

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.

Роботизированный станочный модуль для фрезерования  
корпусных деталей

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ–15.03.04.2018.076.00.00 ПЗ ВКР

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

Руководитель работы,  
доцент  
\_\_\_\_\_ А.В. Иршин  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

## АННОТАЦИЯ

Поваров, П.С. Роботизированный станочный модуль для фрезерования корпусных деталей. – Челябинск: ЮУрГУ, МТ; 2018, 82 с. 33 ил. Библиографический список – 17 наим., 6 листов чертежей ф. А1.

Данная выпускная квалификационная работа посвящена созданию роботизированного станочного модуля (PCM) с целью автоматизации операции загрузки-разгрузки обрабатывающего центра модели Fryer HR-60 корпусными изделиями.

В работе проведен анализ металлорежущих станков, а также промышленных роботов.

На базе обрабатывающего центра модели Fryer HR-60 был построен роботизированный станочный модуль для обработки корпусных изделий. В данный PCM входит обрабатывающий центр, промышленный робот и два пластинчатых конвейера.

Система управления построена на базе программируемого логического контроллера SIEMENS S7-300.

В ходе выполнения работы разработаны компоновка PCM, структурная схема управления РТМ, пневматическая схема управления PCM, конвейер, схема электрическая принципиальная, алгоритм функционирования модуля. Рассчитаны элементы электрической принципиальной схемы, отводящий конвейер, схват робота.

В выпускной квалификационной работе рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности и рассчитана экономическая эффективность разработанного PCM.

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						
Разраб.	Поваров				Роботизированный станочный модуль для фрезерования корпусных деталей	Лит.	Лист	Листов		
Провер.	Иршин						4	82		
Реценз.						ЮУрГУ (НИУ) Кафедра МАЭ				
Н. Контр.	Константинов									
Утверд.	Виноградов									

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	7
1.1 Сравнение металлорежущих станков.....	7
1.2 Сравнение промышленных роботов.....	18
Выводы по разделу один.....	27
2 ОБЩИЙ РАЗДЕЛ.....	28
2.1 Цель и назначение разработки.....	28
2.2 Исходные данные.....	28
2.3 Выбор основного технологического оборудования.....	29
2.4 Выбор промышленного робота.....	30
2.5 Выбор транспортно-загрузочного устройства.....	31
Выводы по разделу два.....	34
3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	35
3.1 Разработка компоновки автоматизированного станочного модуля	35
3.2 Расчет отводящего конвейера.....	36
3.3 Расчет схвата промышленного робота.....	40
3.4 Выбор барьерных оптических датчиков положения изделий.....	43
3.5 Разработка схемы пневмоавтоматики РСМ.....	46
Выводы по разделу три.....	47
4 СПЕЦИАЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	48
4.1 Технические требования к системе управления.....	48
4.2 Выбор системы управления.....	48
4.3 Выбор исполнительных органов.....	53
4.4 Описание работы контроллера SIMATIC S7-300.....	57
4.5 Разработка структурной схемы модуля.....	61
4.6 Разработка принципиальной электрической схемы.....	61
4.7 Разработка алгоритма работы модуля.....	63
Выводы по разделу четыре.....	64
5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	65
5.1 Эффективность автоматизированного станочного модуля.....	65
5.2 Определение эффективности автоматизированного станочного модуля.....	65
5.3 Расчет вспомогательных показателей.....	67
5.4 Расчет суммы капитальных вложений.....	68
5.5 Расчет отдельных статей себестоимости.....	69
5.6 Обоснование экономической эффективности.....	71
Выводы по разделу пять.....	72
6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	73
6.1 Обеспечение безопасных условий труда на автоматизированном участке.....	73
6.2 Расчет защитного заземления.....	75

					15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

6.3 Меры защиты при авариях на коммунальных системах жизнеобеспечения .....	78
Выводы по пятому разделу.....	80
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	81
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	82

					15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в различных отраслях машиностроения особенно остро стоит вопрос о повышении производительности труда, эффективности производства, а также увеличение выпуска продукции при одновременном снижении затрат с учетом полной сертификации качества выпускаемой продукции.

Одним из важнейших направлений решения этих задач является механизация и автоматизация производства. Особенное значение придается сокращению ручного, малоквалифицированного и тяжелого физического труда, облегчению его условий. Этого можно достичь путем модернизации существующего оборудования, усовершенствования технологических процессов, создания автоматических поточных линий, станков, участков.

Эффективность средств автоматизации осуществляется за счет применения автоматических загрузочно-разгрузочных устройств, промышленных роботов-манипуляторов.

Разработка роботизированного станочного модуля (РСМ) для фрезерования корпусных изделий позволит решить многие проблемы, возникающие в данный момент на производстве:

- изменить характер труда рабочих - замена монотонного, тяжелого физического труда на более легкий;
- позволит обслуживать одновременно несколько РСМ одному оператору;
- использование современной системы управления (СУ) позволит повысить степень надежности РСМ и, следовательно, сократить время простоя оборудования;
- внедрение промышленного робота (ПР) приведет к увеличению объемов выпуска продукции;
- экономия на заработной плате, служебно-бытовых помещениях, производственных площадях окупит затраты на капитальные вложения в оборудование.

Таким образом, данная разработка целесообразна как с социальной, так и с производственной точки зрения.

									Лист
									7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.076.000 ПЗ				

# 1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

## 1.1 Сравнение металлорежущих станков

### 1.1.1 Горизонтальный обрабатывающий центр модели ИС1250ПМФ4

Горизонтальный обрабатывающий центр модели ИС1250ПМФ4 предназначен для высокоскоростной обработки сложных поверхностей крупногабаритных деталей из чугуна, стали, алюминия и других металлов и оснащаются роликовыми рельсовыми направляющими с предварительным натягом, обеспечивающими скорости перемещения узлов до 15 м/мин. Горизонтальный обрабатывающий центр модели ИС1250ПМФ4 представлен на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Горизонтальный обрабатывающий центр модели ИС1250ПМФ4

Станок выполнен на базе модели станка ИР1250, с глубокой проработкой узлов, со следующими конструкционными изменениями:

- увеличение жесткости базовых деталей станка,
- оснащение станка спиральными транспортерами стружки по осям X и W,
- применение двухскатной телескопической защиты по оси W,
- конструкция нового стационарного ограждения кабинетного типа, что позволило улучшить лотковую систему сбора утечек и обеспечить гарантированную герметизацию зоны резания.

					15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

Таблица 1.1 – Технические характеристики горизонтально-обрабатывающего центра модели ИС1250ПМФ4

Параметр	Значение
Размеры рабочей поверхности стола, мм	1250x1400
Грузоподъемность стола, кг	6000
Пределы рабочих подач поворотного стола (ось В), град/мин	1...1080
Максимальный крутящий момент стола (ось В), Нм	5000
Инструментальный конус	50 ГОСТ25827
Диаметр расточного шпинделя, мм	130
Максимальная скорость вращения шпинделя, об/мин	2250
Номинальная мощность привода вращения шпинделя, кВт	28
Максимальный крутящий момент шпинделя, Нм	1700
Максимальные программируемые перемещения, мм	
– ось X (стол поперечно)	1600
– ось Y (шпиндельная бабка вертикально)	1220
– ось Z (расточной шпиндель)	710
– ось W (стойка продольно)	1000
Пределы рабочих подач, мм/мин	
– оси X, Y, W	1...6000
– оси Z	1...6000
Скорости быстрых перемещений, м/мин	
– оси X, Y, W	6
– оси Z	6
Максимальное усилие подачи, Н	
– ось X	12500
– ось Y	10000
– ось Z	10000
– ось W	15000
Емкость инструментального магазина, шт	50
Максимальный диаметр инструмента, мм	125
Максимальная длина инструмента, мм	400
Класс точности по ГОСТ 2110	П
Точность позиционирования по осям, мм	0,005
Точность повторяемости позиционирования по осям, мм	0,0025
Подача СОЖ через сопла на шпиндельной бабке, л/мин	100
Подача СОЖ через шпиндель (давление 5МПа), л/мин	20
Габаритные размеры (с приставным оборудованием), мм	
– ширина	5200
– длина	6500
– высота	4300
Масса станка, кг	20000

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.04.2018.076.000 ПЗ

Лист

9

### 1.1.2 Горизонтально-фрезерно-расточной станок (обрабатывающий центр) ВМС-110R

Станок горизонтально-фрезерно-расточной производится основываясь на 35-летнем опыте производства подобных станков. К традиционной расточке с помощью встроенной планшайбы добавляются различные способы обработки, которые применяются при производстве труб, запорной арматуры, насосов, редукторов и пр. Расточка, фрезерование, сверление, нарезание резьбы за одну установку сокращают время обработки и повышают точность. Станок обладает высокой производительностью. Все основные узлы и станины – литые из чугуна, оснащен устройством автоматической смены инструмента, мощной гидравлической системой. Выдвижение шпинделя до 900мм позволяет производить глубокую обработку с максимальной устойчивостью. Горизонтально-фрезерно-расточной станок (обрабатывающий центр) ВМС-110R представлен на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 – Горизонтально-фрезерно-расточной станок (обрабатывающий центр) ВМС-110R

Таблица 1.2 – Технические характеристики горизонтально-фрезерно-расточного станка модели ВМС-110R

Параметр	Значение
Ход	
Поперечное перемещение стола (X), мм	1400
Перемещение передней бабки (Y), мм	1400
Продольное перемещение стола (Z), мм	1100
Стол	
Размер, мм	1120x1250
Нагрузка, кг	4000
Быстрое вращение стола, об/мин	1
Шпиндель	
Ход (W), мм	500



Окончание таблицы 1.2

Параметр	Значение
Диаметр, мм	110
Конус, ISO	50
Хвостовик инструмента, ВТ	50
Инструментальная оправка	II(I*)
Диаметр фрезерного шпинделя MAS	225
Двигатель (непрерывно/30мин), кВт	22/26
Диапазон скоростей низкий, об/мин	5 - 454
Диапазон скоростей высокий, об/мин	455 - 2500
МАСИ	
Вместимость	32/60/90
Диаметр инструмента, мм	120/250
Длина инструмента, мм	400
Вес инструмента, кг	25
Время между инструментами, сек	15
Сервомоторы	
Ось X, кВт	6( $\alpha$ 40/3000i)
Ось Y, кВт	7( $\alpha$ 30/3000i)
Ось Z, кВт	6( $\alpha$ 40/3000i)
Ось W, кВт	4( $\alpha$ 22/3000i)
Устройство управления	
Управляемые оси	4(5 для 21iM)
дновремененно управляемые оси	3(4 для 21iM)
Быстрый ход	
Оси X/Y/Z, м/мин	10
Ось W, м/мин	4
Скорость подачи	
Скорость подачи каждой осию, м/мин	0 - 2000
Вес станка	
Вес нетто, кг	16000
Размеры	
Высота, мм	3370
Площадь пола, мм	6600x5700
Линейные шкалы	X/Y/Z (опция)
Общая номинальная мощность, кВА	55
ЧПУ	FANUC

1.1.3 Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ модель «SCHAUBLIN 100-CNC»

Прецизионные 3-х осевые вертикально-фрезерные обрабатывающие центры с ЧПУ «SCHABLIN - 60 CNC», «SCHABLIN - 100 CNC», «SCHABLIN - 160 CNC»

					15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

предназначены для обработки деталей сложной конфигурации с высокой точностью и качеством обработанной поверхности. Для обеспечения возможностей обработки по 4 и 5 осям станок оснащается дополнительными поворотными столами, управляемыми ЧПУ. Смонтированные на жесткой С-образной чугунной станине узлы и механизмы станка, наличие высокоточного шпинделя, прецизионные шариковинтовые пары позволяют достигнуть точности позиционирования 0,005 мм и повторяемости 0,005 мм. При комплектовании станка фотоэлектрическими линейками параметры точности повторяемости увеличиваются до 0,002 мм.

Для выверки инструмента и детали в процессе обработки применяются устройства «Renishaw» различной конструкции. «SCHABLIN 60 CNC», «SCHABLIN 100 CNC» имеют инструментальный магазин карусельного типа на 20 инструментов, который обеспечивает возможность обработки сложных деталей, в случае необходимости емкость магазина может быть расширена до 40 инструментов. Также в качестве возможной комплектации станка используется инструментальный магазин типа «механическая рука» на 24 инструмента с сокращенным временем смены инструмента.

Зона обработки закрыта раздвигающимися прозрачными экранами, оснащенными системой блокировки, которые позволяют эффективно защищать оператора станка в процессе обработки детали, и полностью возвращать используемую в процессе резания СОЖ в систему. В станке предусмотрена возможность подачи СОЖ через шпиндель. Для удобства работы оператора при контроле процесса резания применена регулируемая подсветка.

В стандартной комплектации для «SCHABLIN 60 CNC», «SCHABLIN 100 CNC» в качестве привода главного движения применяется частотно-регулируемый электродвигатель с числом оборотов 8000 об/мин, при необходимости получения более высокой частоты вращения применяют шпиндель на 12 000 об/мин.

Электрооборудование станка «SCHAUBLIN 100-CNC» выполнено с учетом требований ЕС. Шкаф управления смонтирован непосредственно на станке, что позволяет экономить производственные площади и обеспечивает беспрепятственный доступ при обслуживании. Панель стационарного пульта управления расположена в удобном для оператора месте с учетом требований эргономики.

Станок «SCHAUBLIN 100-CNC» (рисунок 1.3) соответствует требованиям ЕС и всем самым современным требованиям, предъявляемым к металлообрабатывающему оборудованию. Технические характеристики представлены в таблице 1.2.

										Лист
										12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

15.03.04.2018.076.000 ПЗ



Рисунок 1.3 – Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр модели «SCHAUBLIN 100-CNC»

Таблица 1.3 – Технические характеристики станка «SCHAUBLIN 100-CNC»

Параметр	Значение
Рабочая зона	
Перемещение по X, мм	1020
Перемещение по Y, мм	540
Перемещение по Z, мм	540
Высота торца шпинделя от стола, мм	155–695
Рабочий стол	
Длина стола, мм	1120
Ширина стола, мм	540
Нагрузка на стол макс, кг	700
T – образные пазы, мм	18×3
Расстояние между пазами, мм	160
Шпиндель	
Конус для инструмента	ISO 40
Скорость вращения макс, об/мин'	8000–15000
Мощность шпинделя макс, кВт	13
Передача крутящего момента	ремень
Макс. Крутящий момент, Нм	82,7
Подачи	
Холостые подачи по X, макс, м/мин	16.5
Холостые подачи по YZ, макс, м/мин	16.5
Рабочие подачи по оси XYZ, м/мин	12.7
Двигатели привода подач макс, кВт	1,6
Усилие резания по осям макс, Н	8896

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.04.2018.076.000 ПЗ

Лист

13

Окончание таблицы 1.3

Параметр	Значение
Автосменщик инструмента	'Карусельный'
Тип стандартного автосменщика	
Количество инструмента, шт.	
Диаметр инструмента макс, мм	
Масса инструмента макс, кг	
Время смены (инстр./инстр.), сек	
Точность	0,005
Точность позиционирования, мм	
Повторяемость, мм	
Дополнительные показатели	360
Объем бака для СОЖ, л	
Ширина открывания двери, мм	
Масса станка, кг	

1.1.4 Фрезерный обрабатывающий центр «FRYER HR-60»

Обрабатывающий центр Fryer серии HR имеет простой, но прочный дизайн, который значительно упрощает его транспортировку. Особенность станка в том, что он имеет универсальную эксплуатационную гибкость за счет устойчивого горизонтального шпинделя и открытого дизайна. Серия обрабатывающих центров HR доступна в различных конфигурациях, включающих в себя автоматическую смену инструмента, ограждение, ротационные столы большого диаметра и т.д. Фрезерный горизонтально-обрабатывающий центр «FRYER HR-60» представлен на рисунке 1.4.



Рисунок 1.4 – Фрезерный обрабатывающий центр «FRYER HR-60»

Горизонтальные обрабатывающие центры FRYER сочетает в себе передовые технологии, высокую производительность и оптимальную цену. Это гарантирует покупателям необходимую эффективность. Станки FRYER этой группы отличаются улучшенной стабильностью обработки, повышенной безопасностью и простотой управления, благодаря системе ЧПУ. Оборудование представлено сериями металлообрабатывающих станков: HR-60, 70, 120, 160; HB-60, 70.

Таблица 1.4 – Технические характеристики фрезерного обрабатывающего центра «FRYER HR-60»

Параметр	Значение
<b>Стол</b>	
Перемещение по оси X, мм	1525
Перемещение по оси Y, мм	965
Перемещение по оси Z, мм	760
Нагрузка на стол, кг	1815
Размеры стола, мм	610×1855
T-образный паз, кол-во/мм	5/18
Расстояние от основания станка до стола, мм	810
<b>Шпиндель</b>	
Двигатель	40.0 HP (55 HP)
Скорость шпинделя, об/мин	60-6,000 (8000 и 10000)
Крутящий момент шпинделя, Нм	275 при 350 об/мин (1085 с 2-х скоростным диапазоном)
Тип инструмента/конус	CAT 50 или BT-50
Расстояние от торца шпинделя до стола (макс-мин.), мм	840-75
Расстояние от оси шпинделя до вертикальных направляющих, мм	50-1020
<b>Автоматический сменщик инструмента</b>	
Число инструментальных позиций	24 (40 Опция)
Время смены инструмента, сек	4
Максимальный диаметр инструмента, мм	150
Максимальная длина инструмента, мм	405
Максимальный вес инструмента, кг	15
<b>Общие</b>	
Габариты станка, м	4,3x2,5x2,8
Вес станка, кг	6800

### 1.1.5 Фрезерный универсальный станок модели ФСМ 250/676М

Фрезерный станок модели ФСМ 250/676М (рисунок 1.5), предназначен для обработки деталей из черных и цветных металлов и их сплавов фрезерованием, сверлением, развертыванием, зенкерованием и растачиванием под различными углами к плоскости стола в производственных условиях, соответствующих климатическому исполнению УХЛ 4.1 по ГОСТ 15150 (температура воздуха 20°C, относительная влажность 60% при 20°C).

В конструкции станка вместо механической ступенчатой коробки передач применены шаговые двигатели с бесступенчатым регулированием скоростей подачи, а механическая коробка скоростей заменена на асинхронный частотно регулируемый привод шпинделя с частотой вращения до 6000 об/мин.



Рисунок 1.5 – Фрезерный универсальный станок модели ФСМ 250/676М

Кроме выше указанных, станок имеет следующие конструктивные особенности:

– головка шпиндельная выполнена в блочном варианте и может занимать как вертикальное, так и горизонтальное положение;

– имеется возможность ручной перестановки приводного ремня на одну из двух ступеней передач: 1) повышающую ( $k=1,5$ ). Частота вращения шпинделя при этом до 6000об/мин. Это позволяет расширить технологические возможности при обработке; 2) понижающую ( $k=1,5$ ). В этом случае реализуется силовое резание. Частота вращения шпинделя при этом до 2670об/мин наличие индивидуального частотно регулируемого двигателя на вращение шпинделя, что позволяет бесступенчато регулировать скорости шпинделя от потенциометра. введено бесступенчатое регулирование скорости подачи перемещения стола в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

					15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Таблица 1.5 – Технические характеристики станка «ФСМ 250/676М»

Параметр	Значение
Рабочая зона	
Ширина рабочей поверхности вертикального стола, мм	195
Длина рабочей поверхности вертикального стола, мм	703
Ширина рабочей поверхности горизонтального стола	540
Длина рабочей поверхности горизонтального стола мм	250
Рабочий стол	
Число T образных пазов стола	4
Ширина T образных пазов по ГОСТ 1574, мм	14
Расстояние между осями пазов по ГОСТ 1574, мм	50
Наибольшее перемещение горизонтального и вертикального столов:	
– продольное, мм	400
– вертикальное, мм	400
Перемещение горизонтального и вертикального столов на одно деление лимба:	
– продольное, мм	0,025
– вертикальное, мм	0,025
Перемещение горизонтального и вертикального столов на один оборот лимба:	
– продольное, мм	5
– вертикальное, мм	25
Пределы подач корпуса бабки горизонтального шпинделя и горизонтального и вертикального столов (бесступенчатое регулирование), мм/мин	10–1000
Шпиндель	
Конус для инструмента	ГОСТ 19860 30AT5
Пределы частот вращения шпинделя, об/мин	8000–15000
Мощность привода вращения шпинделя, кВт	3
Комплект технологической оснасткой	
Высота центров, мм	100
Наибольшее расстояние от торца шпинделя до центра задней бабки, мм	190
Тиски параллельные	
Стол круглый фрезерный	
Диаметр рабочей поверхности	250
Передаточное число червячной пары	180
Дополнительные показатели	
Масса станка с принадлежностями, кг	900
Масса станка без принадлежностей, кг	800

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.04.2018.076.000 ПЗ

Лист

17

Все это позволило, за счет исключения механических коробок передач и скоростей, снизить уровни шума, повысить надежность работы и уменьшить эксплуатационные расходы.

