МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт
Факультет механико-технологический
Кафедра «Технологические процессы и автоматизация машиностроительного производства»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____С.В. Сергеев
_____2017 г.

РОБОТИЗИРОВАННЫЙ СТАНОЧНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 15.03.04.2017.089.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты
Безопасность жизнедеятельности,
Зав. кафедрой МАЭ
_____В.Г. Некрутов
_____2017 г.

Руководитель проекта,
Зав. кафедрой
_____С.В. Сергеев
_____2017 г.

Автор проекта
студент группы ДО-550
_____Е.А Бердникова
_____2017 г.

.

Нормоконтролер
доцент
_____Ю.С. Сергеев
_____2017 г.

Челябинск 2017 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 6
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ 8
1.1 Обзор существующих компоновок РТК 11
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ 14
2.1 Деталь представитель 14
2.2 Выбор прототипа робота 14
2.3 Техническая характеристика и возможности робота «Универсал-5.02» 15
2.4 Описание схем промышленного робота «Универсал -5.02» 17
2.5 Компоновка системы загрузки с промышленным роботом 17
2.6 Циклограмма и алгоритм обслуживания плоскошлифовального станка модели 3Л722ВФ2 18
3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ 21
3.1 Расчёт схвата 21
3.2 Расчёт системы управления манипулятором 24
3.3 Транспортно-накопительное устройства 33
3.4 Разработка кинематической схемы 35
3.5 Разработка пневматической схемы 36
3.6 Разработка электрической схемы 38
3.7 Разработка электрической системы управления 39
3.8 Программирование контроллеров FEC COMPACT 41
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ 43
4.1 Обеспечение безопасных условий труда на автоматизированном станке 43
4.2 Расчет защитного зануления 47
4.3 Мероприятия по уменьшению последствий землетрясений 50
4.4 Расчет местной вытяжной вентиляции 52
5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ 56
5.1 Общие сведения 56
5.2 Оценка экономической эффективности 56
5.3 Расчет вспомогательных показателей 57
5.4 Расчёт суммы капитальных вложений по сравниваемым вариантам 59
5.5 Расчет отдельных статей себестоимости 60
5.6 Обоснование экономической эффективности внедрения автоматизированного комплекса 61
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 64
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 65

ВВЕДЕНИЕ

Основным направлением развития машиностроения является увеличение выпуска продукции и рост её качества при одновременном снижении трудовых затрат. Это обеспечивается путём совершенствования существующих и внедрения новых видов оборудования и технологических процессов, средств их механизации и автоматизации, а также улучшения организации и управления производством.

Работа над созданием и усовершенствованием средств автоматизации должна развиваться в двух направлениях: создание средств автоматизации выпускаемого и действующего в настоящее время оборудования с целью повышения его эффективности; создание новых автоматизированных технологических комплексов, где указаны вопросы повышения производительности, надёжности, точности выполнения работ, а также уровня автоматизации операций с необходимой и экономически оправданной гибкостью для быстрой переналадки с целью адаптации к изменяющимся производственным условиям.

Уровень и способы автоматизации зависят от вида производства, его серийности, оснащённости техническими средствами.

Эффективность автоматизации за счёт применения робототехники может быть достигнута только при комплексном подходе к созданию и внедрению промышленных роботов (ПР), обрабатывающего оборудования, средств управления, вспомогательных механизмов и устройств и т.п. Производить значительный объём организационно-технических мероприятий ради единичного применения ПР в составе сложных роботизированных систем будет оправдано технически, экономически и социально. По сравнению с традиционными средствами автоматизации применение ПР обеспечивает большую гибкость технических и организационных решений, снижение сроков комплектации и запуска в производство гибких автоматизированных систем. По предварительным данным, обеспечение автоматической установки и снятия деталей на станках с помощью ПР позволяет рабочему обслужить от четырёх до восьми металлорежущих станков. Тем самым промышленные роботы необходимо рассматривать и как важный фактор обеспечения многостаночного обслуживания, а значит, и экономии рабочей силы. Наибольший экономический эффект может быть достигнут при обслуживании роботом нескольких станков, при обеспечении двух и трёхсменной работы оборудования.

С экономическими вопросами, возникающими при применении промышленных роботов, тесно связан и социальный аспект их использования. При установлении целесообразности применения роботов в том или ином случае (особенно при необходимости замены рабочего для выполнения работ на участках с опасными, вредными для здоровья условиями труда) на первое место должны выдвигаться интересы человека, его безопасности и удобства работы. Надо учитывать и фактор непрерывного роста уровня общеобразовательной и специальной подготовки трудящихся в нашей стране.

Промышленные роботы должны освободить человека от выполнения механической работы, скомпенсировать всё возрастающую потребность в низкоквалифицированном труде.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка автоматизированного комплекса на базе плоскошлифовального станка.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Достичь эффективности автоматизации;
- Обеспечить большую гибкость технических и организационных решений;
- Обеспечить многостаночное обслуживание;
- Рассмотреть вопросы безопасности и удобства работы человека;
- Освободить человека от выполнения механической работы.

Объект – плоскошлифовальный станок модели 3Л722ВФ2.

Предмет – система управления автоматизированным комплексом.

1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

Промышленный робот – автономное устройство, состоящее из механического манипулятора и перепрограммируемой системы управления, которое применяется для перемещения объектов в пространстве и для выполнения различных производственных процессов.

Промышленные роботы являются важными компонентами автоматизированных гибких производственных систем (ГПС), которые позволяют увеличить производительность труда.

Робот может управляться оператором, либо работать по заранее составленной программе. Использование роботов позволяет облегчить или вовсе заменить человеческий труд на производстве, в строительстве, при рутинной работе, при работе с тяжёлыми грузами, вредными материалами, а также в других тяжёлых или небезопасных для человека условиях.

Появление станков с числовым программным управлением (ЧПУ) привело к созданию программируемых манипуляторов для разнообразных операций по загрузке и разгрузке станков. Появление в 70-х гг. микропроцессорных систем управления и замена специализированных устройств управления на программируемые контролеры позволили снизить стоимость роботов в три раза, сделав рентабельным их массовое внедрение в промышленности. Этому способствовали объективные предпосылки развития промышленного производства.

Тысячи компаний по всему миру в настоящее время делают серьёзный упор на использование роботов в своём производстве, Россия тоже пытается не отставать и отмечающийся в последние годы рост экономики России, сопровождается активным внедрением новых технологий. Эффективное и конкурентоспособное промышленное предприятие в условиях современного рынка должно постоянно модернизировать своё производство, внедрять новые технологии, производить исследовательские работы. В таких условиях маркетинговые исследования необходимы не только управленческому, но и инженерному персоналу для выработки новых технологий и контроля деятельности компаний конкурентов. Улучшить любое производство можно за счёт применения новейших технологий.

Например, это возможно благодаря внедрению в технологическую цепочку роботизированных систем, которые в полном автоматическом режиме могут выполнять основные технологические и вспомогательные работы. Наблюдается тенденция увеличения парку роботов в современном промышленном производстве, которая обусловлена рядом объективных факторов. Как правило, это не только стремление к повышению производительности труда, но и насущной необходимостью обеспечить высокое качество продукции и стабильность этого показателя при больших партиях или при частых изменениях объектов производства и потребительского рынка.

