

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
**«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
(национальный исследовательский университет)  
Факультет «Заочный инженерно-экономический»  
Кафедра «Электропривод и автоматизация промышленных установок»

**ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН**

Рецензент

\_\_\_\_\_ г.

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ**

Заведующий кафедрой, д.т.н.,  
профессор

Л.И. Цытович

«31» мая 2016 г.

Модернизация электрооборудования  
расточного станка 2620

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К ДИПЛОМНОМУ ПРОЕКТУ**

ЮУрГУ-140604.2016.084ПЗ

Консультанты:

\_\_\_\_\_ г.

\_\_\_\_\_ г.

по экономике

В. Васильев

«21» мая 2016 г.

по БМД

В. Бухтаров ВФ

«20» мая 2016 г.

Руководитель проекта:

доцент, кандидат технических наук

Исстеров А.С.

Автор проекта

студент группы ЭПА-647

Вензелев М.А.

Нормоконтролер

Т.А. Ручка

«23» мая 2016 г.

Челябинск  
2016 г.

# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет Энергетический  
Специальность Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

В.С.Соболев  
"31" июля 2016 г.

## ЗАДАНИЕ

*к выпускной квалификационной работе студента*

**ВЕНЗЛЕВА МАКСИМА АЛЕКСАНДРОВИЧА**

1. Тема работы:

"Модернизация электрооборудования расточного станка 2620 "

утверждена приказом по университету от "15" апреля 2016г. № 661

2. Срок сдачи студентом законченной работы 01.06.2016

3. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов):

1. Описание технологического процесса, кинематической схемы и конструктивных особенностей механизма.
2. Технические данные и требования предъявляемые к электроприводам механизмов объекта.
3. Расчет статических и динамических нагрузок механизма продольной подачи стола, расчет мощности электродвигателя.
4. Выбор рода тока, типа электродвигателей и преобразовательных агрегатов.
5. Требования, предъявляемые к системе автоматизации управления объектом.
6. Разработка алгоритма автоматизации управления движениями станка.
7. Выбор аппаратуры для управления электроприводом и элементной базы для реализации системы автоматизации.
8. Разработка функциональной схемы автоматизации расточного станка.

9. Разработка принципиальной схемы электропривода и автоматизации расточного станка 2620.
10. Разработка программного обеспечения для программируемых устройств системы автоматизации станка.
11. Вопросы охраны труда и техники безопасности.
12. Экономические показатели проекта.

4. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Внешний вид станка.
2. Кинематическая схема механизмов расточного станка.
3. Внешний вид и характеристики электродвигателя подачи.
4. Моментная характеристика электродвигателя подачи.
5. Внешний вид и характеристики ПЧ электропривода подачи.
6. Схема подключения преобразователя частоты привода подачи.
7. Требования к устройству управления станком.
8. Функциональная схема автоматизации.
9. Внешний вид и характеристики микропроцессорного контроллера.
10. Экономические показатели проекта.
11. Схема электрическая принципиальная.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / *Цыганов А.И.* /  
 Руководитель проекта \_\_\_\_\_ / *Киселев А.С.* /  
 Студент-дипломник \_\_\_\_\_ / *Прозоров И.А.* /

В  
 электро  
 станко  
 контак  
 контро  
 рабочи  
 систем  
 по потр  
 Пр  
 характе  
 механиз  
 клетни  
 Так  
 работе  
 Эк

Лист	
аб	В
вр.	И
кз	
нтр.	Ф
рз.	Ц

## АННОТАЦИЯ

Вензелев М.А. Модернизация электрооборудования расточного станка 2620. – Челябинск: ЮУрГУ, ЗИЭФ; 2016, 74 с., 10 ил., 22 табл., библиографический список – 10 наим., 1 лист чертежей ф. А1.

В данном дипломном проекте приведены решения по модернизации электрооборудования расточного станка модели 2620 Ленинградского станкостроительного завода им. Свердлова. Произведена замена релейно – контакторной системы управления на систему с программируемым логическим контроллером. Выполнен расчет мощности электродвигателя механизма подачи рабочих органов станка. Заменены электроприводы с прямым пуском двигателя и системой Д – Г на высокоточные и экономичные в техническом обслуживании и по потреблению электроэнергии с системой ПЧ – АД.

Произведен выбор электрооборудования с указанием его технических характеристик и стоимости. Спроектирована система автоматизации и управления механизмами станка. Составлена управляющая программа на языке LAD «лестничные диаграммы».

Так же рассмотрены вопросы охраны труда и техники безопасности, при работе на металлообрабатывающих станках.

Экономический эффект за 1,5 года составил 803009,5 рублей.

ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ				
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
Разраб.		Вензелев М.А.	<i>[Подпись]</i>	30.05.16
Провер.		Нестеров А.С.	<i>[Подпись]</i>	28.05.16
Реценз.				
Н. Контр.		Функ Т.А.	<i>[Подпись]</i>	28.05.16
Итберг.		Цытович Л.И.	<i>[Подпись]</i>	31.05.16

Лит	Лист	Листов
	4	

ЮУрГУ  
Кафедра «ЭПА»

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА, КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕХАНИЗМА.....	8
1.1 Цепь главного движения .....	8
1.2 Цепь подач.....	9
1.3 Вертикальное перемещение шпиндельной бабки и люнета.....	10
1.4 Поперечное перемещение стола.....	11
1.5 Продольное перемещение стола.....	11
1.6 Осевое перемещение расточного шпинделя.....	12
1.7 Радиальное перемещение суппорта планшайбы.....	13
1.8 Описание механизма переключения скоростей.....	14
1.9 Зажимы подвижных органов станка.....	17
2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И ТРЕБОВАНИЯ ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ЭЛЕКТРОПРИВОДАМ МЕХАНИЗМОВ ОБЪЕКТА.....	20
3 РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК МЕХАНИЗМА ПРОДОЛЬНОЙ ПОДАЧИ СТОЛА, РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ.....	22
4 ВЫБОР РОДА ТОКА, ТИПА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ.....	29
5 ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТОМ.....	32
6 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯМИ СТАНКА.....	36
7 ВЫБОР АППАРАТУРЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ И ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ.....	38
7.1 Выбор программируемого логического контроллера.....	38
7.2 Выбор электрических аппаратов.....	39

					ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ	Ли 5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

7.3 Выбор блоков питания.....	42
8 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ РАСТОЧНОГО СТАНКА.....	45
9 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА И АВТОМАТИЗАЦИИ РАСТОЧНОГО СТАНКА 2620.....	47
10 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГРАММИРУЕМЫХ УСТРОЙСТВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ СТАНКА.....	50
11 ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ТРУДА И ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ.....	52
12 ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЕКТА.....	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	74
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	75

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	76
-------------------	----

					ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

## ВВЕДЕНИЕ

Со времен СССР в стране осталась большая научно – техническая база и мощные производственные площадки. В настоящее время не все предприятия смогли провести переоснащение своих производственных мощностей в виде замены устаревшего и нуждающегося в капитальном ремонте оборудования. Так как механическая точность станков осталась на высоком уровне, имеется смысл в замене морально устаревшего и отработавшего свой срок службы электротехнического оборудования. Тем самым снижаются затраты на приобретение дорогостоящих современных металлообрабатывающих станков, при этом качество обработки деталей остается на очень высоком уровне.

Актуальным решением по повышению надежности оборудования, производительности и качества выпускаемой продукции является модернизация автоматической системы управления промышленного оборудования.

Среди многообразия металлообрабатывающих станков, расточные занимают свою особую группу. Они предназначены для обработки заготовок крупных размеров в условиях индивидуального и серийного производства. Отличительной особенностью расточных станков является наличие горизонтального шпинделя, совершающего движение подачи. В отверстии шпинделя закрепляется режущий инструмент – борштанга с резцами. Для точного регулирования скорости подачи в станке 2620 применен электродвигатель постоянного тока с управлением по системе «двигатель – генератор».

В данном дипломном проекте приведены решения по модернизации электрооборудования расточного станка модели 2620 Ленинградского станкостроительного завода им. Свердлова. Необходимо заменить устаревшую систему Д – Г на высокоточную и экономичную в техническом обслуживании и по потреблению электроэнергии систему ПЧ – АД. Так же рекомендуется заменить релейно – контакторную системы управления на систему с программируемым логическим контроллером.

					ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ	Ли
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

# 1 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА, КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕХАНИЗМА

Станок предназначен для обработки деталей больших размеров и массы. На нем можно растачивать, сверлить, зенкеровать и развертывать отверстия, нарезать наружную и внутреннюю резьбы, цековать и фрезеровать поверхности. На станке целесообразно обрабатывать детали, у которых нужно растачивать несколько параллельно расположенных отверстий с точным расстоянием между их осями. Станок имеет неподвижную переднюю стойку, поворотный стол с продольным и поперечным перемещением относительно оси шпинделя и планшайбу с радиальным суппортом.

Принцип работы станка заключается в следующем. Инструмент крепят в шпинделе или в суппорте планшайбы, он получает главное движение — вращение. Заготовку устанавливают непосредственно на столе или в приспособлении. Столу сообщается продольное или поперечное поступательное движение. Шпиндельная бабка перемещается в вертикальном направлении по передней стойке (одновременно с ней вертикально перемещается опорный люнет на задней стойке). Расточный шпиндель получает поступательное перемещение (при растачивании отверстий, нарезании внутренней резьбы и т. п.). Суппорт планшайбы перемещается по планшайбе в радиальном направлении. Все эти движения являются движениями подачи.

## 1.1 Цепь главного движения

Кинематическая схема механизмов станка представлена в приложении А настоящего дипломного проекта.

Привод вращения выдвижного расточного шпинделя (и планшайбы с радиальным суппортом станков моделей 2620 и 2620А) осуществляется от двухскоростного фланцевого электродвигателя переменного тока через зубчатые передачи коробки скоростей.

					ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ	Ли
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8



Изменение скоростей вращения расточного шпинделя и планшайбы с радиальным суппортом достигается путем переключения:

- а) малого тройного блока зубчатых колес 4, 5, 6;
- б) большого тройного блока зубчатых колес 9, 10, 11;
- в) зубчатой муфты 14 колеса;
- г) двухскоростного электродвигателя с 1420 на 2840 об/мин.

При включении зубчатой пары 14, 15 расточной шпиндель вращается в нижнем диапазоне скоростей — от 12,5 до 630 об/мин.

При включении зубчатой муфты 14 колеса с колесом 337 шпиндель вращается (через зубчатую пару 16, 17) в верхнем диапазоне скоростей — от 800 до 2 000 об/мин.

При включении зубчатой муфты 152 с зубчатым венцом колеса 18 вращение передается через зубчатые колеса 18, 19 на планшайбу. Выдвижной расточной шпиндель имеет 23 скорости вращения — от 12,5 до 2 000 об/мин. Планшайба с радиальным суппортом имеет только 15 скоростей вращения — от 8 до 200 об/мин.

В станках моделей 2622 и 2622А, в связи с отсутствием планшайбы с радиальным суппортом, вращение с предшпиндельного вала 153 передается только на цепь вращения выдвижного расточного шпинделя, который имеет 22 скорости вращения — от 12,5 до 1600 об/мин.

Изменение направления вращения шпинделя и планшайбы производится реверсированием главного электродвигателя.

## 1.2 Цепь подач

Привод рабочих подач и установочных медленных и быстрых перемещений подвижных узлов производится от фланцевого электродвигателя, работающего в системе привода постоянного тока с широким диапазоном изменения скорости 1 : 1600. От электродвигателя вращение передается на зубчатую пару 20, 21 с центральным предохранителем, который защищает цепь подачи от перегрузки.

						ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			9

Муфта центрального предохранителя передает вращение на вал распределения 154. При перегрузке в цепи подач любого из подвижных узлов станка зубчатое колесо 21 (ведущая часть муфты) при вращении производит отжатие конических роликов траверсы 155, вследствие чего происходит осевое перемещение траверсы, воздействующей на конечный выключатель, и отключение подачи.

С вала распределения 154 вращение через ряд зубчатых передач (при включении соответствующих рукояток) передается по пяти различным направлениям:

- 1) на ходовые винты вертикального перемещения шпиндельной бабки и люнета;
- 2) на ходовой винт поперечного перемещения стола;
- 3) на ходовой винт продольного перемещения стола;
- 4) через вертикальный вал на ходовой винт осевого перемещения расточного шпинделя;
- 5) через вертикальный вал на реечно-винтовую передачу радиального перемещения суппорта планшайбы.

### 1.3 Вертикальное перемещение шпиндельной бабки и люнета

Зубчатая муфта 156 вводится в зацепление с торцовыми зубьями конического колеса 22 (для реверса — с колесом 23).

Через колеса 25, 26, 27 вращение с вала 154 передается на ходовой винт 28, который через ходовую гайку осуществляет перемещение шпиндельной бабки. На перемещение люнета задней стойки вращение снимается с конического колеса 27 и дальше через колесо 30 и вал 157, проходящий вдоль станины, подается на зубчатые колеса 31, 32, 33, 34 (расположенные в саях задней стойки) и ходовой винт 35 (см. кинематическую схему, фиг. 21 или 22). Перемещение шпиндельной бабки и люнета совершается одновременно.

#### 1.4 Поперечное перемещение стола

Зубчатая муфта 159 (фиг. 26) вводится в зацепление с торцовыми зубьями конического колеса 46 (для реверса — с колесом 48). Через вал 160 и зубчатые колеса 49, 50, 51, 52, 53 вращение с вала 154 передается на ходовой винт 56, который через ходовую гайку осуществляет поперечное перемещение стола. Включение муфт 156 и 159 производится рычагом 130. При повороте рычага 130 вокруг оси вала 167 поворачивается сектор 162, который через колесо 163, эксцентрик 164 и поводок 165 перемещает муфту 156 вправо или влево. При повороте же рычага 130 вокруг оси вала 339 через сектор 166, рейку вала 167, колесо 168 и эксцентрик 169 поводок 170 будет передвигать вправо или влево муфту 159. Это однорукоятное устройство позволяет переключать вертикальную подачу шпиндельной бабки на горизонтальную подачу стола и наоборот, а также осуществлять одновременное движение обоих подвижных узлов при фрезеровании по контуру. Принцип фрезерования без прекращения подачи, при изменении направления движения, уменьшает уступы на фрезеруемой плоскости.