Наличие традиционных маховиков перемещений исполнительных органов сохранило основные достоинства управления универсальных станков с ручным управлением.

Станок может быть оснащен по желанию заказчика: устройством цифровой индикации (фирмы СКБ ИС г. Санкт Петербург) модель ФСМ 250/676М УЦИ, системой ЧПУ NC 202 (фирмы Балт Систем г. Санкт Петербург) модель ФСМ 250/676М CNC. Техническая характеристика станка представлена в таблице 1.3.

#### 1.1.6 Фрезерный многоцелевой станок с ЧПУ фирмы ARES SEIKI (Тайвань) серии А 560

Фрезерный многоцелевой станок с ЧПУ фирмы ARES SEIKI (Тайвань) серии А 560 представлен на рисунке 1.6.

Высокая эффективность системы прямого привода:

- Обороты шпинделя (60–8000 об/мин (стандарт), 60–15000 об/мин (опциональная))
- Жёсткое нарезание резьбы (6000 об/мин)
- Конус шпинделя (BT30)
- Скорость продольной подачи по осям (X, Y: 48 м/мин, Z: 40 м/мин)
- Система быстрой смены инструмента (T–T 1,4 с)
- Низкоинерционный шпиндель и двигатель шпинделя (MITSUBISHI)



Рисунок 1.6 – Фрезерный многоцелевой станок с ЧПУ серии А 560

Сокращение время простоя и ускорения – торможения шпинделя: для шпинделя применена специальная конструкция, обеспечивающая сверхнизкую инерцию. Разгон шпинделя от 0 до 15,000 об/мин достигается лишь за 0,8 с (MITSUBISHI).

					15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18



Это существенно сокращает время разгона при жестком нарезании резьбы. Мощные серводвигатели на 3 оси обеспечивают короткое время ускорения/торможения для 3-осевой продольной подачи.

Мощная сервосистема: при той же самой скорости продольной подачи 48 м/мин время позиционирования на станке ARES короче, чем у конкурирующих моделей. Важным фактором является время ускорения/торможения. Для станка серии А–560 ускорение не менее 0,6G для всех трех осей, что обеспечивает меньшее время позиционирования по сравнению с конкурирующими моделями.

Высокое ускорение шпинделя: на станках серии А–560 используется низкоинерционный двигатель шпинделя MITSUBISHI, который заметно уменьшает время разгона шпинделя. Обороты шпинделя от 0 до 15,000 об/мин могут быть достигнуты очень быстро – только за 0,8 секунды. Особенно это важно при жёстком нарезании резьбы, требующем частых ускорения и замедления. Высокое ускорение значительно сокращает время обработки.

Ускорение – замедление двигателя шпинделя конкурирующей модели: для рабочего времени 1200 мсек, шпиндель начинает замедляться, достигнув вращения 2200 об/мин.

Технические характеристики фрезерного многоцелевого станка с ЧПУ серии А 560 представлены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Технические характеристики фрезерного многоцелевого станка с ЧПУ серии А 560

Параметр	Значение
Двигатель шпинделя, кВт	3,7/2,2
Двигатель оси X, кВт	1,5
Двигатель оси Y, кВт	1,5
Двигатель оси Z, кВт	3,5
Размер стола, мм	650x410
Максимальная нагрузка на стол, кг	200
Продольное перемещение стола (X), мм	560
Поперечное перемещение стола (Y), мм	400
Расстояние от конуса шпинделя до стола, мм	180~530
Обороты шпинделя, об/мин	60~8000
Максимальная масса инструмента, кг	3
Максимальная длина инструмента, кг	200
Вес нетто, кг	3000

## 1.2 Сравнение промышленных роботов

В настоящее время роботы уже перестали удивлять нас, стали обыденной составляющей окружающего мира. Они нашли себе применение там, где существует опасность для здоровья человека (например роботы-саперы), или где человеческие действия не могут обеспечивать заданной точности (медицинские роботы).

Конечно, промышленные роботы не обошли и производственную сферу деятельности человека. Существует две причины, по которым роботизация производства целесообразна, а порой просто необходима.

Первая причина – производственные требования. К ним относят:

- повышение производительности оборудования (участка, производства);
- повышение качества обработанного изделия;
- улучшение организационно-экономических условий управления технологическими и производственными процессами;
- уменьшение трудоемкости, себестоимости изготовления деталей и изделия.

Вторая причина – социальные требования:

- роботизированные комплексы освобождают рабочих от утомительного, монотонного, тяжелого физического труда;
- ликвидируют вредные условия производства;
- приводят к уменьшению дефицита рабочей силы.

Промышленные роботы применяются в промышленном производстве и научных исследованиях. В большинстве случаев под промышленным роботом подразумеваются автоматические программно-управляемые манипуляторы, выполняющие рабочие операции со сложными пространственными перемещениями.

Основными задачами промышленных роботов являются перемещение массивных или крупногабаритных грузов, точная сварка, покраска, а также сортировка продукции.

Манипулятор промышленного робота имеет от 2-х до 6-ти степеней свободы и может перемещать грузы до нескольких сот килограммов в радиусе до нескольких метров.

Промышленные роботы пригодны для использования во многих отраслях производства. При снижении стоимости промышленных роботов они становятся доступны не только крупным заводам, но и средним предприятиям, занимающимся производством. На многих предприятиях России промышленные роботы внедряются в производство.

Тенденция увеличения парка роботов в современном производстве обусловлена рядом объективных факторов. Как правило, это увеличение производительности труда при сохранении высокого качества продукции и возможность быстрого реагирования на изменения объектов производства и потребительского рынка.

### 1.2.1 Промышленные роботы компании Mitsubishi Electric (Япония)

Компактные высокопроизводительные промышленные роботы RV-2AJ /RV-1A с шарнирным манипулятором (рисунок 1.6). Технические характеристики представлены в таблице 1.7.

Сочетание компактной конструкции и рабочей зоны более 400 мм, делают оба типа этих роботов, с пятью и шестью степенями свободы соответственно, удобными для использования в таких решениях, где небольшой робот должен устанавливаться рядом, либо непосредственно встраиваться в установку. Они представляют собой манипуляторы и предназначены для задач установки и/или вы-

						15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			20

грузки небольших объектов. Кроме того, эти роботы находят широкое применение в автоматизированных комплексах контроля качества.

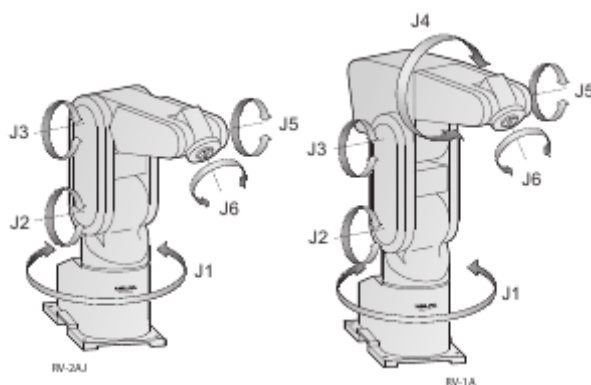


Рисунок 1.7 – Промышленные роботы RV-2AJ /RV-1A

Для захвата и перемещения объектов может одновременно использоваться один электромеханический или до двух пневматических схватов. Заранее проложенные внутри робота пневмопровода и выведенные на корпус штуцера значительно облегчают процедуру подключения пневматических схватов. Необходимо увеличение рабочей зоны при сохранении компактности робота? Как и любые другие, эти модели роботов Mitsubishi можно установить на специальные салазки со встроенным приводом для линейного перемещения.

Таблица 1.7 – Технические данные роботов RV-2AJ /RV-1A

Модель	RV-2AJ	RV-1A
Степени свободы	5	6
Грузоподъёмность, кг	2	1,5
Радиус рабочей зоны, мм	410	418
Точность повторения операций, мм	±0,02	±0,02
Максимальная скорость Перемещения, мм/с	2,100	2,200
Тип модуля управления	CR1	CR1
Рабочее пространство		
J1	300 (от -150 до+150)	300 (от -150до+150)
J2	180 (от -60до +120)	180 (от -60 до +120)
J3	230 (от -110 до+120)	95(+60 до +155)
J4	—	320 (от -160до+160)
J5	180 (от -90до +90)	180 (от -90 до +90)
J6	400 (от -200 до+200)	400 (от -200до+200)
Вес, кг	17	19
Класс защиты	IP 30	

Роботы с шарнирным манипулятором RV-3SJB/RV-3SB используются для средней рабочей зоны (рисунок 1.8).

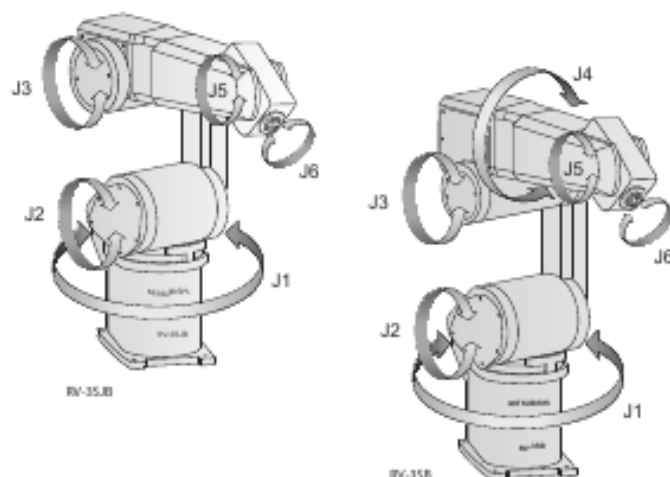


Рисунок 1.8 – Роботы с шарнирным манипулятором RV-3SJB/RV-3SB

Технические характеристики представлены в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Технические данные роботов RV-3SJB/RV-3SB

Модель	RV-3SJB	RV-3SB
Степени свободы	5	6
Грузоподъёмность, кг	3,5	3,5
Радиус рабочей зоны, мм	641	642
Точность повторения операций, мм	±0,02	±0,02
Максимальная скорость перемещения, мм/с	5,300	5,500
Тип модуля управления	CR2B	CR2B
Рабочее пространство		
J1	340 (от -170 до+170)	340 (от -170до+170)
J2	225 (от -90до +135)	225 (от -90 до +135)
J3	237 (от -100 до+137)	191 (от -20 до +171)
J4	—	320 (от -160до+160)
J5	240 (от -120 до+120)	240 (от -120до+120)
J6	720 (от -360 до+360)	720 (от -360до+360)
Вес, кг	33	37
Класс защиты	IP65 для манипуляторов полной конфигурации	

При разработке серии роботов RV-3S особое внимание было уделено простоте и удобству их интеграции в существующие технологические участки. Такие особенности, как прямое управление 32 каналами ввода/вывода позволяют напрямую

подключать к этим роботам датчики и внешние приводы, ускоряя и упрощая тем самым разработку системы в целом. Развитые средства коммуникации являются важным требованием. Для интеграции в распределенные системы управления, роботы серии RV-3S могут оснащаться коммуникационными адаптерами одной из трёх наиболее распространённых промышленных сетей, а именно: Ethernet, Profibus/DP и CC-Link. Для организации работы технологических участков с ограниченным рабочим пространством или большим расстоянием между пунктами установки / выгрузки, роботы RV-3S могут управлять восьмью дополнительными двигателями, так как будто они являются их составными частями. При этом два из этих внешних двигателей могут быть синхронизированы со скоростью перемещения звеньев самого робота, что позволяет упростить перемещение вокруг препятствий. Остальные шесть двигателей можно использовать для управления такими элементами как, например, салазки для линейного перемещения роботов между рабочими пунктами установки/выгрузки.

### 1.2.2 Промышленные двух плечевые роботы SCARA серии RP-АН

Всюду где в условиях стеснённого пространства необходимо быстро и точно осуществлять перемещение изделий, роботы RP-АН (рисунок 1.9) являются оптимальным решением. Имея монтажную площадь всего 200x160 мм, радиус рабочей зоны данных роботов достигает 236 мм, при этом точность повторения операций составляет до  $\pm 0.005$  мм.

Соотношение небольших габаритных размеров и высокой точности повторения операций предопределяет применение роботов серии RP в задачах, где необходимо реализовывать микро перемещения. По сравнению с неперенастраиваемыми автоматами, роботы этой серии отличаются высочайшей гибкостью и могут быстро и удобно перепрограммироваться под изменяющиеся производственные задачи, что позволяет значительно повысить эффективность производства.

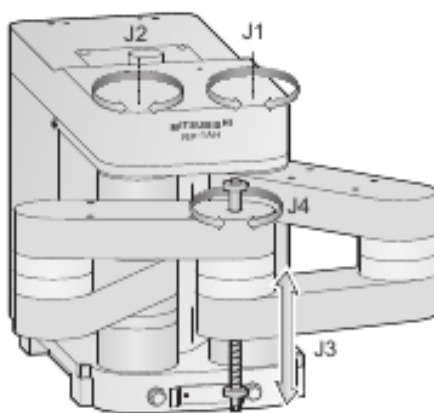


Рисунок 1.9 – Двух плечевые промышленные роботы SCARA серии RP-АН

Технические данные роботов SCARA серии RP-АН представлены в таблице 1.9.

					15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Таблица 1.9 – Технические данные роботов SCARA серии RP-АН

Модель		RP-1АН	RP-3АН	RP-5АН
Степени свободы		4	4	4
Грузоподъемность		1кг	3 кг	5 кг
Тип модуля управления		CR1	CR1	CR1
Рабочая зона	ширина×высота, мм	150×105	210×148	297×210
	J3 вертикального движения, (мм)	30	50	50
	J4 (град).	±200	±200	±200
Точность повторения операций	поверхность X-Y, мм	±0.005	±0.008	±0.01
	J3 вертикального движения (мм)	±0.01	±0.01	±0.01
	J4 (град).	±0.02	±0.03	±0.03
Перемещение по оси Z(J3), мм		30	50	50
Вес, кг		12	24	25

### 1.2.3 Промышленный робот Итекар

Промышленный робот Итекар представлен на рисунке 1.10.

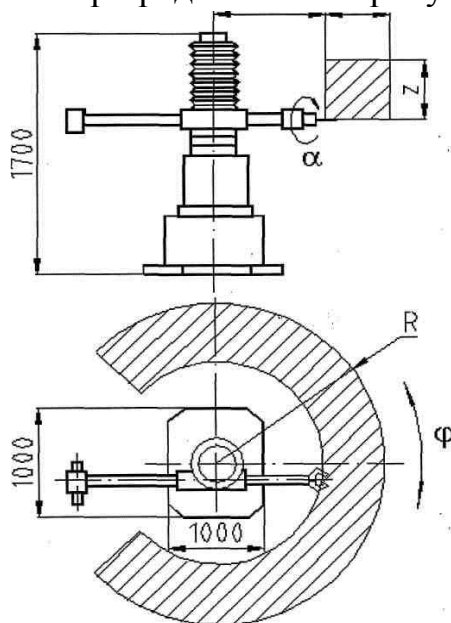


Рисунок 1.10 – Промышленный робот Итекар

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

15.03.04.2018.076.000 ПЗ

Лист

24

Технические характеристики робота Итекар представлены в таблице 1.10.

Таблица 1.10 – Технические характеристики робота Итекар

Параметр	Значение
Количество рук	1
Грузоподъёмность, Н (кг)	5
Погрешность позиционирования, мм	±1
Число степеней подвижности	4
Наибольший вылет руки R, мм	1100
Устройство управления	Позиционное или цикловое
Число программируемых координат	4
Линейное перемещение, мм z(со скоростью 0.3 м/с) г(со скоростью 0.5 м/с)	500 500
Угловые перемещения, град $\varphi$ (со скоростью 45 град/с)	240 270
Тип привода	электропневматический
Масса, кг	500

#### 1.2.4 Промышленный робот Универсал 5.02

Промышленный робот Универсал 5.02 представлен на рисунке 1.11. Технические характеристики робота Универсал 5.02 представлены в таблице 1.11.

Предназначен для операций загрузки-разгрузки, транспортировки в термо- и механообработке.

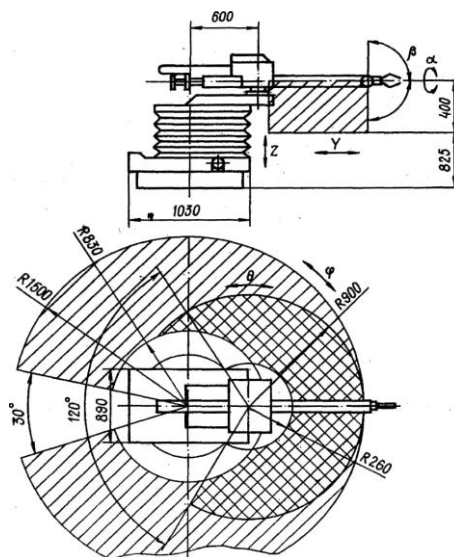


Рисунок 1.11 – Промышленный робот Универсал 5.02

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

15.03.04.2018.076.000 ПЗ

Лист

25

Таблица 1.11 – Технические характеристики робота Универсал 5.02

Параметр	Значение
Номинальная грузоподъёмность, кг	5
Система координат	цилиндрическая
Число степеней подвижности	6
Максимальная абсолютная погрешность позиционирования, мм	±0.5
Количество рук	1
Максимальное перемещение руки:	
вправо-влево, град	330
скорость, град/с	650
вверх-вниз, мм	400
скорость, м/с	0,01
вперёд-назад	640
скорость, м/с	0.35
Захватное устройство:	
тип	механический
перемещение:	
вращение, град	180
скорость, град/с	120
изгиб, град	180
Привод	электромеханический
Давление рабочего тела, МПа	0,5
Условия работы	Нормальные
Габаритные размеры, мм	1480×890×1640
Масса, кг	610

### 1.2.5 Промышленный робот Циклон 3.02

Промышленный робот Циклон 3.02 представлен на рисунке 1.12. Технические характеристики робота Циклон 3.02 представлены в таблице 1.12.

Предназначен для операций загрузки-разгрузки, транспортировки в холодной штамповке, кузнечном производстве, механообработке.



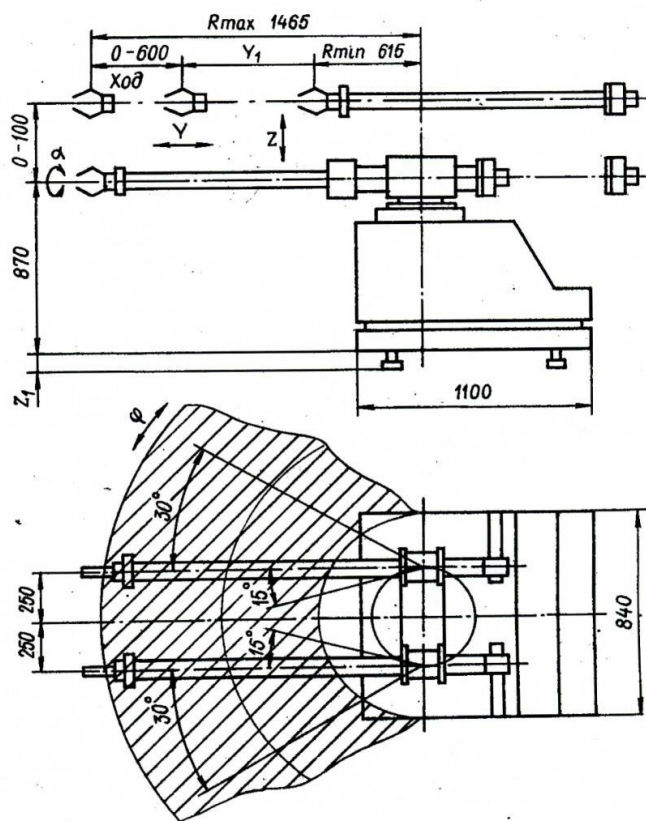


Рисунок 1.12 – Промышленный робот Циклон 3.02

Таблица 1.12 – Технические характеристики робота Циклон 3.02

Параметр	Значение
Номинальная грузоподъёмность, кг	3
Система координат	цилиндрическая
Число степеней подвижности	6
Максимальная абсолютная погрешность позиционирования, мм	$\pm 0,1$
Количество рук	2 или 1
Максимальное перемещение руки:	
вправо-влево, град	180
скорость, град/с	60
вверх-вниз, мм	100
скорость, м/с	0.1
вперёд-назад	850
скорость, м/с	0,6
Захватное устройство:	
тип	пневматический

Окончание таблицы 1.12

Параметр	Значение
Перемещение: вращение, град скорость, град/с	180
	180
Привод	пневмогидравлический
Мощность, кВт	0,7
Давление рабочего тела, МПа	0,45
Условия работы	Нормальные
Габаритные размеры, мм	1100×840×1250
Масса, кг	540

Выводы по первому разделу

В данном разделе проведено сравнение отечественных и зарубежных технологий и решений, а именно: сравнение металлорежущих станков; сравнение промышленных роботов и конвейеров. Исходя из проведенного анализа предложено построить роботизированный станочный модуль для обработки корпусных деталей на базе обрабатывающего центра модели «FRYER HR-60». Оборудование выбрано в зависимости от технических возможностей и экономических факторов. Данный обрабатывающий центр соответствует требованиям ЕС и всем современным требованиям, предъявляемым к металлорежущему оборудованию.

