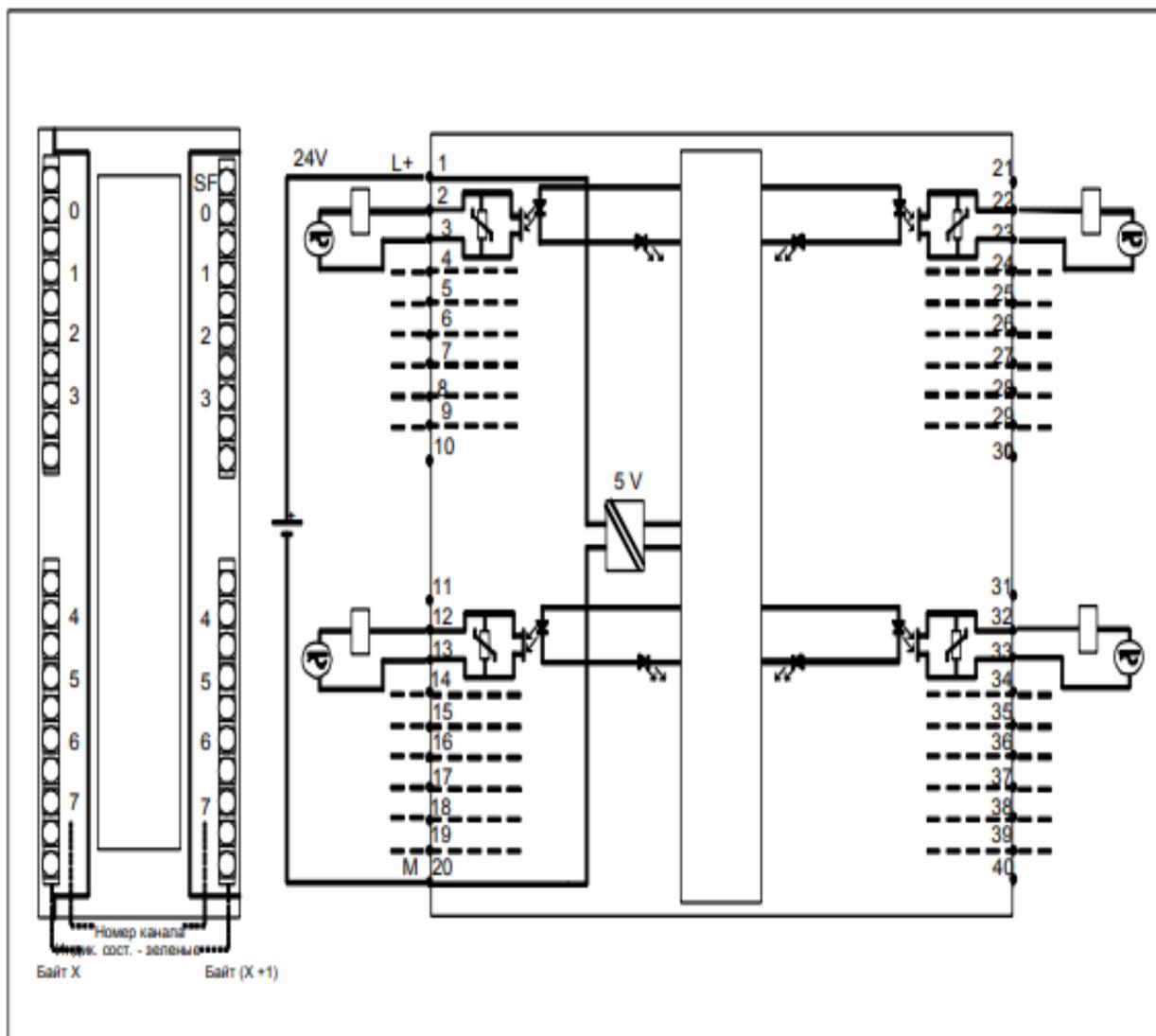


Рисунок 3.24 – Принципиальная схема SM 322

На рисунке 3.25 изображен модуль ввода аналоговых сигналов SM 331.



Рисунок 3.25 – Модуль ввода аналоговых сигналов SM 331

Модули ввода аналоговых сигналов выполняют аналого-цифровое преобразование входных аналоговых сигналов контроллера и формируют цифровые значения мгновенных значений аналоговых величин[6]. Эти значения используются центральным процессором в ходе выполнения программы.

К модулям могут подключаться датчики с унифицированными сигналами напряжения и силы тока, термопары, датчики сопротивления и термометры сопротивления, технические характеристики представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Технические характеристики модуля аналоговых сигналов SM 331

Технические данные	
Параметр	Величина
Размеры и вес	
Размеры Ш x В x Г (мм)	40 x 125 x 117
Вес	250 г.
Особые данные модуля	

## Окончание таблицы 3.3

Параметр	Величина	
Поддерживает режим тактовой синхронизации	Нет	
Число входов	8	
Длина кабеля	макс. 200 м	
Напряжение токи потенциалы		
Измерение сопротивления 0...6 кОм	макс. 0,25 мА	
Потенциальная развязка		
Между каналами и задней шиной	Да	
Между каналами	Нет	
Допустимая разность потенциалов		
Между входами ( $U_{cm}$ )	2.0 В пост. тока	
Между входами м ( $U_{iso}$ )	75 В пост тока	
Изоляция проверена при	500 В пост. тока	
Потребление тока		
Из задней шины	макс. 90 мА	
Мощность потерь модуля	Тип 0.4 Вт	
Формирование аналоговых значений		
Принцип измерения	интегрирующий	
Параметризуемое	Да	
Подавление помех для частоты $f_1$ в Гц	50	60
Время интегрирования в мс	60	50
Основное время преобразования	66	55
Дополнительное время преобразования	66	55
Разрешающая способность в битах	13 битов	13 битов
Подавление помех, границы ошибок		
Синфазная помеха	> 86 дБ	
Противофазная помеха	> 40 дБ	
Перекрестная помеха	> 50 дБ	