#### 1.5 Продольное перемещение стола

Зубчатая муфта 158 вводится в зацепление с торцовыми зубьями колеса 40.

Через зубчатые колеса 41, 42, 43 вращение с вала 154 передается на ходовой винт 44, который через ходовую гайку осуществляет продольное перемещение стола.

## 1.6 Осевое перемещение расточного шпинделя

Вертикальный вал *161* снимает вращение через пару конических колес *46, 47* с вала *154* и далее передает движение через червячную пару *68, 69* на вал *171*, находящийся в корпусе шпиндельной бабки. На правом конце вала *171* закреплена зубчатая муфта *172*.

В зацепление с муфтой *172* вводится зубчатое колесо *84*, которое через зубчатое колесо *85*, вал *173*, зубчатые колеса *87, 88, 89, 90* передает вращение на винт *91*; последний через винтовую рейку *92*, скрепленную с ползуном, осуществляет осевое перемещение шпинделя.

Для включения колеса *84* необходимо установить рукоятку *138* штурвала в положение *III*. Перемещение колеса *84* вправо и ввод его в зацепление с муфтой *172* происходит при этом посредством зубчатого сектора *174*, круговой двухсторонней рейки *175*, колес *176, 177*, сектора *178* и поводка *179*. Отключение колеса *84* от муфты произойдет, если рукоятку *138* штурвала установить в положение *II*. В этом положении при вращении штурвала происходит быстрое осевое перемещение шпинделя от руки. От штурвала через зубчатые колеса *100, 101, 104, 105, 106, 86* вращение передается на вал *173*. Далее через колеса *87, 88, 89, 90* и винтовую пару *91* и *92* сообщается осевое движение шпинделю.

Включение рукоятки штурвала *138* в положение *I* позволяет при вращении штурвала осуществлять тонкое осевое перемещение шпинделя от руки. При этом зубчатое колесо *84* левыми торцовыми зубьями сцепляется с червячным колесом *103*. Вращение от штурвала через зубчатые колеса *100, 101*, червячную пару *102, 103* и далее через цепь колес *84, 85, 87, 88, 89* и *90* передается на винтовую пару *91, 92*. В этом положении рукоятки штурвала шарнирная шпонка *180* через рейку *175*, колесо *176*, зубчатый сектор *181*, поводок *182a* и муфту *183* выйдет из паза конического колеса *104* и отключит кинематическую цепь от зубчатой пары *104, 105*.

Лимб *182* отсчета перемещения шпинделя получает вращение через зубчатые колеса *86, 106, 107, 108* и червячную пару *109, 110*.

						ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ	Лист
Взм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			12

## 1.7 Радиальное перемещение суппорта планшайбы

Вертикальный вал 161, проходящий через шпиндельную бабку, передает вращение через червячную пару 68, 69 на вал 171. Вместе с валом 171 вращается зубчатая муфта 338. С муфтой 338 вводится в зацепление зубчатое колесо 70, которое через зубчатые колеса 71, 72, 73, 74, 75, 77 передает вращение на свободно сидящее на ступице планшайбы колесо 78. Далее вращение от колеса 78 передается через зубчатые колеса 79, 80, 81 на винтовую пару 82, 83. Винтовая рейка 83 скреплена с суппортом планшайбы и тем самым осуществляет его радиальное перемещение на планшайбе. Для включения радиальной подачи суппорта планшайбы рукоятку 139 штурвала следует установить в положение II. Через зубчатый сектор 184, круговую рейку 185, зубчатые колеса 186, 187, сектор 188 и поводок 189 произойдет перемещение колеса 70 влево, где оно войдет в зацепление с муфтой 338, при этом через рейку 190 происходит поворот шарнирной шпонки 191, которая отключает вращение рукоятки штурвала.

Отключение колеса 70 от муфты 338 произойдет, если рукоятку 139 штурвала установить в положение I. В этом положении рукоятки, через колеса 93, 94, 95, 70 осуществляется перемещение суппорта планшайбы от руки.

Лимб отсчета радиального перемещения суппорта планшайбы получает вращение через зубчатую пару 96, 97.

Радиальное перемещение (подача) суппорта (для обтачивания торцевой поверхности) происходит при вращении планшайбы.

В механизме радиальной подачи суппорта имеется планетарное устройство, обеспечивающее уравнивающее движение в кинематической цепи привода при выключенной подаче.

Планетарное устройство состоит из водила 192, получающего вращение от шпинделя через зубчатые колеса 19 и 76. На водиле свободно вращается на оси блок зубчатых колес – сателлитов 73 и 74.

Планетарное устройство позволяет производить включение и выключение радиальной подачи суппорта при вращающейся планшайбе.

## 1.8 Описание механизма переключения скоростей

Изменение скоростей шпинделя осуществляется переключением двух тройных блоков зубчатых колес, зубчатой муфты и полюсов электродвигателя для включения его на 1500 или 3000 *об/мин*.

Поступательное перемещение блоков зубчатых колес 4,5,6 и 9, 10, 11, а также зубчатой муфты 14 осуществляется поводками 193, 194, 195 от зубчатых колес 196, 197 и 198 однорукоятчного механизма.

Зубчатое колесо 199 посажено на один вал с колесом 196 и находится в зацеплении с парой реек 200.

Зубчатое колесо 201 посажено на один вал с колесом 197 и находится в зацеплении с парой реек 202.

Зубчатое колесо 203 посажено на один вал с колесом 198 и находится в зацеплении с парой реек 204.

Положение каждого из тройных блоков и зубчатой муфты определяется взаимным положением соответствующей пары реек механизма переключения.

По концентрическим окружностям селекторного диска 205 расположен с пропусками ряд чередующихся в определенной последовательности сквозных отверстий.

При поступательном движении селекторного диска 205 из положения II в положение I („на рейки“) происходит перемещение реек 200, 202, 204, а вместе с ними зубчатых блоков и зубчатой муфты. Если против какой-либо выступающей рейки на селекторном диске будет расположено отверстие, то при поступательном движении диска не произойдет переключения блока, управляемого данной рейкой.

Выбор числа оборотов шпинделя происходит при повороте отведенной на себя рукоятки 123 и соответственно селекторного диска 205 вокруг их оси по таблице чисел оборотов 206 на лицевой стороне крышки. Указатель скорости 207 закреплен на диске 205 и поворачивается вместе с ним.

					ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		14

При отводе на 180 град. рукоятки 123 из положения I в положение II происходит поступательное перемещение селекторного диска „от реек“. Для этого в пазу рукоятки 123 находится зубчатое колесо 208, сцепленное с рейкой 209, которая прикреплена к селекторному диску 205. Колесо перемещает рейку и селекторный диск.

Валик 210 выполняет две функции: когда диск 205 находится в положении II, тогда валик 210 входит в отверстие диска приемным конусом и фиксирует положение диска в каждом из его 23 положений. При повороте диска из одного положения в другое валик - фиксатор, с пружиной 211 прощелкивает по фиксирующим отверстиям. При этом рычаг 212, упираясь в торцовую выточку валика 210 через плунжер 213, не позволяет включиться контактам В конечного выключателя ЗВПС.

Это положение соответствует включению электродвигателя на 1500 об/мин. В ряде положений диска валик - фиксатор 210, упираясь своим концом в упор А, переместится по стрелке Б при сжатии пружины 211. При таких положениях диска под действием пружины 214, конечного выключателя ЗВПС плунжер 213 и рычаг 212 перемещаются и позволяют контактам В конечного выключателя ЗВПС замкнуться. При этом электродвигатель включится на 3000 об/мин.

Переключать скорости можно как при неподвижном шпинделе, так и не выключая его вращения на холостом ходу, причем во втором случае останавливать шпиндель перед началом переключения не нужно, так как главный двигатель в процессе переключения скорости выключается и тормозится автоматически.

В начале отвода рукоятки 123 (из положения I в положение II) фиксатор 215 освобождает диск 205, а вместе с ним и валик 216 от фиксации в осевом направлении. Под действием импульсной пружины 217 валик 216 переместится по стрелке Г на величину импульсного хода Д и освободит рычаг 218 и плунжер 219. В результате, разомкнется цепь управления двигателем (контакты Е конечного выключателя ЗВПС) и начнется торможение двигателя, если он был включен.

									Лист
									15
Фм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ				

При дальнейшем отводе рукоятки 123 диск 205 начнет отходить из положения I в положение II и будет освобождать упор 220, рычаг 221 и плунжер 222. Вся система под действием пружины 223 сожмет пружину 224 (более слабую) конечного выключателя 1ВПС и разомкнет контакты Ж. При разомкнутых контактах Е и Ж двигатель останавливается. При завершении переключения эти контакты замыкаются и включают двигатель на режим нормальной работы. Если в процессе переключения торцы зубьев любого из колес подвижных блоков упрутся в торцы зубьев сцепляемого с ним неподвижного в осевом направлении колеса, селекторный диск 205 остановится в своем движении на рейки 200, 202, 204. При продолжающемся нажиме на рукоятку 123 зубчатое колесо 208 обкатится по рейке 209, преодолеет усилие импульсной пружины 217 и подтянет валик 216. Шайба, сидящая на валике 216, через рычаг 218 и плунжер 219 замкнет контакт Е выключателя 2ВПС. При этом произойдет импульсное включение двигателя и поворот ведущего блока, торцы зубьев которого упрутся в торцы зубьев ведомого колеса. При повороте ведущего колеса импульсная пружина 217 введет блок в зацепление. В этот момент диск 205 опять получит возможность перемещаться, а пружина 217 разомкнет контакт Е.

По принятой схеме переключения импульсный момент электродвигателя ограничивается величиной, необходимой для поворота ведущей части кинематической цепи при лобовом контакте торцов зубьев. В случае, если при контакте торцов зубьев под большим углом давления момент сопротивления повороту ведущей или ведомой части цепи будет больше импульсного момента, развиваемого электродвигателем, последний „опрокинется“. При этом устройство автоматически осуществляет через реле времени периодический реверс вращения электродвигателя. Под действием обратного по направлению импульсного момента произойдет поворот ведущей части кинематической цепи и ввод зубчатого блока в зацепление. Автоматическое периодическое реверсирование электродвигателя с уменьшенным моментом прекращается при устранении задержки ввода блока в зацепление.

						ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			16



После полного окончания цикла переключения электродвигатель автоматически переключается с режима реверса на режим нормального вращения.

Переключение зубчатых колес в режиме реверса электродвигателя (при „мягкой“ механической характеристике последнего) происходит с низкой относительной скоростью скольжения торцовых поверхностей зубьев при допустимых контактных напряжениях. Благодаря этому достигается значительное увеличение долговечности торцов зубьев.

Механизм переключения скоростей кинематически через зубчатые колеса 225, 226, 227 связан с электрическим вариатором подачи 127, который изменяет скорость вращения двигателя привода подач. Благодаря такой связи, при изменении числа оборотов шпинделя в минуту автоматически происходит сохранение постоянства величины подачи в мм на оборот при фактическом изменении через ползунковый переключатель 228 величины подачи в минуту.

### 1.9 Зажимы подвижных органов станка

Зажимы шпиндельной бабки, поперечных (верхних) и продольных (нижних) саней, саней задней стойки, поворотного стола — централизованные однорукояточные с прижимными планками.

Зажим шпиндельной бабки на направляющих передней стойки производится поворотом рукоятки 143 вокруг продольной горизонтальной оси. Устройство зажима шпиндельной бабки имеет два зажимных клина (перемещающихся по роликам), на которые воздействует упругая планка, сжимаемая посредством эксцентрика на оси рукоятки 143.

Рукоятка имеет два положения — верхнее и нижнее.

При повороте рукоятки вверх до упора происходит силовое зажатие бабки на направляющих передней стойки.

Силовой зажим предназначен для применения при черновой обработке изделия при неподвижной бабке (черновое растачивание отверстий шпинделем и планшайбой, черновое обтачивание торцов радиальным суппортом планшайбы, черновое фрезерование при поперечной подаче стола и т. д.).

При повороте рукоятки 143 вниз до упора происходит фиксирующее зажатие с малым усилием, обеспечивающее „выбор“ зазоров в направляющих и устранение «отвала» шпиндельной бабки от направляющих передней стойки.

Фиксирующий зажим предназначен для применения при всех видах точной (финишной) обработки при неподвижной бабке, а также для черновой обработки при вертикальной подаче бабки (вертикальное фрезерование).

Фиксирующий зажим не вызывает каких - либо заметных деформаций сопрягаемых узлов и обеспечивает стабильное положение шпиндельной бабки на направляющих передней стойки.

Зажим шпинделя — винтовой, зажатие производится поворотом рукоятки 141 до отказа в правую сторону. При отжатии рукоятка поворачивается влево до ослабления натяга в зажиме. Зажатие радиального суппорта на планшайбе производится двумя винтами 142 посредством ключа с наружным шестигранником.

Зажатие поперечных саней стола производится поворотом рукоятки 144 вправо. При отжатии рукоятка поворачивается влево до ослабления натяга в зажиме.

Такова же последовательность зажатия и отжатия продольных саней рукояткой 145.

Поворотом рукоятки 146 вправо до упора производится зажатие поворотного стола, а поворотом влево до упора — отжатие.

Зажатие саней задней стойки на станине производится поворотом рукоятки 147 вправо.

Зажатие и отжатие ползуна люнета задней стойки на вертикальных направляющих осуществляется двумя гайками 148 посредством ключа.

Зажатие и отжатие сменных втулок в лонете производится двумя гайками 149 посредством того же ключа.