## 2 ОБЩИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Цель и назначение разработки

Проектирование роботизированного станочного модуля (PCM) обусловлено постоянно возрастающими требованиями к производительности оборудования, необходимостью снижения себестоимости продукции за счет увеличения объемов производства и высвобождения основных и вспомогательных производственных рабочих, обслуживающего персонала.

Целью разработки является создание PCM для автоматизации операции загрузки-разгрузки обрабатывающего центра модели «FRYER HR-60» корпусными изделиями.

Назначение PCM – автоматическая загрузка заготовок в рабочую зону технологического оборудования (ТО); автоматическое удаление готовой детали или полуфабриката из рабочей зоны ТО. Все операции должны осуществляться автоматически по заданному программой работы PCM алгоритму без участия рабочего.

Задачи, решаемые разработкой:

- автоматизация загрузки-разгрузки технологического оборудования;
- снижение травматизма рабочих (удаление их из опасной зоны);
- уменьшение численности основного и вспомогательного персонала;
- улучшение условия труда рабочих;
- повышение производительности комплекса.

### 2.2 Исходные данные

Разработка ведётся на основе:

- требований на проектирование PCM, разработанных предприятием;
- анализа материалов по PCM, имеющихся на предприятии (технических паспортов оборудования, существующих технологий производства);
- изучения работы по техническому обслуживанию и эксплуатации оборудования, установленного на предприятии.

Для уменьшения затрат на основное оборудование предлагается использовать установленный на участке обрабатывающий центр модели «FRYER HR-60» для фрезерования детали «Корпус».

Деталь «Корпус» (рисунок 2.1) применяется в узле блокировки пневматической ПБ-3ЭТ, ПБ-33ЭТ предназначенной для автоматического блокирования дверей высоковольтной камеры и люков на крыше электровоза при поднятии токоприемников.

									Лист
									29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.076.000 ПЗ				

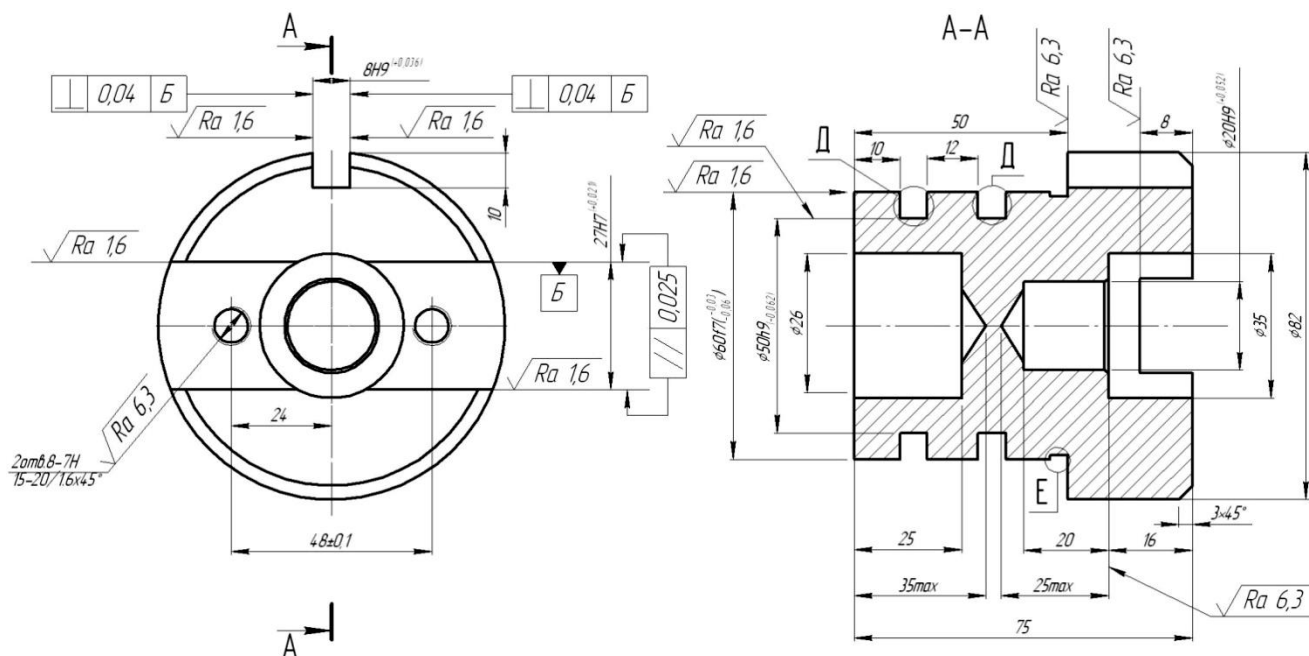


Рисунок 2.1 – Деталь «Корпус»

Для данной детали применяется заготовка из проката. Вид проката: сортовой – круглый калиброванный ГОСТ 7417-57, с постоянным поперечным сечением. Резка заготовок осуществляется в процессе обработки.

### 2.3 Выбор основного технологического оборудования

В проектируемом РСМ для фрезерования корпусных деталей в качестве основного технологического оборудования используем обрабатывающий центр модели «FRYER HR-60». Данное оборудование уже установлено на участке и не требует капитальных вложений.

Конструктивные модули РСМ должны иметь унифицированные быстроразъёмные стыковочные элементы, обеспечивающие возможность и удобство объединения их в различные конфигурации в зависимости от характера решаемой задачи.

Приспособление, устанавливаемое на стол станка должно обеспечивать возможность автоматического закрепления-раскрепления обрабатываемой детали. По возможности приспособление должно обеспечивать обработку ряда типовых деталей без переналадки станка.

В конструкции РСМ должны быть использованы передаточные механизмы, направляющие, комплектующие и материалы, обеспечивающие минимальную массу подвижных частей конструкций при сохранении её прочности и надёжности.

Составные части манипулятора должны иметь надёжную защиту от попадания загрязняющих веществ на направляющие и датчики. Конструкция оборудования, входящего в РСМ, должна быть технологичной в изготовлении.

						15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			30

Требования к промышленному роботу следующие:

- не менее 3-х степеней подвижности;
- точность позиционирования не более 0.5 мм;
- номинальная грузоподъемность ПР. не менее 2 кг

Требования к устройству управления:

- устройство управления должно обеспечивать обмен информацией с другими устройствами управления, в том числе других уровней;
- устройство управления должно обладать достаточным объёмом памяти;
- устройство управления должно содержать программные и встроенные аппаратные средства диагностирования, обеспечивающие контроль функционирования и поиск дефектов основных блоков.

Требования к приспособлению:

- вес не более 150 кг;
- габариты: длина – не более 700 мм, ширина – не более 600 мм,
- высота – не более 300 мм;

## 2.4 Выбор промышленного робота (ПР)

В проектируемом РСМ заменяем рабочих на повторяющихся монотонных операциях по загрузке заготовок. Требования предъявляемые к ПР:

- не менее 3-х степеней подвижности;
- достаточная точность позиционирования;
- стоимость манипулятора, его установки подключения и обслуживания
- номинальная грузоподъемность ПР не менее 2 кг

Из всего разнообразия парка ПР будем рассматривать лишь модели отечественных производителей, т.к. зарубежные аналоги дороже, соответственно дороже и запасные части к ним, а отечественные детали порой является не возможно подобрать из-за несовместимости стандартов, что ведет к увеличению вложений на ремонт оборудования

Требования к промышленному роботу следующие:

- не менее 3-х степеней подвижности;
- точность позиционирования не более 0,5 мм;
- номинальная грузоподъемность ПР. не менее 2 кг

Промышленный робот – программно-управляемое устройство, применяемое в производственных процессах для выполнения действий, аналогичных тем, какие выполняет человек, например, перемещение массивных или крупногабаритных грузов, точная сварка, покраска, а также, с использованием оптического зрения, сортировка продукции. Манипулятор промышленного робота имеет 2–6 степеней свободы и может перемещать грузы до нескольких сот килограммов в радиусе до нескольких метров.

Всем условиям ТЗ удовлетворяет промышленный робот Циклон 3.02, предназначенный для операций загрузки-разгрузки, транспортировки в холодной штамповке, кузнечном производстве, механообработке, обеспечивающий:

- необходимую точность позиционирования:  $\pm 0.1$ ;
- необходимую номинальную грузоподъемность: 2 кг;

					15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

- обладает высоким быстродействием (таблица 2.2);
- имеет приемлемые габаритные размеры 1100×840×1250.

## 2.5 Выбор транспортно-загрузочного устройства

Конвейер ленточный модульный состоит из рамы, ведущего барабана, ведомого барабана, привода, ленты пластиковой модульной производства HAVASIT (Австрия). Конвейеры могут быть прямые, поворотные, с гребешками (рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 – Конвейеры

Рама конвейера по желанию заказчика может быть изготовлена как из рядовой так и нержавеющей стали.

Ведущий барабан крепится на раме на опорах. В опорах установлены подшипниковые узлы. В подшипниковых узлах установлены закрытые подшипники. Смазка, заложенная в подшипник, обеспечивает работоспособность подшипника на весь срок его работы. Ведущий барабан приводится в движение от привода, представляющего собой мотор-редуктор. Мотор-редуктор смонтирован непосредственно на приводном блоке. Приводной блок отрегулирован и установлен на заводе-изготовителе по ленте модульной, обеспечивая ровный ход ленты, без схода

						Лист
					15.03.04.2018.076.000 ПЗ	32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ленты с барабана. Ведомый барабан крепится на опорах, которые имеют возможность натяжения и регулировки ленты модульной. В подшипниковых узлах ведомого блока так же установлены закрытые подшипники. Смазка, заложенная в подшипник, обеспечивает работоспособность подшипника на весь срок его работы. На обводном вале установлены закрытые подшипники. Смазка, заложенная в подшипник, обеспечивает работоспособность подшипника на весь срок работы подшипника [ 6 ].

Конвейер комплектуется шкафом управления, на котором расположены кнопки «Пуск» и «Стоп», на внутренней панели пульта управления установлен преобразователь частоты.

Пластинчатый конвейер (рисунок 2.3) предназначен для транспортирования различных насыпных и штучных грузов в горизонтальном и наклонном направлениях.

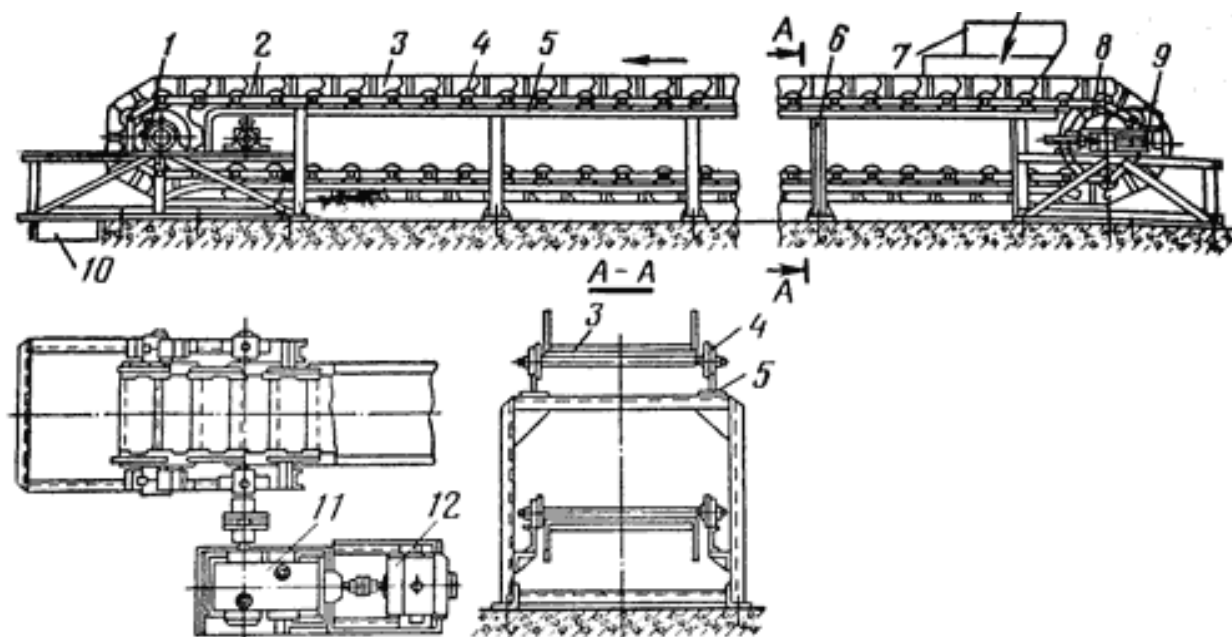


Рисунок 2.3 – Горизонтальный пластинчатый конвейер

Горизонтальный пластинчатый конвейер состоит из двух тяговых пластинчатых цепей 2, к которым крепят металлические пластины 3 настила, снабженные бортами. Цепи с закрепленным на них настилом снабжены ходовыми катками 4, которые перемещаются по продольным направляющим шинам 5. Они опираются на станину 6 и жестко с ней связаны. На концах станины закреплены приводные звездочки 1, соединенные муфтами с редуктором 11 и электродвигателем 12, и натяжные звездочки 5 с винтовым натяжным устройством 9.

Конвейер загружают через воронку 7, а разгружают через концевую звездочку и воронку 10. Настил выполняет роль грузонесущего элемента. Определяющим в конструктивном исполнении настила является вид груза, подлежащего транспортированию.

Тяговым элементом пластинчатых конвейеров являются, как правило, две пла-

стинчатые катковые цепи. Катки, служащие ходовыми опорными устройствами для цепи и настила, устанавливаются на подшипниках скольжения или качения. Катки могут быть гладкими, с одной или двумя ребрами, в зависимости от типа направляющих шин (рисунок 2.4).

Направляющие шины в зависимости от величины нагрузок изготавливают из уголков, швеллеров, рельс. Конструкция звездочек или блоков определяется видом тягового элемента.

В качестве натяжных устройств в пластинчатых конвейерах используют винтовые или пружинно-винтовые устройства, которые обычно ставят на концевых звездочках. Причем в двухцепных конвейерах одну из концевых звездочек насаживают на вал без шпонки, что обеспечивает ее самоустановку по положению шарниров цепи.

Привод пластинчатого конвейера состоит из звездочек, редуктора и электродвигателя. Приводные звездочки конвейеров имеют 5–8 зубьев.

К достоинствам пластинчатых конвейеров относят возможность транспортирования крупнокусковых и горячих грузов, обеспечения большой производительности и значительных расстояний транспортирования по разнообразным трассам, включая крутонаклонные участки (с углом наклона до 60°).

К недостаткам относят большую массу настила, сложность эксплуатации из-за значительного числа шарниров цепей и катков и сравнительную дороговизну тягового элемента с настилом. Основные параметры и размеры конвейеров (ширина настила, высота бортов, скорость ходовой части и номинальная производительность) регламентируются ГОСТ 22281–76.



Рисунок 2.4 – Конвейер пластинчатый



## Выводы по второму разделу

Целью разработки является создание РСМ на базе обрабатывающего центра модели «FRYER HR-60» для автоматизации технологических процессов механо-обработки. Назначение АСМ – автоматическая загрузка заготовок в рабочую зону технологического оборудования (ТО); автоматическое удаление готовой детали или полуфабриката из рабочей зоны ТО. Все операции должны осуществляться автоматически по заданному программой работы РСМ алгоритму без участия рабочего.

Задачи, решаемые разработкой:

- автоматизация загрузки технологического оборудования;
- снижение травматизма рабочих (удаление их из опасной зоны);
- уменьшение численности основного и вспомогательного персонала;
- улучшение условия труда рабочих;
- повышение производительности модуля.

					15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

## 3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

### 3.1 Разработка компоновки роботизированного станочного модуля

Компоновка РСМ – это качественный и количественный состав основного и вспомогательного оборудования, входящего в состав РСМ, а также его взаимосвязанное расположение. Робототехнический комплекс можно определить как обособленную систему основного и вспомогательного технологического оборудования, в котором робот является главным средством механизации, расположенную на ограниченном участке производственной площади и предназначенную для автоматизированного выполнения определённых технологических операций. Исходными данными при разработке компоновки РСМ являются: требования автоматизируемого технологического процесса; технические характеристики робота (длина перемещений, система координат, точность позиционирования и т.д.) и его габариты; характеристики основного оборудования.

Компоновку РСМ разрабатываем из условий максимального перемещения руки робота. Траектория движения исполнительного органа робота должна быть минимальной по протяжению и простой по форме для достижения максимальной производительности. Учитывая удобство обслуживания РСМ оператором, пульт управления располагаем в удобном для наблюдения месте. По требованиям безопасности устанавливаем ограждения.

Роботизированные станочные модули можно разделить на три группы:

- роботизированная позиция;
- роботизированный участок;
- роботизированная линия.

Выбираем структуру РСМ типа роботизированная позиция.

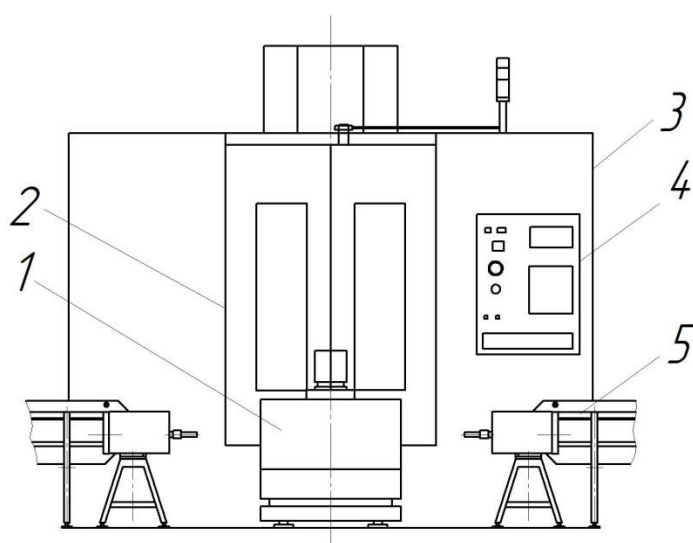


Рисунок 3.1 – Структура РСМ: 1 – ПР «Циклон 3.02»; 2 – ограждение обрабатывающего центра; 3 – обрабатывающего центра модели «FRYER HR-60»; 4– УЧПУ обрабатывающего центра; 5 – конвейер

### 3.2 Расчет отводящего конвейера

В качестве отводящего конвейера выбираем пластинчатый цепной горизонтальный конвейер [5].

Исходные данные: перемещаемый груз – паллеты с деталями, массой  $G_{г} = 700$  г, размеры паллет с деталями  $200 \times 200 \times 100$  мм, производительность  $Q = 20$  шт/ч, коэффициент неравномерности  $K_{н} = 1,5$ . Схема трассы и размеры конвейера приведены на рисунке 3.2.

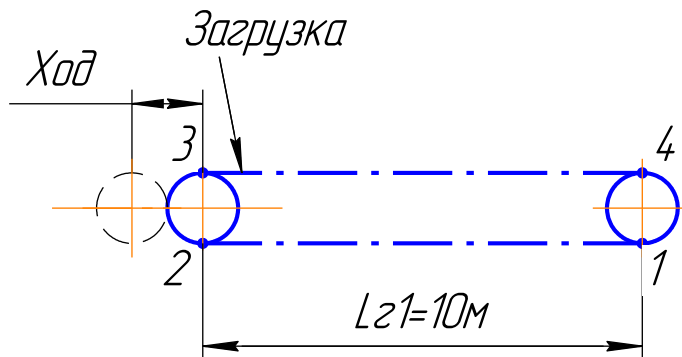


Рисунок 3.2 – Расчетная схема пластинчатого конвейера

Выбирают тип настила и определяют его ширину.

При транспортировании штучных грузов наиболее часто используют плоские разомкнутые настилы типа ПР далее на настил крепим паллету для установки заготовки (рисунок 3.3) (3.1).

$$B_{н} = b + (100 \dots 150), \text{ мм}, \quad (3.1)$$

где  $b$  – ширина груза, мм.

$$B_{н} = 100 + 100 = 0,2 \text{ м}.$$

Исходя из размеров груза и угла наклона конвейера, принимаем плоские пластины шириной  $B_{н} = 200$  мм и высотой борта  $h = 50$  мм.