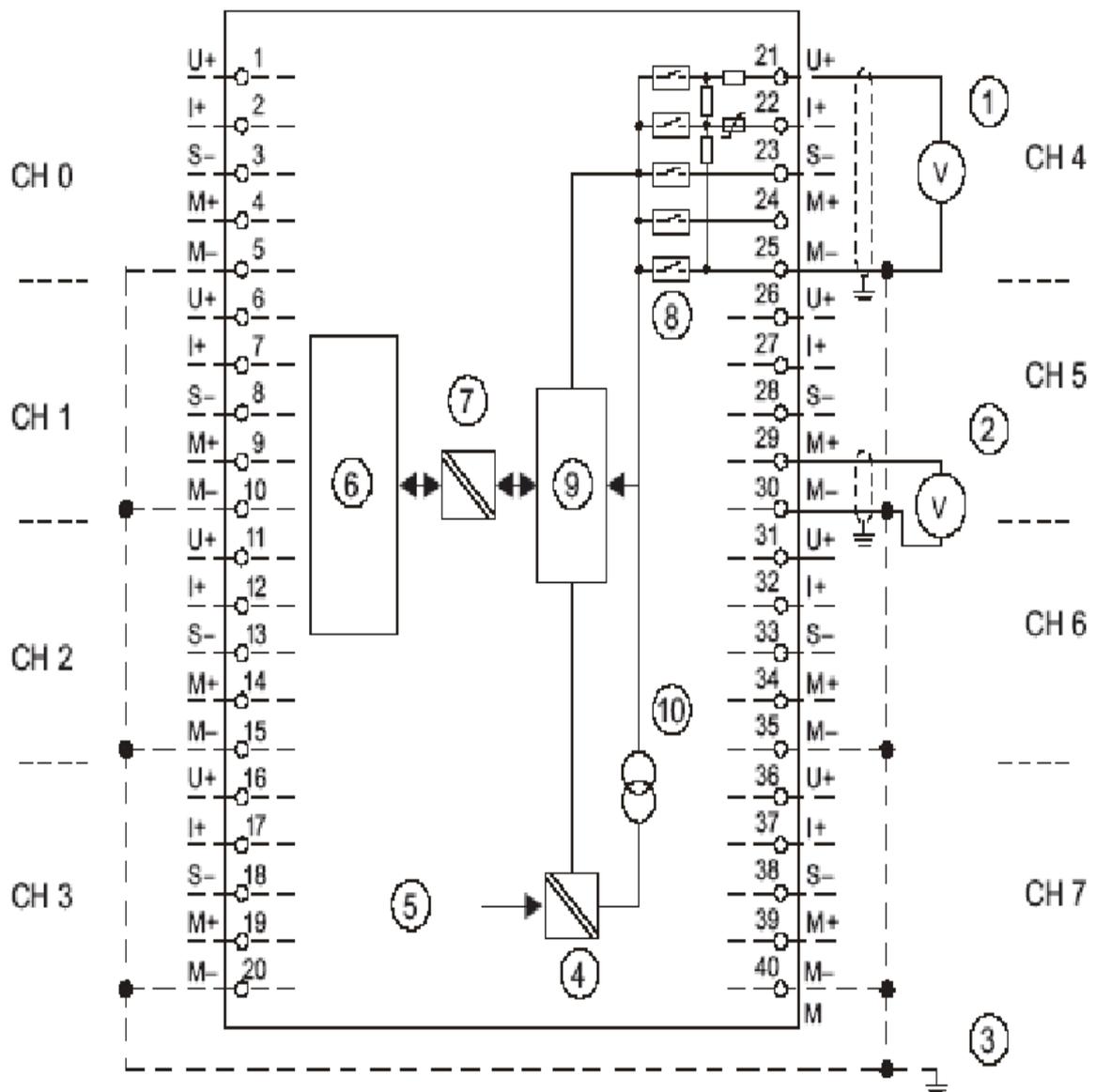


Рисунок 3.25 – Принципиальная схема SM 321

На рисунке 3.26 изображен модуль вывода аналоговых сигналов SM 332.



Рисунок 3.26 – Модуль вывода аналоговых сигналов SM 332

Модули вывода аналоговых сигналов предназначены для цифро-аналогового преобразования внутренних цифровых величин контроллера S7-300 в его выходные аналоговые сигналы, технические данные данного модуля изображены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Технические характеристики модуля аналоговых сигналов SM 332

Технические данные	
Параметр	Величина
Число входов	4
Число выходов	2
Длина кабеля	макс. 200 м
Напряжение, токи, потенциалы	
Номинальное напряжение питания	24 В пост. тока
Потенциальная развязка	

Окончание таблицы 3.4

Параметр	Величина
Между каналами и задней шиной	Нет
Между каналами и источником	Да
Между каналами	Нет
Допустимая разность потенциалов	
Между входами и М	1 В пост. тока
Между входами (Ucm)	1 В пост. тока
Изоляция проверена напряжением	500 В пост. тока
Потребление тока	
Из задней шины	макс. 55 мА
Из источника напряжения	макс. 110 мА
Мощность потерь модуля	тип. 3 Вт
Формирование аналоговых значений для входов	
Принцип измерения	Преобразование мгновенного значения
Время интегрирования/ преобразования (на канал)	
Параметризируемое	Нет
Время интегрирования в мкс	500
Основное время преобразования	100
Разрешающая способность	8 мс
Постоянная времени входного фильтра	0.8 мс
Основное время исполнения	макс. 5 мс
Формирование аналоговых значений для выходов	
Разрешающая способность	8 битов
Время преобразования	макс. 500 мс
Время установления	
При омической нагрузке	0.3 мс
При емкостной нагрузке	3.0 мс
При индуктивной нагрузке	0.3 мс

На рисунке 3.27 изображена принципиальная схема SM 332.

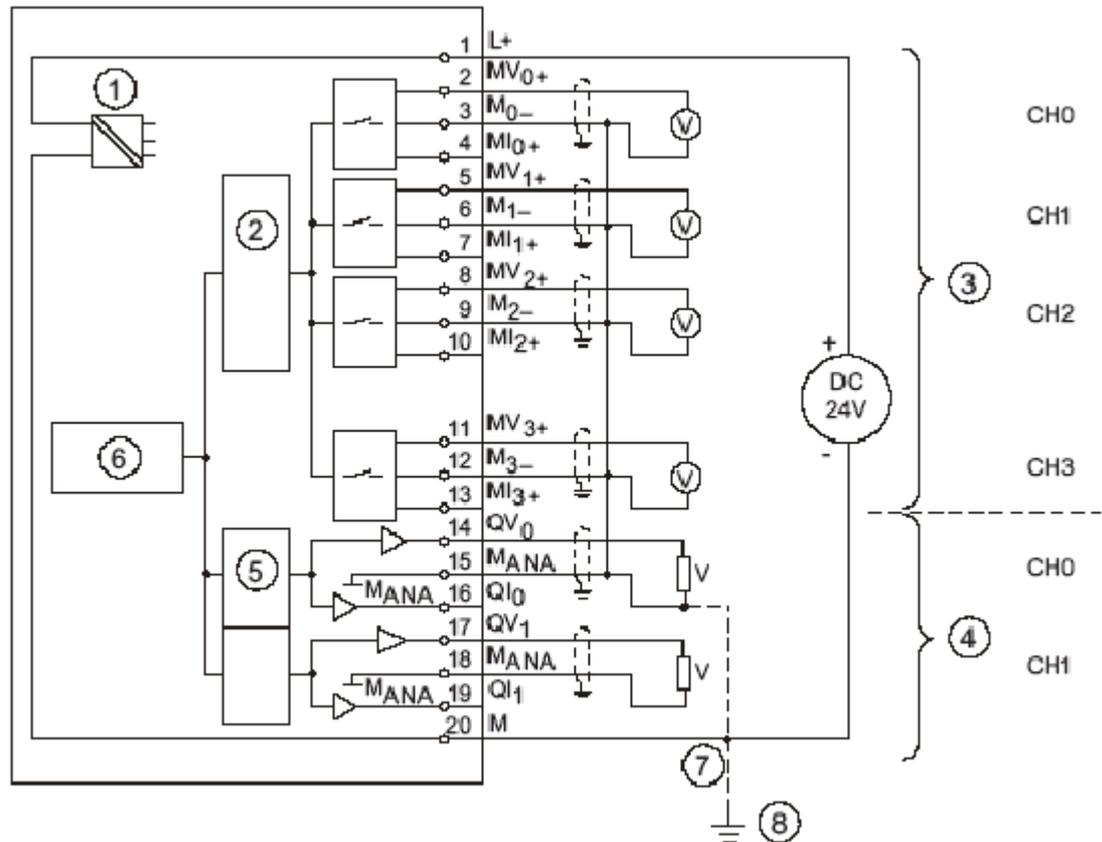


Рисунок 3.27 – Принципиальная схема SM 332

### 3.5.6 Выбор преобразователя частоты

Частотные преобразователи серии MOVITRAC MC07B имеют универсальные характеристики, позволяющие использовать их в составе любых силовых приводов переменного тока. Такими могут быть вентиляторы, насосы, инжекторы высокого давления, податчики шнекового типа, экструдеры, подъемные механизмы, приводы конвейеров, приводы транспортеров и прочее.