С целью исключения влияния зазоров в направляющих на точность станка зажатия подвижных органов происходят в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

					ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

## 2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ЭЛЕКТРОПРИВОДАМ МЕХАНИЗМОВ ОБЪЕКТА

Технические данные и требования к электроприводу механизма подачи представлены в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Технические данные для электропривода механизма подачи

Наименование	Значение
Класс напряжения ПЧ, В	460
Напряжение АД, В	380
Скорость АД, об/мин	1500
Перегрузочная способность ПЧ	150% в течении 1 минуты
Метод охлаждения	Вентилятор
Тормозной резистор	Встроенный
Метод управления	Векторный с ОС по скорости (FOC)
Пусковой момент	150% на 0 Гц в течении 1 минуты
Диапазон регулирования скорости	1:1000
Точность регулирования скорости	±0,02%
Ограничение момента	Макс. 200%
Точность по моменту	±5%
Коммуникационный протокол	MODBUS (RS – 485)

Технические данные и требования к электроприводу механизма вращения шпинделя представлены в таблице 2.2

					ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

Таблица 2.2 – Технические данные для электропривода механизма вращения шпинделя

Наименование характеристики	Значение
Класс напряжения ПЧ, В	460
Напряжение АД, В	380
Скорость АД, об/мин	3000
Перегрузочная способность ПЧ	150% в течении 1 минуты
Метод охлаждения	Вентилятор
Тормозной резистор	Внешний
Метод управления	Векторный разомкнутый.
Пусковой момент	150% на 3 Гц
Дискретность заданной частоты	0.01 Гц
Дискретность выходной частоты	0.01 Гц
Коммуникационный протокол	MODBUS (RS – 485)

### 3 РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК МЕХАНИЗМА ПРОДОЛЬНОЙ ПОДАЧИ СТОЛА. РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Исходные данные для расчета приведены в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Технологические данные механизма продольной подачи

Исходные данные	Значение
Масса перемещаемого груза $m$ , т	3
Скорость перемещения груза $v$ , мм/с	17,9
Усилие подачи $F_x$ , кН	11,8
Суммарное усилие подачи $F_{II}$ , кН	19,63
Диаметр ходового винта $D_{ХВ}$ , мм	70
Масса ходового винта $m_{ХВ}$ , кг	100
Коэффициент трения скольжения стола при движении по направляющим $\mu_c$	0,08
Передаточное число шестеренной пары $i_{12}$	4,8
Передаточное число шестеренной пары $i_{34}$	2,5
Передаточное число шестеренной пары $i_{56}$	2,5
Передаточное число коробки передач $i_{16}$	30
КПД механической передачи $\eta_{пер}$	0,66
Моменты инерции шестерен $J$ , кг·м <sup>2</sup>	$J_1 = 0,0000186$ $J_2 = 0,005208$ $J_3 = 0,0002617$ $J_4 = 0,009673$ $J_5 = 0,0001718$ $J_6 = 0,003995$

Продолжение таблицы 3.1

Исходные данные	Значение
Момент инерции ротора двигателя $J_{дв}$ , кг·м <sup>2</sup>	0,0036
Угол нарезки резьбы $\alpha$ , град.	5,2
Угол трения в резьбе $\varphi$ , град.	4,7

Угловая скорость ходового винта (рабочего органа)

$$\omega_{PO} = \frac{V}{\rho} = \frac{17,9}{3,19} = 5,62 \text{ рад/с}, \quad (1)$$

где  $\rho$  - радиус приведения передачи «винт – гайка» с шагом  $h = \pi \cdot d_{ХВ} \cdot tg\alpha$  диаметром  $d_{ХВ}$  и углом нарезки резьбы  $\alpha$

$$\rho = \frac{V}{\omega_{PO}} = \frac{h}{2 \cdot \pi} = \frac{\pi \cdot d_{ХВ} \cdot tg\alpha}{2 \cdot \pi} = \frac{d_{ХВ}}{2} \cdot tg\alpha = \frac{70}{2} \cdot tg5,2 = 3,19 \text{ мм}. \quad (2)$$

Момент на валу ходового винта (рабочего органа) с учетом потерь в передаче «винт – гайка» углом трения  $\varphi$ :

$$M_{PO} = F_{II} \cdot \frac{d_{CP}}{2} \cdot tg(\alpha + \varphi) = 19,63 \cdot \frac{0,07}{2} \cdot tg(5,2 + 4,7) = 119,9 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (3)$$

Мощность на валу рабочего органа полезная:

- без учета потерь в передаче «винт – гайка»

$$P_{PO} = F_{II} \cdot V = 19,63 \cdot 10^3 \cdot 17,9 \cdot 10^{-3} = 351,37 \text{ Вт}; \quad (4)$$

- с учетом потерь в передаче «винт – гайка»

$$P_{PO} = M_{PO} \cdot \omega_{PO} = 119,9 \cdot 5,62 = 673,84 \text{ Вт}. \quad (5)$$

Расчет общего КПД механической части привода.

Коэффициенты учитывающие потери в некоторых типах передач и устройств представлены в таблице 3.2

Таблица 3.2 – КПД передач и устройств механической части привода.

Тип передачи или устройства	$\eta$ - КПД
Зубчатая цилиндрическая закрытая	0,98
Зубчатая коническая закрытая	0,97
Червячная закрытая пара при:	
$z_1 = 1$	0,75
$z_1 = 2$	0,85
$z_1 = 4$	0,9
Подшипники качения (одна пара)	0,99...0,995
Подшипники скольжения (одна пара)	0,96
Ременная плоская	0,97
клиновья	0,95
поликлиновья	0,94
Цепная передача	0,93
Муфта типа МУТО	1
типа МУВП	0,98
типа МЗ	0,99
Планетарный редуктор	
одноступенчатый	0,9...0,95
двухступенчатый	0,85...0,9

Согласно кинематической схеме механизма подач, общий КПД:

$$\eta_{\text{пр}} = \eta_1^2 \cdot \eta_2^3 \cdot \eta_3^2 \cdot \eta_4^7 = 0,98^2 \cdot 0,98^3 \cdot 0,97^1 \cdot 0,99^7 = 0,817, \quad (6)$$

где  $\eta_1$  – КПД муфты,  $\eta_2$  – КПД цилиндрической зубчатой передач,  $\eta_3$  – КПД конической зубчатой передачи,  $\eta_4$  – КПД подшипников качения (одной пары).

Статический момент приведенный к валу двигателя:

$$M_B = \frac{M_{\text{р0}}}{i_{16} \cdot \eta_{\text{пр}}} = \frac{119,9}{30 \cdot 0,817} = 4,9 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (7)$$



Угловая скорость вала двигателя:

$$\omega_{\text{ДВ}} = \omega_{\text{РО}} \cdot i_{16} = 5,62 \cdot 30 = 168,6 \text{ рад/с.} \quad (8)$$

Предварительная мощность на валу двигателя:

$$P_{\text{ДВ}} = M_{\text{В}} \cdot \omega_{\text{ДВ}} = 4,9 \cdot 168,6 = 824,53 \text{ Вт.} \quad (9)$$

Момент инерции поступательно движущегося стола с заготовкой:

$$J_{\text{С}} = \frac{m \cdot V^2}{\omega_{\text{РО}}^2} = m \cdot \rho^2 = 3000 \cdot 0,00319^2 = 0,03 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (10)$$

Момент инерции ходового винта:

$$J_{\text{ХВ}} = m_{\text{ХВ}} \cdot \left(\frac{d_{\text{СР}}}{2}\right)^2 = 100 \cdot \left(\frac{0,07}{2}\right)^2 = 0,123 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (11)$$

Момент инерции рабочего органа:

$$J_{\text{РО}} = J_{\text{С}} + J_{\text{ХВ}} = 0,03 + 0,123 = 0,153 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (12)$$

Момент инерции рабочего органа, приведенный к валу двигателя:

$$J_{\text{ПР}} = \frac{J_{\text{РО}}}{i_{16}^2} = \frac{0,153}{30^2} = 0,0001699 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (13)$$

Момент инерции передачи, приведенный к валу двигателя:

$$J_{\text{ПЕР}} = J_1 + \frac{J_2 + J_3}{i_{12}^2} + \frac{J_4 + J_5}{(i_{12} \cdot i_{34})^2} + \frac{J_6}{i_{16}^2}. \quad (14)$$

$$J_{\text{ПЕР}} = 0,0000186 + \frac{0,005208 + 0,0002617}{4,8^2} + \frac{0,009673 + 0,0001718}{(4,8 \cdot 2,5)^2} + \frac{0,003995}{30^2} \\ = 0,0003288 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Коэффициент, учитывающий момент инерции передачи в моменте инерции ротора двигателя:

$$\delta = \frac{(J_{\text{ДВ}} + J_{\text{ПЕР}})}{J_{\text{ДВ}}} = \frac{(0,0036 + 0,0003288)}{0,0036} = 1,091. \quad (15)$$

Суммарный момент инерции механической части:

$$J = \delta \cdot J_{\text{ДВ}} + J_{\text{ПР}} = 1,091 \cdot 0,0036 + 0,0001699 = 0,004099 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (16)$$

Угловое ускорение электродвигателя при разгоне рабочего органа до максимальной скорости подачи:

$$\varepsilon = \frac{63 \cdot \pi \cdot V}{p \cdot i_{16} \cdot t} = \frac{63 \cdot 3,14 \cdot 1,074}{0,01 \cdot 30 \cdot 0,4} = 1771 \text{ рад/с}^2, \quad (17)$$

где  $V$  – линейная скорость перемещения рабочего органа, м/мин;

$p$  – шаг ходового винта тягового механизма, м;

$t = 0,4$  с - время разгона рабочего органа до скорости подачи, с.

Динамический момент, приведенный к валу двигателя:

$$M_{\text{дин}} = J \cdot \varepsilon = 0,004099 \cdot 1771 = 7,26 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (18)$$

Суммарный момент, приведенный к валу двигателя:

- при пуске

$$M = M_{\text{в}} + M_{\text{дин}} = 4,9 + 7,26 = 12,15 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (19)$$

- при торможении

$$|M| = |M_{\text{в}} - M_{\text{дин}}| = |4,9 - 7,26| = 2,37 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Мощность на валу двигателя:

$$P_{\text{дв}} = M \cdot \omega_{\text{дв}} = 12,15 \cdot 168,6 = 2049 \text{ Вт}. \quad (20)$$

Расчет данных для других режимов проводится аналогично, результаты расчетов сведены в таблицу 3.3

Таблица 3.3 – Статические и динамические нагрузки электропривода

Участок движения		Рабочий ход			Обратный ход		
Расчетные данные	Обознач.	пуск	уст. режим	торможение	пуск	уст. режим	торможение
Скорость, м/с	$v_{\text{ро}}$		0,018			-0,018	
Время работы, с	$t_{\text{ро}}$	0,4	56	0,4	0,4	56	0,4
Статические моменты ,Н· м:							
- на валу ходового винта	$M_{\text{ро}}$	119,9	119,9	119,9	-105,49	-105,49	-105,49
- на валу двигателя	$M_{\text{в}}$	4,89	4,89	4,89	-4,3	-4,3	-4,3
Момент инерции РО, кг · м <sup>2</sup>	$J_{\text{ро}}$	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153

Продолжение таблицы 3.3

Участок движения	Расчетные данные	Обознач.	Рабочий ход			Обратный ход		
			пуск	уст. режим	торможение	пуск	уст. режим	торможение
Приведенный момент инерции, кг · м <sup>2</sup>	$J$		0,0041	0,0041	0,0041	0,0041	0,0041	0,0041
Динамический момент, Н · м	$M_{дин}$		7,26	0	7,26	7,26	0	7,26
Суммарный момент, Н · м	$M$		12,15	4,89	-2,37	-11,56	-4,3	2,96

По результатам расчетов с учетом времени пуска, торможения, установившегося движения построена нагрузочная диаграмма моментов рабочей машины для каждого режима работы, приведена на рисунке 3.1

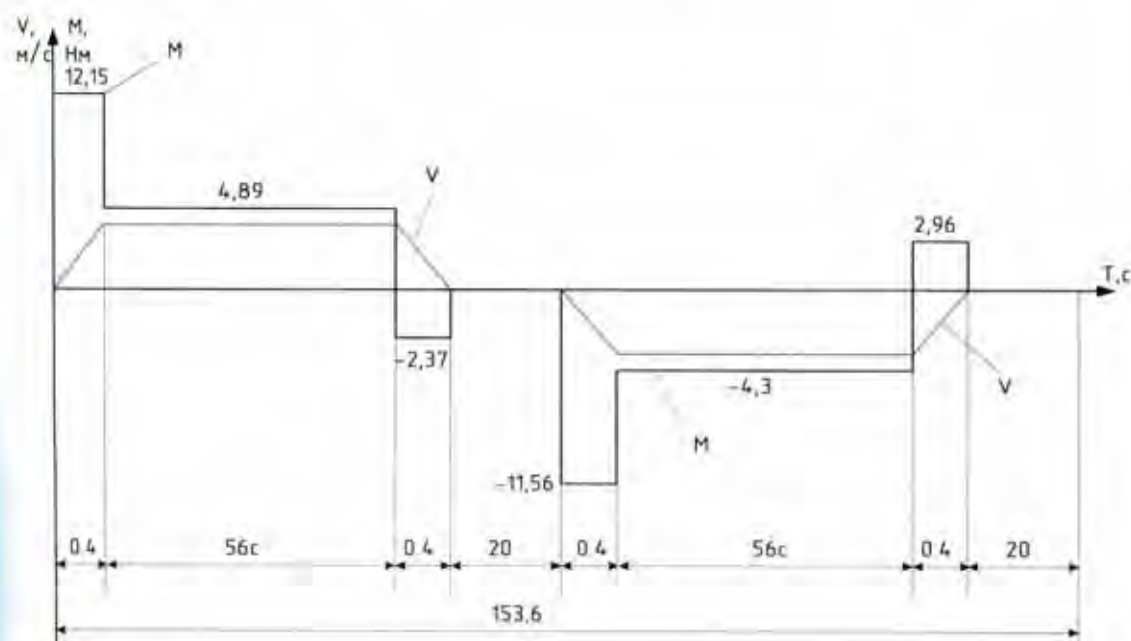


Рисунок 3.1 – Нагрузочная диаграмма рабочего органа

Характеристики выбранного электродвигателя представлены в таблице 3.4

Продолжительность включения:

$$PV_{факт} = \frac{1}{t_{ц}} \sum_{k=1}^m t_k \cdot 100\% = \frac{0,4 + 56 + 0,4 + 0,4 + 56 + 0,4}{153,6} = 73,96\%. \quad (21)$$

Момент двигателя допускаемый по нагреву:

$$M_{\text{доп}} = M_{\text{КАТ}} \sqrt{\frac{ПВ_{\text{КАТ}}}{ПВ_{\text{ФАКТ}}}} = 14,8 \cdot \sqrt{\frac{100}{74}} = 17,21 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (22)$$

Среднеквадратичный момент двигателя:

$$M_{\text{сркв}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n M_i^2 \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}} \leq M_{\text{доп}}. \quad (23)$$

$$M_{\text{сркв}} = \sqrt{\frac{12,15^2 \cdot 0,4 + 4,89^2 \cdot 56 + 2,37^2 \cdot 0,4 + 11,56^2 \cdot 0,4 + 4,3^2 \cdot 56 + 2,96^2 \cdot 0,4}{0,4 + 56 + 0,4 + 0,4 + 56 + 0,4}} = 4,686 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$M_{\text{сркв}} < M_{\text{доп}}$  следовательно выбранный двигатель проходит по условиям нагрева.