Определяем расчетную производительность конвейера (3.2):

$$Q_{р} = Q \cdot K_{н}, \text{ шт/ч}, \quad (3.2)$$

где  $K_{н}$  – коэффициент неравномерности  $K_{н} = 1,5$ ;

$Q$  – производительность конвейера,  $Q = 20$  шт/ч.

$$Q_{р} = 20 \cdot 1,5 = 30 \text{ шт/м}.$$

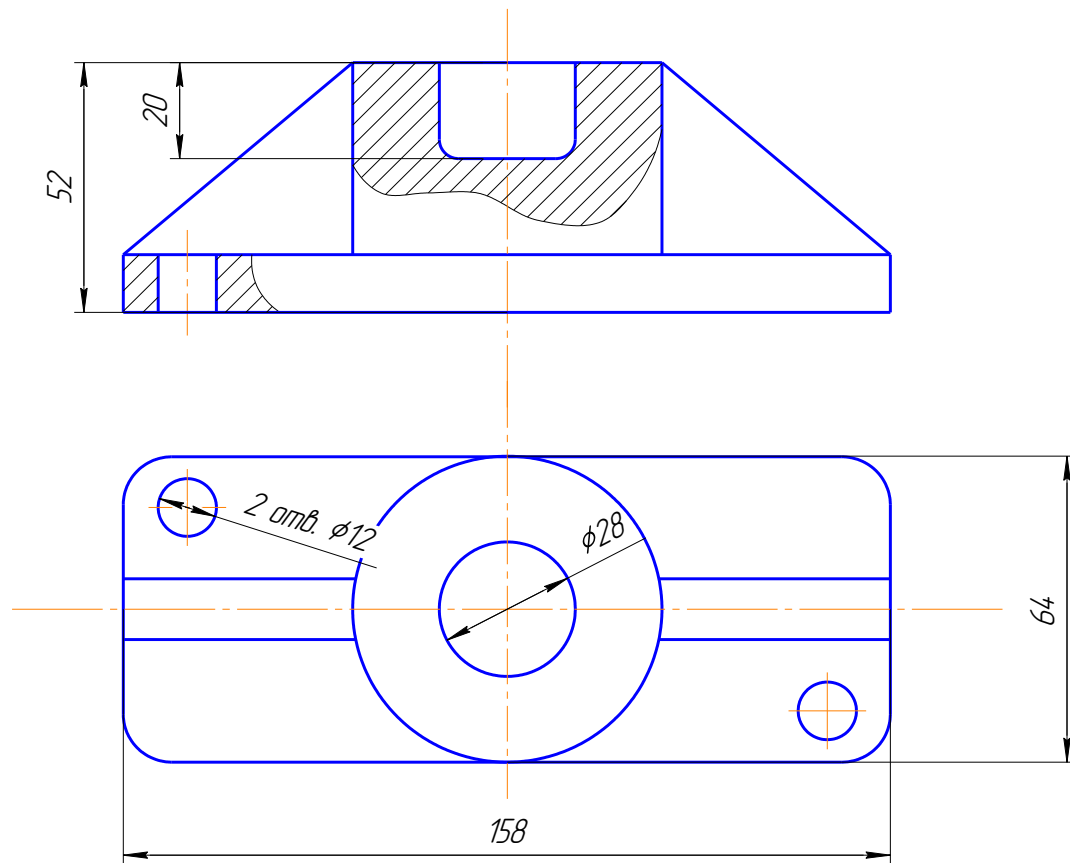


Рисунок 3.3 – Паллета

Так как конвейер работает в повторно-кратковременном режиме (циклическом), примем скорость тягового элемента  $v = 0,1$  м/с. Тогда расстояние между транспортируемыми деталями будет равно  $a = 0,4$  м.

В качестве тягового элемента принимаем две пластинчатые катковые цепи с катками на подшипниках скольжения.

Определяем массу, приходящуюся на 1 м, от груза (3.3):

$$q = \frac{G_r}{a}, \text{ кг/м.} \quad (3.3)$$

где  $G_r$  – масса паллетов с деталями (0,7 кг).

$$q = \frac{0,7}{0,4} = 1,75 \text{ кг/м.}$$

Масса настила с тяговым элементом по формуле (3.4):

$$q_k = 10B_H + A_{II}, \text{ кг/м,} \quad (3.4)$$

где коэффициент  $A_n$  взят по таблице для легкого настила при  $V_n=0,2$  м.

$$q_k = 10(0,2 + 40) = 42 \text{ кг/м.}$$

Выполняем тяговый расчет конвейера, принимая за точку с минимальным натяжением точку 2 (см. рисунок 3.2), так как на участке 1–2 величина  $Lg2\omega_{\text{кк}} < q_0H$ . Полученные данные сводим в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Расчет сопротивлений перемещению тягового элемента пластинчатого конвейера

Участок и вид сопротивления	Расчетные формулы	Величины Н
Минимальное значение сопротивления перемещения тягового элемента	$S_1 = S_{\min}$	1000
Сопротивление перемещению тягового элемента на прямолинейном участке 1–2	$S_2 = S_1 + q_k \cdot g \cdot Lg1 \cdot \omega_{\text{кк}} = 1000 + 42 \cdot 9,81 \cdot 10 \cdot 0,09$	1370,8
Сосредоточенное сопротивление при огибании натяжной звездочки 2–3	$S_3 = \xi \cdot S_2 = 1,06 \cdot 1370,8$ При $\alpha = 180$ град. $\xi = 1,06$	1393,06
Сопротивление перемещению тягового элемента на прямолинейном участке 3–4	$S_4 = S_3 + g(q + q_k)Lg1 \cdot \omega_{\text{кк}} = 1393,06 + 9,81(1,75 + 42)10 \cdot 0,09$	1779,3

По величинам натяжений в характерных точках строим диаграмму натяжений тягового элемента (рисунок 3.4).

Максимальным натяжением будет натяжение в точке 4. По этому натяжению определяем величину нагрузки, действующей на одну цепь, с учетом формулы ( $S_{ct1} = 1,15 S_{ct} / 2$ ). Принимая коэффициент запаса прочности  $n_{ц} = 10$ , определяем величину разрушающей нагрузки по формуле ( $S_{раз} > S_{maxn_{ц}}$ ) (3.5):

$$S_{раз} = \frac{1,15 \cdot n_{ц} \cdot S_4}{2} = \frac{1,15 \cdot 1779,3 \cdot 10}{2} = 10230,97 \text{ Н.} \quad (3.5)$$

По величине  $S_{раз}$  подбираем катковую цепь М20-4-160-2 ГОСТ 588–81 с  $t_{ц} = 160$  мм,  $d_{ц} = 15$  мм. Для выбранной цепи  $S_{раз}$  по государственному стандарту равна 20 кН. Так как скорость тягового элемента невелика, то динамическую нагрузку, действующую на цепь, не учитываем.

Величина тягового усилия будет:

$$P = (S_4 - S_1) \cdot \xi = (1779,3 - 1000) \cdot 1,06 = 826,05 \text{ Н.} \quad (3.6)$$

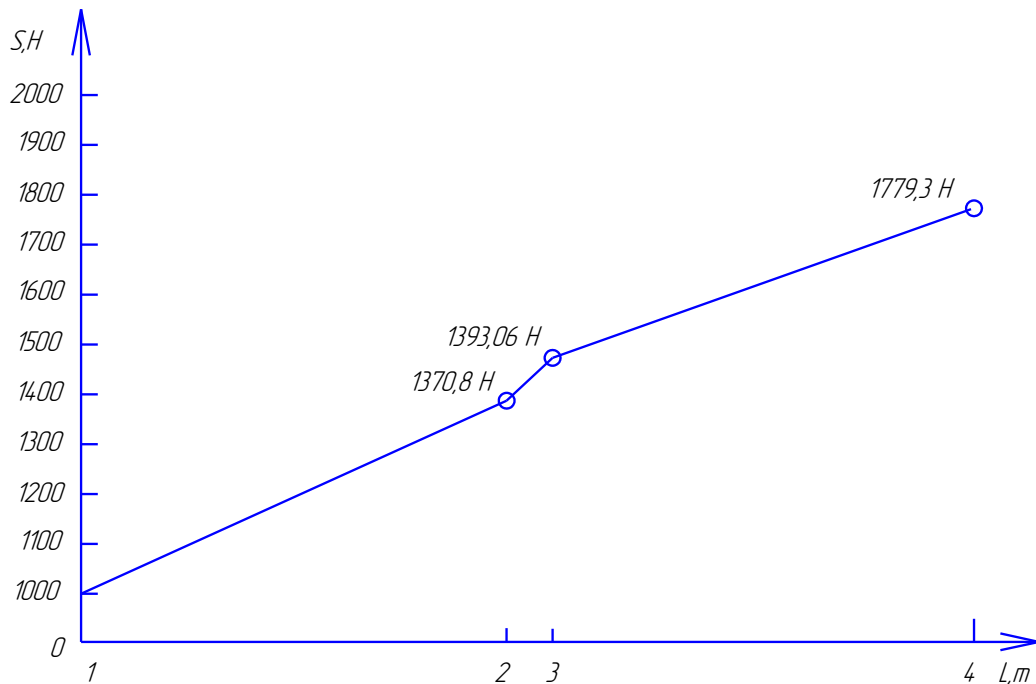


Рисунок 3.4 – Диаграмма растягивающих усилий тягового элемента

Мощность электродвигателя при передаточном механизме с  $\eta=0,8$  будет (3.7):

$$N = \frac{P \cdot v}{1000 \cdot \eta} = \frac{826,05 \cdot 0,1}{1000 \cdot 0,8} = 0,103 \text{ кВт.} \quad (3.7)$$

Исходя из того что  $N = 0,103$  кВт для данного конвейера будет целесообразно выбрать червячный одноступенчатый мотор-редукторы серии TNRV – 030 с двигателем AIS63A4 (рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 – Червячные редукторы серии TNRV–030

Червячные редукторы серии TNRV–030 – это продукт нового поколения механического привода, разработанный в соответствии с новейшими достижениями технологий металлообработки как в нашей стране так и за рубежом [ 6 ].

Характеристики:

- мощность мотор-редукторов 0,12 кВт;
- передаточное число (10);
- крутящий момент на выходном валу 5,2 Н·м;
- корпус: литой из высококачественного дюралюминиевого сплава, легкого и нержавеющей (габариты: 025-90);
- червяк: сталь 20 X, рабочие поверхности цементированы до твердости 56 - 62 HRC, глубина цементованного слоя после чистовой обработки 0,3-0,5 мм;
- червячное колесо: износостойкий сплав из олова и бронзы;
- масло заливается на весь срок службы редуктора и не требует замены;
- не требуется технического обслуживания в процессе эксплуатации;
- нет ограничений на возможности пространственной установки;
- число оборотов на выходном валу (140 об/мин).

### 3.3 Расчет схвата промышленного робота

Схваты роботов осуществляют следующие функции: удерживают объект манипулирования во время его транспортировки; ориентируют объект манипулирования; базируют положение объекта манипулирования относительно манипулятора. Следует отметить, что созданы достаточно универсальные схваты, имитирующие устройство кисти человека с ее 32 степенями подвижности, однако их применение невыгодно из-за большой стоимости.

В роботах широкое распространение нашли схваты специального назначения, с помощью которых производят захват сравнительно небольшой номенклатуры объектов манипулирования. Однако имеющиеся у современных роботов устройства смены схватов в автоматическом режиме обеспечивают работу с достаточно разнообразными объектами манипулирования при простоте и низкой стоимости конструкции.

Схваты удерживают объект манипулирования с помощью сил трения, возникающих при кинематическом воздействии его элементов на объект манипулирования, фиксации объекта манипулирования по имеющимся на нем выступам, отверстиям, штифтам, пазам и другим поверхностям, которые могут быть использованы в качестве баз, а также электромагнитных сил и вакуума. В большинстве случаев для уменьшения усилий привода схватов применяют комбинацию кинематического, электромагнитного и вакуумного воздействия с одновременным использованием для фиксации базовых поверхностей объекта манипулирования.

Расчет схватов проводят в такой последовательности:

- а) выбирают тип схвата
- б) определяют усилие захвата.
- в) определяют необходимое перемещение губок схвата.

					15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

- г) определяют усилия в кинематических элементах схвата.  
 д) выбирают тип привода.  
 е) рассчитывают размеры кинематических элементов схвата и его привода.  
 Рассчитаем схват со следующими характеристиками:

- масса объекта манипулирования  $m=0,7$  кг;
- максимальное ускорение центра масс объекта манипулирования  $a=10$  м/с<sup>2</sup>.

Так как схват может занимать как вертикальное, так и горизонтальное положение, принимаем способ удержания заготовки за счёт сил трения с базированием призмами. Учитывая, что заготовка стальная принимаем механический тип схвата.

Усилие удерживания заготовки (3.8):

$$F = \frac{m(g + a)}{2f}, \quad (3.8)$$

где  $f$  – сила трения ( $f = 0,15$ );

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup> ( $a = 10$ ).

$$F = \frac{0,7(10 + 10)}{2 \cdot 0,15} = 46,6 \text{ Н.}$$

Усилие привода (3.9):

$$F_{\text{п}} = F \cdot i, \quad (3.9)$$

где  $i = 2l \cos \theta / R$

Из конструктивных соображений принимаем  $l = 60$  мм

Угол  $\theta$  определим исходя из максимального перемещения

$$\theta = \Delta / l = 15 / 60 = 0,25 \text{ рад;}$$

$$\theta = 14,33^\circ,$$

где  $\Delta = 15$  мм – ход, необходимый для выхода призмы от поверхности заготовки

Радиус зубчатого колеса определяется из расчёта зубчато-реечной передачи на изгиб (3.10):

$$m = 14 \sqrt[3]{y_f K_{\text{фб}} \cdot F / z^2 \psi_{\text{bd}} \sigma_{\text{FP}}}, \quad (3.10)$$

где  $z = 17$  число зубьев;

$y = 4,26$  – коэффициент формы зуба;

$\psi_{\text{bd}} = b/d = 0,6$  – коэффициент ширины венца;

									Лист
									42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.076.000 ПЗ				



$K_{фв} = 1,08$  – коэффициент, учитывающий распределение нагрузки по ширине венца;

$\sigma_{ФР} = 320$  МПа – допускаемое напряжение при расчёте зубьев на изгибную прочность (сталь 40Х), тогда:

$$m = 14\sqrt[3]{4,26 \cdot 1,08 \cdot 46,6 / 17^2 \cdot 0,6 \cdot 320} = 2,2 \text{ мм.}$$

Принимаем  $m = 2,5$  мм, тогда:

$$R = mz / 2 = 2,5 \cdot 17 / 2 = 21,25 \text{ мм;}$$

$$F_{\Pi} = 2F_l \cos \theta / R = 2 \cdot 46,6 \cdot 60 \cdot 0,96 / 21,25 = 253 \text{ Н.}$$

Диаметр поршня пневмоцилиндра (давление воздуха  $p=0,4$  Мпа):

$$d = \sqrt{4F_{\Pi} / (p\pi)} = \sqrt{4 \cdot 253 / (0,4 \cdot \pi)} = 28,3 \text{ мм.}$$

Принимаем  $d = 30$  мм.

Ширину губок определяем по контактным напряжениям (3.12):

$$b = 0,418 \sqrt{FE \cdot 2 / (d[\sigma]_H^2)}, \quad (3.12)$$

где  $E = 2 \cdot 10^5$  Мпа – модуль упругости материала;

$[\sigma]_H = 650$  МПа;

$$b = 0,418 \sqrt{46,6 \cdot 2 \cdot 10^5 / (33 \cdot 650^2)} = 0,34 \text{ мм.}$$

Из конструктивных соображений принимаем  $b = 4$  мм.

Опасным сечением (h) губок является сечение, сопрягаемое с зубчатым сектором, испытывающим изгиб (3.13):

$$h = \sqrt{12F(1 - R) / (b[\sigma]_H)}, \quad (3.13)$$

где  $[\sigma]_H = 250$  МПа, тогда

$$h = \sqrt{12 \cdot 46,6(60 - 21,25) / (4 \cdot 250)} = 4,6 \text{ мм.}$$

Принимаем толщину схвата 5мм.

Из конструктивных соображений принимаем расстояние между шарнирами  $C = 60$  мм. Тогда усилие, действующее на шарниры:

					15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

$$F_{ш} = F \cdot 1 / C = 46,6 \cdot 60 / 60 = 46,6 \text{ Н.}$$

Диаметр шарниров выбираем исходя из расчёта на срез ( $[\tau]_{ср} = 120 \text{ МПа}$  – допускаемое напряжение на срез для стали 45):

$$d_{ш} = \sqrt{4F_{ш} / (\pi \cdot [\tau]_{ср})} = \sqrt{4 \cdot 46,6 / (\pi \cdot 120)} = 0,7 \text{ мм.}$$

Принимаем  $d_{ш} = 5 \text{ мм}$ .

Проверяем шарниры на смятие ( $[\sigma]_{см} = 80 \text{ МПа}$  – допускаемое напряжение на смятие для стали 45):

$$\sigma_{см} = 2F_{ш} / (\pi \cdot d_{ш} \cdot b) = 2 \cdot 46,6 / (\pi \cdot 5 \cdot 4) = 1,48 < 80 \text{ МПа.}$$

При проектировании схвата используем следующие размеры:

- диаметр шарниров – 5 мм;
- размер рычагов - 60×5×15 мм;
- диаметр пневмоцилиндра – 30 мм;

Пневматическая схема привода схвата представлена на рисунке 3.6.

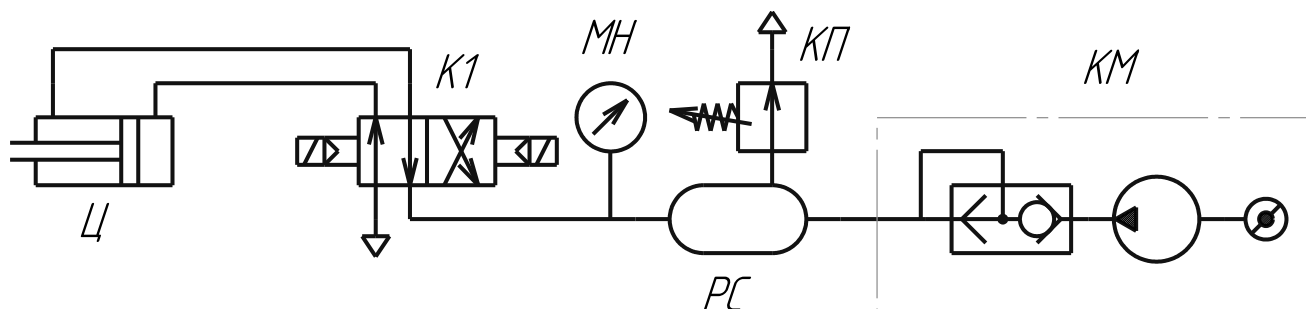


Рисунок 3.6 – Пневматическая схема привода схвата

Ц – цилиндр двухстороннего действия, К1–4 – ходовой клапан, МН – манометр, РС – ресивер, КП – предохранительный клапан, КМ – компрессор.

### 3.4 Выбор барьерных оптических датчиков положения изделий на конвейерах

#### 3.4.1 Общие сведения о барьерных оптических датчиках (оптических бесконтактных выключателях)

Оптический бесконтактный выключатель представляет собой электронное устройство, реагирующее на изменение принимаемого светового потока. Такие выключатели используются для определения наличия (отсутствия) объекта в заданном пространстве, поскольку наличие (отсутствие) объекта приводит к изменению параметров светового потока, принимаемого выключателем. Для повы-

шения эффективности работы выключателей и улучшения их характеристик производится модуляция и пространственная селекция светового излучения.

Эти меры позволяют устранять влияние посторонних засветок и помехи от других оптических выключателей. Оптические бесконтактные выключатели состоят из двух функционально законченных узлов — источника оптического излучения и приемника этого излучения. Источник оптического излучения (передатчик) и приемник могут быть в одном корпусе или в разных корпусах.

### 3.4.2 Передатчик

Генератор вырабатывает последовательность электрических импульсов на излучатель. Излучатель — светодиод, создающий излучение оптического диапазона. Индикатор показывает наличие напряжения питания на передатчике. Оптическая система формирует диаграмму направленности излучения и при необходимости его поляризацию. Компаунд обеспечивает необходимую степень защиты от проникновения твердых частиц и воды. Корпус обеспечивает монтаж передатчика, защищает от механических воздействий. Выполняется из латуни или полиамида, комплектуется метизными изделиями.