Ярким примером применения промышленных роботов является «АвтоВАЗ». Где роботы выполняют такие операции как, загрузка – разгрузка, литьё, сварка, обработка резанием, сборка, покраска. Кроме того, на «АвтоВАЗе» есть подразделение (ПТОО), задачами которого являются разработка и изготовление

универсальных промышленных роботов, роботизированных технологических комплексов, автоматических сварочных линий и сварочной оснастки, металлорежущего оборудования, пресс-форм и штампов. Всего ПТОО изготовило и поставило в составе новых и модернизированных автоматических линий более 1,5 тысячи роботов различных модификаций. Наибольшее применение получили разработанные роботы TUR – универсальное промышленное оборудование, которое можно применять при различных технологических операциях: сварке, нанесении клеев и герметиков, транспортирования грузов, лазерной и плазменной резке. Отличительная особенность новых машин - система управления отечественной разработки с математикой, доступной для развития различных технологических функций и инструментальных баз. Это облегчает подготовку роботов к эксплуатации и существенно расширяет возможности оборудования. Например, промышленный робот TUR – 150, приведённый в соответствии с рисунком 1.1, фрезерующий детали сложной конфигурации, таких как бампера автомобилей.

Рисунок 1.1 – Промышленный робот TUR – 150

Основными производителями промышленных роботов в России являются: «АвтоВАЗ», Kvadrat SG, ЗАО «Линсия», ООО «Робокон/ROBOKON». В мировой доле производства роботов Россия занимает 7 место.

Страной, где промышленные роботы применяются наиболее широко, является Япония – признанный лидер в области робототехники. Что интересно, по числу применяемых промышленных роботов Япония опережает даже США, страну, обладающую наибольшим мировым ВВП – причём почти в три раза. Также Япония активно производит и экспортирует роботы, причём по экспорту промышленных роботов она также занимает первое место. Возможно, именно активное применение новейших технологий в промышленности в послевоенные годы и позволили Японии войти в элиту мировой экономики, в число семи наиболее промышленно развитых стран мира. И важнейшим элементом этой новой промышленной политики стало широкое и повсеместное использование промышленных роботов.

Одними из ведущих мировых производителей промышленных роботов являются компании:

- Kawasaki – мировой лидер в производстве промышленных роботов, на протяжении многих десятилетий задаёт темп развития мировому роботостроению.

В соответствии с рисунком 1.2 представлен промышленный робот Kawasaki FS 02N.

Рисунок 1.2 – Промышленный робот Kawasaki FS 02N

– Mitsubishi Electrik, выпускающая роботы под маркой MELFA с грузоподъёмностью от 1 до 12 кг.

Промышленные роботы – это устройства, обеспечивающие автоматизацию таких технологических операций, которые невозможно автоматизировать традиционными методами. Поэтому их следует считать необходимым компонентом комплексной автоматизации производства.

Шестикоординатные подвесные роботы FANUC серии M-120iB/T, представлены в соответствии с рисунком 1.3, разработаны для перемещения деталей и материалов. Кроме того, с помощью роботов M-120iB/T можно производить последующую обработку изделий, с целью повышения их характеристик. Роботы созданы для произведения точных, высокоскоростных операций, просты в установке и крайне надежны. Модели M-120iB/20T и M-120iB/10LT идеально подходят для манипулирования легкими предметами и предметами средней массы.

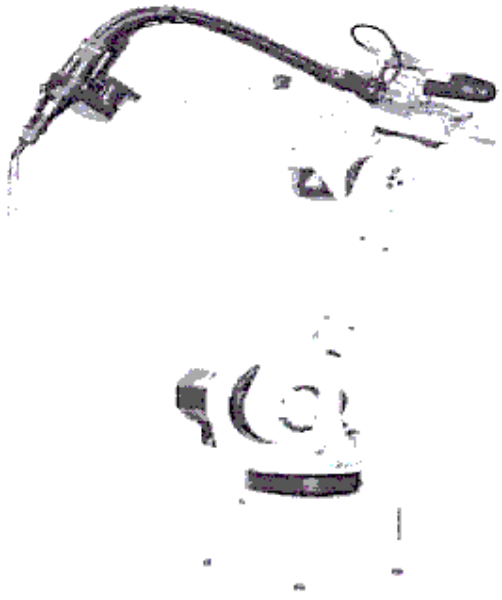

Рисунок 1.3 – Роботы FANUC серии M-120iB/T

Количество осей: 6
Максимальная грузподъемность: 20 кг
Радиус действия: 1517 мм
Точность позиционирования: 0,08 мм
Масса: 135 кг
Угловая скорость J3: 175
Угловая скорость J4: 350
Область применения: перемещение деталей, handling: 1
Модель робота: Arc Mate 120iB/20T
Момент силы J6: 19.6
Момент инерции J6: 0.25

1.1 Обзор существующих компоновок РТК

В общем случае в РТК входит следующее оборудование: основные и вспомогательные ПР, основное и вспомогательное (выполняющее транспортные функции, функции накопления и хранения заготовок) технологическое оборудование; специальное оборудование типа контрольно-измерительных устройств, установок для размагничивания, клеймения и т.д.; системы автоматики РТК.

Надежность функционирования РТК оценивают путем нахождения комплексного показателя надежности – коэффициента технического использования РТК, определяемого с учетом собственных простоев входящего в его состав основного и вспомогательного оборудования. Для РТК механической обработки коэффициент технического использования равен 0,8 – 0,85.

В РТК можно включить оборудование, работающее с полной автоматизацией цикла и требующее мало времени на переналадку. Оборудование должно обеспечивать высокий уровень концентрации и совмещения переходов обработки. Наиболее полно этим требованиям удовлетворяют станки с ЧПУ. Для повышения надежности РТК необходимо обеспечить автоматизацию контроля в процессе обработки, автоматизацию подачи смазочно-охлаждающих сред в зону резания, автоматическую смену инструмента. На станках должна быть предусмотрена надежная система дробления стружки и удаления ее активным или пассивным способом.

Компоновки и параметры рабочей зоны станков, конструкции приспособлений должны обеспечивать свободный доступ руки ПР для установки и снятия заготовки. Станки должны оснащаться вспомогательными приспособлениями, компенсирующие низкие технологические возможности существующих ПР: приспособлениями для предварительного базирования заготовки, для досылки заготовок до технологических баз приспособлений. Все перемещающиеся при работе узлы станков, связанные с функционированием ПР (пиноль задней бабки, суппорты, ограждения, устройства для предварительного базирования заготовок и т.п.), должны оснащаться датчиками, фиксирующими их конечное положение.

Технологическая оснастка должна обеспечивать заданную точность установки заготовок, несмотря на то, что ПР подаст заготовку в зону установки, ори-

ентированную в недостаточной степени. В конструкции технологической оснастки предусматривают датчики, обеспечивающие закрепление заготовки только после поступления команды о ее правильном расположении в приспособлении. При обработке несимметричных заготовок оборудование должно обеспечивать останов шпинделя в заданном положении. Рабочая зона РТК должна быть защищена от стружки и брызг смазывающе-охлаждающей жидкости. Станки, при работе которых в течение смены образуется более 30кг стружки, должны снабжаться автоматически действующими конвейерами для ее удаления. Если при работе образуется менее 30кг стружки, то станки должны снабжаться тарой для ее приема.