Таблица 3.4 – Технические данные двигателя подачи

Параметры	Значение
Тип двигателя	АДЧР90L4 IM3001 ДВ Т 01000 К 220
Ном. мощность, кВт	2,2
Ном. скорость, об/мин	1400
Ном. момент, Нм	14,8
Макс. скорость, об/мин	4500
Ном. ток, А	5,7
Ном. напряжение, В	380
Ном. частота, Гц	50
cosφ	0,8
Момент инерции ротора, кг/м <sup>2</sup>	0,0036
Включение обмоток Y/Δ	Y

#### 4 ВЫБОР РОДА ТОКА, ТИПА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

Для замены морально устаревшей и отработавшей свой срок службы системы двигатель – генератор электропривода подач станка, двигатель постоянного тока рекомендуется заменить на более дешевый и неприхотливый в обслуживании асинхронный электродвигатель. Технические данные АД механизмов подач представлены в таблице 3.4

Для управления скоростью вращения АД механизма подач выберем преобразователь частоты фирмы DELTA ELECTRONICS марки VFD022C43A. Технические данные ПЧ представлены в таблице 4.1

Таблица 4.1 – Технические характеристики ПЧ для электропривода механизма подач

Параметр	Значение
Модель	VFD022C43A
Класс напряжения, В	460
Ном. выходной ток, А	6
Перегрузочная способность	120% номинального тока в течении 1 мин., 160% номинального тока в течение 3 сек
Метод охлаждения	Вентилятор
Тормозной транзистор	Встроенный
Методы управления	1: V/f, 2: VF+PG, 3: FOC, 4: SVC
Пусковой момент	Для разомкнутого векторного управления и режима работы с постоянным моментом (СТ): до 150% или выше на 0.5Гц. Для замкнутого векторного управления и режима работы с постоянным моментом (СТ): до 150% на 0Гц в течение 1 мин.
Диапазон регулирования скорости	1:40 (V/f управление) 1:100 (Разомкнутое векторное управление) 1:1000 (Замкнутое векторное управление)

Продолжение таблицы 4.1

Параметр	Значение
Точность регулирования скорости	$\pm 0.3\%$ (V/f управление) $\pm 0.03\%$ (V/f+PG управление) $\pm 0.2\%$ (Разомкнутое векторное управление) $\pm 0.02\%$ (Замкнутое векторное управление)
Ограничение момента, %	200
Время разгона/торможения, с	0.00...6000.0

Для привода вращения шпинделя выбран электродвигатель с короткозамкнутым ротором марки АИР132М2 ІМ3081 11 кВт 2910 об/мин.

Технические характеристики электродвигателя механизма вращения шпинделя представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Основные технические характеристики двигателя АИР132М2

Параметр	Значение
Тип двигателя	АИР132М2 ІМ3081
Ном. мощность, кВт	11
Ном. скорость, об/мин	3000
Ном. момент, Нм	35
Ном. ток, А	21,1
Ном. напряжение, В	380
Ном. частота, Гц	50
КПД, %	88
Cosφ	0,9
Кратность тока $I_{II}/I_{II}$	7,5

Для электродвигателя механизма вращения шпинделя выбран преобразователь частоты фирмы DELTA ELECTRONICS типа VFD110E43A.

Технические характеристики преобразовательного агрегата представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Основные технические характеристики ПЧ VFD110E43A

Параметр	Значение
Модель	VFD110E43A
Класс напряжения, В	460
Ном. выходной ток, А	24
Метод охлаждения	Вентилятор
Метод управления	Вольт - частотное управление (V/f) и векторное управление
Характеристика момента	Автоматическая компенсация момента и скольжения, начальный момент 150% на 3Гц
Перегрузочная способность	150% от ном. тока в течении 1 мин.
Уровень токоограничения	20 – 250% от ном. тока
Тормозной ключ	Встроенный
Время разгона/торможения	0,1 – 600 сек

## 5 ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТОМ

Основными техническими требованиями для системы автоматизации расточного станка, является обеспечение высокого быстродействия, точности и высокой надежности автоматической системы управления технологическим процессом. Применение микропроцессорных контроллеров обеспечивает выполнение этих требований. На рисунке 5.1 представлена функциональная схема устройства управления.

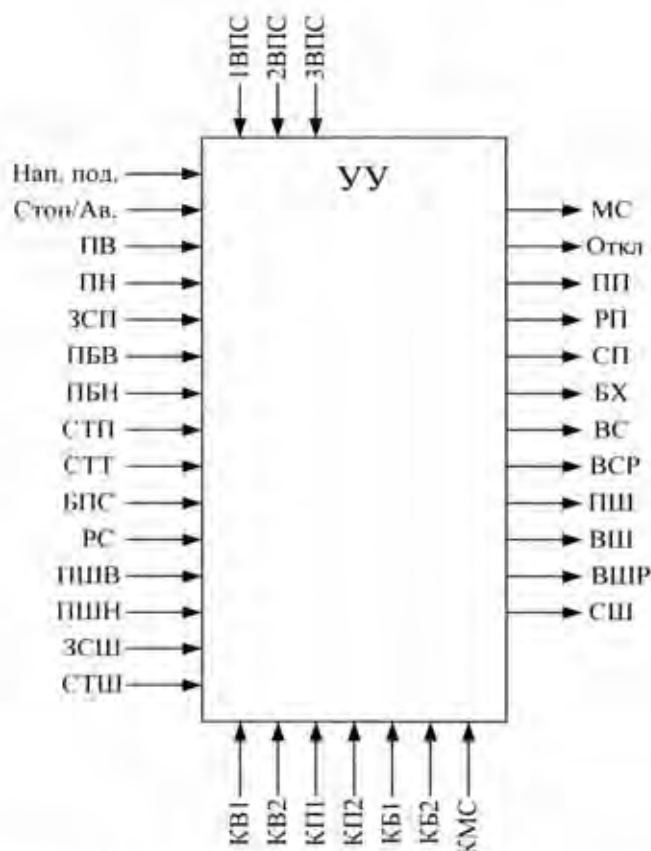


Рисунок 5.1 – функциональная схема устройства управления станком,

Из функциональной схемы (рис.5.1), а также таблиц входов/выходов (таб. 5.1,5.2) исходит, что для автоматического управления механизмами станка необходим контроллер с 22 дискретными входами и 12 выходами.



Управление движениями станка осуществляется с пульта управления (ПУ1). На пульт управления выведены светосигнальные индикаторы режима работы.

Пуск, реверс и остановка вращения шпинделя осуществляется кнопками с пульта управления. При переключении скоростей главный двигатель автоматически останавливается. При задержках переключения блоков зубчатых колес главный двигатель осуществляет импульсный реверсивный проворот кинематической цепи.

При незафиксированном положении рычага переключения скоростей включение главного двигателя невозможно.

При перегрузке привода подача автоматически выключается.

Насос смазки включается при включении электродвигателя главного привода.

Поперечное перемещение стола автоматически выключается при крайних положениях верхних (поперечных) саней.

Продольное перемещение стола автоматически выключается при крайних положениях нижних (продольных) саней.

Вертикальное перемещение шпиндельной бабки автоматически выключается в крайних положениях бабки.

Осевое движение шпинделя ограничивается электрическими конечными выключателями и при перемещении штурвалом жесткими упорами.

В случае наезда одного из подвижных органов (шпинделя, бабки, стола) на электрический конечный выключатель на главном пульте уменьшается яркость горения сигнальной лампы. В таком положении включение механической подачи любого подвижного органа невозможно.

Для коммутации силовых цепей необходимо применять релейно – контакторные электрические аппараты.

Для питания контроллера необходим блок стабилизированного питания на напряжение 24 В.

Защита электрических цепей от короткого замыкания и перегрузки должна осуществляться с помощью автоматических выключателей.

					ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

Описание входных сигналов управления механизмами расточного станка, представлены в таблице 5.1

Таблица 5.1 – Входные сигналы управления механизмами станка

Сигнал	Функциональное назначение сигнала
1. Нап. Под. (НП)	Сигнал подачи напряжения и включения насоса смазки механизмов шпиндельной бабки.
2. Стоп/Ав. (СА)	Аварийное отключение напряжения со станка.
3. ПВ	Сигнал пуска подачи «вперед».
4. ПН	Пуск подачи «назад».
5. ЗСП	Сигнал задания скорости подачи.
6. ЗСШ	Сигнал задания скорости шпинделя.
7. СТП	Стоп подачи.
8. БПС	Быстрый поворот стола.
9. РС	Реверс двигателя поворотного стола
10. ПШВ	Пуск шпинделя вперед.
11. ПШН	Пуск шпинделя назад.
12. СТШ	Стоп вращения шпинделя.
13. КВ1	Сигналы крайних положений при перемещении стола вдоль.
14. КВ2	
15. КП1	Сигналы крайних положений при перемещении стола поперек.
16. КП2	
17. КБ1	Сигналы крайних положений при перемещении бабки вертикально.
18. КБ2	
19. КМС	Контроль работы маслосмазки механизмов шпиндельной бабки.
20. 1ВПС	Выключатели переключения скоростей шпинделя.
21. 2ВПС	
22. 3ВПС	

Описание выходных сигналов управления механизмами расточного станка, представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Выходные сигналы управления механизмами станка

Сигнал	Функциональное назначение сигнала
1. МС	Включение маслоснабжения (маслосмазки) механизмов шпиндельной бабки.
2. Откл.	Отключение напряжения подаваемого на станок.
3. РП	Реверс двигателя подачи.
4. СП	Скорость подачи.
5. БХ	Быстрый ход двигателя подачи.
6. ВС	Включение двигателя поворотного стола.
7. ВСР	Реверс двигателя поворотного стола.
8. ВШ	Включение вращения шпинделя.
9. ВШР	Реверс двигателя вращения шпинделя.
10. СШ	Сигнал ступенчатого задания скорости шпинделя.
11. ПП	Пуск подачи.
12. ПСШ	Пониженная скорость шпинделя.

## 6 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯМИ СТАНКА

На основании требований к автоматизации, и требований технологического процесса составим логические уравнения методом содержательного описания алгоритма автоматического управления механизмами станка.

$$1) \text{ГОТ} = \text{МС} \cdot \overline{\text{АПЧ1}} \cdot \overline{\text{АПЧ2}} \cdot \text{SF7} \cdot \text{SF8};$$

Сигнал «Готовность» формируется когда есть сигнал работы маслосмазки МС и нет сигналов аварии преобразователей частоты АПЧ1 и АПЧ2, и есть сигналы включенного состояния автоматических выключателей SF7 и SF8.

$$2) \text{МС} = (\text{Пуск} + \text{МС}) \cdot \overline{\text{Стоп}};$$

Сигнал включения маслосмазки «МС» формируется когда будет нажата кнопка Пуск, сигнал МС запоминается до тех пор пока нет сигнала  $\overline{\text{Стоп}}$

$$3) \text{Откл.} = \text{СТА};$$

Сигнал аварийного отключения «Откл.» формируется при наличии сигнала аварийного останова «СТА»

$$4) \text{ПП} = (\text{ПВ} + \text{ПБВ} + \text{ПП} \cdot \overline{\text{БХ}}) \cdot \text{КМС} \cdot \overline{\text{ПН}} \cdot \overline{\text{КВ1}} \cdot \overline{\text{КП1}} \cdot \overline{\text{КБ1}} \cdot \overline{\text{СТП}} \cdot \text{ГОТ};$$

Сигнал пуска подачи «ПП» формируется когда есть сигнал ПВ «Подача вперед» или ПБВ «Подача быстро вперед», ПП запоминается пока нет сигнала БХ «Быстрый ход» и есть КМС «Контроль маслосмазки» и нет ПН «Пуск назад» и нет сигналов КВ1, КП1, КБ1 «Конечный выключатель: вдоль, поперек, бабки» и нет сигнала СТП «Стоп подачи», и есть сигнал «готовности» ГОТ.

$$5) \text{РП} = (\text{ПН} + \text{ПБН} + \text{РП} \cdot \overline{\text{БХ}}) \cdot \text{КМС} \cdot \overline{\text{ПВ}} \cdot \overline{\text{КВ2}} \cdot \overline{\text{КП2}} \cdot \overline{\text{КБ2}} \cdot \overline{\text{СТП}} \cdot \text{ГОТ};$$

Сигнал реверса подачи «РП» формируется когда есть сигнал ПН «Подача назад» или ПБН «Подача быстро назад», РП запоминается пока нет сигнала БХ «Быстрый ход» и есть КМС «Контроль маслосмазки» и нет ПВ «Пуск вперед» и нет сигналов КВ2, КП2, КБ2 «Конечный выключатель: вдоль, поперек, бабки» и нет сигнала СТП «Стоп подачи» и есть сигнал «готовности» ГОТ.

					ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

$$6) БХ = ПБВ + ПБН;$$

Сигнал быстрого хода БХ формируется при появлении сигналов ПБВ «Пуск быстро вперед» или ПБН «Пуск быстро назад».

$$7) ВС = БПС \cdot \overline{РС};$$

Сигнал ВС «Вращение стола» формируется когда есть сигнал БПС «Быстрый поворот стола» и нет сигнала РС «Реверс стола».

$$8) ВСР = РС \cdot \overline{БПС};$$

Сигнал ВСР «Вращение стола реверс» возникает когда есть сигнал РС «Реверс стола» и нет БПС «Быстрый поворот стола».

$$9) ВШ = (ПШВ + 1ВПС + ВШ) \cdot КМС \cdot \overline{СТШ} \cdot 2ВПС \cdot \overline{ВШР} \cdot \overline{1ВПС \uparrow 2с} \cdot ГОТ;$$

Сигнал ВШ «Вращение шпинделя» возникает когда есть ПШВ «Пуск вращения шпинделя» или есть 1ВПС «1-ый выключатель переключения скоростей», ВШ запоминается пока есть КМС и нет СТШ «Стоп шпинделя» и есть сигнал 2ВПС «2-ой выключатель переключения скоростей», и нет ВШР «Вращение шпинделя реверс», и нет сигнала 1ВПС<sup>↑2с</sup> «1-ый выключатель переключения скоростей» с задержкой переднего фронта на 2 секунды, и есть сигнал «готовности» ГОТ.

$$10) ВШР = (ПШН + 1ВПС^{\uparrow 2с} + ВШР) \cdot КМС \cdot \overline{СТШ} \cdot 2ВПС \cdot \overline{ВШ} \cdot ГОТ;$$

Сигнал «Реверс вращения шпинделя» ВШР появляется когда есть ПШН «Пуск шпинделя назад» или 1ВПС<sup>↑2с</sup> «1-ый выключатель переключения скоростей» с задержкой переднего фронта на 2 секунды, ВШР запоминается до тех пор пока есть КМС и нет СТШ, и есть 2ВПС, и нет ВШ, и есть сигнал «готовности» ГОТ.

$$11) 1ВПС^{\uparrow 2с} = 1ВПС \cdot 2ВПС;$$

Сигнал 1ВПС<sup>↑2с</sup> с задержкой переднего фронта на 2 секунды возникает когда есть 1ВПС и есть 2ВПС.

$$12) ПСШ = \overline{3ВПС};$$

Сигнал ПСШ «Пониженная скорость шпинделя» возникает когда нет сигнала 3ВПС «3-ий выключатель переключения скоростей».

## 7 ВЫБОР АППАРАТУРЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ И ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

### 7.1 Выбор программируемого логического контроллера

Для автоматического управления механизмами станка выбран ПЛК фирмы Siemens марки S7 – 300. Он оснащен модулями:

- дискретного ввода SM321 DI32x24V на 32 дискретных входа 24 В постоянного напряжения.

- дискретного вывода SM322 DO16x24V на 16 цифровых выходов 24В постоянного напряжения.

На рисунке 7.1 представлен внешний вид ПЛК Siemens S7 – 300.



Рисунок 7.1 – Внешний вид ПЛК

S7-300 имеет модульную конструкцию и позволяет использовать в своем составе широкий спектр модулей самого разнообразного назначения. Все модули работают с естественным охлаждением. В зависимости от типа используемого центрального процессора система локального ввода-вывода программируемого контроллера S7-300 может включать в свой состав до 32 модулей. В этом случае все модули контроллера располагаются в одном базовом блоке и стойках расширения, которых может быть не более 3.

Технические характеристики представлены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Основные технические характеристики ПЛК Siemens S7 – 300

Параметр	Описание
CPU	314C
Рабочая память	96 КБ
Загружаемая память (ММС)	64 КБ - 8 МБ
Время выполнения операций, мкс	Логических: 0,1 С фиксированной точкой: 2,0 С плавающей запятой: 3,0
Кол-во флагов / таймеров / счетчиков	2048/256/256
Кол-во каналов ввода-вывода, дискретных / аналоговых, не более	1024/256
Встроенные интерфейсы	MP1
Кол-во активных коммуникационных соединений, не более	12
Габариты, мм	40x125x130

## 7.2 Выбор электрических аппаратов

Для сигнализации режимов работы станка была выбрана светодиодная сигнальная арматура СКЛ 14 Б-Л-2-24.



Рисунок 7.2 – Внешний вид СКЛ 14 Б

Для согласования цифровых выходов контроллера с напряжением катушек силовых контакторов применены промежуточные реле Finder 55.34.9.024.00740.

Основные технические характеристики реле представлены в таблице 7.2



Рисунок 7.3 – Внешний вид реле Finder 55.34

Таблица 7.2 – Технические характеристики реле Finder 55.34. 9.024.00740

Параметры	Описание
Характеристики контактов	
Контактная группа (конфигурация)	4 перекидных контакта
Ном. ток / макс. пиковый ток, А	7 / 15
Номинальное напряжение, В	250
Номинальная нагрузка AC1, ВА	1750
Отключающая способность DC1: 30 В / 110 В / 220 В, А	7 / 0,25 / 0,12
Минимальная нагрузка на переключение мВт, (В/мА)	300 (5/5)
Характеристики обмотки	
Номинальное напряжение ( $U_n$ ), (В) постоянного тока	24
Номинальная мощность при переменном / постоянном токе ВА (50 Гц)/Вт	1,5 / 1
Рабочий диапазон при постоянном токе	$(0,8...1,1) U_n$
Напряжение удержания при переменном / постоянном токе	$0,8 U_n / -0,5 U_n$
Напряжение отключения при переменном / постоянном токе	$0,2 U_n / 0,1 U_n$
Время включения / выключения, мс	11 / 3

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ

Лист

40



Для защиты электродвигателя вращения стола (АИРС100S4 3,2 кВт 1400 об/мин) от перегрузки выбрано тепловое реле РТЛ-1014-2, диапазон изменения токовой уставки 7 – 10 А.

Для подачи сигналов управления выбраны кнопочные выключатели ВК22-ВА25-22 и ВК22-ВА45-22.

Защиту от токов короткого замыкания обеспечивают автоматические выключатели ВА47-29 х-ка С.

Перемещение подвижных органов станка ограничивается путевыми конечными выключателями марки ВП15К21А–291–54У2.8-КЭАЗ. Контроль положения переключателя скоростей шпиндельной бабки осуществляется с помощью конечных выключателей марки ВПК-2010Б-УХЛ4-КЭАЗ.



Рисунок 7.4 – Внешний вид выключателей путевых ВП

Таблица 7.3 – Технические характеристики путевых выключателей

Параметры	Значения
Климатическое исполнение	УХЛ; У2; Т2
Рабочее переменное напряжение частотой тока 50 и 60 Гц, В	12;24;40;110;127;220;380;660
Рабочее постоянное напряжение, В	12;24;110;220;440
Механическая износостойчивость	30 млн. циклов

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ

Лист

41

Продолжение таблицы 7.3

Параметры	Значения
Коммутационная износостойкость	4 млн. циклов
Усилие прямого срабатывания Н, не более	40
Режим работы по ГОСТ 18311-80	повторно – кратковременный

7.3 Выбор блоков питания

Для питания МПК и цепей управления и сигнализации 24В используется блок питания марки PS 307, 5А, Siemens (ES7307-1EA00-0AA0). Характеристики представлены в таблице 7.4



Рисунок 7.5 – Внешний вид блока питания PS 307, 5А, Siemens

Таблица 7.4 – Технические данные PS 307, 5А, Siemens

Параметры	Значения
Входные данные	
Входное напряжение, В	120/230 перем. тока
Ном. входной ток, А	При 120 В: 2 При 230 В: 1
Пусковой ток, А	45
Потребление мощности, Вт	138

Продолжение таблицы 7.4

Параметры	Значения
Входные данные	
Входное напряжение, В	120/230 перем. тока
Выходное напряжение, В	24 пост. тока
Время нарастания, с	Макс. 2,5
Выходной ток, А	5
Защита от короткого замыкания	Электронная, без фиксации

Питание импульсного энкодера осуществляется от отдельно установленного блока питания марки RS-75-12 MEANWELL, 12В, 6А. Технические характеристики представлены в таблице 7.5.

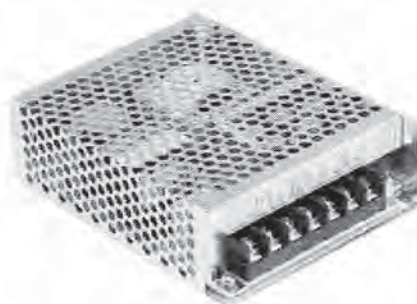


Рисунок 7.6 – Внешний вид блока питания RS-75-12 MEANWELL, 12В, 6А.

Таблица 7.5 – Технические характеристики блока питания RS-75-12

Параметры	Значения
Входное напряжение AC, В	88...264
Входное напряжение DC, В	125...373
Выходное напряжение, В	12
Выходной ток, А	6
Мощность, Вт	75
Количество выходов, шт.	1
Защита от:	короткого замыкания, перегрузки, перенапряжения

## 8 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ РАСТОЧНОГО СТАНКА

В настоящем дипломном проекте разработана функциональная схема автоматизации, которая представлена на рисунке 8.1.

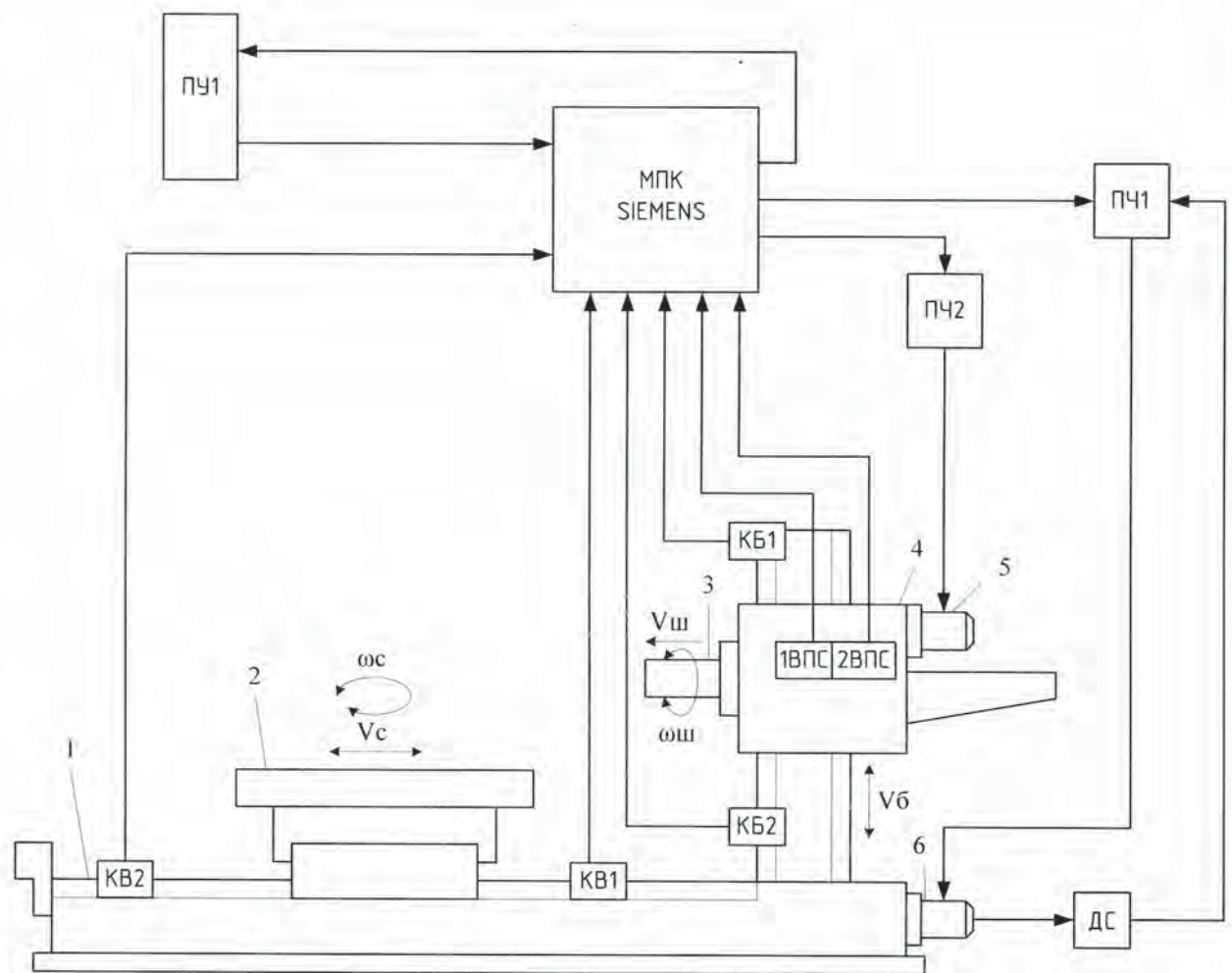


Рисунок 8.1 – Функциональная схема автоматизации расточного станка 2620

- 1 – станина;
- 2 – поворотный стол;
- 3 – шпиндель;
- 4 – бабка;
- 5 – электродвигатель главного движения (вращение шпинделя);
- 6 – электродвигатель подачи.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$V_C, V_{Ш}, V_B$  – линейные скорости перемещения стола, шпинделя и бабки соответственно.

$\omega_C, \omega_{Ш}$  – угловые скорости вращения стола и шпинделя соответственно.

ПУ1 – пульт управления станком;

МПК – микропроцессорный контроллер;

ПЧ1, ПЧ2 – преобразователи частоты;

ДС – датчик обратной связи по скорости двигателя подач;

КБ1, КБ2 – конечные выключатели бабки;

КВ1, КВ2 – конечные выключатели крайних положений стола, при движении вдоль.

1ВПС, 2ВПС – выключатели переключения скоростей.

					ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

## 9 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА И АВТОМАТИЗАЦИИ РАСТОЧНОГО СТАНКА 2620

В соответствии с выбранным оборудованием в 7 разделе дипломного проекта, разработана схема электрическая принципиальная ЮУрГУ-140604.2016.084.02ЭЗ.

Напряжение, 380 Вольт трехфазной сети переменного тока, подается на шкаф управления через вводной автоматический выключатель SF1. От SF1 получают питание следующие автоматические выключатели:

- 1) SF2 – питание импульсного энкодера;
- 2) SF3 – цепи управления 220 В;
- 3) SF4 – питание МПК SIEMENS;
- 4) SF5 – питание двигателя маслосмазки;
- 5) SF6 – питание двигателя поворотного стола;
- 6) SF7 – питание ПЧ двигателя подач;
- 7) SF8 – питание ПЧ двигателя вращения шпинделя.

При нажатии кнопки SB1 «Напряжение подано» происходит включение релейного выхода 2, модуля релейных выходов А3 МПК, о чем сигнализирует светодиодная индикаторная лампа HL1, и напряжение –24В подается на катушку реле К1. Реле К1 своим замыкающим контактом подает напряжение ~220 В на катушку пускателя КМ1. КМ1 включается и подает напряжение на электродвигатель маслоснасоса М1. Электродвигатель М1 получает питание до тех пор пока не будет нажата кнопка SB2 «Стоп / Аварийное откл.»