### 3.4.3 Приемник излучения

Оптическая система формирует диаграмму направленности приемника излучения и при необходимости производит поляризационную селекцию. Фотоприемник воспринимает оптическое излучение и преобразует его в электрический сигнал (рисунок 3.7). Усилитель усиливает входной сигнал до необходимого значения. Пороговый элемент обеспечивает необходимую крутизну фронта выходного сигнала и величину гистерезиса. Электронный ключ обеспечивает коммутацию выходного тока выключателя, определяет схему подключения нагрузки, имеет защиту от перегрузки и короткого замыкания. Светодиодный цветной индикатор показывает состояние выключателя, позволяет определить функциональный резерв по выбранному объекту, обеспечивает контроль работоспособности, оперативность настройки. Регулятор чувствительности позволяет производить настройку выключателя по фактической контрастности объекта на фоне окружающих предметов.

Функциональный резерв определяется как отношение светового потока, полученного приемником, к минимальному световому потоку, вызывающему срабатывание выключателя. Функциональный резерв позволяет компенсировать ослабление сигнала в результате загрязнения оптики и наличия аэрозольных компонентов в окружающем пространстве.

										Лист
										45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.076.000 ПЗ					

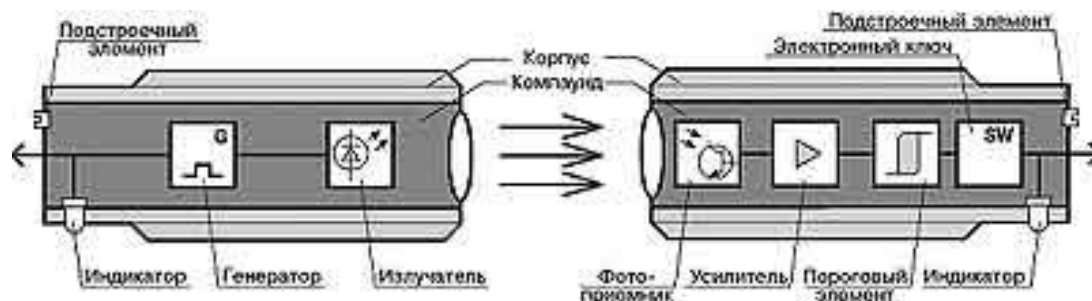


Рисунок 3.7 – Устройство оптического выключателя

Контрастность объекта определяется его собственным коэффициентом отражения и величиной отраженного света от окружающего фона.

### 3.4.4 Принцип работы на прямом луче (тип Т)

Оптические выключатели, работающие на прямом луче, состоят из приемника и передатчика, выполненных в отдельных корпусах. При эксплуатации они располагаются соосно друг против друга. Поток излучения от передатчика направлен на приемник (рисунок 3.8). Срабатывание происходит при прерывании луча объектом. Выключатели, использующие принцип прерывания луча, отличаются большой дальностью действия (до нескольких десятков метров) и большой помехозащищенностью от воздействия посторонних факторов (пыль, капли воды и других жидкостей).

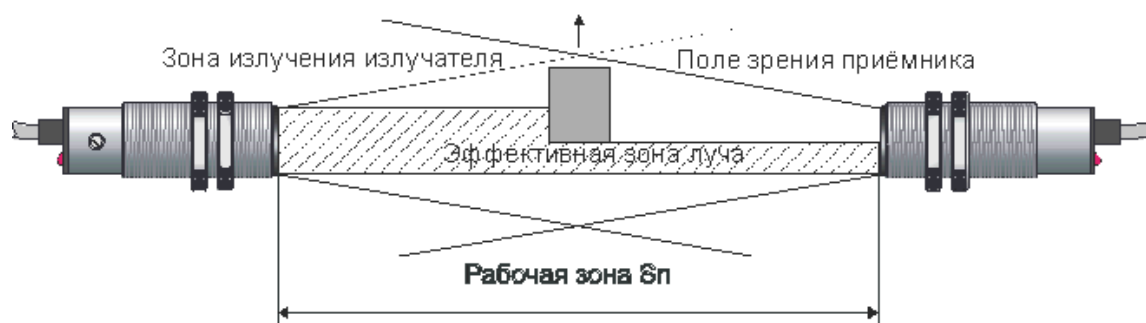


Рисунок 3.8 – Эффективная зона контроля оптического барьерного датчика

Основным недостатком таких выключателей является наличие двух отдельных изделий, что не всегда удобно при их монтаже и прокладке проводов питания к ним. Необходимо иметь в виду, что: посторонние предметы с высоким коэффициентом отражения, подобные рефлектору, находящиеся в области перекрытия диаграмм направленностей приемника и передатчика, могут вызвать ложное срабатывание; прозрачные и полупрозрачные объекты недостаточно ослабят луч до порога срабатывания.

Для уменьшения или полного устранения вышеперечисленных эффектов оптические выключатели снабжены регуляторами чувствительности. Диаметр прямого луча определяет минимальный размер регистрируемого объекта.

### 3.4.5 Монтаж оптического барьерного датчика

Барьерный оптический датчик устанавливается на позиции захвата детали манипулятором на бортах конвейеров (подводящего и отводящего). Изобразим на рисунке 3.9 место монтажа датчиков.

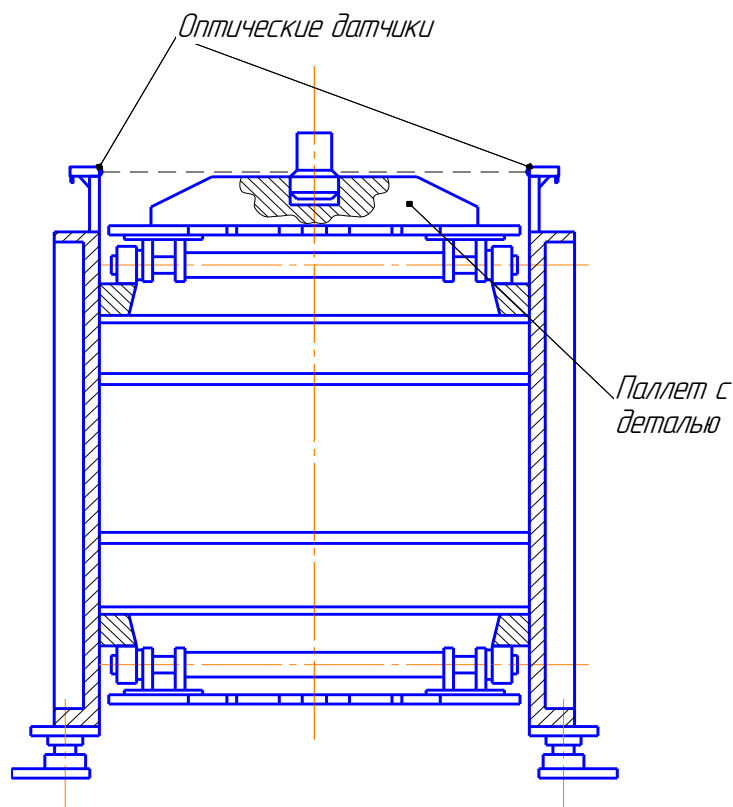


Рисунок 3.9 – Схема монтажа барьерных датчиков

### 3.5 Разработка схемы пневмоавтоматики РСМ

Пневмоавтоматика РСМ состоит из системы подготовки воздуха, модулей манипуляторов, станочного приспособления и ограждением станка, которые объединены в одну общую сеть и представлены на чертеже «Система управления комплексом. Схема пневматическая принципиальная».

Система подготовки воздуха включает в себя магистральный влагоотделитель и узел подготовки воздуха.

Узел подготовки воздуха состоит:

- вентиль 1548Р ДУ=15 ГОСТ 18722-73;
- фильтр – влагоотделитель 22-16x40 ГОСТ 1437-72;
- редукционный клапан 122-12 ТООТ 18468-73;
- манометр;
- реле давления РД-4/25.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.04.2018.076.000 ПЗ

Лист

47

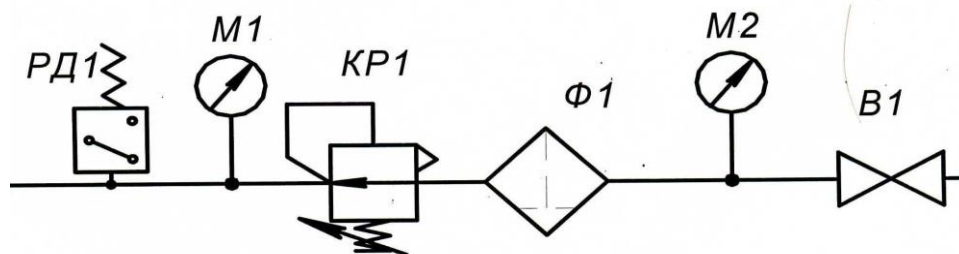


Рисунок 3.2 – Система подготовки воздуха: В1 – вентиль;  
 Ф1 – фильтр-влажготделитель; КР1 – редукионный клапан;  
 М1, М2 – манометры; МР – маслораспылителъ; РД – реле давления.

#### Выводы по третьему разделу

Разработана компоновка РСМ, состоящая из обрабатывающего центра модели «FRYER HR-60», промышленного робота и конвейера. Произведен расчет пластинчатого конвейера с целью определения тягового усилия, также произведен расчет схвата промышленного робота с определением усилия удержания заготовки. Разработана пневматическая схема РСМ. Выбраны необходимые датчики для конвейеров.

## 4 СПЕЦИАЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

### 4.1 Технические требования к системе управления

Система управления (СУ) РСМ для фрезерования корпусных деталей должна отвечать следующим техническим требованиям:

- СУ должна обеспечить 15 входов с датчиков, расположенных на оборудовании РТК;
- восемь датчиков контролируют движения ПР Циклон–3.02;
- один датчик контролирует наличие детали в схвате;
- один датчик контролирует давление в пневмосети;
- один датчик контролирует установку детали в приспособление
- один датчик контролирует наличие деталей в МЗУ
- один датчик контролирует положение электромагнита МЗУ
- один датчик контролирует ограждение станка
- СУ должна обеспечить 23 выходных сигналов на рабочие органы РСМ;
- СУ должна обеспечить основные режимы работы: автоматический, ввод программы и просмотр программы;
- СУ должна иметь клавиатуру ручного ввода и дисплей;
- СУ должна обеспечить цикловое управление.

### 4.2 Выбор системы управления

Развитие промышленного оборудования идёт по пути повышения уровня автоматизации выполняемых операций, что предъявляет особые требования к электроавтоматике.

В настоящее время для реализации функций электроавтоматики в системах управления технологическим оборудованием (станки, автоматические линии и т.п.) широко применяются программируемые контроллеры. Программируемые контроллеры относятся к программным средствам реализации алгоритмов управления оборудованием и предназначены для работы непосредственно в производственных условиях цехов. С этой целью они снабжены необходимыми средствами защиты от помех и гальваническими развязками по входу и выходу, схемами согласования по уровню сигнала и усиления по мощности. Эти средства выполнены в виде сменных блоков-модулей для подключения входных сигналов (модули ввода) и исполнительных элементов (модули вывода), которыми комплектуется программируемый контроллер.

Широкое применение программируемых контроллеров объясняется значительными преимуществами по сравнению с традиционными средствами автоматизации (реле, дискретные логические элементы, интегральные микросхемы):

- сокращение сроков проектирования и изготовления системы управления;
- сокращения сроков монтажа и наладки оборудования у потребителя;
- повышение надежности и долговечности работы оборудования;
- уменьшения стоимости оборудования;
- уменьшение габаритных размеров и требуемых площадей;

					15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

- возможность работы непосредственно в цеховых условиях;
- возможность подключения исполнительных устройств (электромагниты, контакторы и т.д.) за счет встроенных силовых ключей;
- возможность расширения системы управления за счет подключения дополнительных блоков и модернизации системы за счет замены части блоков.

Рассмотрим преимущества и недостатки нескольких вариантов СУ, которые возможно применить для решения нашей задачи.

#### 4.2.1 Устройство управления Контур-1

«Контур–1» предназначен для циклового позиционного управления манипуляторами и технологическим оборудованием.

Областью наиболее эффективного применения «Контур–1» является управление АСМ и автоматическими линиями при автоматизации технологических процессов в условиях серийного и мелкосерийного производства. Технические характеристики устройства управления Контур-1 представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Технические характеристики устройства управления Контур-1

Параметр	Описание
Тип управления	цикловой; программно – логический
Программируемые функции	– управление выходами на исполнительные устройства; – приём информации, поступающей от датчиков состояния оборудования; – формирование выдержек времени; – управление счётчиками; – обращение к подпрограммам; – организация условных и безусловных переходов по программе; – связь с управляющим вычислительным комплексом высшего ранга по интерфейсу последовательной передачи информации RS232.
Сервисные функции	редактирование программ
Режимы работы	– автоматическое управление; – ручное управление; – пошаговое выполнение программы; – программирование; – просмотр программы.
Число клавиш для ввода информации	54



Окончание таблицы 4.1.

Параметр	Описание
Дискретность задания выдержек времени, с	0,05
Наработка на отказ, ч.	не менее 10000
Серийный срок службы до списания, лет	не менее 10
Питание	сеть переменного тока 220 В, частота 50 Гц.
Потребляемая мощность, Вт	не более 250
Габаритные размеры, мм:	
– длина	700
– ширина	600
– высота	1400
Масса, кг	95

#### 4.2.2 Устройство циклового программного управления МПЦУ

МПЦУ предназначено для циклового двухпозиционного управления манипуляторами и технологическим оборудованием.

Областью наиболее эффективного применения МПЦУ является управление РСМ и автоматическими линиями при автоматизации технологических процессов в условиях серийного и мелкосерийного производства. Технические характеристики устройства МПЦУ представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Технические характеристики устройства МПЦУ

Параметр	Описание
Тип управления	цикловой; программно – логический
Программируемые функции	– управление выходами на исполнительные устройства; – приём информации, поступающей от датчиков состояния оборудования; – формирование выдержек времени; – управление счётчиками; – обращение к подпрограммам; – организация условных и безусловных переходов по программе
Сервисные функции	редактирование программ
Режимы работы	– автоматическое управление; – ручное управление; – пошаговое выполнение программы; – программирование; – просмотр программы.

Окончание таблицы 4.2.

Параметр	Описание
Число клавиш для ввода информации	17
Дискретность задания выдержек времени, с	0,1
Наработка на отказ, ч.	не менее 5000
Серийный срок службы до списания, лет	не менее 10
Питание	сеть переменного тока 220 В, частота 50 Гц.
Потребляемая мощность, Вт	не более 200
Габаритные размеры, мм:	
– длина	483
– ширина	385
– высота	202
Масса, кг	95

#### 4.2.3 Программируемый контролер Simatic S7–300

В настоящее время широкое распространение получили программируемые логические контроллеры SIMATIC фирмы Siemens, отличающиеся большим разнообразием функциональных возможностей. Изучив предлагаемую продукцию данной фирмы для решения задачи автоматизации системы управления технологическим процессом, наиболее предпочтительным по соотношению функциональность стоимость является программируемый контроллер SIMATIC S7-300 (рисунок 4.1). Технические характеристики программируемого контролера Simatic S7–300 представлены в таблице 4.3.



Рисунок 4.1 – Контроллер SIMATIC S7-300

Таблица 4.3 – Технические характеристики программируемого контролера Si-matic S7–300

Параметр	Описание
Тип управления	цикловой; программно – логический
Программируемые функции	– управление выходами на исполнительные устройства; – приём информации, поступающей от датчиков состояния оборудования; – формирование выдержек времени; – управление счётчиками; – обращение к подпрограммам; – организация условных и безусловных переходов по программе
Сервисные функции	редактирование программ
Режимы работы	– автоматическое управление; – ручное управление; – пошаговое выполнение программы; – программирование; – просмотр программы.
Дискретность задания выдержек времени, с	0,01
Наработка на отказ, ч.	не менее 15000
Серийный срок службы до списания, лет	не менее 15
Питание	сеть постоянного тока 24 В
Габаритные размеры, мм:	
– длина	40
– ширина	125
– высота	130
Масса, кг	0,28

Проведем сравнительный анализ по техническим характеристикам, и учтем все достоинства программируемого контроллера SIMATIC S7-300, а именно:

- высокий уровень надежности;
- уменьшение габаритных размеров и требуемых производственных площадей в десятки раз;
- сменные блоки-модули, которые определяются пользователем в зависимости от требуемого числа и вида каналов ввода-вывода. Возможность подключения до 32 модулей расширения;
- возможность подключения дополнительного оборудования;
- быстрое редактирование программ;
- простое программирование при помощи инструкций языка STEP 7.

Таким образом, выбираем в качестве системы управления, программируемый контроллер SIMATIC S7-300.

### 4.3 Выбор исполнительных органов по роду тока, мощности, типу исполнения

#### 4.3.1 Выбор электромагнитов для пневмораспределителей

Техническая характеристика электромагнитов применяемых в пневмораспределителях серии ПВ64 представлена в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Технические характеристики электромагнитов

Параметр	Значение
Время срабатывания при номинальных значениях давления и расхода для пневмораспределителей с электроуправлением, с: – с магнитами переменного тока – с магнитами постоянного тока	0,03 0,3
Электромагнит переменного тока: – тип – напряжение, В – допустимое число циклов в час	МТ 6202К; 32, ПО, 220, 230, 240, 380, 400, 415, 440, частота 50 Гц; 1200
Электромагнит постоянного тока: – тип – напряжение, В – допустимое число циклов в час	ЭУ6201; 12, 24, 48, ПО; 3600
Герметичный электромагнит переменного тока: – тип – напряжение, В – напряжение, В – допустимое число циклов в час	МА 1204 Эвиг; 36, ПО, 220, 230, 240, 380, 400, 415, 440, частота 50 Гц ПО, 220, 240, частота 60 Гц; 7200

Учитывая производительность АСМ и не внося в принципиальную схему АСМ дополнительных элементов (понижающего трансформатора) выбираем электромагнит для пневмораспределителей типа ЭУ 6201 постоянного тока НОВ:

- мощность – 45 ВА;
- время срабатывания – 0,3сек.;
- допустимое число циклов в час – 3600.

#### 4.3.2 Выбор датчиков положения

Одним из основных элементов средств очувствления являются датчики внутренней и внешней информации. Датчики выполняют задачу преобразования физических величин процесса в сигналы, воспринимаемые устройством управления.

Датчик обычно представляет собой аппаратный блок, служащий для преобра-

зования физических величин, описывающих состояние механизмов и их рабочей среды, в форму, удобную для обработки на ЭВМ.

По характеру взаимодействия с окружающей средой датчики условно классифицируются на контактные, бесконтактные и визуальные.

Датчики ПР должны удовлетворять целому комплексу требований: обладать высокой чувствительностью и надёжностью, компактностью и возможностью в весьма ограниченном пространстве, устойчивостью конструкции для обеспечения простоты регулирования и обслуживания, хорошими массогабаритными показателями, малой потребляемой мощностью, незначительными изменениями характеристик, отсутствием обратного воздействия на контролируемый объект, низкой стоимостью.

Для контроля за состоянием МЗУ, приспособлением выбираем индуктивные датчики BERO фирмы SIMENS (рисунок 4.2).



Рисунок 4.2 – Датчики бесконтактные фирмы BERO

Датчики BERO являются бесконтактными выключателями, не содержащих деталей подверженных механическому износу, и практически не чувствительным к влиянию окружающей среды, поэтому могут использоваться в промышленных условиях повышенной сложности во многих областях автоматизации.

Индуктивные датчики BERO обеспечивают экономичный метод бесконтактного обнаружения металлических объектов. Данные датчики используются в первую очередь при высоких требованиях к надежности, точности срабатывания, срока службы, частоты коммутации и т.д. Они применяются в тех областях промышленности, где металл играет особо важную роль.

Индуктивный датчик – 10...34В DC, IP67, тип M18

Для контроля давления в пневмосистеме применяем реле давления типа 23 ГОСТ 19486-74

Реле давления предназначено для контроля давления в пневматических системах, осуществляемого воздействием на контакты микровыключателя, включенного в электрическую цепь управления. Техническая характеристика реле давления представлена в таблице 4.5.

						15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			55

Таблица 4.5 – Технические характеристики реле давления

Параметр	Значение
Номинальное давление МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	1(10)
Диапазон контролируемых давлений, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	0,10-1,0 (1,0–10)
Род тока	переменный или постоянный
Номинальный ток, А	2,5
Напряжение, В Переменного Постоянного	50 Гц – до 350 50 Гц – до 220
Наработка на отказ, циклов	106
Установленный ресурс, циклов	6,3 (106)
Масса, кг	0,76

#### 4.3.3. Выбор элементов развязки

Для обеспечения выдачи управляющих команд необходимой мощности на обслуживаемое оборудование и механизмы АСМ и полную гальваническую и электромагнитную развязку цепей управления и мощных выходных цепей применяется блок выходных усилителей (блок согласования), построенный на тиристорах, оптронах и реле.

Возможны следующие типы развязки: тиристорная, представленная на рисунке 4.3; оптронная, представленная на рисунке 4.4; релейная, представленная на рисунке 4.5.