Отличительные особенности:

- Большая перегрузочная способность по выходному току.
- До 125% номинальной нагрузки в длительном режиме и до 150% в течении 60 секунд .
- Защитные системы по множеству параметров: перегрузка по выходному току, контроль КЗ обмотки, накопительная перегрузка, перегрев двигателя и самого преобразователя.
- Сохранение параметров аварийных ситуаций в памяти устройства.
- Наличие гасящих помехи фильтров позволяет применять данные устройства в бытовых условиях.
- Автоматическая подстройка под конкретный двигатель.

На рисунке 3.28 изображен преобразователь частоты SEW MOVITRAC



Рисунок 3.28 преобразователь частоты SEW MOVITRAC MC07B

					15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

### 3.5.7 Выбор электродвигателя конвейерного двигателя

На рисунке 3.29 изображен электродвигатель конвейерный



Рисунок 3.29 – Электродвигатель асинхронный 5АИ 63 В2

Таблица 3.5 – Технические характеристики

Наименование	Значения
Мощность, кВт	0,55
Частота вращения, об/мин	920
Напряжение, В	220/380
Ток стартера, А	2,4
КПД	74%
Коэф. Мощности, $\cos \varphi$	0,74
Мпуск/Мн	23,2
Класс защиты, IP	54

### 3.6 Разработка программы для ПЛК в Simatic STEP7

В этой главе описывается процесс составления программы для программируемого логического контроллера Siemens S7-300 в приложении Siemens STEP7 и приводится краткое описание готовой программы в виде таблиц, и схем. Программа составляется на основе алгоритма автоматизации (с. 23).

На рисунке 3.30 указан процесс составления программы.

**FC10 - <offline>**

""

**Name:** Family:  
**Author:** Version: 0.1  
 Block version: 2  
**Time stamp Code:** 07/09/2013 04:52:28 PM  
**Interface:** 09/23/2010 10:31:49 PM  
**Lengths (block/logic/data):** 00178 00072 00000

Name	Data Type	Address	Comment
IN		0.0	
OUT		0.0	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Block: FC10

Network: 1



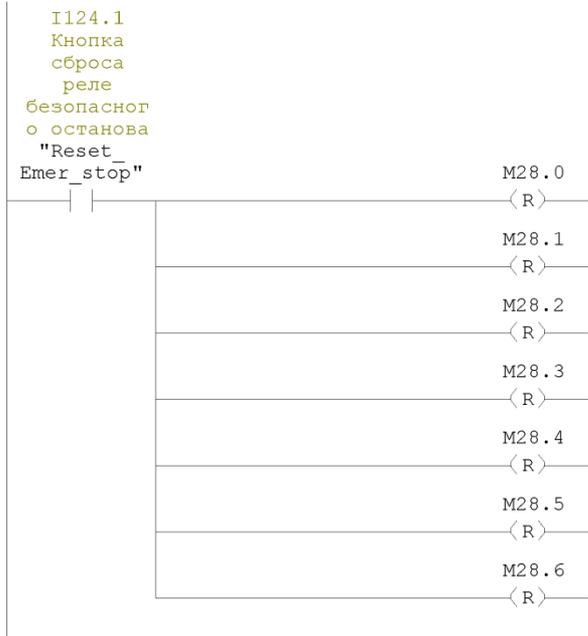
Network: 2



Рисунок 3.30 – Процесс написания программы

									Лист
									53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ				

Network: 3



Network: 4

Network: 5

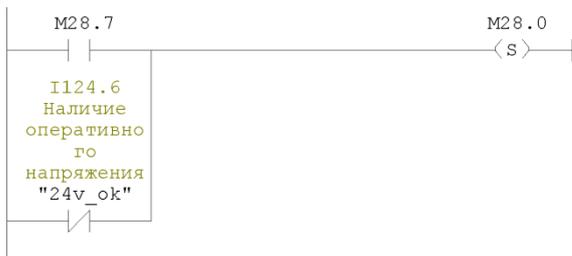
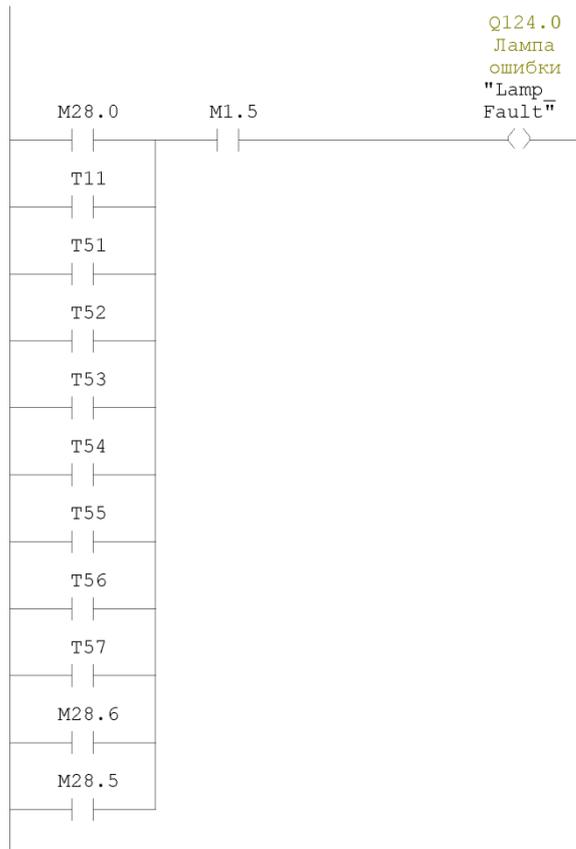