Для включения двигателя подач М3 необходимо нажать кнопки SB3 «Подача вперед» или SB4 «Подача назад». На входы 4 или 5, модуля дискретных входов А2 МПК поступит сигнал –24 В, что приведет к включению релейных выходов 4 или 5, модуля А3 МПК и подаче сигнала управления на дискретные входы М1или М12 преобразователя частоты UZ1. Для задания скорости подачи служит потенциометр R1 «Задание скорости подачи». Для включения быстрых установочных перемещений нужно нажать кнопки SB5 или SB6, тогда включится

					ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

релейный выход 6 модуля А3 и поступит сигнал на дискретный вход М13 ПЧ UZ1. Двигатель подачи отключается при нажатии кнопки SB7 «Стоп подачи» или при срабатывании одного из конечных выключателей SQ1, SQ3, SQ5 при движении «вперед» и SQ2, SQ4, SQ6 при движении «назад». Для сигнализации текущего направления движения подачи предусмотрены индикаторы HL2 и HL3. Для реализации датчика обратной связи по скорости на валу электродвигателя М3 установлен импульсный энкодер PG, который получает питание от собственного блока питания UG1 с выходным напряжением –12В. Энкодер подключается к плате энкодера преобразователя UZ1.

Для того чтобы включить двигатель поворотного стола, необходимо нажать кнопки SB8 «Быстрый поворот стола» или SB9 «Реверс стола», при этом включатся релейные выходы 7 или 8 модуля А3 и будет подано напряжение –24В на катушки реле К3 или К4, соответственно. К3 или К4 своими замыкающими контактами включают контакторы КМ2 или КМ3 и электродвигатель М2 получит питания через защитные элементы теплового реле КК1. Реле КК1 защищает электродвигатель от перегрузки. Для сигнализации работы двигателя вращения стола используются светодиодные индикаторы HL4 и HL5.

При нажатии кнопок SB10 «Пуск шпинделя вперед» или SB10 «Пуск шпинделя назад» включаются релейные выходы 9 или 12, соответственно. Таким образом подаются сигналы на дискретные входы М11 или М12 преобразователя частоты UZ2, что приводит к пуску ПЧ и подаче напряжения на двигатель вращения шпинделя М4. Задание скорости вращения электродвигателя М4 производится с помощью потенциометра R2 «Задание скорости шпинделя». Сигнализация о работе двигателя М4 и о направлении вращения выполнена с помощью индикаторов HL5 и HL6. При срабатывании конечного выключателя ЗВПС включается релейный выход 13 модуля А3 МПК и подается сигнал на дискретный вход М13 ПЧ UZ2, что приводит к включению двигателя М4 на пониженной скорости вращения.



При нажатии на кнопку SB2 «Аварийное отключение» включается релейный выход 3 модуля А3 и подается напряжение –24В на катушку реле К2.

Реле К2 своим замыкающим контактом К2.1 подает напряжение ~220В на катушку независимого расцепителя YA1 автоматического выключателя SF1, что приводит к его отключению и снятию напряжения со станка.

									Лист
									49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ				

# 10 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГРАММИРУЕМЫХ УСТРОЙСТВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ СТАНКА

В таблице 10.1 представлена принятая адресация переменных в контроллере SIEMENS SIMATIC S7 – 300.

Таблица 10.1 – Принятая адресация переменных в контроллере

Входные сигналы									
НП	СА	ПВ	ПН	ПБВ	ПБН	СТП	СТГ	БПС	РС
I0.0	I0.1	I0.2	I0.3	I0.4	I0.5	I0.6	I0.7	I1.0	I1.1
ПШВ	ПШН	СТШ	КВ1	КВ2	КП1	КП2	КБ1	КБ2	КМС
I1.2	I1.3	I1.4	I1.5	I1.6	I1.7	I2.0	I2.1	I2.2	I2.3
1ВПС	2ВПС	3ВПС	1ВПС <sup>12с</sup>	-	-	-	-	-	-
I2.4	I2.5	I2.6	M1.0	-	-	-	-	-	-
Выходные сигналы									
МС	Откл.	ПП	РП	СП	БХ	ВС	ВСП	ПШ	ВШ
Q4.0	Q4.1	Q4.2	Q4.3	-	Q4.4	Q4.5	Q4.6	-	Q4.7
ВШР	СШ	ПСШ	-	-	-	-	-	-	-
Q5.0	-	Q5.1	-	-	-	-	-	-	-

С помощью программного комплекса STEP7, на основании логических уравнений и принятой адресации переменных в контроллере, составлена управляющая программа. Листинг управляющей программы приведен на рисунке 10.1. Программа написана на языке LAD «лестничные диаграммы».

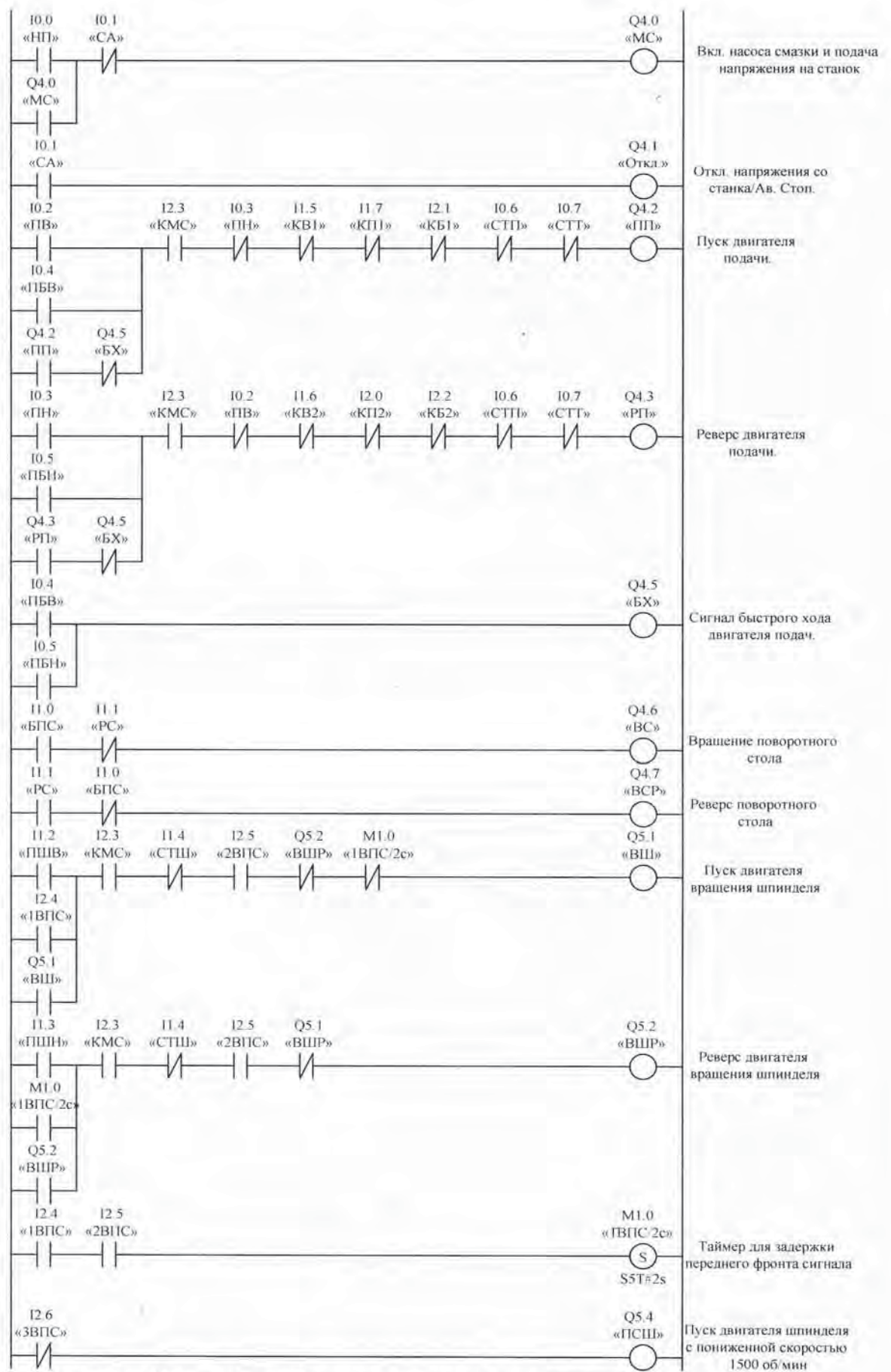


Рисунок 10.1 – Листинг управляющей программы станка 2620

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ

Лист

51

## 11 ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ТРУДА И ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

11.1 Опасные и вредные факторы, возникающие при эксплуатации металлорежущих станков

11.1.1 Согласно ГОСТ 12.0.003-80 по действию на организм опасные и вредные производственные факторы подразделяются на следующие группы: физические, химические, биологические, психофизиологические.

11.1.2 Все мероприятия по охране труда проводятся с целью защиты участников трудового процесса от воздействия опасных и вредных факторов.

11.1.3 Вредные и опасные факторы могут являться причинами травматизма и профессиональных заболеваний, приводящих к временной потере работоспособности, а при неблагоприятном стечении обстоятельств – к более тяжелым последствиям. [ ГОСТ Р 12.0.010 – 2009.ССБТ. Определение опасностей и оценка рисков.]

11.1.4 Опасные производственные факторы – факторы, воздействие которых на организм человека приводит к травме, в том числе со смертельным исходом. К опасным факторам, возникающим при работе на металлорежущем станке, относятся:

- а) движущиеся и вращающиеся части механизмов ;
- б острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;
- в) повышенный уровень напряжения электрических цепей.

11.1.5 Вредные производственные факторы – факторы, приводящие к заболеванию. К вредным факторам относят:

									Лист
									52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ				

- а) повышенный уровень шума;
- б) повышенный уровень вибрации;
- в) запыленность воздуха;
- г) использование СОЖ.

## 11.2 Обеспечение охраны окружающей среды при эксплуатации металлообрабатывающих станков

11.2.1 В машиностроении и металлообработке источником загрязнения воздушного бассейна являются разнообразные пыли — взвешенные в воздухе частицы твердых веществ. При использовании СОЖ в воздух выделяются их пары, это отрицательно сказывается на параметрах микроклимата рабочей зоны. Регулирование в области охраны атмосферного воздуха осуществляет федеральный закон от 04.05.99г. №96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха»

11.2.2 Производственными сточными водами называются воды, использованные промышленным предприятием и подлежащие очистке от различных вредных примесей. К этим примесям относятся эмульсии не растворимых в воде жидкостей (например, масел и СОЖ), взвешенных в виде мелких капелек, и суспензии — взвеси твердых частиц, размеры которых могут достигать нескольких миллиметров.

11.2.3 Основная масса твердых отходов машиностроения и металлообработки нетоксична (металлическая стружка, окалина, зола, отходы дерева, резина, различный мусор). Требования к обращению с отходами производства приведены в федеральном законе от 24.06.98 №89 – ФЗ «Об отходах производства и потребления»

					ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

11.2.4 К основным мероприятиям по защите окружающей среды для металлообрабатывающих станков относятся:

а) создание и внедрение новых процессов получения продукции с образованием наименьшего количества отходов;

б) Применение отливов для СОЖ и водооборотных циклов на базе очистки СОЖ от металлической стружки и пыли;

в) для защиты окружающего воздуха рабочей зоны и атмосферы эффективно применять пылеуловители;

г) излишки, стружка и бракованные детали выбрасываются в контейнеры и в дальнейшем идут на переплавку (вторичное использование).

11.3 Общие требования безопасности к проектированию и устройству электрооборудования и выбор защитных мер и мероприятий по электробезопасности для металлорежущих станков.

11.3.1 При проектировании электротехнической части металлорежущих станков решаются вопросы защитных мер электробезопасности для обслуживающего персонала, т.е. принимаются меры для защиты людей от поражения электрическим током.

11.3.2 Для правильного решения, какие конкретно защитные меры электробезопасности должны быть приняты для электрооборудования в металлорежущих станках необходимо определить класс помещения согласно ПУЭ, главе 1.1 в отношении опасности поражения людей электрическим током. Которые классифицируются как:

- 1) помещения без повышенной опасности;
- 2) помещения с повышенной опасностью;
- 3) особо опасные помещения;
- 4) наличие наружных электроустановок;

					ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

5) наличие взрывоопасных зон в помещениях и в наружных электроустановках.

Станок располагается в помещении с повышенной опасностью поражения электрическим током, так как в нем присутствуют следующие условия:

- а) металлосодержащая токопроводящая пыль;
- б) токопроводящий железобетонный пол;
- в) возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям зданий, имеющим соединение с землей, технологическим аппаратам, механизмам станка, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования (открытым проводящим частям), с другой.

11.3.3 Для питания станка используется сеть с глухозаземленной нейтралью, позволяющая совмещенное питание силовых и осветительных электроприемников от общих трансформаторов.

11.3.4 Для обеспечения электробезопасности в станке предусмотрено защитное заземление. В электрооборудовании, установленном на сборочных единицах станка, изолированном от заземленной станины станка, конструктивно предусмотрены заземляющие зажимы. [ГОСТ 12.2.009-99. Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности ]

11.3.5 Согласно ГОСТ 12.2.009-99. Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности, в зависимости от сечения проводов, подводимых к станку или к отдельным его механизмам, содержащим электрооборудование, для заземления выбраны медные провода:

- при сечении питающих проводов до  $16 \text{ мм}^2$  - равные сечению питающих проводов, но не менее  $1,5 \text{ мм}^2$ ;
- при сечении питающих проводов свыше  $16 \text{ мм}^2$  - равные 50 % сечения питающих проводов, но не менее  $16 \text{ мм}^2$ ;

					ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

11.3.6 Ко всем электродвигателям и аппаратам управления, имеющим металлический корпус с собственным винтом заземления, подведен заземляющий провод, подсоединенный к заземляющему зажиму в ближайшей разветвительной коробке или шкафу управления. [ГОСТ 12.2.009-99. Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности]

11.3.7 Токоведущие части электрооборудования станка расположены внутри шкафа, пульта управления, заземленном металлическом рукаве и недоступны для случайного прикосновения путем дополнительной установки внутри шкафа защитных экранов.

Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека, не должны превышать значений, приведенных в Приложении 1 технического регламента.