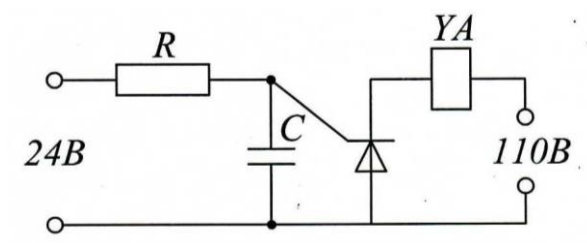


Рисунок 4.3 – Тиристорная развязка

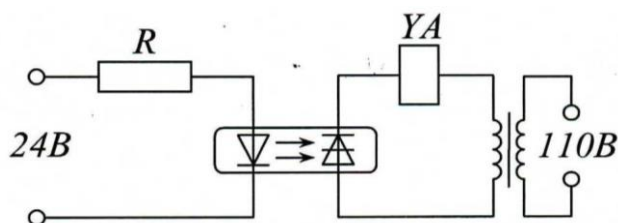


Рисунок 4.4 – Оптронная развязка

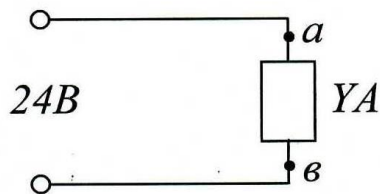


Рисунок 4.5 – Релейная развязка

Выходные команды ПК SIMATIC S7-300 сигнал = 24 В. С учетом выбранных электромагнитов пневмораспределителей  $U_k=110В$ , выбираем в качестве элемента развязки реле РЭН 35.

Реле РЭН 35 – поляризованное, герметичное, двухпозиционное, одностабильное, с четырьмя переключающими контактами, предназначено для коммутации электрических цепей постоянного и переменного тока частотой от 50 до 10000 Гц.

Реле РЭН 35 соответствует требованиям ГОСТ 16121 – 86 и техническим условиям РФ 4.510.144 ТУ.

Условия эксплуатации:

- температура окружающей среды от - 60 до +125°С.
- циклическое воздействие температур - 60 и +125°С.
- повышенная относительная влажность до 98% при температуре +35°С.
- атмосферное давление от 1,33-104 до 300000 Па.
- ударная прочность. При одиночных ударах с ускорением не более 5000м/с<sup>2</sup> – 9 ударов при длительности действия ударного ускорения 0,1–2мс. При этом допускается размыкание размыкающих контактов и не должны замыкаться замыкающие контакты. При многократных ударах с ускорением не более 1500м/с<sup>2</sup>–(4000±332) ударов при длительности действия ударного ускорения 1–5мс.

Требования к надёжности: минимальный срок службы и срок сохраняемости реле в условиях отапливаемого хранилища, а также вмонтированных в защищенную аппаратуру (ЗИП) – 15 лет.

Технические характеристики:

- ток питания обмотки – постоянный. Сопротивление изоляции между токоведущими элементами и корпусом, МОм не более – 200. При максимальной температуре – 200 МОм.
- рабочее напряжение – 27±3, В
- температура окружающей среды, °С – 60 ... +125
- атмосферное давление, Па – 95760
- время непрерывного или суммарного нахождения обмотки под напряжением, ч – 1000
- испытательное переменное напряжение между токоведущими элементами, между токоведущими элементами и корпусом, В:  
в нормальных климатических условиях – 700 между обмоткой и корпусом – 500

										Лист
										57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.076.000 ПЗ					

- частота срабатывания, Гц не более – 0,167
- напряжение на разомкнутых контактах, В – 6 – f – 36
- ток допустимый, А – 1 5
- вид нагрузки – активная
- число коммутационных циклов – 7-107.

#### 4.4 Описание работы контроллера SIMATIC S7-300

##### 4.4.1 Описание контроллера SIMATIC S7-300

Модульный контроллер SIMATIC S7-300 представлен на рисунке 3.6.

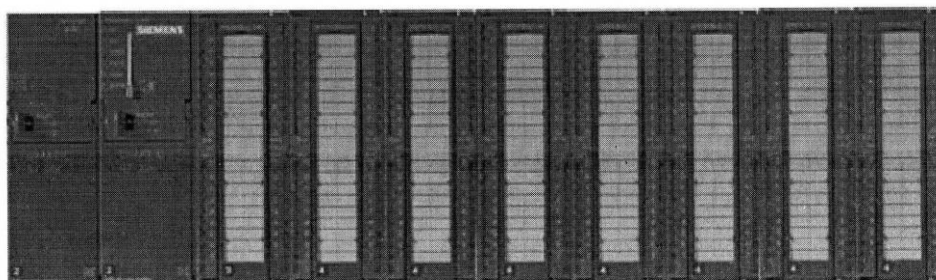


Рисунок 4.6 – Модульный контроллер SIMATIC S7-300

##### Обзор:

- модульный программируемый контроллер для решения задач автоматизации низкого и среднего уровня сложности.
- широкий спектр модулей для максимальной адаптации к требованиям решаемой задачи.
- использование распределенных структур ввода – вывода и простое включение в сетевые конфигурации.
- удобная конструкция и работа с естественным охлаждением.
- свободное наращивание функциональных возможностей при модернизации систем управления.
- высокая мощность благодаря наличию большого количества встроенных функций.

##### Области применения:

S7 300 находит применение для автоматизации машин специального назначения, текстильных и упаковочных машин, машиностроительного оборудования, оборудования для производства технических средств управления и электротехнического оборудования, в системах автоматизации судовых установок и систем водоснабжения и т. д.

##### Конструктивные особенности:

Программируемые контроллеры S7-300 могут включать в свой состав:

- модуль центрального процессора (CPU). В зависимости от степени сложности решаемых задач в программируемом контроллере могут использоваться различные типы центральных процессоров.



– специальные модули (SM), предназначенные для ввода и вывода дискретных и аналоговых сигналов, в том числе FailSafe и модули со встроенными Ех-барьерами. Поддерживаются отечественные ГОСТ градуировки термометров сопротивления.

– коммуникационные процессоры (СР) – это интеллектуальные модули, выполняющие автономную обработку коммуникационных задач для промышленных сетей AS-Interfase, PROFIBUS, Industrial Ethernet и интерфейс PtP. Применение загружаемых драйверов для СР 341 позволяет расширить коммуникационные возможности контроллера поддержкой обмена данными в сетях MODBUS RTU и Data Highway. Для организации модемной связи в составе программируемого контроллера S7 – 300 могут использоваться коммуникационные модули семейства SINAUT ST7

функциональные модули (FM) – интеллектуальные модули, оснащенные встроенным микропроцессором и способные выполнять задачи автоматического регулирования, взвешивания, позиционирования, скоростного счета, управления перемещением и т. д.

Целый ряд функциональных модулей способен продолжать выполнение возложенных на них задач даже в случае остановки центрального процессора.

– интерфейсные модули (IM) для подключения стоек расширения к базовому блоку контроллера, что позволяет использовать в системе локального ввода-вывода до 32 модулей различного назначения. Модули IM 365 позволяют создавать 2-рядные конфигурации, модули IM 360 и IM 361 – 2-, 3-, и 4-рядные конфигурации.

– блоки питания (PS) для питания контроллера от сети переменного или постоянного тока.

Конструкция контроллера отличается высокой гибкостью и удобством обслуживания:

– все модули устанавливаются на профильную шину S7–300 и фиксируются в рабочих положениях винтами. Объединение модулей в единую систему выполняется с помощью шинных соединителей (входят в комплект поставки каждого модуля), устанавливаемых на тыльную часть корпуса.

– произвольный порядок размещения модулей в монтажных стойках. Фиксированные посадочные места занимают модули PS, CPU, и IM.

наличие съемных фронтальных соединителей, позволяющих производить быструю замену модулей без демонтажа их внешних цепей и упрощающих выполнение операций подключения внешних цепей модулей. Механическое кодирование фронтальных соединителей исключает возможность возникновения ошибок при замене модулей.

– применение гибких и модульных соединителей TOP Connect, существенно упрощающих выполнение монтажных работ и снижающих время их выполнения.

Для программирования и конфигурирования S7 – 300 могут использоваться пакеты STEP 7 или STEP 7 Lite. Пакет STEP 7 Lite применяется для программирования и конфигурирования контроллеров S7-300, используемых в качестве автономных систем управления, не содержащих СР и FM.

					15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

Кроме того, для программирования контроллеров S7–300 может использоваться также весь набор программного обеспечения Runtime, а также широкий спектр инструментальных средств проектирования.

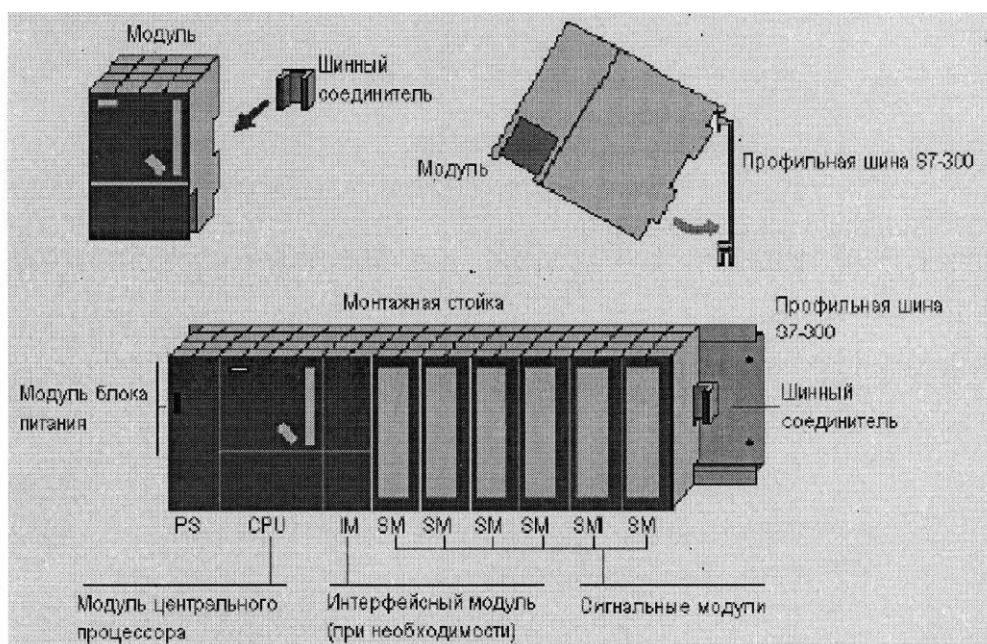


Рисунок 4.7 Конструкция контроллера SIMATIC S7 – 300

#### 4.4.2 Характеристика контроллера SIMATIC S7–300 (CPU312)

Технические характеристики контроллера SIMATIC S7–300 (CPU312) представлена в таблице 4.7.

Таблица 4.6 – Технические характеристики контроллера SIMATIC S7–300 (CPU312)

Параметр	Характеристика
Диапазон рабочих температур: – при горизонтальной установке – при вертикальной установке	0...60°C 0...40°C
Атмосферное давление	795... 1080 ГПа
Изоляция:	
цепи 24 В Испытательное напряжение	= 500 В
цепи 230 В Испытательное напряжение	~1460 В
Напряжение питания: – номинальное значение – допустимый диапазон изменений	= 24 В 20.4...28.8 В
Потребляемый ток: – на холостом ходу, типовое значение – номинальный	60 мА 0,6 А

#### Окончание таблицы 4.6

Параметр	Характеристика
Потребляемая мощность, Вт	2,5
Рабочая память, Кб	16
Габариты, мм	40×125×130
Масса, кг	0,27

#### 4.4.3 Программное обеспечение программируемого контроллера SIMATIC S7–300

STEP 7 – это базовый пакет программ, включающий в свой состав весь спектр средств, необходимых для конфигурирования аппаратуры и промышленных сетей, настройки параметров, программирования, диагностики и обслуживания систем управления, построенных программируемых контроллеров SIMATIC S 7–300. Отличительной особенностью пакета STEP 7 является возможность разработки комплексных проектов автоматизации, базирующихся на использовании множества программируемых контроллеров, промышленных компьютеров, устройств и систем человеко-машинного интерфейса, устройств распределенного ввода-вывода, сетевых структур промышленной связи. Ограничения на разработку таких проектов накладываются только функциональными возможностями программаторов или компьютеров. При необходимости STEP 7 может дополняться инструментальными средствами проектирования, значительно упрощающими разработку сложных проектов.

STEP 7 содержит полный спектр инструментальных средств, необходимых для выполнения всех этапов разработки проекта, а также последующей эксплуатации системы управления.

Редактор программ STEP 7 позволяет выполнять разработку программ на языках Statement List (STL); Ladder Diagram (LAD); Function Block Diagram (FBD), отвечающих требованиям стандарта IEC 61131–3. Более того, для специальных задач могут использоваться дополнительные языки программирования высокого уровня или технологически ориентированные языки.

STEP 7 объединяет все файлы данных в блоки. В пределах одного блока могут быть использованы другие блоки. Механизм их вызова напоминает вызов подпрограмм. Это позволяет улучшать структуру программы пользователя, повышать их наглядность, обеспечить удобство их модификации, перенос готовых блоков из одной программы в другую. STEP 7 Lite – это недорогое программное обеспечение для реализации простых, автономных систем на базе контроллеров SIMATIC S7–300/C7, а также станций ET200S/ET200X с интеллектуальным интерфейсным модулями, работающих без связи с сетью PROFIBUS.

Пакет прост и функционален за счет дружественного графического и интуитивно-понятного интерфейса для конфигурирования, программирования и диагностики контроллера. Программы, созданные в STEP 7 Lite, могут быть обработаны в STEP 7.

										Лист
										61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.076.000 ПЗ					

Таблица 4.8 – Программное обеспечение

Программный пакет	STEP 7 Lite	STEP 7
Целевые системы	SIMATIC S7-300/C7/ET200S/ET200 X	SIMATIC S7-300/400/C7/WinAC
Поддержка функциональных и коммуникационных модулей	Нет	Есть
Операционная система	Windows 2000Professional/XP Professional	
Объём ОЗУ PG/PC, Мбайт, не менее	32	64
Объём, занимаемый на винчестере, Мбайт	60	200-380

#### 4.5 Разработка структурной схемы автоматизированного станочного модуля

На структурной схеме показаны связи ПЛК с исполнительными устройствами и датчиками обратной связи. Структурная схема РСМ представлена на чертеже 15.03.04.2018.076.03.00.000 ГЧ.

Устройства и датчики установлены на работе, станке и конвейерах. Сигналы с датчиков поступают на модуль ввода SM-321, а с модуля SM-322 поступают управляющие сигналы на исполнительные устройства станка, работа и конвейеров, представленные виде клапанов и реле. Также ПЛК имеет связь с системой ЧПУ станка.

#### 4.6 Разработка принципиальной электрической схемы

Принципиальная электрическая схема РТМ состоит из трех основных модулей:

- модуль входных сигналов;
- модуль выходных сигналов;
- блок развязки.

Принципиальная электрическая схема РСМ представлена на чертеже 15.03.04.2018.076.04.00.000 ЭЗ.

При начале работы оператор включает QF1. Манипулятор с помощью функциональных команд выставляется в исходное положение и включается автоматический цикл.

Производится проверка наличия заготовки в МЗУ, при ее наличии, поступает команда системе управления, которая в свою очередь подаёт команды роботу.

					15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

Рука робота находится в следующем режиме команд: «Рука втянута» и «Схват разжат». После того, как датчик МЗУ сработал робот поворачивается к МЗУ и включается команда «Зажим схвата». После проверки SQ1, производится подача заготовки на станок в приспособление. Затем контролируется установка детали в приспособление (SQ2).

При положительном ответе подается сигнал на разжатие схвата робота и вывод его из рабочей зоны станка. Далее происходит зажим детали в приспособлении (YA6) и закрытие ограждения станка (YA2). Затем станок начинает обработку заготовки. После выполнения обработки промышленный робот Циклон – 3.02 втягивается и поворачивается к отводящему конвейеру и располагает заготовку в паллету.

Производится проверка счетчика обработанных деталей, если условие выполняется то команда «Стоп. Деталей нет», если же нет, то цикл повторяется.

Расчет и выбор элементов принципиальной схемы РТМ представлен ниже.

#### 4.6.1 Расчет и выбор предохранителей

Для расчета максимального тока предположим, что включены все распределители и СУ (4.1).

$$\sum P = P_y \cdot 23 + P_{\text{Simatic}}; \quad (4.1)$$

$$\sum P = 45 \cdot 23 + 12,8 = 1047,8 \text{ Вт};$$

$$I_{\text{max}} = \frac{\sum P}{U}; \quad (4.2)$$

$$I_{\text{max}} = \frac{1047,8}{220} = 4,7 \text{ А.}$$

Выбираем плавкий предохранитель ПК – 45 – 5 (1н=5 А).

#### 4.6.2 Расчет и выбор теплового реле.

Реле серии РТТ применяются для защиты трехфазных двигателей от перегрузок. Расчет теплового реле по току производится по формуле (4.3):

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot \eta}; \quad (4.3)$$

$$I = \frac{2200}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,925 \cdot 0,92} = \frac{2200}{552,7798} \approx 4 \text{ А,}$$

					15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

где  $I$  – ток, потребляемый двигателем, А;  $P$  – мощность электродвигателя, Вт; напряжение питающей сети, В;

$\varphi$  – угол между векторами фазного напряжения и фазного тока;

$\eta$  – коэффициент полезного действия двигателя. Для двигателя 4А90.14  $n=2,2$  кВт Частота вращения – 1500 об/мин  $\eta=92,5\%$   $\cos \varphi=0,92$

Ток, потребляемый электродвигателем гидростанции:

По найденному значению потребляемого тока выбираем реле серии РТТ ТУ 16 – 64Э.024 – 85.

Выбираем РТТ III – УХЛ4, 4,5

Пределы тока несрабатывания:  $4,23 \div 4,70$

#### 4.7 Разработка алгоритма работы модуля

Для создания управляющей программы, разрабатываем алгоритм работы АСМ, представленный на плакате 15.03.04.2018.076.07.00.000 ТЧ.

Для избежание «зацикливания» или просто останова программы при неисправном датчике, применяем счетчики системы управления и сравнения состояния счетчика с заданным значением (см. рис. 4.7 и 4.8).

Например:

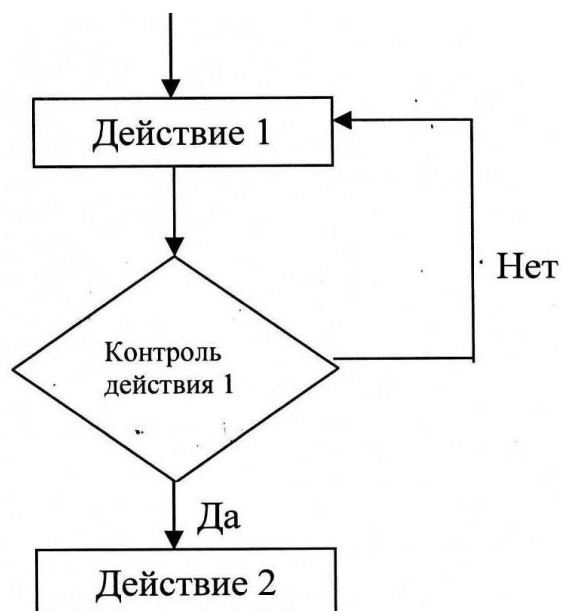


Рисунок 4.7 – Обычная проверка условия

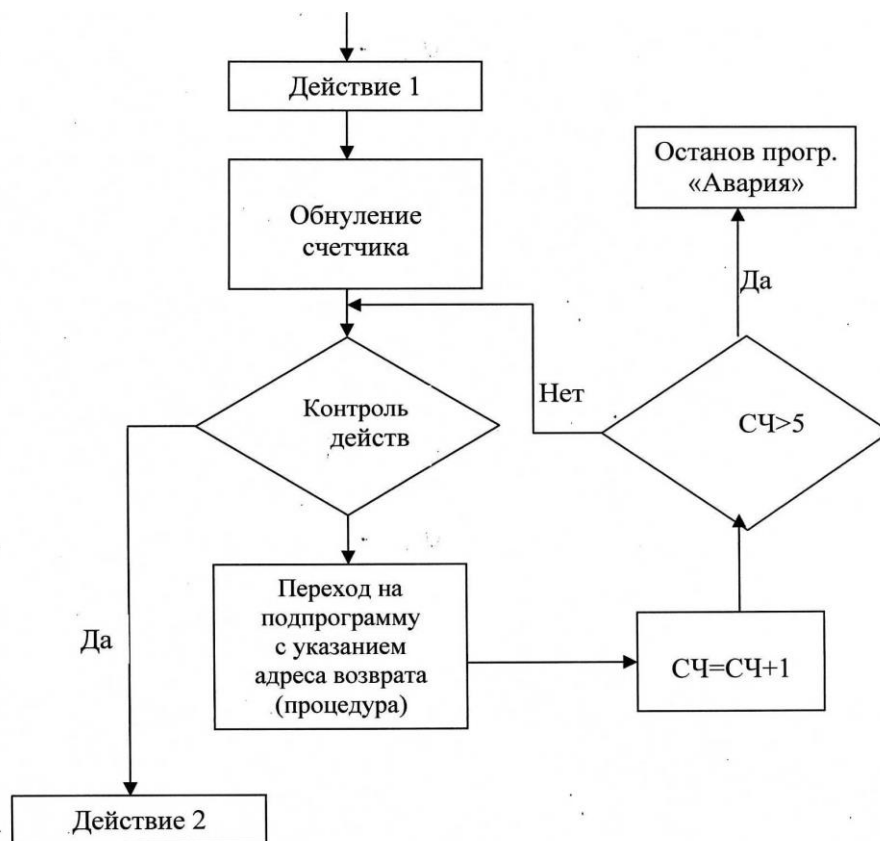


Рисунок 4.8 – Проверка с использованием подпрограммы

Такое построение алгоритма позволит при совпадении значения счетчика и установки перейти на подпрограмму останова или «аварии», отключить исполнительный элемент и подать звуковой или световой сигнал оператору.