Рисунок 3.31 – Процесс написания программы

										Лист
										54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ					

Network: 6 Ошибка элеватор 1



Network: 7



Рисунок 3.32 – Процесс написания программы

									Лист
									55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ				

Network: 1

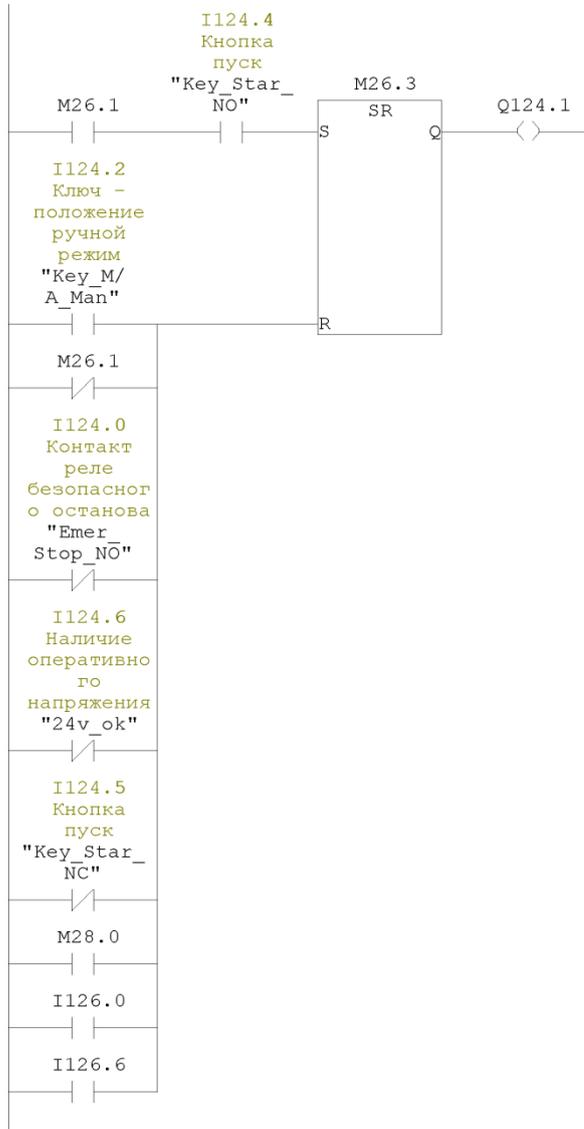
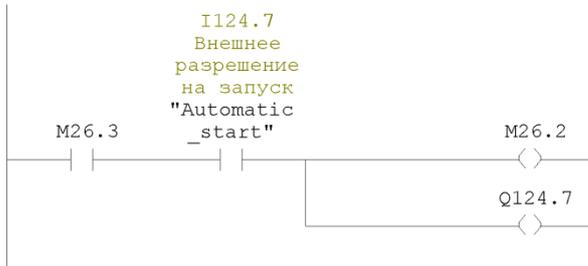


Рисунок 3.33 – Процесс написания программы

									Лист
									56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ				

Network: 2



Network: 3

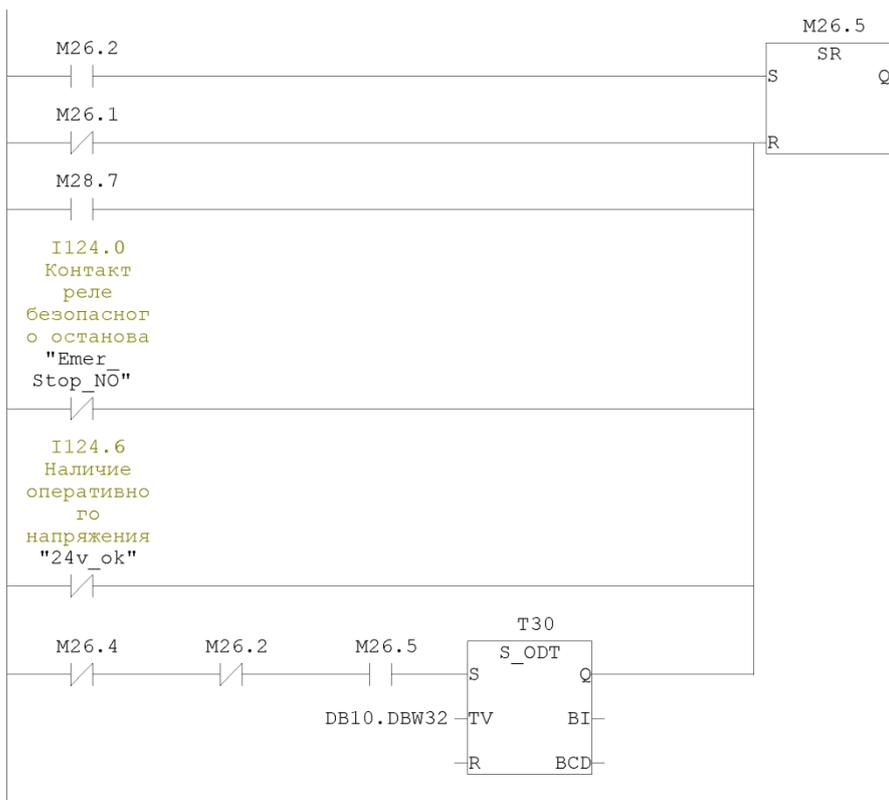


Рисунок 3.34 – Процесс написания программы

										Лист
										57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ					

Network: 4

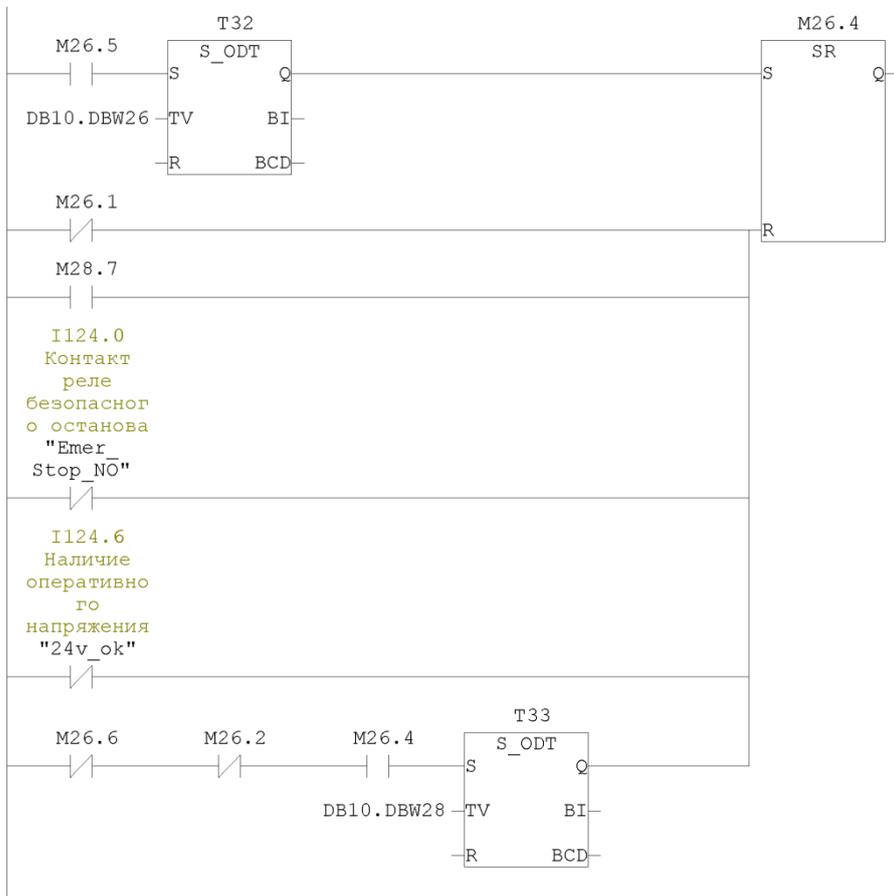
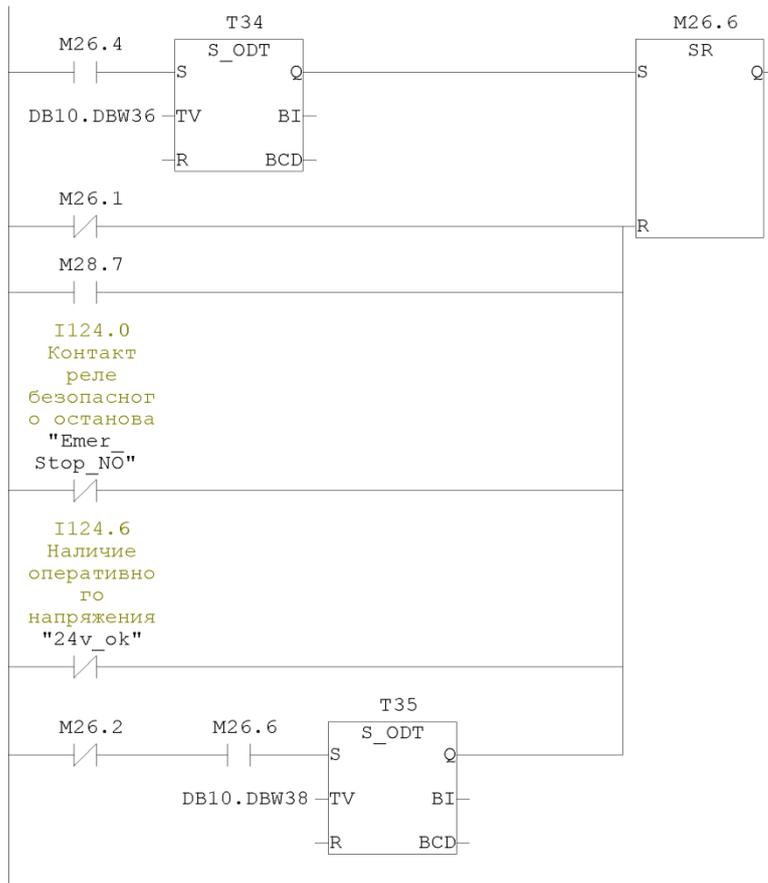