Защитное заземление должно удовлетворять требованиям Приложения 2 технического регламента.

11.3.8 Для предотвращения выполнения ошибочных операций и доступа персонала к токоведущим частям, находящимся под напряжением предусмотрены блокировки путем установки на двери шкафа конечных выключателей, отключающих питание шкафа.

11.3.9 Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения применено защитное заземление и защитное электрическое разделение цепей с помощью разделительного трансформатора, питающего пульт управления.

11.3.10 Для предупреждения ошибочных действий персонала при техническом обслуживании электроустановок и при ликвидации технологических нарушений, помещения, оборудование, проводники и шины в станке имеют обозначения, указательные надписи и маркировку.

					ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56



Это обеспечивает возможность однозначного распознавания их назначения, номинального напряжения и места в общей схеме электроустановки.

11.3.11 Электрооборудование станка оборудовано надписями и информационными знаками, предупреждающими людей о возможности поражения электрическим током при попытке проникнуть в электроустановку или влезть на ее конструкцию.

11.4 Обеспечение охраны труда при эксплуатации электрооборудования металлорежущих станков

11.4.1 Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность работ в электрооборудовании станка, являются:

- 1) оформление наряда – допуска;
- 2) оформление перечня работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- 3) выдача разрешения на подготовку рабочего места и на допуск к работе;
- 4) Работы по наладке и уходу, (ремонт и техническое обслуживание, включая очистку) проводят при остановленном станке [ГОСТ 12.2.009-99. Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности ];
- 5) К периодическому выполнению работ по обеспечению работоспособности станка, допускаются работающие, имеющие соответствующую квалификацию и разрешение [ГОСТ 12.2.009-99. Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности ].

11.4.2 Небольшие по объему ремонтные работы и работы по техническому обслуживанию, выполняемые в течение рабочей смены и разрешенные к производству в порядке текущей эксплуатации, содержаться в перечне работ.

					ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Перечень работ подписывается техническим руководителем или работником из числа административно-технического персонала, на которого возложены обязанности по организации безопасного обслуживания электроустановок в соответствии с действующими правилами и нормативно-техническими документами (далее – ответственный за электрохозяйство) и утверждается руководителем организации или руководителем обособленного подразделения.

#### 11.5 Требования к производственному освещению

11.5.1 Помещение, в котором расположен металлорежущий станок имеет совмещенное освещение. Нормированные значения освещенности соответствуют приведенным в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

11.5.2 Искусственное освещение в помещении со станком по своему назначению делится на два вида такие как:

- общее, предназначенное для освещения всего рабочего помещения;
- комбинированное, когда к общему освещению добавляется местное освещение, концентрирующее световой поток непосредственно на рабочем месте. Станок оснащается люминесцентными светильниками белого света, обеспечивающими освещенность 2000 лк, согласно требованиям ГОСТ 12.2.009-99. Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности.

#### 11.6 Обеспечение пожарной безопасности

11.6.1 Согласно СНиП II – М.2 – 72. Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования. Рассматриваемый участок относится к помещениям категории В пожароопасное.

					ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

11.6.2 Для пожарной безопасности проводятся следующие мероприятия:

1) отвод паров СОЖ;

2) в цехе установлена система оповещения о пожаре:

– датчики (дымовые, температурные);

– извещатели.

3) Достаточное количество и достаточная ширина проходов в цехе, ширины дверей и выхода из цеха (два выхода);

4) Для очага возгорания в цехе имеются огнетушители.

### 11.7 Безопасность производственных процессов и оборудования

Безопасность производственного оборудования – это свойство производственного оборудования соответствовать требованиям безопасности труда при монтаже (демонтаже) и эксплуатации в условиях, установленных нормативной документацией.

11.7.1 Общие требования безопасности производственного оборудования определены ГОСТом 122003-91. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. Согласно данного нормативного документа безопасность металлообрабатывающего станка достигается:

1) устойчивой конструкцией станка, исключающей преднамеренное опрокидывание, падение или смещение станка и его узлов;

2) использованием устройства, обеспечивающего отключение привода главного движения не ранее отключения привода подачи;

3) путем применение встроенного предохранительного устройства, действующего автоматически на отключение привода подачи при перегрузке;

4) ограждением защитными кожухами вращающихся частей станка;

5) установкой на станке табличек с предупреждающими надписями.

					ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

11.7.2 Безопасность производственного процесса – это свойство производственного процесса соответствовать требованиям безопасности труда при проведении его в условиях, установленных нормативной документацией.

В соответствии с ГОСТом 123002 – 75 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности. Безопасность производственных процессов обеспечивается:

- 1) правильным выбором технологического процесса с помощью технологической карты обрабатываемых деталей, рабочих операций и по металлообработке детали;
- 2) применением индивидуальных средств защиты работником (каска, очки, перчатки, диэлектрический коврик);
- 3) расположением органов управления станка вдали от зоны обработки;
- 4) профессиональным обучением работника;
- 5) проведение инструктажей;
- 6) обучению безопасным приемам выполнения работ, связанных с установкой заготовки детали на станок.

## 11.8 Требования эргономики и производственной эстетики

Неотъемлемой частью проектирования производственного оборудования и организации производственной среды является соблюдение требований эргономики и технической эстетики.

11.8.1 Рабочее место обеспечивает возможность удобного выполнения работ в положении сидя или стоя или в положениях и сидя, и стоя. Это обеспечивается благодаря регулирующемуся по высоте пульте управления станком. При выборе положения органов управления станком учтены:

- а) размеры рабочей зоны и необходимость передвижения в ней работающего в процессе обработки детали;

					ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

б) технологические особенности процесса выполнения работ (требуемая точность действий, характер чередования по времени пассивного наблюдения и физических действий, необходимость ведения записей и др.).

11.8.2 Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать ГОСТ12.2.032 – 78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. В положении стоя – ГОСТ12.2.033 – 78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.

11.8.3 Конструкция органов управления учитывает:

а) сконструированы так, что исключают возможность их произвольного перемещения;

б) размещены относительно корпуса станка с учетом требуемых усилий для перемещения, последовательности и частоты пользования, а также значимости функций;

в) выполнены таким образом, чтобы их форма, размеры и поверхности контакта соответствовали способу захвата кистью руки;

г) выполнены таким образом, чтобы исключить возможность скопления на них стружки и других отходов;

д) снабжены четко выполненными знаками и надписями, однозначно определяющими назначение органов управления и обеспечивающими возможность прочтения на расстоянии не менее 500 мм.

11.8.4 Основными визуальными эргономическими параметрами являются: яркость изображения, внешняя освещенность экрана, угловой размер знака, угол наблюдения экрана. На станке установлена сенсорная панель марки SIEMENS TOUCH с разрешающей способностью точек 320 X 240, цветностью 256 цветов и остальными параметрами соответствующими таблице 10.1.

					ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

11.8.5 Требования к основным визуальным эргономическим параметрам представлены в таблице 10.1

Таблица 11.1 – обязательные требования к визуальным параметрам.

Наименование параметра	Диапазон значений параметра
Яркость знака (яркость фона), кд/м	10-150
Внешняя освещенность экрана, лк	100-500
Угловой размер знака, ...'	16-60
Угол наблюдения, °, не более	плюс 40° от нормали к любой точке экрана дисплея

## 12 ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЕКТА

### 12.1 Введение в экономическую часть

Обоснование использования частотного привода в механизме привода подачи станка, расчет себестоимости, экономическая эффективность.

В природе существует два типа электрических машин: машины постоянного тока и машины переменного тока.

В свою очередь, машины переменного тока делятся на синхронные и асинхронные. Каждый тип электрических машин имеет ряд недостатков и достоинств. Так, например, машины постоянного тока просты в организации управления, но наличие коллектора ограничивает область их применения, способствует удорожанию машин и трудности в эксплуатации. В свою очередь, машины переменного тока дешевле и проще в эксплуатации. Особенно асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, но значительно усложняется система управления. Они малогабаритны и поддерживают высокую точность привода, обеспечивая большие диапазоны регулирования.

Таким образом, одной из важнейших задач теории и практики электропривода можно отнести задачу расширения области применения частотно-регулируемого электропривода. Такой способ регулирования совмещает в себе положительные качества, такие как высокая надежность, большой срок службы, высокое качество регулирования. Кроме того, имеется принципиальная возможность выполнения на широкий диапазон мощностей, частот вращения и напряжений.

Разрабатываемый в дипломном проекте частотно-регулируемый электропривод удовлетворяет всем техническим требованиям, которые к нему предъявляются. Кроме того, по сравнению со старыми релейно-контакторными схемами управления, данный частотно-регулируемый электропривод имеет ряд преимуществ:

					ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

а) экономия электроэнергии (в релейно-контакторной схеме управление происходит изменением сопротивления ротора, что вызывает больше потерь электроэнергии чем при частотном управлении, кроме того в современных частотно-регулируемых приводах есть функция энергосбережения (снижение напряжения при уменьшении нагрузки));

б) плавный пуск /останов (увеличивает срок службы оборудования, а так же, в свою очередь, уменьшаются затраты на обслуживание оборудования (смена тросов, обслуживание контактов и др.));

в) возможность простого изменения параметров настройки привода (времени пуска/ останова, автоматическая настройка параметров двигателя при установке основных параметров, автоматическая настройка контура тока и др.);

д) возможность программирования;

е) возможность управления через последовательный интерфейс;

ж) малые габариты.

Для оптимизации планирования и управления сложными разветвленными комплексами работ, требующих участия большого числа исполнителей и затрат ограниченных ресурсов широко и успешно применяют сетевые методы планирования.

Комплекс работ сетевого графика включает перечень работ, необходимых для разработки частотно - регулируемого привода.

## 12.2 Экономические показатели проекта

Для определения экономических показателей и определения экономической эффективности воспользуемся методом сетевого планирования. Для начала составим индивидуальный перечень работ. Перечень работ представлен в таблице 12.1

					ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64



Таблица 12.1 – Перечень, параметры и характеристики работ

Наименование работы	Продолжительность, дн.			Исполнители	
	Мин.	Макс.	Ожид.	Рук.	Инж.
1. Получение и анализ задания на разработку.	1	3	2	1	1
2. Подбор литературы по станочному оборудованию.	2	5	3	-	1
3. Анализ литературы (выявление аналогов и эффективных технических решений).	2	3	2	-	1
4. Выявление аналогов, изготовленных в натуре (в металле).	2	4	3	-	2
5. Анализ аналогов и выбор прототипа.	1	3	2	-	2
6. Проведение маркетинговых исследований.	1	2	1	-	1
7. Расчет показателей экономической эффективности проекта.	2	4	3	1	1
8. Разработка технических предложений по модернизации прототипа и разработке нового прибора. Согласование с заказчиком.	4	6	5	-	2
9. Изучение условий и режимов эксплуатации разрабатываемого (модернизируемого) прибора.	2	4	3	-	2
10. Разработка мероприятий по БЖД.	5	8	6	1	1
11. Доработка модели прототипа в соответствии с предложениями по его модернизации.	4	8	6	-	2
12. Расчет и выбор оборудования.	3	7	5	-	2

Продолжение таблицы 12.1

Наименование работы	Продолжительность, дн.			Исполнители	
	Мин.	Макс.	Ожид.	Рук.	Инж.
13. Выбор параметров системы управления.	2	4	3	-	2
14. Разработка функциональной схемы.	3	6	4	-	2
15. Разработка принципиальной схемы.	3	7	5	-	2
16. Разработка монтажной схемы.	2	5	3	-	2
17. Утверждение технологической документации на изготовление.	1	3	2	1	1
18. Составление заявки, закупка и получение комплектующих.	7	14	10	1	1
19. Монтаж и регулировка электродвигателей.	2	5	3	-	2
20. Монтаж силового оборудования.	2	4	3	-	2
21. Монтаж элементов системы управления.	3	5	4	-	2
22. Наладка преобразователей.	1	3	2	-	1
23. Наладка элементов системы управления.	1	3	2	-	2
24. Экспериментальные исследования и испытания.	3	7	5	-	2
25. Сдача объекта в эксплуатацию.	2	3	2	1	1

### 12.3 Расчёт ожидаемой продолжительности выполнения работ

Ожидаемая продолжительность работы  $t_{ijож}$  в сетевом графике рассчитывается по принятой двухоценочной методике, исходя из минимальной  $t_{ijмин}$  и максимальной  $t_{ijмакс}$  оценок продолжительности, задаваемых ответственным исполнителем каждой работы. При этом предполагается, что минимальная оценка соответствует наиболее благоприятным условиям работы, а максимальная – наиболее неблагоприятным. Ожидаемая продолжительность каждой работы определяется по формуле:

$$t_{ijож} = 0,6 \cdot t_{ijмин} + 0,4 \cdot t_{ijмакс} \quad (24)$$

Результаты внесем в таблицу 11.1 для дальнейших расчетов

### 12.4 Расчёт трудоёмкости работ

Для расчёта приведённой инженерной численности необходимо вначале рассчитать коэффициент перерасчёта  $K_k$  численности работающих k-ой категории в инженерах численность, равный отношению средней заработной платы работающих k-ой категории к средней заработной плате инженеров  $Z_{инж}$ . Должностные оклады технологического персонала приведены в таблице 14.

Коэффициент перерасчёта для инженеров  $k_{инж} = 1$ , для научных сотрудников он будет 1,5. Найдя приведённую численность работы  $Ч_{ij}$ , определяем приведённую к инженеро – дням трудоёмкость работы  $T_{ij}$  умножением приведённой численности на ожидаемую продолжительность  $t_{ij}$ . Результаты внесем в таблицу 12.4.

Таблица 12.2 – Должностные оклады технологического персонала

Категория персонала	Месячный должностной оклад, руб/мес
Руководитель	45000
Инженеры	35000

### 12.5 Расчёт сметной стоимости работ

Сметную стоимость работы можно упрощённо подсчитать, зная её приведённую трудоёмкость в инженеро – днях и среднюю стоимость одного инженеро – дня,  $C_{дн}$ .