#### Выводы по четвертому разделу

В данном разделе выбирается система управления на базе контроллера SIMATIC S7-300. Рассматриваются технические средства автоматизации обрабатывающего центра. Выбирается программное обеспечение контроллера и разрабатывается алгоритм работы роботизированного станочного модуля.

## 5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 5.1 Эффективность автоматизированного модуля загрузки-разгрузки обрабатывающего центра мод. Fryer HR-60

Экономическая эффективность автоматизированного модуля определяется повышением уровня автоматизации и организации производственных процессов, осуществляющих на них, гибкостью этих модулей при смене объектов производства. Эти и другие факторы определяют источники экономии и затрат, учитываемых при расчёте годового экономического эффекта.

В данной выпускной квалификационной работе решается задача автоматизации загрузки-разгрузки обрабатывающего центра мод. Fryer HR-60 при фрезеровании корпусных изделий, путём создания автоматизированного модуля (АСМ). Это ведёт к сокращению основных производственных рабочих, в результате чего уменьшаются затраты на заработную плату.

В проектируемом РСМ для фрезерования корпусных изделий в качестве основного технологического оборудования используем вертикальный обрабатывающий центр Fryer HR-60, загрузка заготовок осуществляется роботом «Циклон-3.02» с конвейера. За работой модуля следит оператор.

Построение системы управления на базе программируемого контроллера позволит повысить надёжность и гибкость управления. Увеличится ритмичность производства за счёт снижения человеческого фактора. Уменьшение количества простоев, простота обслуживания и ремонта приведёт к снижению себестоимости продукции.

Задачи, решаемые данной работой:

- повышение надёжности;
- повышение гибкости управления;
- снижение себестоимости продукции;
- высвобождение основных производственных рабочих;
- улучшение условий труда.

### 5.2 Определение экономической эффективности внедрения автоматизированного станочного модуля

В базовом варианте процесс загрузки выгрузки, а также закрепление детали на станке производился вручную, также ручное включение исполнительных элементов, а, следовательно, влияние человеческого фактора (внимательность оператора, его квалификация).

Работа ПР Циклон 3.02 для загрузки разгрузки станка, конвейера, полностью автоматического приспособления для фиксации детали в рабочей зоне объединена программируемым контроллером, управляющим всеми исполнительными элементами, сокращает время загрузки – выгрузки детали, исключает ошибки оператора. Задача оператора сводится к включению установки и системы управления, а также запуску управляющей программы. Контроль процесса осуществляется опе-

					15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66



ратором, сидя на рабочем месте, т.к. вся необходимая информация с датчиков сведена на монитор.

В качестве управления всеми исполнительными элементами АСМ используем программируемый логический контроллер SIMATICS7-300 фирмы «SIMENS».

Определение годового экономического эффекта основывается на сопоставлении приведённых затрат по базовой и новой конструкции.

Для нашего, конкретного случая осуществляется автоматизированная загрузка вертикального обрабатывающего центра Fryer HR-60. Загрузка заготовок осуществляется роботом «Циклон-3.02» с конвейера.

Приведённые затраты представляют собой сумму себестоимости и нормативной прибыли (5.1) [10]:

$$\Pi = C + E_n \cdot K, \text{ руб.} \quad (5.1)$$

где  $C$  – себестоимость механической обработки годовой продукции по данному варианту, руб.;

$E_n$  – отраслевой нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ( $E = 0,15$ );

$K$  – капитальные вложения по тому же варианту, руб.

Годовой экономический эффект определяется по разности приведённых затрат двух вариантов (5.2):

$$\Delta_{\Gamma} = \Pi_1 - \Pi_2 = C_1 - C_2 - E_n \cdot (K_2 - K_1), \text{ руб.} \quad (5.2)$$

Условная годовая экономия (5.3):

$$\Delta_{\text{уг}} = C_1 - C_2, \text{ руб.} \quad (5.3)$$

Годовой экономический эффект (5.4):

$$\Delta_{\Gamma} = \Delta_{\text{уг}} - E_n \cdot (K_2 - K_1), \text{ руб.,} \quad (5.4)$$

где  $K_2 - K_1 = K_d$  – дополнительные капитальные вложения, требуемые для внедрения автоматизированного комплекса.

Внедрение автоматизированного модуля требует большую сумму капитальных вложений по сравнению с базовым вариантом, поэтому необходимо определить срок окупаемости получаемой от снижения себестоимости продукции по формуле (5.5):

$$T_{\text{ок}} = (K_2 - K_1) / (C_1 - C_2), \text{ лет, } \leq T_{\text{н.ок}} \quad (5.5)$$

где  $T_{\text{н.ок}}$  – нормативный срок окупаемости ( $T_{\text{н.ок}} = 6,6$  года).

### 5.3 Расчёт вспомогательных показателей

Для расчёта капитальных и текущих затрат необходимо предварительно определить:

– коэффициенты использования оборудования при выполнении операции с условным годовым выпуском  $N=80000$  шт.

Расчётное число станков (5.6):

$$S_{\text{расч}} = (T_{\text{шк}} \cdot N) / (F_{\text{до}} \cdot 60), \quad (5.6)$$

где  $T_{\text{шк}}$  – норма штучно-калькуляционного времени.

Для базового и проектируемого вариантов она будет соответственно равна:

$T_{\text{шк1}} = 5,5$  мин;  $T_{\text{шк2}} = 3$  мин.

$F_{\text{до}}$  – номинальный годовой фонд времени (потери номинального фонда 5%).

$$F_{\text{до}} = 4140 - 4140 \cdot 0,05 = 3935 \text{ час}$$

Количество производственных рабочих в базовом и проектируемом вариантах:

$$R_{\text{п}} = (T_{\text{шк}} \cdot N) / (F_{\text{др}} \cdot 60 \cdot S_{\text{м}}), \text{ чел.} \quad (5.7)$$

где  $F_{\text{др}}$  – действительный фонд времени работы производственного рабочего ( $F_{\text{др}} = 1820$  час.);

$S_{\text{м}}$  – коэффициент многостаночности, для базового варианта  $S_{\text{м}} = 1$ , для проектного  $S_{\text{м}} = 2$ .

Число высвобождаемых рабочих (5.8):

$$\text{Ч}_{\text{вр}} = R_{\text{п1}} - R_{\text{п2}} \quad (5.8)$$

Результаты расчётов сводим в таблицу 5.1

Таблица 5.1 – Расчёт вспомогательных показателей

Наименование показателя	Расчетная формула	Расчет	
		1 вариант (базовый)	2 вариант (проектируемый)
Расчётное число станков, ед.	$S_{\text{расч}} = (T_{\text{шк}} \cdot N) / F_{\text{до}} \cdot 60$	$S_{\text{расч1}} = (5,5 \cdot 80000) / (3935 \cdot 60) = 1,86$ Принимаем $S_{\text{пр2}} = 2$	$S_{\text{расч2}} = (3 \cdot 80000) / (3935 \cdot 60) = 0,98$ Принимаем $S_{\text{пр2}} = 1$
Количество станочников	$R_{\text{п}} = (T_{\text{шк}} \cdot N) / (F_{\text{др}} \cdot 60 \cdot S_{\text{м}})$	$R_{\text{п1}} = (5,5 \cdot 80000) / (1820 \cdot 60 \cdot 1) = 4,01$ Принимаем $R_{\text{п1}} = 4$	$R_{\text{п2}} = (3 \cdot 80000) / (1820 \cdot 60 \cdot 1) = 2,1$ Принимаем $R_{\text{п2}} = 2$
Количество высвобождаемых рабочих	$\text{Ч}_{\text{вр}} = R_{\text{п1}} - R_{\text{п2}}$	$\text{Ч}_{\text{вр}} = 4 - 2 = 2$	

Окончание таблицы 5.1

Наименование показателя	Расчетная формула
Процент высвобождаемых рабочих	$P_T = (R_{пр1} - R_{пр2}) / R_{пр1} \cdot 100 = 50\%$

5.4 Расчёт суммы капитальных вложений по сравниваемым вариантам

Для базового варианта стоимость единицы оборудования  $C_{ст}$  равна стоимости станка (2 500 000).

Для проектируемого варианта расчёт стоимости единицы оборудования приведён в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Расчёт стоимости РТМ

Наименование	Количество, шт.	Стоимость, руб.
Вертикальный обрабатывающий центр Fryer HR-60	1	2 500 000
Промышленный робот Циклон 3.02	1	150 000
Бесконтактные датчики BERO DC, IP67, тип M18	9	4 500
Программируемый логический контроллер SIMATIC S7-300	1	10 000
Конвейер	2	36 000
Трансформатор 24 В	1	1 500
Итого:		2 702 000

Капитальные вложения  $K$ , учитываемые при определении эффективности, складываются из следующих затрат (5.9):

$$K_{изм} = K_{ст} + K_{пр} + K_{пл} + K_{быт} + K_{об} + K_{пт} \quad (5.9)$$

где  $K_{ст}$  балансовая стоимость оборудования (комплекса);

$K_{пл}$  стоимость производственной площади;

$K_{быт}$  стоимость служебно-бытовых помещений;

Балансовая стоимость оборудования  $K_{ст}$  определяется по формуле (5.10):

$$K_{ст} = C_{ст} \cdot S_{пр} \cdot 1,1, \text{ руб.} \quad (5.10)$$

где  $C_{ст}$  – стоимость оборудования, руб.

$S_{пр}$  – принятое количество оборудования, шт

1,1 – коэффициент учитывающий затраты на транспортировку и монтаж оборудования.

Стоимость производственной площади  $K_{пл}$  рассчитывается по формуле (5.11):

$$K_{пл} = Ц_{пл} \cdot f_{ст} \cdot \gamma \cdot S_{пр}, \text{ руб.} \quad (5.11)$$

где  $Ц_{пл}$  – стоимость одного квадратного метра площади равна 1000, руб.

$f_{ст}$  – площадь оборудования по габаритам с учетом выносных устройств,  $m^2$ .

$\gamma$  – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь.

Стоимость служебно - бытовых объектов  $K_{быт}$  рассчитывается по формуле:

$$K_{быт} = Ц_{пл.быт} \cdot f_{пл.быт} \cdot R_{п}, \text{ руб.} \quad (5.12)$$

где  $Ц_{пл.быт}$  – стоимость служебно-бытовых объектов в расчете на  $1m^2$  площади равна 500 руб.

$f_{пл.быт}$  – площадь служебно-бытовых объектов, приходящая на одного рабочего, равна  $7m^2$ .

$R_{п}$  – количество производственных рабочих на данной операции, чел.

Расчеты сведем в таблицу 5.3

Таблица 5.3 – Расчет капитальных вложений

Формула, руб.	1 вариант (базовый)	2 вариант (проектный)
Балансовая стоимость оборудования $K_{ст}$	$K_{ст1} = (2500000 \times 2) \times 1.1 = 5500000$	$K_{ст2} = (2702000 \times 1) \times 1.1 = 2972200$
Стоимость производственной площади $K_{пл}$	$K_{пл1} = 1000 \times (10 \times 4.5 \times 2) = 90000$	$K_{пл2} = 1000 \times (17 \times 3 \times 1) = 51000$
Стоимость служебно - бытовых объектов $K_{быт}$	$K_{быт1} = 500 \times 7 \times 4 = 14000$	$K_{быт2} = 500 \times 7 \times 2 = 7000$
Итого капитальные вложения $K$	$K_1 = 5604000$	$K_2 = 6002400$

### 5.5 Расчёт отдельных статей себестоимости

Технологическая себестоимость механической обработки годового объёма выпуска деталей  $C_{год}$  определяется по формуле (5.13):

$$C_{год} = 3 + A_{ст} + A_{пл} \quad (5.13)$$

где 3 – заработная плата производственных рабочих за выполнение годового объёма выпуска деталей на сравниваемых операциях с учётом страховых взносов, руб.

$A_{ст}$  – годовые амортизационные отчисления на полное восстановление оборудования, руб.

$A_{пл}$  – годовые затраты на амортизацию и содержание помещения, занимаемого оборудованием, руб.

Затраты на основную и дополнительную заработную плату производственных рабочих с отчислениями (5.14):

$$З = P_{сд} \cdot N \cdot \eta_{пр} \cdot \eta_{рк} \cdot \eta_{доп} \cdot \eta_{стр} \text{ руб.}, \quad (5.14)$$

где  $P_{сд}$  – сдельная расценка за операцию (5.15)

$$P_{сд} = T_{ст} \cdot T_{шк} / 60 \text{ руб.}, \quad (5.15)$$

$T_{ст}$  – часовая тарифная ставка соответствующего разряда работ, руб. ( $T_{ст} = 28,8$ );

$T_{шк}$  – норма штучно-калькуляционного времени, мин;

$N$  – годовой выпуск деталей, шт.;

$\eta_{пр}$  – коэффициент, учитывающий приработок рабочего ( $\eta_{пр} = 1,4$ );

$\eta_{рк}$  – районный коэффициент ( $\eta_{рк} = 1,15$ );

$\eta_{доп}$  – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату ( $\eta_{доп} = 1,18$ );

$\eta_{стр}$  – коэффициент, учитывающий страховые взносы ( $\eta_{стр} = 1,357$ )

Величина  $A_{ст}^{изм}$  рассчитывается по формуле (5.16):

$$A_{ст} = (Ц_{ст} \cdot S_{пр} \cdot 1,1 \cdot a_b) / 100, \text{ руб.} \quad (5.16)$$

где  $a_b$  – норма амортизационных отчислений на полное восстановление оборудования

Величина  $A_{пл}$  определяется по формуле (5.17):

$$A_{пл} = H_{пл} \cdot (\gamma \cdot f_{ст} \cdot S_{пр}), \text{ руб.} \quad (5.17)$$

где  $H_{пл}$  – затраты на амортизацию и содержание одного  $1\text{ м}^2$  площади цеха равно 180 руб.

Расчёт приведён в таблице 5.4

Таблица 5.4 – Расчет себестоимости изготовления изделия

Формула, руб	1 вариант (базовый)	2 вариант (проектный)
Затраты на основную и дополнительную заработную плату с отчислениями	$Z_{o1} = (28,8 \times 5,5 / 60) \times 80000 \times 1,6 \times 1,15 \times 1,18 \times 1,357 = 622262,45$	$Z_{o2} = (28,8 \times 3 / 60) \times 80000 \times 1,6 \times 1,15 \times 1,357 = 287640,56$
Годовые амортизационные отчисления на полное восстановление оборудования	$A_{ст1} = 250000 \times 2 \times 1,1 \times 0,05 = 275000$	$A_{ст2} = 2702000 \times 1 \times 1,1 \times 0,067 = 199137,1$

Окончание таблицы 5.4

Формула, руб	1 вариант (базовый)	2 вариант (проектный)
Годовые затраты на амортизацию и содержание помещения, занимаемого оборудованием	$A_{пл1} = 180 \times (10 \times 4,5 \times 2) = 16200$	$A_{пл2} = 180 \times (17 \times 3 \times 1) = 9180$
Итого себестоимость изготовления	$C_1 = 913462,45$	$C_2 = 495958,06$

5.6 Обоснование экономической эффективности внедрения автоматизированного станочного модуля

Таблица 5.5 – Расчёт показателей экономической эффективности внедрения роботизированного модуля

Наименование показателя	Единица измерения	Расчётная формула	Расчёт
Условная годовая экономия	руб.	$\mathcal{E}_{уг} = C_1 - C_2$	$\mathcal{E}_{уг} = 913\,462,45 - 495\,958,06 = 417\,504,39$
Дополнительные капитальные затраты	руб.	$K_d = K_2 - K_1$	$K_d = 6\,002\,400 - 5\,604\,000 = 398\,400$
Годовой экономический эффект	руб.	$\mathcal{E}_{год} = \mathcal{E}_{уг} - E_n \cdot K_d$	$\mathcal{E}_{год} = 417\,504,39 - 0,15 \cdot 398\,400 = 357\,744,39$
Высвобождение рабочих	%	$\mathcal{C}_{вр} = (R_{п1} - R_{п2}) / R_{п1} \cdot 100$	$\mathcal{C}_{вр} = (4 - 2) / 1 \cdot 100 = 50$
Срок окупаемости	лет	$T_{ок} = (K_2 - K_1) / (C_1 - C_2)$	$T_{ок} = (6\,002\,400 - 5\,604\,000) / (913\,462,45 - 495\,958,06) = 0,95$

В результате расчётов установлена экономическая целесообразность внедрения разработанного роботизированного станочного модуля, а именно:

– увеличение производительности труда и высвобождение численности рабочих на 50%;

– условная годовая экономия 417 504,39 руб.;

– годовой экономический эффект составляет 357 744,39 руб.

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений

$$T_{ок} = (K_2 - K_1) / (C_1 - C_2) \leq T_n,$$

где  $T_n$  – нормативный срок окупаемости дополнительных капитальных вложений;

$$T_n = 1/E_n = 1/0,15 = 6,67 \text{ лет.}$$

$$T_{ок} = 0,95 \leq 6,67 \text{ лет.}$$

#### Выводы по разделу шесть

В результате полученных технико-экономических показателей дополнительные капитальные затраты составили 398 400 руб. Экономический эффект составит в год 357 744,39 руб. и срок окупаемости капитальных вложений составит 0,95 лет. В связи с тем, что срок окупаемости не превышает нормативного срока окупаемости капитальных вложений, равного 6,67 года, то можно сделать вывод об экономической целесообразности внедрения данной работы.

					15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

## 6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 6.1 Обеспечение безопасных условий труда на автоматизированном участке

Спроектированный автоматизированный участок, планировка оборудования на участке, производственное здание цеха, должны удовлетворять основным нормам безопасной организации труда, такие как организационно-технические, санитарно-гигиенические, социально-экономические.

Промышленный робот (ПР) производит загрузку станка с транспортно-загрузочного устройства, роль которого выполняет конвейер. Обработанные детали поступают во второй конвейер в свободную от заготовки ячейку.

Разработанный робот является порталного типа, он конструктивно встроен в технологическое оборудование. Рука робота имеет 3 степени подвижности: 2-транспортные движения каретки по траверсе и выдвижение руки и 1 ориентирующее поворот схвата.

Все движения исполнительных элементов могут осуществляются в последовательности независимо друг от друга. Очередность их выполнения задается алгоритмом программы. Управление процессом осуществляется через пульт, находящийся недалеко от магазина-накопителя.

Для успешного решения вопросов охраны труда необходимо выполнение следующих мероприятий:

- соблюдение санитарных норм;
- защита от механического травмирования;
- электробезопасность участка;
- пожаробезопасность участка.

Производственная санитария проектируемого участка является важнейшим мероприятием снижения вредных факторов воздействующих на человека. Такими факторами на участке являются:

- шумы механического происхождения;
- производственная вибрация

Факторы вызывающие шумы механического происхождения, следующие: инерционные возмущающие силы, возникающие из-за движения деталей механизма с переменными ускорениями, а также источниками шума, происхождение которого несвязанно непосредственно с технологическими операциями, выполняемые металлорежущим оборудованием, являются прежде всего подшипники качения и зубчатые передачи. Для уменьшения механического шума необходимо своевременно производить ремонт оборудования, применять принудительное смазывание трущихся поверхностей.

Для гашения общей вибрации используют установку металлорежущего оборудования на фундамент. Массу фундамента подбирают таким образом чтобы амплитуда колебаний подошвы фундамента не превышало 0,1–0,2 мм. Для гашения вибрации вызываемую перемещением вагонетки с деталями по рельсам используют виброгасящие материалы, которые укладывают под рельсы, например резиновые прокладки или прокладки из войлока.