Рисунок 3.35 – Процесс написания программы

									Лист
									58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ				

Network: 5



Network: 6



Рисунок 3.36 – Управление преобразователем частоты

										Лист
										59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ					

### Выводы по разделу три

Разработал алгоритм автоматизации управления объектом и ее описание, разработал структурную схему автоматизации и ее описание, разработал электрическую принципиальную схемы автоматизации, выбрал средства автоматизации, элементной базы и преобразователей (датчиков) технологической информации.

					15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 4 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 4.1 Расходы на приобретение электрооборудования

Таблица 4.1 – Расходы на приобретение электрооборудования

Наименование	Количество, шт.	Общая стоимость, руб
Шкаф управления 1000x800x300	1	42 450
Преобразователи частоты SEW MOVITRAC MC07B	2	27 370
Программируемый логический контроллер SIEMENS SIMATIC S7-300	1	80 150
Электродвигатель асинхронный, 5АИ 63 В2	2	14 400
Датчик скорости индукционный IV11В	2	5 800
Датчик емкостной IFM KI5065	12	52 000
Пневмораспределитель СРЕ18-М1Н-5JS-1/4	6	24 560
Прочие комплектующие	53	48 350
Общая стоимость		295 080

### 4.2 Расчет фонда заработной платы

Данные по расчету затрат на заработную плату указаны в таблице.

Таблица 4.2 - Расчет затрат на заработную плату

Профессия	Кол-во рабочих	Разряд	Отраб. часов	Должностной оклад, р.	Тарифная ставка, р	Зарплата по тарифу, р.	Премия, р.	Уральский коэффициент	Итого (на чел.), р.	Всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Главный энергетик	1	12	3	50 000	160	480	64	81,6	625,6	625,6
Главный инженер	1	12	5	45 000	160	800	64	129,6	993,6	993,6

Окончание таблицы 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Главный механик	1	11	2	45 000	160	320	64	57,6	441,6	441,6
Инженер по автоматизации	2	8	7	30 000	120	840	48	133,6	1021,2	2042,4
Инженер - наладчик	3	8	4	30 000	120	480	48	79,2	607,2	1821,6
Слесарь - ремонтник	3	4	6	20 000	80	480	32	76,8	588,8	1766,4
Электромонтер	4	4	6	18 000	80	480	32	76,8	588,8	2355,2
Стропальщик	2	2	5	10 000	45	225	18	36,45	279,45	558,9
Водитель автопогрузчика	1	3	5	15 000	45	225	18	36,45	279,45	279,45
Итого	20	-	-	-	-	-	-	-	-	11 354,35

Произведем подсчет оплаты труда всем рабочим за время, в течение которого будет производиться монтаж оборудования. Для этого надо умножить все показатели оплаты труда за час на число часов, которое затрачено рабочими на установку оборудования :

$$Z_T = t_{OTP} \cdot T_{ЗП} \quad (4.1)$$

Главный инженер–энергетик:  $3 \cdot 160 = 480$

Главный инженер:  $5 \cdot 160 = 800$

Главный инженер–механик:  $2 \cdot 160 = 320$

Инженер по автоматизации:  $7 \cdot 120 = 840$

Инженер–наладчик:  $4 \cdot 120 = 480$

Слесарь–ремонтник:  $6 \cdot 80 = 480$

Электромонтер:  $6 \cdot 80 = 480$

Стропальщик:  $5 \cdot 45 = 225$

Водитель автопогрузчика:  $5 \cdot 45 = 225$

Найдем общую сумму зарплаты рабочих:

$$480 + 800 + 320 + 840 + 480 + 480 + 480 + 225 + 225 = 4\,330 \text{ руб.}$$

Посчитаем премию, доплачиваемую за проведение монтажных и настроечных работ, премия равна 40% от тарифной ставки:

$$Z_{П} = C_T \cdot 40\% \quad ($$

										Лист
										62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ					

4.2)

Главный инженер–энергетик:  $160 \cdot 40\% = 64$

Главный инженер:  $160 \cdot 40\% = 64$

Главный инженер–механик:  $160 \cdot 40\% = 64$

Инженер по автоматизации:  $120 \cdot 40\% = 48$

Инженер–наладчик:  $120 \cdot 40\% = 48$

Слесарь–ремонтник:  $80 \cdot 40\% = 32$

Электромонтер:  $80 \cdot 40\% = 32$

Стропальщик:  $45 \cdot 40\% = 18$

Водитель автопогрузчика:  $45 \cdot 40\% = 18$

Произведем расчет уральского коэффициента (15%):

$$K_y = (C_T \cdot Z_T) \cdot 15\% \quad (4.3)$$

Главный инженер–энергетик:  $(480 + 64) \cdot 15\% = 81,6$

Главный инженер:  $(800 + 64) \cdot 15\% = 129,6$

Главный инженер–механик:  $(320 + 64) \cdot 15\% = 57,6$

Инженер по автоматизации:  $(840 + 48) \cdot 15\% = 133,2$

Инженер–наладчик:  $(480 + 48) \cdot 15\% = 79,2$

Слесарь – ремонтник:  $(480 + 32) \cdot 15\% = 76,8$

Электромонтер:  $(480 + 32) \cdot 15\% = 76,8$

Стропальщик:  $(225 + 18) \cdot 15\% = 36,45$

Водитель автопогрузчика:  $(225 + 18) \cdot 15\% = 36,45$

Подсчитаем итога на человека:

$$Z_{ит} = Z_T + Z_{п} + K_y \quad (4.4)$$

Главный инженер–энергетик:  $480 + 64 + 81,6 = 625,6$

Главный инженер:  $800 + 64 + 129,6 = 993,6$

Главный инженер–механик:  $320 + 64 + 57,6 = 441,6$

Инженер по автоматизации:  $840 + 48 + 133,2 = 1021,2$

Инженер–наладчик:  $480 + 48 + 79,2 = 607,2$

Слесарь – ремонтник:  $480 + 32 + 76,6 = 588,8$

Электромонтер:  $480 + 32 + 76,6 = 588,8$

Стропальщик:  $225 + 18 + 36,45 = 279,45$

Водитель автопогрузчика:  $225 + 18 + 36,45 = 279,45$

Найдем сумму оплаты персоналу:

$$Z_{общ} = Z_{ит} \cdot Ч_{чел} \quad (4.5)$$

					15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ	Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Главный инженер–энергетик:  $625,6 \cdot 1 = 625,6$   
 Главный инженер:  $993,6 \cdot 1 = 993,6$   
 Главный инженер–механик:  $441,6 \cdot 1 = 441,6$   
 Инженер по автоматизации:  $1021,2 \cdot 2 = 2042,4$   
 Инженер–наладчик:  $607,2 \cdot 3 = 1821,6$   
 Слесарь–ремонтник:  $588,8 \cdot 3 = 1766,4$   
 Электромонтер:  $588,8 \cdot 4 = 2355,2$   
 Стropальщик:  $279,45 \cdot 2 = 558,9$   
 Водитель автопогрузчика:  $279,45 \cdot 1 = 279,45$   
 Суммируем всю сумму оплаты рабочим:  
 $625,6 + 993,6 + 441,6 + 2042,4 + 1821,6 + 1766,4 + 2355,2 + 558,9 + 279,45 = 10\,884,75$  руб.

Данные по налогам и выплатам приведены в таблице 4.3

Таблица 4.3 - Налоги и выплаты

Наименование профессии	Начислено на рабочего	Отчисления в фонды (30%)	К выплате
1	2	3	4
Главный инженер–энергетик	625,5	187,67	437,83
Главный инженер	993,6	298,08	695,52
Главный инженер–механик	441,6	132,48	309,12
Инженер по автоматизации	2042,4	306,36	1736,04
Инженер–наладчик	1821,6	182,16	1639,44
Слесарь–ремонтник	1766,4	176,64	1589,76
Электромонтер	2355,2	176,64	2178,56
Стropальщик	558,9	83,83	475,07
Водитель автопогрузчика	279,45	83,83	195,62
Итого:			9 256,96

Подсчитываем налоги:

Главный инженер–энергетик:  $625,6 \cdot 30\% = 187,67$

					15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

Главный инженер:  $993,6 \cdot 30\% = 298,08$

Главный инженер–механик:  $441,6 \cdot 30\% = 132,48$

Инженер по автоматизации:  $1021,2 \cdot 30\% = 306,36$

Инженер–наладчик:  $607,2 \cdot 30\% = 182,16$

Слесарь–ремонтник:  $588,8 \cdot 30\% = 176,64$

Электромонтер:  $588,8 \cdot 30\% = 176,64$

Стропальщик:  $279,45 \cdot 30\% = 83,83$

Водитель автопогрузчика:  $279,45 \cdot 30\% = 83,83$

Вывод по разделу четыре

В данном разделе были рассчитаны: фонд заработной платы работников, произведен расчет оплаты труда всем рабочим за время в течении которого будет производиться монтаж оборудования.

					15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 5.1 Обеспечение безопасности условий труда на автоматизированном участке

Указания по технике безопасности для обслуживающего персонала Установку можно использовать только в безупречном техническом состоянии, по назначению, соблюдая правила техники безопасности и учитывая возможные риски и указания данного руководства по эксплуатации! Немедленно устранять все неисправности, а особенно те, которые могут нарушить безопасность! Руководство по эксплуатации всегда должно находиться под рукой рядом с установкой. Необходимо соблюдать соответствующие правила техники безопасности и прочие общепризнанные правила техники безопасности и правила охраны труда и здоровья. Следует установить четкие компетенции персонала для различных видов работ по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту установки и добиваться их соблюдения. Только так можно избежать ошибок, особенно в опасных ситуациях. Пользователь должен обязать обслуживающий персонал носить средства индивидуальной защиты. К ним относятся защитная обувь, перчатки и очки. Не носить распущенных длинных волос, свободной одежды и украшений! В основном существует опасность травмирования вследствие застревания, захвата или зацепления за подвижные детали! В случае обнаружения связанных с безопасностью изменений в работе установки или неисправностей немедленно остановить установку и уведомить о них ответственную службу или персонал. Провести инструктаж о месте хранения и условиях эксплуатации огнетушителей, а также учитывать возможности пожарной сигнализации и пожаротушения. Во время осмотра, технического обслуживания и ремонта установки и защитных устройств обязательно соблюдать указания главы о ремонтных работах!

Указания по технике безопасности при эксплуатации установки Во время работ, которые касаются эксплуатации, переналадки или наладки установки и ее защитных устройств, осмотра, технического обслуживания и/или ремонта, необходимо соблюдать порядок включения и выключения установки. Установку можно вводить в эксплуатацию только в собранном и готовом к эксплуатации состоянии. Установку можно эксплуатировать только, если установлены и исправны все защитные и предохранительные устройства, например, съемные защитные устройства, кнопки аварийного останова, звукоизоляция и т.д.! Перед началом работ персонал должен ознакомиться с рабочей зоной вокруг установки. Перед включением / пуском установки убедиться, что в опасной зоне никого нет, и разгоняющаяся установка ни для кого не представляет опасности! Во время эксплуатации установку никогда нельзя оставлять без присмотра! Не менее одного раза за смену установку следует проверять на наличие внешних видимых неисправностей. Об изменениях (включая, изменения в работе установки) немедленно доложить ответственному мастеру или техническому директору. При эксплуатационных неисправностях установку немедленно остановить и заблоки-

					15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

ровать. Неисправности немедленно устранить, задействовав специально обученных для этого специалистов.

Указания по технике безопасности во время ремонта.

Перед началом проинформировать обслуживающий персонал о проведении специальных и ремонтных работ. Назначить лицо, осуществляющий надзор за проведением работ. Соблюдать предусмотренные и указанные в руководстве по эксплуатации сроки повторных проверок/осмотров. Для проведения ремонтных работ обязательно требуется соответствующее виду работ специальное оборудование. При необходимости зоны ремонтных работ дополнительно осветить ручными лампами или лампами со штативом. При необходимости зону ремонтных работ оградить по всему периметру! Перекрыть рабочую зону красно-белой предохранительной цепью и вывесить предупреждающую табличку. Для технического обслуживания и ремонтных работ установку необходимо полностью обесточить и заблокировать от неожиданного повторного включения: главные устройства управления такие, как выключатели и вентили, закрыть на замок, ключ вынуть и вывесить предупреждающую табличку на главные устройства управления. Для технического обслуживания и ремонтных работ установку необходимо полностью обесточить и заблокировать от неожиданного повторного включения. Для этого установить главный выключатель в положение 0 и заблокировать с помощью навесного замка. Вывесить предупреждающую табличку, запрещающую включение и указывающую на проведение работ на установке. Во время работ по переналадке, монтажу и техническому обслуживанию не брать за отверстия установки или движущиеся детали машины. Остановить установку и дождаться остановки деталей машины. Во избежание поражения электрическим током не открывать электрооборудование, корпус и крышки установки. Не прикасаться к поврежденным, порванным, и особенно к токопроводящими деталям. Работы на электрооборудовании, включая все органы управления, а также в пневмосистеме могут проводиться только обученными специалистами или лицами, прошедшими инструктаж, под руководством и надзором обученных специалистов! Кабели и шланговые соединения, особенно на подвижных деталях, регулярно проверять на наличие повреждений и при необходимости заменять. Регулярно проверять и при необходимости заменять прокладки корпуса электрооборудования.