При применении патронных станков необходимо обеспечить поджим заготовки к базам приспособления. Это осуществляется установкой толкателей на подвижных узлах станка или соответствующей конструкцией захватного устройства. При расстановке оборудования необходимо обеспечить возможность подхода рабочего к станку для наблюдения за работой и вмешательства в процесс загрузки или работы станка.

Для станков сверлильной и фрезерной групп предусматривают загрузку и выгрузку деталей в определенном положении стола, исключающем возможность касания захватного устройства или заготовки с режущими кромками инструмента. Для РТК, включающего шлифовальные станки, необходимо предусмотреть возможность полной автоматизации закрепления заготовок и активного контроля параметров обрабатываемой детали.

Совместная работа ПР и технологического оборудования должна быть обеспечена согласованием работы системы программного управления ПР и электроавтоматики станка. К функции электроавтоматики станка по обеспечению рабочего цикла должна добавиться функция осуществления диалога между ПР и станком. Реализация диалога должна осуществляться посредством прямых и обратных команд (прямых – от ПР к станку и на зажим и разжим заготовки, включение станка и т.д.; обратных – от станка к ПР о выполнении команд, получаемых от ПР).

Металлорежущее оборудование должно быть снабжено устройствами, блокирующими его работу при открытых защитных устройствах зоны резания и незакрепленной или неправильно закрепленной заготовке.

Станки должны иметь блокировку, допускающую перемещения элементов при отсутствии вращения заготовки и при исходном положении инструмента.

На базе одних и тех же моделей станков могут создаваться РТК различных компоновок, комплектуемые ПР, обладающими различными технологическими и техническими возможностями.

Наибольшее распространения получили следующие компоновочные решения РТК: одностаночные – из одного станка, обслуживаемого ПР, расположенным над станком, рядом со станком или встроенным в станок; многостаночные круговой компоновки с применением ПР.

Линейные компоновки РТК с применением ПР характеризуются следующими особенностями:

– занимают меньшую производственную площадь, чем комплексы круговой компоновки;

– обеспечивают переналадку и ремонт оборудования без останова работы всего комплекса, возможность визуального наблюдения за работой оборудования;

– обеспечивают безопасные условия работы обслуживающего персонала и обслуживание одним ПР трех станков и более.

Особенность круговых компоновок определяется отличительными признаками применяемых напольных ПР, в том числе меньшей материалоемкостью и простой проведения профилактических работ и ремонта ПР.

РТК со встроенными ПР занимают минимальную площадь.

Выводы по разделу один

1. В данном разделе мы провели сравнение существующих роботов, выявили их достоинства и недостатки;
2. Произвели обзор существующих компоновок РТК и сделали вывод, что РТК со встроенными ПР занимают минимальную площадь.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Деталь представитель

Для детали, изображённой в соответствии с рисунком 2.1, будем применять автоматизацию загрузки роботом для шлифования деталей на плоскошлифовальном станке.

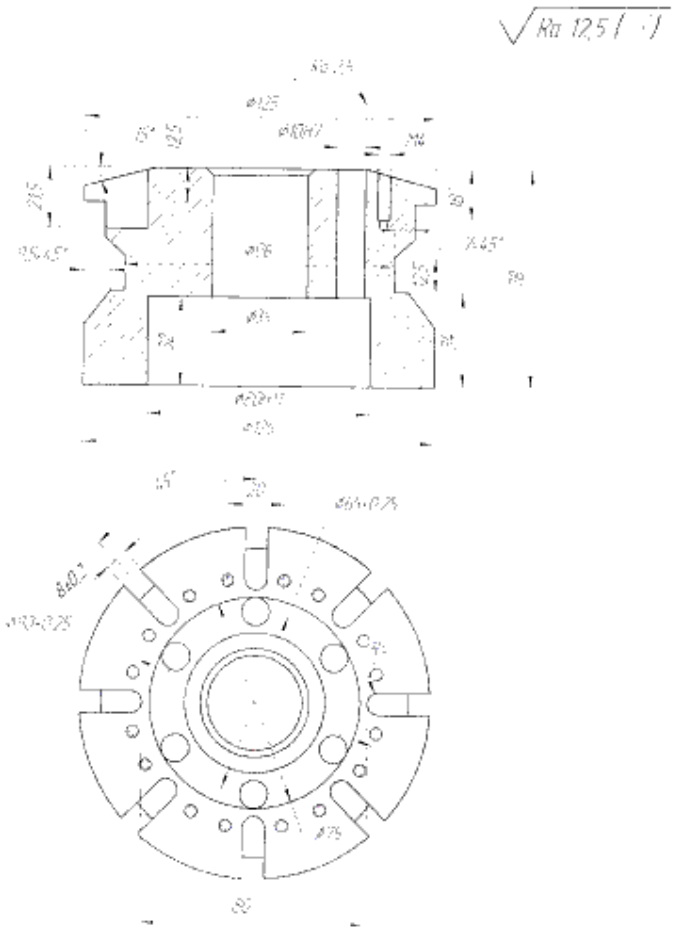

Рисунок 2.1 – Чертёж детали

Исходные данные: деталь – корпус; материал – Ст.5 ГОСТ 380-88; вес – 4,5кг.

2.2 Выбор прототипа робота

Использование роботов в отечественных технологиях происходит крайне редко (в основном только в автомобилестроении), что говорит о низком уровне автоматизации производства. В основном процесс обработки ведется без участия каких-либо автоматизированных устройств, что влияет на увеличение затрат времени при производстве продукции. Предлагаю разработать автоматизированный комплекс для загрузки заготовок на плоскошлифовальный станок, что позволит повысить производительность участка обработки в целом и освободить человека от простых приемов труда. Выбираем ПР «универсал 5-02», при выборе модели руководствуюсь грузоподъемностью, т.к. вес заготовки 4,8 кг, то ПР с грузоподъ-

емностью до 5 кг подходит, так как на шлифовальной операции загрузку которой автоматизируем используются плоскошлифовальные станки.

2.3 Техническая характеристика и возможности робота «Универсал-5.02»

Многоцелевой промышленный робот типа «Универсал – 5.02», изображённый в соответствии с рисунком 2.2, применяется для автоматизации погрузочно-разгрузочных работ, обслуживания различного технологического оборудования, межоперационного и межстаночного транспортирования объектов обработки и выполнения других вспомогательных операций.

Рисунок 2.2 Промышленный робот «Универсал – 5.02»

Исполнительным механизмом промышленного робота является манипулятор, который обеспечивает установку в пределах рабочей зоны захватного механизма – схвата. Манипулятор имеет четыре степени подвижности руки 1 в сферической системе координат, которые реализуются механизмами: поворота 2 относительно оси II – II, выдвижения 3, руки 1 вдоль оси III-III, поворота 4 руки относительно вертикальной оси I-I, подъёма 5 руки вдоль оси I-I. Две ориентирующие степени подвижности рабочего органа – схвата 7 создают механизмы 6 вращения кисти руки относительно её продольной оси III-III и поперечной оси IV-IV. Подвижные механизмы манипулятора защищены от попадания пыли, грязи и масла ограждением 8.