					15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74



Также необходимо выполнять организационные мероприятия:

- контроль за монтажом оборудования;
- своевременное и качественное выполнение планово-предупредительных ремонтов и технического обслуживания;
- выполнение правил эксплуатации машин.

Одним из необходимым условием здорового и высокопроизводительного труда является обеспечение санитарных норм воздушной среды в рабочей зоне помещений, а также отопление производственного участка в холодное время года.

Для данного производственного участка предусматривается естественная вентиляция, которая может быть организованная и неорганизованная. Неорганизованная вентиляция – поступление чистого воздуха а также удаление загрязненного происходит через неплотности, окна, форточки, специальные проемы здания участка. Организованная естественная вентиляция осуществляется аэрацией.

Цель отопления участка – поддержание в нем заданной температуры воздуха при использовании системы водяного отопления, как наиболее эффективной в санитарно-гигиеническом отношении. Применяется система с нагревом воды до 100° С. В качестве побудителей движения воды используют водяные насосы. Вода в систему отопления подается либо от собственной котельной предприятия либо от городской котельной.

Правильно спроектированное и выполненное освещение на участке обеспечит возможность нормальной производственной деятельности. Сохранность зрения человека, состояние его центральной нервной системы и безопасность на участке в значительной мере зависят от условий освещения. При освещении производственного участка необходимо использовать совмещенное освещение, при котором естественное освещение дополняется искусственным. Естественное освещение применяется верхнее, осуществляемое через аэрационные фонари и проемы в перекрытиях. Искусственное освещение рекомендуется применять комбинированным, когда к общему освещению добавляется местное, концентрирующие световой поток непосредственно на рабочих местах. По функциональному назначению искусственное освещение, применяемое на участке должно быть рабочее, аварийное, эвакуационное

Рабочее освещение обязательно на всем участке для обеспечения нормальной работы, прохода людей и движения транспорта. Нормы рабочего освещения должны соответствовать общим нормативам искусственного освещения СНиП II-32-80 (Естественное и искусственное освещение).

Аварийное освещение устраивают для продолжения работы в тех случаях, когда внезапное отключение рабочего освещения (при аварии) и связанного с этим нарушение нормального обслуживания оборудования могут вызвать на участке пожар и длительное нарушение технологического обслуживания при аварийном режиме, должна составлять 5% освещенности, нормируемой для рабочего освещения при системе комбинированного освещения.

Эвакуационное освещение следует предусмотреть для эвакуации людей из помещения участка при аварийном отключении рабочего освещения в местах опасных для прохода людей. Эвакуационное освещение должно обеспечивать освещенность

					15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

ценность 0,5 лк. Для аварийного и эвакуационного освещения следует применять только лампы накаливания и люминесцентные.

Для защиты от механического травмирования на участке применяются предохранительные защитные средства и оградительные устройства. Предохранительные защитные средства предназначены для автоматического отключения металлорежущего оборудования, автоматизированных систем (система загрузки деталей на проектируемом участке), агрегатов при отключении какого либо параметра, характеризующего режим работы оборудования, за пределы допустимых значений. Таким образом, при аварийных режимах (увеличении давления, температуры, крутящих моментов, рабочих скоростей, силы тока) исключается возможность взрывов, поломок, воспламенений. Оградительные устройства необходимы для предотвращения попадания человека в опасные зоны участка, такие как зона перемещения вагонетки с деталями и заготовками. Применение полного стационарного ограждения для распределительных устройств электрооборудования участка работающего под высоким давлением.

Для повышения электробезопасности участка необходимо применение систем защитного отключения, защитного заземления, применение изолирующих средств для токоведущих частей оборудования, знаков безопасности, предупредительных плакатов и надписей.

Все работы по ремонту, техническому обслуживанию, регулировки, настройки оборудования, а также его очистки должны производиться при отключенном электропитании и дл этого должно выделяться специальное время.

Класс пожарной опасности участка соответствует классу (Е) – пожары связанные с горением электроустановок. Категория помещения участка соответствует категории (Д) – это производства, в которых обрабатываются негорючие материалы в холодном состоянии. Исходя из этих данных участок необходимо оснастить передвижными и ручными огнетушителями, а также пожарными щитами (ЩП-Е). Для данных условий необходимо применять порошковые, углекислотные, хладонные огнетушители.

Применение автоматических средств обнаружения пожаров является одним из основных условий обеспечения пожарной безопасности на участке так как позволяет оповестить дежурный персонал о пожаре и месте его возникновения. Такими средствами являются извещатели комбинированного типа [11] реагирующие на тепло.

## 6.2 Проектирование защитного заземления оборудования

Сопrotивление защитного заземления в любое время года не должно превышать допустимого сопротивления и при проектировании заземляющего устройства следует соблюдать приведенные в ПУЭ требования.

Нормируемое сопротивление заземляющего устройства по ПУЭ  $R_{зд}=10$  Ом для напряжения в сети 380В и суммарной мощности всего электрооборудования на участке 13,82 кВт (обрабатывающий центр – 13 кВт, промышленный робот – 0,7 кВт, конвейер – 0,12 кВт) при любом режиме нейтрали.

					15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

Расчетное сопротивление грунта (6.1):

$$\rho = \rho_r \cdot \Psi. \quad (6.1)$$

где  $\rho_r$  – удельное сопротивление грунта, грунт – глина  $\rho_r = 15 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ;

$\Psi$  – климатический коэффициент, зависящий от вида грунта и степени влажности, для климатической зоны Южного Урала:  $\Psi = 1,5$  – для вертикальных заземлителей,

$$\rho = 15 \cdot 1,5 = 22,5 \text{ Ом}.$$

Выбор материала, типа, размера и числа искусственных заземлителей.

Применяем выносное заземляющее устройства с числом заземлителей  $n = 4$ . В качестве заземляющих проводников применяют полосовую и круглую сталь. Трубу принимаем диаметром  $d = 30 \text{ мм}$ ; длиной  $l = 2 \text{ м}$ ; расстояние между заземлителями принимаем  $l_{\text{МЗ}} = 2 \text{ м}$ ; заглубление заземлителей  $t_0 = 0,5 \text{ м}$ .

Сопротивление одного заземлителя вычисляем по формуле (6.2):

$$R_{\text{ЗО}} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + 1}{4 \cdot t - 1} \right) \quad (6.2)$$

где  $t = 1,5 \text{ м}$  – глубина до середины трубы.

$$R_{\text{ЗО}} = \frac{22,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 2}{0,03} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 1,5 + 2}{4 \cdot 1,5 - 2} \right) = 3,02 \text{ Ом}.$$

Находим сопротивление соединительной полосы.

Ширина полосы  $b = 20 \text{ мм}$ , её длина выбирается равной (6.3):

$$l_{\text{П}} = l_{\text{МЗ}} \cdot (n - 1) \quad (6.3)$$

где  $l_{\text{МЗ}} = 2 \text{ м}$  – расстояние между заземлителями.

$$l_{\text{П}} = 2 \cdot (4 - 1) = 6 \text{ м}.$$

Сопротивление соединительной полосы (6.4):

$$R_{\text{ПО}} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{2 \cdot l^2}{b \cdot t} \quad (6.4)$$

$$R_{\text{ПО}} = \frac{22,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 6} \cdot \ln \frac{2 \cdot (6)^2}{0,02 \cdot 0,51} = 3,98 \text{ Ом}.$$

					15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

Общее сопротивление вертикальных электродов (6.5):

$$R_B = \frac{R_{30}}{n \cdot \eta_B}. \quad (6.5)$$

где  $\eta_B$  – коэффициент использования вертикальных заземлителей  $\eta_B = 0,85$

$$R_B = \frac{3,02}{4 \cdot 0,85} = 0,888 \text{ Ом.}$$

Определяется сопротивление соединительной полосы с учетом экранирования

$$R_{\Pi} = \frac{R_{\Pi 0}}{\eta_{\Pi}} \quad (6.6)$$

где  $\eta_{\Pi} = 0,85$  – коэффициент использования соединительной полосы,

$$R_{\Pi} = \frac{3,98}{0,85} = 4,68 \text{ Ом}$$

Расчетное сопротивление искусственного заземления (6.7):

$$R_{\text{ИЗР}} = \frac{R_B \cdot R_{\Pi}}{R_B + R_{\Pi}}. \quad (6.7)$$

$$R_{\text{ИЗР}} = \frac{0,88 \cdot 4,68}{0,88 + 4,68} = 0,73 \text{ Ом.}$$

Проверяем условие  $R_{\text{ИЗР}} \leq R_{3Д}$ .

Условие  $R_{\text{ИЗР}} \leq R_{3Д}$  выполняется –  $0,78 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом}$ , что означает – 4 заземлителей достаточно.

Схема расположения защитного заземления показана в соответствии с рисунком б.1.

					15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

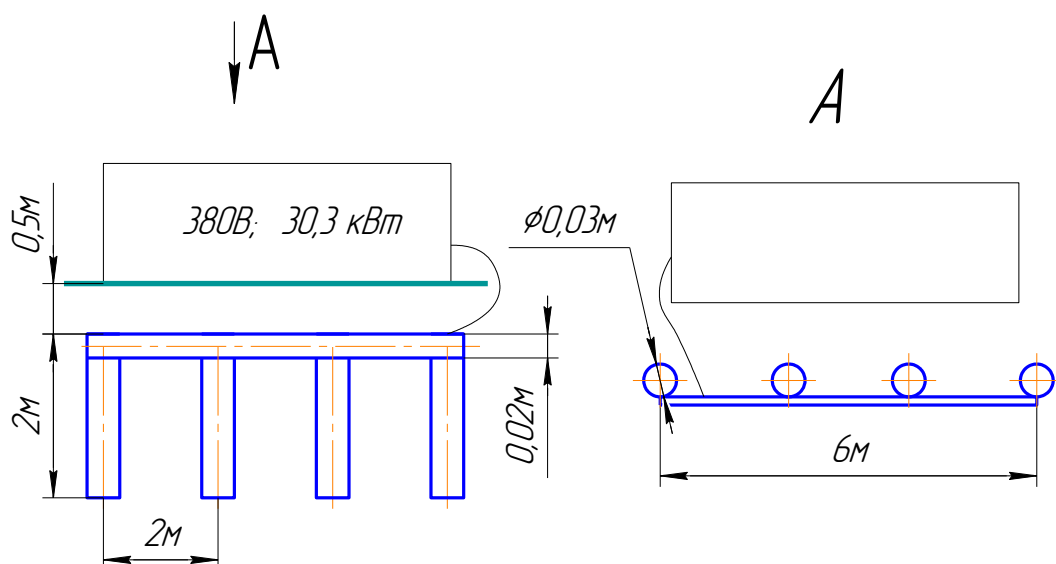


Рисунок 6.1 – Схема расположения защитного заземления

### 6.3 Меры защиты при авариях на коммунальных системах жизнеобеспечения

Коммунальные системы жизнеобеспечения населения – это электроэнергетические, канализационные системы, водопроводные и тепловые сети.

Аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения населения – электроэнергетических, канализационных системах, водопроводных и тепловых сетях редко сопровождаются гибелью людей, однако они создают существенные трудности жизнедеятельности, особенно в холодное время года.

Аварии на электроэнергетических системах могут привести к длительным перерывам электроснабжения потребителей, обширных территорий, нарушению графиков движения общественного электротранспорта, поражению людей электрическим током.

Аварии на канализационных системах способствуют массовому выбросу загрязняющих веществ и ухудшению санитарно-эпидемиологической обстановки.

Аварии на тепловых сетях в зимнее время года приводят к невозможности проживания населения в не отапливаемых помещениях и его вынужденной эвакуации.

К наиболее частым причинам аварийности систем жизнеобеспечения можно отнести:

- ветхость, некачественная подготовка инженерной инфраструктуры к отопительному сезону (36%);
- несоблюдение правил технической эксплуатации оборудования, неквалифицированные действия обслуживающего персонала (32%);
- природные факторы и стихийные бедствия (21%).

Основными мерами, повышающими устойчивость объектов жизнеобеспечения в коммунально-энергетическом хозяйстве, являются:

- своевременное проведение ремонтно-профилактических работ;
- утепление или заглубленное размещение городских коммуникаций;

- наличие возможности централизованного отключения пораженных объектов в случае ЧС;
- наличие автономного энергоснабжения объектов жизнеобеспечения;
- совершенствование подготовки эксплуатационных и ремонтных служб;
- создание резервов энергетических мощностей, запасов топлива;
- беспереывное обеспечение энергией ответственных потребителей;
- подготовка потребителей энергии к работе на резервных видах топлива;
- оборудование газовых систем автоматическими отключающими устройствами;

– недопущение прокладки любых газопроводов по поверхности земли.

В системе хозяйственно-питьевого водоснабжения к таким мерам относятся:

- защита водоисточников, водопроводов, скважин от заражения;
- совершенствование контроля за зараженностью питьевой воды;
- оборудование городских пунктов разбора воды в передвижную тару;
- создание подземных защищенных резервуаров чистой воды для использования в случае ЧС;

– совершенствование технологии очистки воды в условиях ЧС;

– стимулирование в городе и на предприятиях создания замкнутых систем.

В системе канализации устойчивость объектов жизнеобеспечения повышают следующие меры:

- устройство перепускных линий;
- закольцовывание линий между собой и районными насосными станциями;
- создание запасов реагентов.

Для оперативной ликвидации аварийных ситуаций во всех муниципальных образованиях разработаны регламенты взаимодействия аварийно-диспетчерских служб предприятий ЖКХ со структурными подразделениями МЧС, отрядами пожарной охраны и сторонними организациями муниципальных образований.

В процессе подготовки к осенне-зимнему периоду в целях отработки четких и слаженных действий аварийных служб по ликвидации вероятных ЧС, связанных с аварийными ситуациями, проводятся учения по взаимодействию всех служб.

В случае аварии на коммунальных системах необходимо сообщить об аварии диспетчеру Ремонтно-эксплуатационного управления (РЭУ) или Жилищно-эксплуатационной конторы (ЖЭКа), вызвать аварийную службу.

При скачках напряжения в электрической сети квартиры или его отключении немедленно обесточьте все электробытовые приборы, выдерните вилки из розеток, чтобы во время Вашего отсутствия при внезапном включении электричества не произошел пожар. Для приготовления пищи в помещении используйте только устройства заводского изготовления: примус, керогаз, керосинку, "Шмель" и др. При их отсутствии воспользуйтесь разведенным на улице костром. Используя для освещения квартиры хозяйственные свечи и сухой спирт, соблюдайте предельную осторожность.

При нахождении на улице не приближайтесь ближе 5-8 метров к оборванным или провисшим проводам и не касайтесь их. Организуйте охрану места повреждения, предупредите окружающих об опасности и немедленно сообщите в тер-

						15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			80

риториальное Управление по делам ГО и ЧС.

Если провод, оборвавшись, упал вблизи от Вас – выходите из зоны поражения током мелкими шажками или прыжками (держа ступни ног вместе), чтобы избежать поражения шаговым напряжением.

При исчезновении в водопроводной системе воды закройте все открытые до этого краны. Для приготовления пищи используйте имеющуюся в продаже питьевую воду, воздержитесь от употребления воды из родников и других открытых водоемов до получения заключения о ее безопасности. Помните, что кипячение воды разрушает большинство вредных биологических примесей. Для очистки воды используйте бытовые фильтры, отстаивайте ее в течение суток в открытой емкости, положив на дно серебряную ложку или монету. Эффективен и способ очистки воды "вымораживанием". Для "вымораживания" поставьте емкость с водой в морозильную камеру холодильника. При начале замерзания снимите верхнюю

корочку льда, после замерзания воды наполовину слейте остатки жидкости, а воду, образовавшуюся при таянии полученного льда, используйте в пищу.

В случае отключения центрального парового отопления для обогрева помещения используйте электрообогреватели только заводского изготовления. В противном случае высока вероятность пожара или выхода из строя системы электрооборудования. Помните, что отопление квартиры с помощью газовой или электрической плиты может привести к трагедии. Для сохранения в помещении тепла заделайте щели в окнах и балконных дверях, завесьте их одеялами или коврами. Разместите всех членов семьи в одной комнате, временно закрыв остальные. Оденьтесь теплее и примите профилактические лекарственные препараты от ОРЗ и гриппа.

Основными мерами защиты при авариях на коммунальных системах жизнеобеспечения, является предупреждение аварий, включающие мероприятия по прогнозированию выхода из строя оборудования.

Соблюдение технологических режимов производства, содержание оборудования, особенно энергетических сетей, в исправном состоянии позволяет, в большинстве случаев, исключить причину аварий.

#### Выводы по пятому разделу

Спроектированный автоматизированный участок, планировка оборудования на участке удовлетворяют нормам безопасности организации труда. При проектировании участка учтены требования производственной санитарии. Планировка рабочего места и взаимное расположение всех его элементов соответствует антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям.

Для данного участка произведен расчет защитного заземления оборудования, который показал, что необходимо использовать четыре вертикальных заземлителя. Рассмотрены основные причины аварийности систем жизнеобеспечения и представлены меры, повышающие устойчивость объектов жизнеобеспечения в коммунально-энергетическом хозяйстве.

					15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе проектирования роботизированного станочного модуля с целью автоматизации операции загрузки-разгрузки оборудования корпусных изделиями был выбран вариант наиболее оптимальный при решении поставленной задачи. В конструкторском и специальном разделах работы были разработаны и выбраны обрабатывающий центр, промышленный робот, конвейеры, система управления РСМ на базе программируемого логического контроллера Simatic S7-300 CPU-312, структурная схема системы управления, пневматическая схема, принципиальная электрическая схема. Произведен расчет и выбор элементов электрической схемы.

Внедрение программируемого логического контроллера позволяет осуществлять заданные законы управления процессом загрузки-разгрузки в соответствии с заданной программой.

В организационно-экономическом разделе работы было дано технико-экономическое обоснование, рассчитан экономический эффект и другие экономические показатели выпускной квалификационной работы.

В разделе «Безопасность жизнедеятельности» разработаны мероприятия для обеспечения безопасных условий труда на автоматизированном участке, произведен расчет защитного заземления, предложены меры защиты для предотвращения аварий на коммунальных системах жизнеобеспечения.

					15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Активный контроль в машиностроении: справочник / под ред. Е. И. Педя. – М.: Машиностроение, 1978.
2. Безвесильная, О.М. Преобразующие устройства приборов: учебник / О. М. Безвесильная, П. М. Таланчук. – К.: НМК ВО, 1993.
3. Точность и производственный контроль в машиностроении: справочник / И. И. Болонкина, А. К. Кутай, Б. М. Сорочкин, Б. А. Тайц; под общ. редакцией А. К. Кутая, Б. М. Сорочкина. – Л.: Машиностроение, 1983.
4. Волосов, А.В. Приборы автоматического контроля / А.В. Волосов, Е.И. Педь. – М.: Машиностроение, 1976.
5. Воронцов, В.М. Проектирование контрольных автоматов / В.М. Воронцов. – М.: Машиностроение, 1981.
6. Высоцкий А.Н. Пневматические измерения / А.Н. Высоцкий, П.А. Курочкин. – М.: Машиностроение, 1979.
7. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985.
8. Обработка металлов резанием: справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др. – М.:Машиностроение.1988.
9. Микропроцессоры и микро ЭВМ в системах автоматического управления: справочник / С.Т. Хвощ, Варлинский, Е. А. Попов; под общей редакцией С.Т. Хвоща. – Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1987. – 640 с.
10. Шило, В.Л. Популярные цифровые микросхемы: справочник / В.Л. Шило. – М.: Радио и связь, 1989. – 352с.
11. Полупроводниковые приборы и микросхемы памяти ЦАП, АЦП: справочник – 2-е изд. / О.Н. Лебедев, А.И. Марцинкявичюс и др. – М.: КубК-а, 1996. – 384с.
12. Интегральные микросхемы: справочник / Б.В. Тарабрин, Л.Ф. Лунин, Ю.Н. Смирнов и др.; под редакцией Б.В. Тарабрина. – М.: Радио и связь, 1984. – 528 с.
13. Полупроводниковые БИС запоминающих устройств: справочник / под ред. А.Ю. Гордонова и Ю.Н. Дьякова. – М.: Радио и связь, 1987. – 360 с.
14. Пароль, Н.В. Знакосинтезирующие индикаторы и их применение: справочник / Н.В. Пароль, С.А. Кайдалов. – М.: Радио и связь.1989. – 128 с.
15. Юдин, Е.Я. Охрана труда в машиностроении / Е.Я. Юдин, С.В. Белов, С.К. Беланцев и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 287с.
16. Князевский, В.А. Охрана труда / В.А. Князевский, П.А. Долин, Т.П. Матусова. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1982. – 182с.
17. Уровни шума и звукоизоляция. –<http://www.salex.ru/book/book.php?soundproofing>

					15.03.04.2018.076.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83