Перед открытием резьбовых соединений пневмосистемы стравить воздух из всей системы. Имеющиеся в пневмосистеме быстроизнашивающиеся детали заменять в указанные сроки или с равными интервалами, даже если на них не видно повреждений, угрожающих безопасности! Пневматические шланги подлежат ежегодному тщательному осмотру. Даже если дефектов не обнаружено, макс. через 6 лет эксплуатации пневмопроводы следует заменить. Всегда затягивать ослабленные во время технического обслуживания и ремонтных работ болтовые соединения! Если предусмотрено, затягивать предусмотренные для этих целей винты динамометрическим ключом. Если во время технического обслуживания или ремонта требуется демонтаж защитных устройств, сразу после завершения

									Лист
									67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ				

технического обслуживания и ремонта провести монтаж и проверку защитных устройств! Отдельные детали и крупногабаритные узлы при замене следует тщательно крепить и фиксировать к подъемным устройствам, чтобы минимизировать исходящую от них опасность. Использовать только подъемные устройства и грузозахватные приспособление соответствующей грузоподъемности и в безупречном техническом состоянии! Не останавливаться и не работать под подвешенными грузами. К строповке грузов и инструктированию крановщиков привлекать только опытных работников! Инструктор должен находиться в зоне видимости машиниста крана или иметь с ним радиотелефонную связь! Во время монтажных работ на высоте выше человеческого роста использовать предусмотренные для этого безопасные подставки и рабочие платформы! Не использовать детали машины в качестве подставок! Во время технического обслуживания на большой высоте надевать страховочные приспособления! Все рукоятки, подножки, поручни, платформы, подмости и лестницы содержать в чистоте! Установку, а именно соединительные элементы и резьбовые соединения, перед началом технического обслуживания и ремонта очистить от загрязнений и остатков масла, сырья или моющих средств. Не использовать агрессивные или содержащие растворители моющие средства. Использовать без ворсовую обтирочную ткань. Применять только мягкие моющие средства на водной основе. Соблюдать указания производителей. Не использовать органические растворители, поскольку существует опасность возникновения пожара или взрыва! Очистка установки с помощью воды, струи пара (установки для мытья под давлением) или других моющих средств, рекомендуется только для установок, полностью изготовленных из нержавеющей стали, так как в них можно максимально исключить возможность коррозии. Лакированные или оцинкованные установки, особенно детали из стали, чистить всухую.

При необходимости пыль с лакированных поверхностей можно удалять влажной салфеткой. Во время влажной очистки все отверстия, в которые из соображений безопасности и сохранения работоспособности установки не должна попасть вода, пар или моющие средства, закрыть или заклеить. Особенно уязвимы электродвигатели, электрошкафы и клеммные коробки. После очистки все заглушки или наклейки удалить. Обеспечить безопасную и экологичную утилизацию производственных и вспомогательных материалов.

## 5.2 Расчет общего освещения.

Правильно спроектированное и выполненное освещение на предприятиях обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности. Сохранность зрения человека, состояние его центральной нервной системы и безопасность на производстве в значительной мере зависят от условий освещения. От освещения зависят также производительность труда и качество выпускаемой продукции.

					15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещенности, соответствующей характеру зрительной работы.

При освещении проектируемого механосборочного цеха используется совмещенное освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным. При этом естественное освещение является комбинированным, то есть сочетающим верхнее (осуществляемое через световые фонари) и боковое (осуществляемое через световые проемы) освещения. Искусственное освещение проектируемого цеха также является комбинированным, то есть представляющим совокупность местного и общего освещения.

Освещенность на рабочих местах и поверхностях станков класса Н и П должна быть не ниже 2000 лк при освещении газоразрядными лампами. Общее искусственное освещение цеха с металлорежущими станками должно быть равным 400 лк при освещении газоразрядными лампами.

Для расчета рабочего искусственного освещения цеха в качестве исходных данных принимается:

– тип источника света: для освещения производственного помещения – лампа дуговая ртутная люминесцентная ДРЛ–700, имеющая величину светового потока  $\Phi_{\text{л}} = 33000$  лм;

– тип системы освещения – комбинированная;

– характеристики цеха: длина – 60 м, ширина – 50 м, высота расположения светильников – 5 м;

– коэффициент минимальной освещенности, равный отношению средней освещенности и минимальной, для ламп ДРЛ,  $z = 1,15$ .

Расчет общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента использования светового потока.

Световой поток (лм) одной лампы:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot z \cdot K_3}{N \cdot \eta_{\text{л}}} \quad (5.1)$$

где  $E_{\text{н}}$ – нормированная минимальная освещенность по СНиП 23–05–95 «Естественное и искусственное освещение»,  $E_{\text{н}} = 400$  лк;

$S$  – площадь освещаемого помещения,  $S = 3000$  м<sup>2</sup>;

$z$  – коэффициент неравномерности освещения,  $z = 1,15$ ;

$K_3$ – коэффициент запаса, по СНиП 23–05–95 «Естественное и искусственное освещение»  $K_3 = 1,5$ ;

$\eta_{\text{л}}$ – коэффициент использования светового потока;

$N$ – число светильников в помещении.

Коэффициент использования светового потока  $\eta_{\text{л}}$ , давший название методу расчета, определяют по СНиП 23–05–95 «Естественное и искусственное освещение»

									Лист
									69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ				

ние» в зависимости от типа светильника, коэффициентов отражения потолка  $\rho_{\text{п}}$ , стены  $\rho_{\text{с}}$ , пола  $\rho_{\text{р}}$ , размеров помещения, определяемых индексом помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{H \cdot (A + B)} \quad (5.2)$$

где  $A$  – длина помещения в плане,  $A = 60$  м;

$B$  – ширина помещения в плане,  $B = 50$  м;

$H$  – высота подвеса светильников над рабочей поверхностью,  $H = 5$  м.

$$i = \frac{60 \cdot 50}{5 \cdot (60 + 50)} = 5,45 \quad (5.3)$$

Для коэффициентов отражения потолка  $\rho_{\text{п}} = 30\%$ , стены  $\rho_{\text{с}} = 10\%$ , пола  $\rho_{\text{р}} = 10\%$  и индекса помещения  $i = 5,45$  коэффициент использования светового потока  $\eta_{\text{н}} = 0,64$ .

Таким образом, определяется число светильников в помещении:

$$N = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot z \cdot K_3}{\Phi_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{н}}} \quad (5.4)$$

Тогда,

$$N = \frac{400 \cdot 3000 \cdot 1,15 \cdot 1,5}{21562 \cdot 0,64} = 150 \text{ шт}$$

Таким образом, для освещения проектируемого транспортировочного цеха принимается 150 светильников типа УПД с лампами ДРЛ–700.