Установочные перемещения руки осуществляются с помощью электромеханических следящих приводов, а ориентирующие движения кисти руки и зажим - разжим схвата – пневмоцилиндрами. Техническая характеристика промышленного робота «Универсал – 5.02» приведена в таблице 2.1

Таблица 1.1 – Техническая характеристика промышленного робота «Универсал – 5.02»

Грузоподъёмность	5 кг
Число ступеней подвижности	6
Наибольшие перемещения:	
вокруг вертикальной оси	340 град
руки в вертикальном направлении	400 мм
поворота (качения) руки	180°
поворота (качения) кисти руки	180°
выдвижения руки	630 мм
Наибольшие скорости перемещения:	0,27 м/с
вертикального хода руки	1,08 м/с
выдвижения руки	132 град/с
поворота руки вокруг вертикальной оси	
Точность позиционирования, мм	±1
Масса (без устройства ЧПУ)	690 кг

В соответствии с рисунком 2.3 представлено устройство управления.

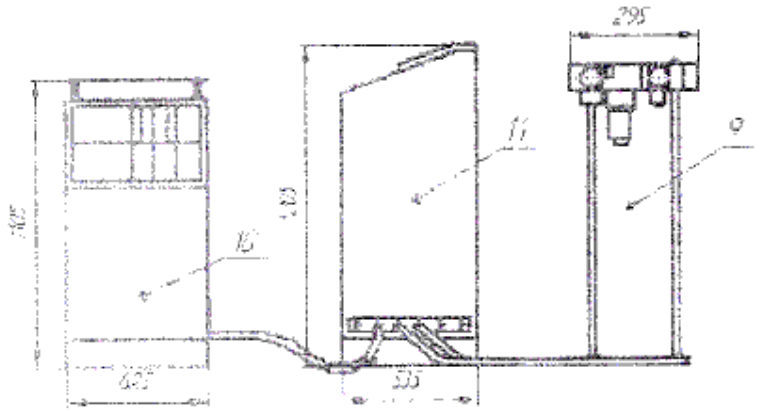

Рисунок 2.3 – Устройство управления

Пневмоблок 9, которым комплектуется промышленный робот, предназначен для подготовки, регулирования подачи сжатого воздуха из заводской сети и блокирования работы манипулятора при падении давления ниже допустимого.

Блок 10 тиристорных электроприводов формирует управляющие напряжения в якорной цепи электродвигателей постоянного тока.

Устройство программного управления 11 позиционного типа имеет возможность записи программы в режиме обучения (по первому циклу) и формирует управляющие сигналы на блок 10, а также технологические команды управления циклом работы манипулятора и обслуживаемого оборудования.

В соответствии с рисунком 2.4 показан робот Универсал -5.02 в натуральном виде.

Рисунок 2.4 – Промышленный робот «Универсал – 5.02»

2.4 Описание схем промышленного робота «Универсал -5.02»

Блоки тиристорного электропривода ЭПТ6-У5.02 обеспечивают управление в следящем режиме электродвигателями постоянного тока типа СЛ-569 и СЛ-661, установленными в механизмах четырёх программируемых степеней подвижности манипулятора.

Механизмы электроприводов включают в себя зубчатые или червячные редукторы. Обратная связь исполнительных механизмов манипулятора по положению и скорости осуществляется потенциометрическими датчиками типа ППМЛ, приводящимися с помощью зубчатых редукторов и тахогенераторов типа СЛ-121, которые приводятся в движение специальными зубчатыми или ремёнными механизмами.

Пневмоблок, которым комплектуется робот, предназначен для подготовки сжатого воздуха, подаваемого из заводской сети к манипулятору, а также для циклового управления двумя ориентирующими движениями кисти руки и захватным устройством. Приводы этих движений осуществляются от пневмоцилиндров. Для преобразования поступательного перемещения поршня во вращательное движение кисти руки используется винтовой копир (в приводе поворота кисти руки относительно её продольной оси) и передача рейка-шестерня (в приводе качания кисти относительно поперечной оси). Привод зажима и разжима губок схвата осуществляется рычажным механизмом, присоединённым к штоку пневмоцилиндра. Соединение механизмов манипулятора между собой и устройством аналогового позиционного программного управления типа АПС-1 производится в соответствии с принципиальной электрической схемой.

Базовым узлом манипулятора является механизм поворота и механизм привода подъёма манипулятора, состоящего из двух электродвигателей постоянного тока.

2.5 Компоновка системы загрузки с промышленным роботом

Поскольку компоновка ПР должна обеспечивать минимальный объем манипуляционных действий для обслуживания, то есть накопители заготовок и деталей должны быть в зоне доступности робота рядом со станками. Поэтому на компоновке комплекса, изображенного в соответствии с рисунком 2.5, помещаем

тактовый стол 20 заготовок и тактовый стол готовых деталей у станка 40. Заготовки загружаются на тактовый стол вручную, имеется выдачная позиция. Робот «универсал-5» поз.10 с выдачной позиции перемещает заготовки манипулятором на центр приспособления станка и опускает в приспособление. После обработки зажимает деталь, поднимает и перемещает в ячейку тактового стола обработанных деталей.

2.6 Циклограмма и алгоритм обслуживания плоскошлифовального станка модели 3Л722ВФ2

Применительно к робототехническим комплексам циклограмма и алгоритм должны включать в выбранной последовательности все основные и вспомогательные операции (переходы) изготовления изделия, а также условные операции (переходы) для возможных изменений технологического маршрута.

Для построения циклограммы функционирования комплекса необходимо:

– проанализировать компоновку комплекса и определить все движения (переходы) основного и вспомогательного оборудования (робота, станка, накопителя), необходимые для выполнения заданного цикла обработки детали;

– определить (составить перечень) всех механизмов основного и вспомогательного оборудования, участвующих в формировании заданного цикла;

– задать исходное положение механизмов робота, станка, транспортера и т.д.;

– составить последовательность движений оборудования (механизмов) за цикл в виде таблицы;

– определить время выполнения каждого движения.

Последовательную работу автоматизированного комплекса представляю в алгоритме, изображенном в соответствии с рисунком 2.6. Предполагаю, что «рука» робота находится в нейтральной точке или в пуле. На тактовых столах заготовки и детали находятся в ориентированном положении в ячейках. Вначале программы происходит движение стола заготовок в выдачную позицию и поворот корпуса робота с рукой. Затем происходит вертикальное опускание руки с разжатым схватом до уровня заготовки для ее захвата. Происходит захват заготовки, поднятие вверх ее из ячейки конвейера и поворот до центра приспособления станка. Происходит выдвижение руки и опускание заготовки в приспособление, после чего в приспособлении срабатывает концевой выключатель и включается станок, зажимая заготовку, робот отпускает заготовку и выводит «руку» из зоны обработки станка. Происходит обработка. Телескопическая «рука» робота снова подается к детали и захватывает деталь. Деталь освобождается в приспособлении. Робот снимает заготовку движением руки и далее переносит деталь на центр ячейки тактового стола готовых деталей, и опускает деталь в ячейку. Схват разжимается. Тактовый стол, в свою очередь передвигается на такт для приема следующей детали. Рука робота перемещается в нейтральную точку. Цикл завершился.