Определим приведенную численность работников по формуле:

$$r_1 = \sum n_i \cdot k_i, \quad (25)$$

где  $n_i$  – количество работников соответствующей категории, чел.;

$k_i$  – коэффициент пересчета численности работников соответствующей категории.

$$r_1 = 1 \cdot 1,5 + 1 \cdot 1,0 = 2,5 \text{ прив. (усл.) инж.}$$

Определяем приведенную трудоемкость по формуле:

$$T_1 = r_1 \cdot t_{ож}; \quad (26)$$

$$T_1 = 2,5 \cdot 2 = 5 \text{ инж. дней.}$$

И так для каждой работы. Результаты внесем в таблицу 11.4

Определим среднедневную заработную плату инженера. Она состоит из основной заработной платы, которая составляет  $Z_{осн} = 35000$  и дополнительной, которая определяется выражением:

$$Z_{доп} = (0,1 \dots 0,12) Z_{осн} = 0,12 \cdot 35000 = 4200 \text{ руб.} \quad (27)$$

Таблица 12.3 – Статьи затрат на проведение работ

Наименование	Руб.
Единый социальный налог 0,3 ( $Z_{\text{осн}}+Z_{\text{доп}}$ )	11760
Стоимость материалов и покупных изделий, $C_{\text{м.}}$ (0,15...0,75) $Z_{\text{осн}}$	10500
Накладные расходы, $H_{\text{р.}}$ (0,45...0,85) $Z_{\text{осн}}$	17500
Командировочные расходы, $K_{\text{р.}}$ (0,15...0,2) $Z_{\text{осн}}$	7000
Стоимость оборудования и приборов, $C_{\text{о.}}$ (0,4...0,6) $Z_{\text{осн}}$	17500
Итого:	64260

Среднедневная заработная плата одного инженера рассчитывается, делением среднемесячной заработной платы одного инженера (основной и дополнительной) на среднее число рабочих дней в месяце, установленное в законодательном порядке (22).

$$C_{\text{Дзп}} = 35000 + 4200 / 22 = 1782 \text{ руб./день.}$$

Определим среднедневные прочие затраты по формуле:

$$C_{\text{Дпз}} = \frac{\sum \text{проч.затр.}}{22}; \quad (28)$$

$$C_{\text{Дпз}} = \frac{64260}{22} = 2921 \text{ руб./день.}$$

Стоимость одного инженеро – дня найдём по формуле:

$$C_{\text{Дид}} = C_{\text{Дзп}} + C_{\text{Дпз.}};$$

$$C_{\text{Дид}} = 1782 + 2921 = 4703 \text{ руб./день.}$$

Результаты расчетов для каждой работы сводим в таблицу 11.4

Таблица 12.4 – Трудоёмкость и сметная стоимость работ

№ работы	Ожидаемая продолж., дн.	Категория персонала, чел.		Приведённая численность, инж.	Приведенная трудоемкость, инж-дн.	Сметная стоимость работы, руб.
		Рук.	Инж.			
1	2	1	1	2,5	5	23515
2	3	-	1	1	3	14109
3	2	-	1	1	2	9406
4	3	-	2	2	6	28218
5	2	-	2	2	4	18812
6	1	-	1	1	1	4703
7	3	1	1	2,5	7,5	35272,5
8	5	-	2	2	10	47030
9	3	-	2	2	6	28218
10	6	-	1	1	6	28218
11	6	-	2	2	12	56436
12	5	-	2	2	10	47030
13	3	-	2	2	6	28218
14	4	-	2	2	8	37624
15	5	-	2	2	10	47030
16	3	-	2	2	6	28218
17	2	1	1	2,5	5	23515
18	10	1	1	2,5	25	117575
19	3	-	2	2	6	28218
20	3	-	2	2	6	28218

Продолжение таблицы 12.4

№ работы	Ожидаемая продолж., дн.	Категория персонала, чел.		Приведённая численность, инж.	Приведенная трудоемкость, инж-дн.	Сметная стоимость работы, руб.
		Рук.	Инженер			
21	4	-	2	2	8	37624
22	2	-	1	1	2	9406
23	2	-	2	2	4	18812
24	5	-	2	2	10	47030
25	2	1	1	2,5	5	23515
Итого:						815970,5

12.6 Расчет окупаемости проекта

Определим суммарные затраты на проект как сумму затрат на проектирование (суммарная сметная стоимость проектирования), затрат на внедрение проекта и затраты на производство готовой продукции.

Таблица 12.5 – Стоимость оборудования

Наименование оборудования силовой части	Кол – во, шт.	Цена, руб.
Контроллер <i>Simatic S7-300</i> фирмы <i>Siemens</i>	1	53927
Модуль ввода SM321	1	14436
Модуль сввода SM322	1	20025
Светосигнальная арматура СКЛ14	7	53
Реле Finder	4	450
Реле перегрузки РТЛ-1010-2	1	582

Продолжение таблицы 12.5

Наименование оборудования силовой части	Кол – во, шт.	Цена, руб.
Контактор ПМЛ-1100М-10А	1	421
Контактор ПМЛ-1500М-10А	1	1263
Электродвигатель 4АХ71В4 0,75 кВт 1370 об/мин	1	2105
Электродвигатель АИРС100S4 3,2 кВт 1400 об/мин	1	12251
Электродвигатель АДЧР 90L4	1	45790
Электродвигатель АИР132М2	1	9663
Потенциометр MRT25W	2	835
Выключатель ВК22-ВА25-22	10	123
Выкл. автоматический ВА47-29	8	242
Выкл. путевые ВП15К21А–291–54У2.8-КЭАЗ	6	380
Выкл. путевые ВПК-2010Б-УХЛ4-КЭАЗ	3	130
Блок питания RS-75-12 MEANWELL, 12В, 6А	1	1520
Блок питания PS 307, 5А, Siemens	1	12946
Преобразователь частоты VFD 022С43А	1	46238
Преобразователь частоты VFD110Е43А	1	60402
Итого:		291246

Рассчитаем затраты на внедрение проекта:

$$Z_{\text{вн}} = Z_{\text{м}} + Z_{\text{з/п}} \quad (29)$$

где  $Z_{\text{з/п}}$  можно принять 30% от  $Z_{\text{м}}$ .

$$Z_{\text{вн}} = 291246 + 87374 = 378620 \text{ руб.}$$

Рассчитаем затраты на разработку, внедрение и реализацию проекта:

$$Z_{\text{сум}} = Z_{\text{пр}} + Z_{\text{вн}} + Z_{\text{ип}} \quad (30)$$

Затраты на производство готовой продукции примем как 50 % от дохода за месяц:

$$Z_{\text{сум}} = 815970,5 + 378620 + 1408000 = 2602590,5 \text{ руб.}$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ					72



Для расчета срока окупаемости нам понадобится величина дохода от внедрения. По данным производства, в среднем, за месяц производится 44 тонн деталей по средней цене 64500 рублей за тонну.

$$D = P * Q, \quad (31)$$

где  $P$  – цена 1 тонны металла;

$Q$  – количество тонн металла.

$$D = 64500 \times 44 = 2838000 \text{ руб/1 месяц}$$

$$D_{12} = 2838000 \times 12 = 34056000 \text{ руб/1 год}$$

Так как проектируемый механизм не является единственным, то мы не можем взять всю сумму дохода. Поэтому берем 5% от годового дохода цеха.

Определим срок окупаемости проекта. Для этого из дохода (5%) вычтем суммарные затраты на проект, т.е. определим экономический эффект первого года:

$$\mathcal{E} = D - Z_{\text{сум}}. \quad (32)$$

$$\mathcal{E}_1 = 1702800 - 2602590,5 = -899790,5 \text{ руб};$$

$$\mathcal{E}_2 = 1702800 - 899790,5 = 803009,5 \text{ руб}.$$

Из расчета видно, что проект окупился во втором году.  $T_{\text{ок}} = 1,5$  года.

Экономическая эффективность за 2 год составит 803009,5 руб.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем дипломном проекте выполнена модернизация электрооборудования расточного станка. В ходе выполнения проекта был сделан расчет мощности электродвигателя механизмов подачи, который показал что выбранный электродвигатель проходит проверку по условиям нагрева и производительности. Выбранные преобразовательные агрегаты фирмы DELTA ELECTRONICS полностью удовлетворяют технические требования по точности поддержания скорости, за счет применения в качестве датчика обратной скорости импульсного энкодера и работе преобразователей в режиме трансвекторного управления. В англоязычной литературе этот способ управления двигателем называется *field – oriented control (FOC)*, т. е. управление с ориентацией по полю.

Разработанный алгоритм системы автоматизации обеспечивает безопасную эксплуатацию станка и исключает возможность работы в аварийных ситуациях путем реализации блокировок как программным способом так и аппаратным. Применение ПЛК марки SIEMENS повышает надежность работы автоматической системы управления механизмами станка. Применение в качестве защитной аппаратуры автоматических выключателей, вместо плавких предохранителей, обеспечило большее быстродействие и надежность работы защитных цепей. В результате модернизации была повышена производительность работы на станке и сокращены затраты на техническое обслуживание, за счет замены двигателей постоянного тока на асинхронные с короткозамкнутым ротором.

После внедрения настоящего проекта заказчик получает наиболее производительный, точный, надежный в работе и оснащенный современным электрооборудованием металлообрабатывающий станок. При этом затраты на внедрение проекта несравнимо малы в соотношении с покупкой нового станка. Срок окупаемости проекта составил 1,5 года, а экономическая эффективность достигла 803009,5 рублей.

					ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

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

2 Белов, М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: Учебник для студентов высших учебных заведений / М.П. Белов, В.А. Новиков, Л. Н. Рассудов – 3-е издание, исправленное – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 576 с.

3 ГОСТ Р 12.0.010-2009. Издания. Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков. – М.: Стандартинформ, 2011. – 21 с.

4 ГОСТ 12.2.009-99. Издания. Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности. – М.: Стандартинформ, 2006. – 37 с.

5 Драчев, Г.И. Теория электропривода: Учебное пособие. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2005. Часть 1. – 209 с.

6 Двигатели АДЧР: Технический каталог. – Владимир: Издательство ВЭМЗ – Спектр, 2015. – 59 с.

7 Митин, Г.П. Условные обозначения в отечественных и зарубежных электрических схемах. – М.: Изумруд, 2003. – 224 с.

8 Нестеров, А.С. Методические указания к проведению лабораторных работ на лабораторном комплексе «Средства автоматизации и управления *SIEMENS* «САУ-МАКС- *SIEMENS*». – Челябинск: «Учтех-Профи», 2013. – 100 с.

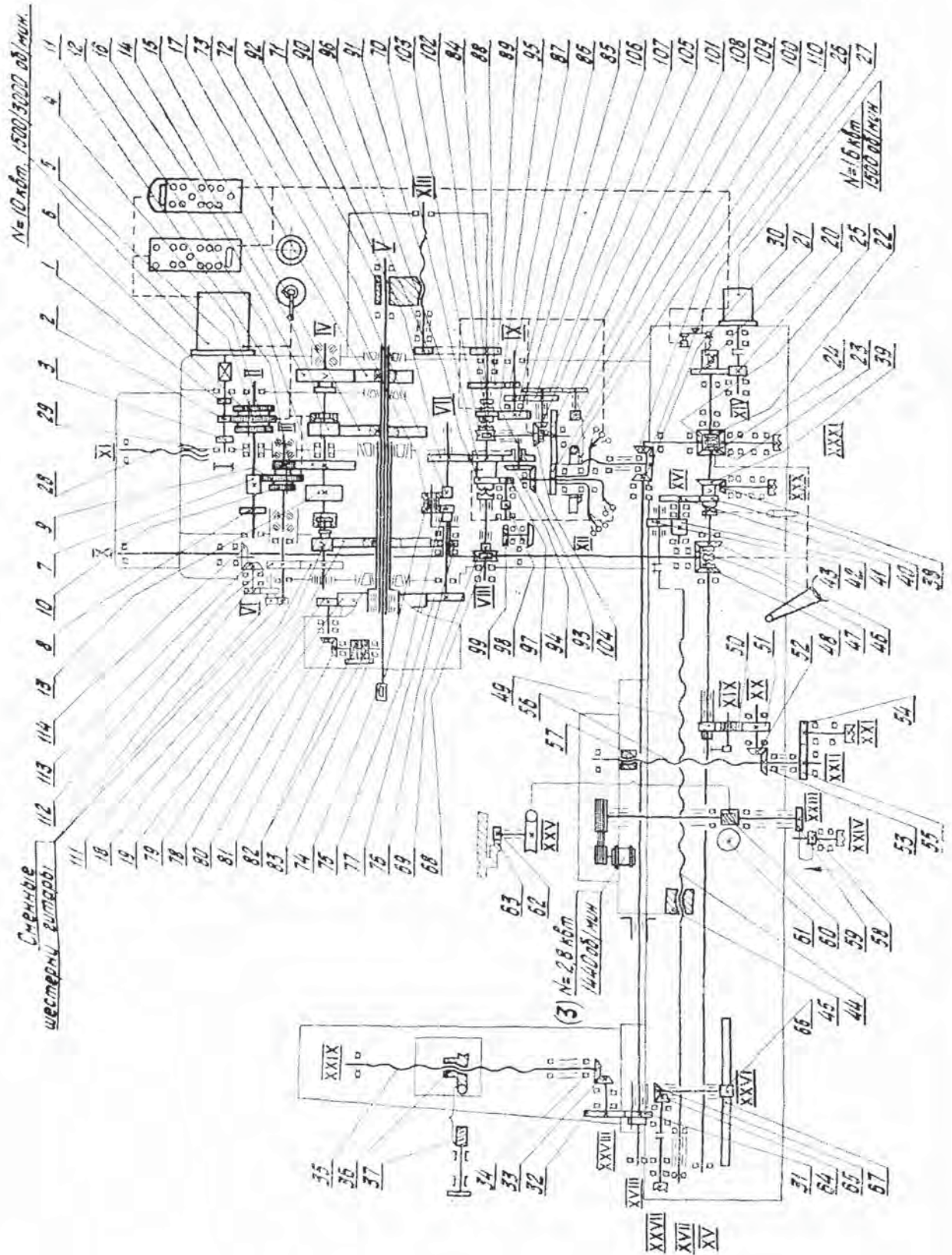
9 Электронный каталог. Преобразователи частоты. – <http://www.delta-electronics.info>.

10 Электронный каталог. Контроллеры SIMATIC S7 – 300/400. – <http://adventa.su/price-list-simatic-S7-300/400>.

						ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			75

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

## Кинематическая схема механизмов расточного станка 2620



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-140604.2016.084.01ПЗ

Лист

76