Определяется световой поток:

$$\Phi_{\text{п}} = \frac{400 \cdot 3000 \cdot 1,15 \cdot 1,5}{150 \cdot 0,64} = 21562 \text{ лм} \quad (5.5)$$

Отклонение потока выбранной лампы ДРЛ–700 ( $\Phi_{\text{п}} = 21562$  лм) от расчетного

$$\Delta = \frac{30000 - 21562}{33000} = 0,25 \% \quad (5.6)$$

Светильники располагаются рядами по 15 штук на равном расстоянии друг от друга. Количество рядов 10.

Немаловажное значение имеет правильная цветовая отделка помещений. Покрытие стен должно быть матовым, без бликов; верхние участки стен и потолок

					15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70





Для защиты руководства страны, органов управления, объектов оборонного характера, персонала предприятий (организаций) и населения от ЧС мирного и военного времени используют следующие защитные сооружения - специальные объекты, войсковые фортификационные сооружения и защитные сооружения гражданской обороны. Эти сооружения предназначены для укрытия людей от поражающих факторов оружия и некоторых опасных воздействий, возникающих при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера.

Опасность наводнений, схода селей, снежных лавин, оползней устраняют или снижают строительством защитных дамб и других специальных сооружений, водоотводящих каналов, подпорных стенок и др. Снижают опасность стихийных бедствий специальными работами по инженерной подготовке территорий например, отсыпка грунта и повышение уровня поверхности, строительство дренажных сооружений, мероприятия по усилению несущей способности грунтов (уплотнение, закрепление, обезвоживание и многое другое).

Рационально спланированные и последовательно реализуемые мероприятия инженерной защиты обеспечивают снижение возможных людских и материальных потерь на 30-40%, а в сейсмо, селе- и лавиноопасных районах - на 70-80%. Однако проведение инженерно-технических мероприятий требует значительных капитальных вложений.

Одной из главных причин массовой гибели людей при стихийных бедствиях является бесплановая (часто стихийная) застройка городов, которая опережает развитие городской инфраструктуры и мероприятия по инженерной подготовке территорий. Статистика показывает, что при стихийных бедствиях гибель большинства людей связана с обрушением жилых и промышленных зданий.

В инженерной науке имеется значительный объем специальных знаний, обобщающих накопленный опыт и позволяющих разрабатывать принципиально новые конструкции зданий и сооружений повышенной физической устойчивости. Такое строительство признано социально приемлемым и экономически оправданным. Оно обходится, как правило, на 5-20% дороже стоимости строительства обычных зданий, а получаемый эффект несравнимо выше, если учесть не только экономические, но и социальные, экологические, психологические и другие факторы, являющиеся неотъемлемыми компонентами устойчивого развития общества.

В ряде случаев социально оправдано строительство, требующее больших дополнительных затрат. Так, в долинах рек Ганг и Инд при впадении в Индийский океан, где за последние 30 лет от циклонов и штормов погибли около 750 тыс. человек, осуществляется крайне дорогое строительство специальных убежищ. Это двух- и четырехэтажные здания, возведенные на укрепленных бетонных колоннах высотой 6-8 м (выше максимального уровня волн) или на намытых земляных холмах. По-видимому, такое решение и финансовые затраты могут быть оправданы, так как в экстремальных ситуациях сохраняются человеческие жизни.

Следует отметить, что в каждой конкретной местности нужно найти простые, не требующие больших расходов, методы реконструкции существующих зданий,

										Лист
										73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ					



торые должны быть нарушены, прежде чем может быть нанесен ущерб человеку и окружающей среде;

– принцип комбинированной защиты (объединение систем жесткой и функциональной защиты объекта от аварий);

– принцип единичного отказа (объект должен оставаться безопасным при отказе любого элемента);

– принцип безопасного отказа (отказы системы аварийной защиты должны способствовать ее ложному срабатыванию, но не допускать перерастания аварийной ситуации в аварию);

– принцип независимости и разнообразия, когда системы обеспечения безопасности проектируются так, чтобы влияние дефектов, ошибок, отказов на работоспособность системы было минимальным. При этом независимость достигается физическим, функциональным и пространственным разнесением опасности, а разнообразие - разнотипностью физических, методических и аппаратных принципов реализации;

– принцип надежности и живучести, когда обеспечивается высокий уровень надежности функционирования важнейших элементов в нормальных условиях эксплуатации и при проектных внешних воздействиях;

– принцип естественной технической безопасности, который реализуется путем применения автономных специальных средств защиты, максимально упрощенной и надежной конструкции технической системы, минимизации уровня запасенной энергии и вредных веществ, а также исключением влияния ошибок оператора на развитие аварийных процессов. В качестве перспективной стратегии обеспечения безопасности рассматривается применение бионических принципов, т.е. проектирование сложных технических систем с внутренне присущей им безопасностью;

– принцип самозащищенности систем (создание систем с пассивными и внутренне присущими характеристиками безопасности). Пассивные средства защиты действуют автономно, основаны на знании законов природы и поэтому заведомо обладают высокой надежностью.

При реализации последнего принципа необходимо соблюдение следующих правил:

– минимизация роли ошибок человека в инициировании и развитии аварийных процессов и повышение длительности периода, когда вмешательство человека не обязательно.

#### Вывод по разделу пять

В разделе безопасность жизнедеятельности были рассмотрены вопросы обеспечение безопасности при работе с оборудованием, расчет общего освещения, мероприятия по предотвращению или уменьшению вероятности возникновения ЧС.

									Лист
									75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ				

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, благодаря автоматизации линии транспортировки будет повышено качество производственного процесса путем перехода на полную автоматизацию линии.

Новая линия займет в несколько раз меньше пространства.

Уменьшится уровень шума и улучшатся условия труда.

В результате были выбраны следующие основные компоненты :

- индукционный датчик скорости IV11B;
- пневмораспределитель CPE18-M1H-5JS-1/4;
- программируемый логический контроллер SIMATIC S7-300;
- преобразователь частоты SEW MOVITRAC MC07B;
- электродвигатель асинхронный 5AI 63 B2 0.55 кВт;
- емкостный датчик IFM KI5065.

Автоматизация линии позволила увеличить производительность оборудования, появилась возможность работы конвейера в автоматическом режиме, сократилось число обслуживающего персонала, появилась возможность транспортировать продукт более бережно, что не может не сказаться на качестве конечного продукта.

									Лист
									76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ				

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Меньков, А.В. Теоретические основы автоматизации управления / А.В. Меньков // Издательство Оникс. – 2005. – 640с.

2 Гульперин, М.В. Автоматическое управление / М.В. Гульперин // ИНФРА-М. – 2007. – 224с.

3 Белов, В.С. Классификация станочных систем обобщение оценка их технических характеристик / В.С. Белов, Л.Ю. Лещинский, В.Н. Коваль // ЭНИМС – 1983. – 400с.

4 Ильичев, А.С. Разработка комплексного критерия качества для выбора преобразователя частоты / А.С. Ильичев, А.И. Надев, А.С. Решетов // Сборник тезисов докладов. - электротехника. – 1998. - №8

5 Лукьянов, В.И. Оборудование литейных цехов / К.В. Шаров. – П.: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2014. – 421 с.

6 Кацман, М.Н. Электрические машины / М.Н. Кацман. – 3-е изд., испр. – М.: Академия, 2001. – 463с., ил.

7 Москаленко, В.В. Электрический привод / В.В. Москаленко. - М.: Высшая школа, 1991. – 430с., ил.

										Лист
										77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.014.00.00 ПЗ					