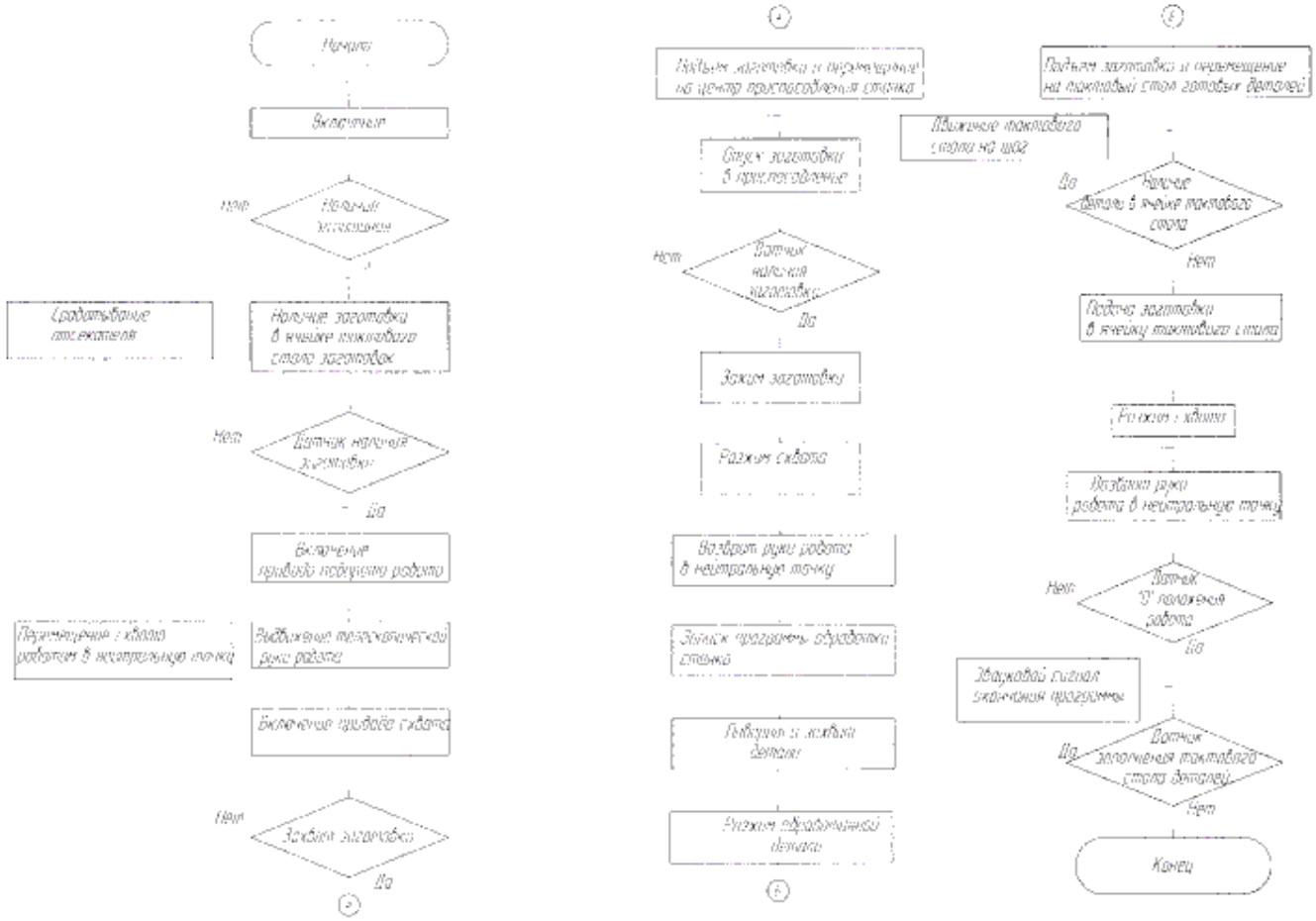

Рисунок 2.6 Алгоритм работы автоматизированного комплекса

Количественную оценку работы комплекса по времени показывает циклограмма, составленная при последовательной работе механизмов, изображенная в соответствии с рисунком 2.7.

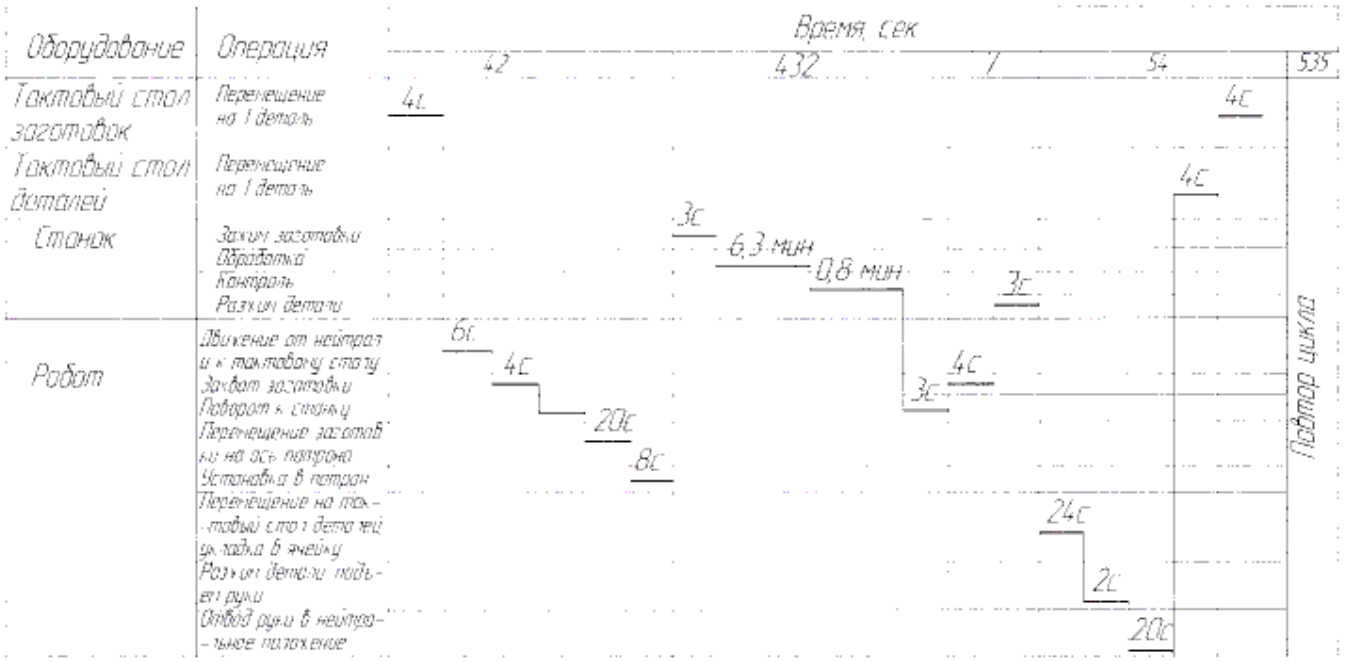

Рисунок 2.7 Циклограмма обслуживания шлифовальных станков

Выводы по разделу два

1. Исходя из параметров детали-представителя, представленной в пункте 1, выбираем ПР «Универсал 5-02», который соответствует нашим требованиям.

2. Для обеспечения минимального объема манипуляционных действий для обслуживания, мы решили установить два тактовых стола в зоне доступности робота.

3. Проанализировав компоновку комплекса и определив все движения основного и вспомогательного оборудования, мы разработали циклограмму и алгоритм обслуживания плоскошлифовального станка модели 3Л722ВФ2.

3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

3.1 Расчёт схвата

Захватные устройства роботов осуществляют следующие функции: удерживают объект манипулирования во время его транспортировки; ориентируют объект манипулирования; базируют положение объекта манипулирования относительно системы координат манипулятора рабочей зоны оборудования.

В роботах широкое распространение получили захватные устройства (ЗУ) специального назначения, с помощью которых производят захват сравнительно небольшой номенклатуры объектов манипулирования.

Однако у современных роботов имеются устройства смены ЗУ в автоматическом режиме, что обеспечивает работу ос достаточно разнообразными объектами манипулирования при относительной простоте и рациональной стоимости конструкции.

ЗУ удерживают объект манипулирования с помощью сил трения, возникающих при воздействии его элементов на объект манипулирования, фиксации объекта манипулирования по имеющимся на нём выступам, отверстиям, штифтам, пазам и другим поверхностям, которые могут быть использованы в качестве баз, а также электромагнитных сил и вакуума.

В большинстве случаев, для уменьшения усилий привода схватов применяют комбинацию кинематического, электромагнитного и вакуумного воздействия с одновременным использованием для фиксации базовых поверхностей объекта манипулирования.

Учитывая тип и габариты объекта манипулирования (тела вращения наибольшего диаметра 90 мм и массы 4,5 кг), выбираем быстросменное зажимное устройство, с губками в форме призмы.

Привод губок схвата осуществляется от пневмоцилиндра. Для зажима схвата воздух подаётся в рабочую полость цилиндра, шток которого поворачивает фигурные рычаги, шарнирно связанные с корпусом. Разжим губок схвата осуществляется пружинами после сброса давления воздуха в цилиндре.

Механизм зажима - разжима схвата робота работает от пневмоцилиндра.

Необходимо рассчитать силу и давление, которое необходимо создать в пневмосистеме для того, чтобы деталь (заготовка) не выпала из схвата.

Расчёт захватного устройства включает:

расчёт сил, действующих в местах контакта заготовки и губок;

- усилие захватывания;

Расчёт сил, действующих в местах контакта заготовки и губок:

$$N_i = R_n \cdot \frac{\sin\varphi_j - \mu\cos\varphi_j}{\sin(\varphi_1 + \varphi_2) - 2\mu\mu\cos(\varphi_1 + \varphi_2)}, \text{ Н}$$

где i, j = 1,2;

i,j; Rn – реакция на n-ю губку захвата;

μ – коэффициент трения губки захвата с заготовкой (для незакаленных губок из стали 45, 50 0,12÷0,15, для закалённых губок в виде гребенки с острой насечкой из стали 651, 60С2, У8А, У10А, при твёрдости HRC 55 0,3÷0,35)

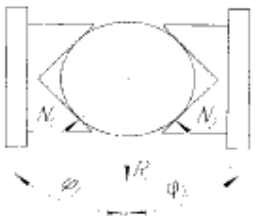

Рисунок 3.1 – Расчетная схема сил, действующих в местах контакта заготовки и элементов схвата

Реакцию Rn рассчитываем для самого нагруженного случая, когда сила тяжести и сила инерции сонаправлены (при подъеме детали). Тогда,

$$R_n = G + R_u = m \cdot g + m \cdot a = m \cdot (g + a), \text{ Н}$$

$$R_n = 4,5 \cdot (9,8 + 24,5) = 154,4 \text{ Н}$$

где a – максимальное ускорение центра масс объекта манипулирования, м/с^2 (a=2…3g);

m – масса объекта манипулирования, m–4,5кг

Следовательно, подставляя значения, получаем:

$$N_1 = N_2 = 154,4 \cdot \frac{\sin 40^\circ - 0,15 \cdot \cos 40^\circ}{\sin(40^\circ + 40^\circ) - 2 \cdot 0,15 \cdot \cos(40^\circ + 40^\circ)}, \text{ Н}$$

$$N_1 = N_2 = 154,4 \cdot \frac{0,6428 - 0,15 \cdot 0,7660}{0,9848 - 2 \cdot 0,15 \cdot 0,1736} = 87,4 \text{ Н}$$

Усилие захватывания определяют:

$$F = m \cdot (g + a) \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ Н}$$

$$F = 4,5 \cdot (9,8 + 2,5 \cdot 9,8) \cdot 0,5 \cdot 1,3 = 100,3 \text{ Н}$$

где K_1 – коэффициент, зависящий от положения заготовки по отношению к губкам ЗУ и направления действия силы тяжести; выбирают по табл; K_1= S;

K_2 – коэффициент запаса; большие значения K_2 берут для захватных устройств, в которых отсутствует самоторможение.

Удерживающий момент относительно осей поворота губок.

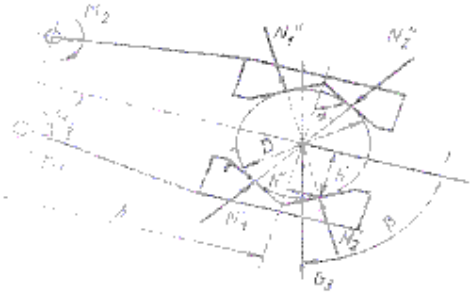

Рисунок 3.2 Схема захватного устройства с симметричными призматическими губками

$$\Sigma M = G_з \cdot (\frac{a_к}{g} \cdot \frac{b \cdot \sin\alpha_п}{f} - b \cdot \sin\beta \cdot \cos 2\alpha_п + \alpha\cos\beta),\ Н$$

$$\Sigma M = 44{,}1 \cdot (\frac{4}{9{,}8} \cdot \frac{57{,}85}{11{,}25} - 88{,}6 \cdot 0{,}17 \cdot 17{,}4) = 194\ Н$$

где $G_З$ – сила веса заготовки;

a, b – размеры рабочих элементов;

β – угол наклона траектории захватного устройства;

$\alpha_п$ – половина угла призмы;

$F_и$ – сила инерции, действующая на заготовку при радиальном перемещении захвата.

На устойчивость положения ПО во время его перемещений существенное влияние оказывают ускорение при торможении, угол β между направлением движении захватного устройства и вертикально, угол $2\alpha_п$ призмы губок, сила привода захватного устройства. Последняя определяется с учетом имеющихся схем нагружения для критического действия нагрузок.

В соответствии с рисунком 3.3 показана унифицированная конструкция схвата изделий типа гладких и ступенчатых валов, имеющих широкий диапазон изменения диаметров.

Рассматриваемый вариант конструкции обеспечивает центрирование заготовок независимо от их диаметра.

Высокая стабильность установки достигается за счет профилирования губок схвата. Две пары рычагов 1, выполненных заодно с зажимными губками, свободно установлены на своих осях 2. На рычагах нарезаны зубчатые секторы, входящие попарно в зацепление с рейками 3, которые связаны между собой рычагами 4, образующими шарнирный параллелограмм. Этот параллелограмм обеспечивает независимую работу каждой пары зажимных рычагов 1, что необходимо для захватывания и центрирования ступенчатых валов диаметром от 40 до 90мм и длиной 250мм. Место соединения тяги 5 с гнездом, выполненным во втулке 6 привода зажима и разжима схвата, а также байонетное соединение хвостовика 7 схвата с головкой шпинделя 8 кисти манипулятора унифицированы.

Выбранное захватное устройство может обеспечить зажим и необходимую установку заготовки на станок.

К захватным устройствам предъявляют следующие требования: надёжность захватывания и удержания объекта во время разгона и торможения подвижных элементов промышленного робота, точность базирования заготовки в захвате, недопустимость повреждения или разрушения предмета обработки, прочность при малых габаритных размерах и массе. Особое внимание должно быть обращено на проверку допустимых для данного захватного устройства сил, моментов.

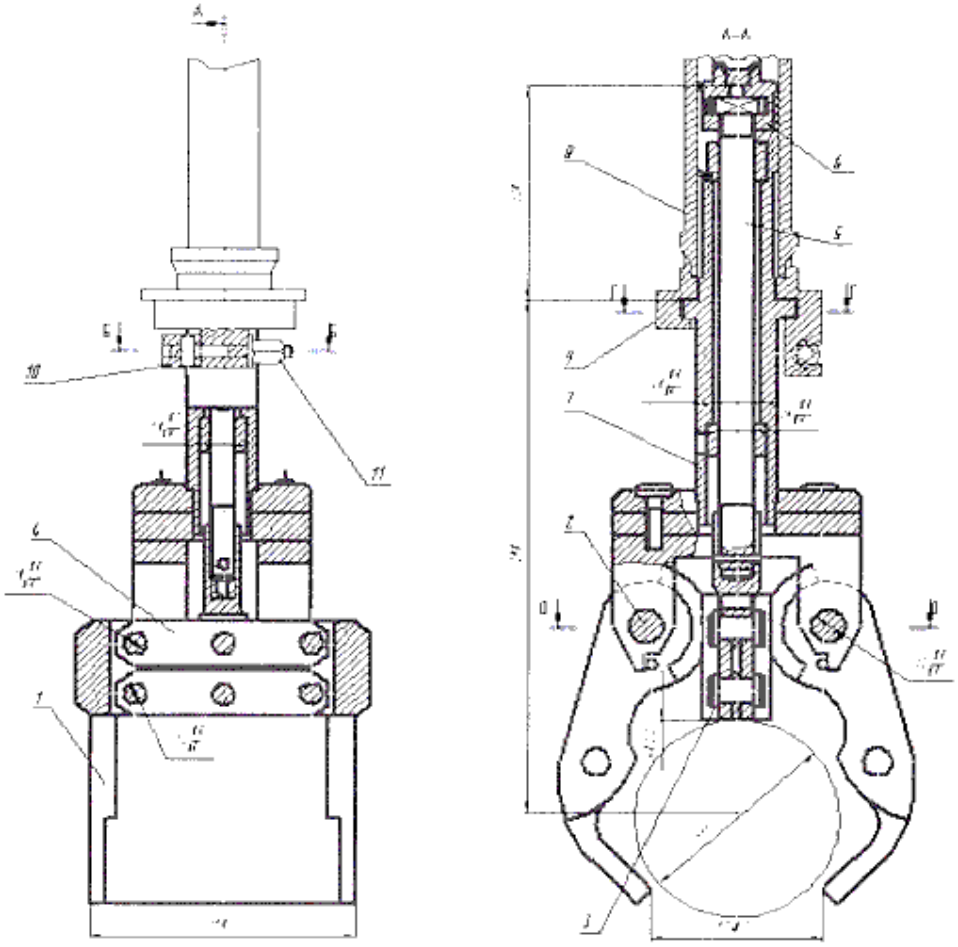

Рисунок 3.3 Схват

3.2 Расчёт системы управления манипулятором

3.2.1 Принцип действия системы управления

Система управления (СУ) асинхронным электроприводом реализована в соответствии с частотно-токовым способом управления, что позволяет получать глубокое регулирование угловой скорости при высоких динамических показателях. При частотно-токовом управлении в обмотки электрической машины вводятся токи, мгновенные значения которых определяются требуемым значением электромагнитного момента и угловым положением ротора машины. Для этого на вход привода подаются два независимых входных сигнала, задающих токи в обмотках и обеспечивающих не только регулирование момента, но и возможность

устанавливать требуемый поток намагничивания и реактивный ток преобразователя.

На вход преобразователя поступают сигнал U_d задания тока (потока) возбуждения и сигнал U_q регулирования момента, получаемый в результате сравнения напряжения задания скорости $U_з$ с напряжением $U_{о.с}$, пропорциональным действительному значению скорости.

Задание амплитуды и фазы тока статора $U_{з.с}$ выполняется в соответствии с выражениями.

$$U_{з.с} = \sqrt{(\kappa_1 U_q)^2 + (\kappa_2 U_d)^2}\ , \text{В} \qquad (3.40)$$

$$\varphi = arctg \frac{\kappa_1 U_q}{\kappa_2 U_d}\ , рад \qquad (3.41)$$

где $к_1$, $к_2$ – коэффициенты пропорциональности.

Пропорциональная сигналу U_q частота скольжения f_c суммируется с частотой вращения ротора f_p и в виде импульсных сигналов с частотой $f_0 \pm (pf_p \pm f_c)$ используется для формирования сигналов задания фазовых токов $U_{зА}$ и $U_{зВ}$ частотой $pf_p \pm f_c$ с учетом фазового сдвига $2\pi/3$. Здесь f_0 – опорный сигнал частотой 2 кГц, p – число пар полюсов. Сигнал, пропорциональный частоте вращения поля в статоре pf_p электродвигателя М, формируется с помощью датчика угла, выполненного в виде фазовращателя. Изменение фазы фазовращателя преобразуется в код частоты вращения, поступающий на цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). Аналоговый сигнал $U_{о.с}$ с выхода ЦАП реализует обратную связь по скорости. Трехфазный регулятор тока и транзисторный инвертор формируют в статоре двигателя М токи, пропорциональные сигналам $U_{зА}$, $U_{зВ}$ и ток в фазе С, равный сумме токов фаз А и В. выполненный на терморезисторах датчик температуры служит для формирования сигнала «Превышение допустимой температуры АД» и сигнала, ограничивающего момент двигателя путем воздействия на задатчик частоты скольжения.

3.2.2 Исследование линейной математической модели манипулятора

Анализ и синтез линейных систем, в настоящее время, производится одним из двух основных методов. Первый метод основывается на применении преобразований Лапласа, передаточных функциях, структурных схемах и графах, второй (метод пространства состояния) на описании и моделировании систем в пространстве состояния.

В пространстве состояния непрерывные системы описываются системой дифференциальных уравнений первого порядка, которые называют уравнениями состояния. При этом используются методы матричного исчисления и векторного анализа.

В данной работе применим метод пространства состояния.

3.2.3 Расчёт АСУ электроприводом манипулятора по одной координате

В данной работе под моделью манипулятора понимается модель механизма перемещения инструмента робота “Универсал 5” по одной из координат X, Y или Z.

Механизм включает в себя:

– выход системы управления;

– электропривод перемещения, состоящий из контуров положения и скорости, и силовой части;

– механическая часть механизма от выходного вала двигателя электропривода до установки электродвигателя следующей координаты или места установки технологических приводов инструмента.

По принципу построения манипуляторы с управлением от ЭВМ и импульсной схемой преобразования сигналов управления асинхронным двигателем с частотно-токовым управлением (ЧТУ) являются дискретными системами автоматического управления (САУ), однако, учитывая, что реальная полоса пропускания манипулятора ($\Delta F_м \le 10 Гц$), в рабочем режиме значительно меньше частоты дискретизации по управлению ($\Delta F_м < \Delta F_{уд} = 50 Гц$) и тем более по частотам преобразования в АСУ электроприводом ($\Delta F_м << \Delta F_{эсе} = (2000 \div 2500) Гц$), такую систему, в первом приближении, можно рассматривать как непрерывную.

Основными нелинейностями манипулятора являются – ограничитель напряжения на выходе регулятора скорости, нелинейности преобразования сигнала в электроприводе с ЧТУ и механические люфты, и ограничения механизмов перемещения платформы. Однако, если работу АСУ электроприводом рассматривать раздельно в режиме переноса инструмента (нелинейный режим с ограничением) и в режиме слежения за технологическим процессом (линейный режим) и пренебречь малыми, к тому же сглаживаемыми, нелинейностями преобразования сигналов в электроприводе, а также пренебречь малыми механическими нелинейностями (механическая часть тщательно обрабатывается и не включена в обратную связь контура управления), то каждый режим отдельно, в первом приближении можно считать линейным.

Данные предположения использованы при дальнейших расчётах.

Передаточная функция силовой части электропривода имеет вид:

$$W_m(p) = \frac{K_{vm}}{p(1+T_m p)^2}, Вт \qquad (3.42)$$

где K_{vm} – коэффициент усиления привода с ЧТУ;

$T_m = 0{,}6 \cdot 10^{-3}$ – постоянная времени силовой цепи ИТ-АД, с.

$$K_{vm} = \frac{K_{cm} K_\omega}{J_\partial \lambda} \qquad (3.43)$$

где K_{cm} – статический коэффициент передачи привода, $\frac{Н \cdot м}{В}$;

K_{ω} – масштабный коэффициент преобразования скорости поворота ротора АД в напряжение, $В \cdot с$;

$\lambda \geq 1$ – коэффициент, учитывающий увеличение момента инерции системы за счет нагрузки, приведенной к валу АД;

$J_д = 1{,}12 \cdot 10^{-2}$ момент инерции АД, $кг \cdot м^2$.

$$K_{cm} = \frac{M}{U_д} \tag{3.44}$$

$$K_{cm} = \frac{17}{10} = 1{,}7 \frac{Н \cdot м}{В}$$

$$K_{\omega} = \frac{U_д}{\omega_н} \tag{3.45}$$

$$K_{\omega} = \frac{10}{158} = 6{,}33 \cdot 10^{-2} \frac{В \cdot с}{рад}.$$

Следовательно,

$$K_{vm} = \frac{1{,}7 \cdot 6{,}33 \cdot 10^{-2}}{1{,}12\lambda} = \frac{10}{\lambda} с^{-1}$$

Подставив рассчитанные параметры, получим:

$$W_m(p) = \frac{10}{p(0{,}6 \cdot 10^{-3} p + 1)^2} = \frac{10}{3{,}6 \cdot 10^{-7} p^3 + 1{,}2 \cdot 10^{-3} p^2 + p}, Вт. \tag{3.46}$$

3.2.4 Структурная схема манипулятора в режиме переноса инструмента

Данный режим работы манипулятора является нелинейным. Этот режим используется для быстрого переноса технологического инструмента из исходной зоны – в рабочую. Структурная схема контура скорости для режима переноса инструмента показана на рис. 3.7.

В этом режиме ограничитель на выходе ПИ (пропорционально-интегрального) регулятора скорости входит в режим ограничения и тем самым размыкает обратную связь по скорости и остается только характерная для частотно-токового управления обратная связь через задатчик тока и контур тока.

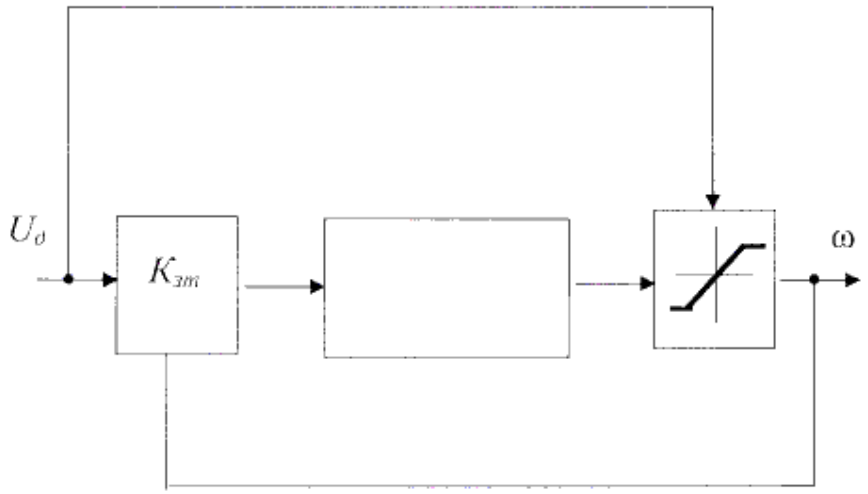

Рисунок 3.4 – Структурная схема контура скорости в режиме переноса инструмента

Амплитуда тока статора в этом режиме формируется задатчиком тока пропорционально $U_д = U_{д.max}$, а частота изменения тока равна:

$$f = f_{вр} + f_{ск} \tag{3.47}$$

где $f_{вр}$ – частота вращения робота двигателя;

$f_{ск}$ частота скольжения, что обеспечивает в установившемся режиме заданный момент и скорость вращения ротора.

Передаточная функция для этого режима:

$$W_{сг}(p) = \begin{cases} \dfrac{K_{эт}K_{vm}}{p(T_m p + 1)^2} & при \omega < \omega_д \\ K_{эт}K_{vm} & при \omega \geq \omega_д \end{cases} \tag{3.48}$$

где $\omega_д$ заданная угловая скорость двигателя, пропорциональная $U_д$.

Рассмотрим контур положения (КП) 2, где приняты следующие обозначения:

$\omega_{эп}$ – заданная скорость переноса инструмента, $\frac{рад}{с}$;

$\gamma_{эп}$ – заданное положение переноса;

$U_{рс}$ – сигнал с регулятора скорости (РС);

ЭС – элемент сравнения.

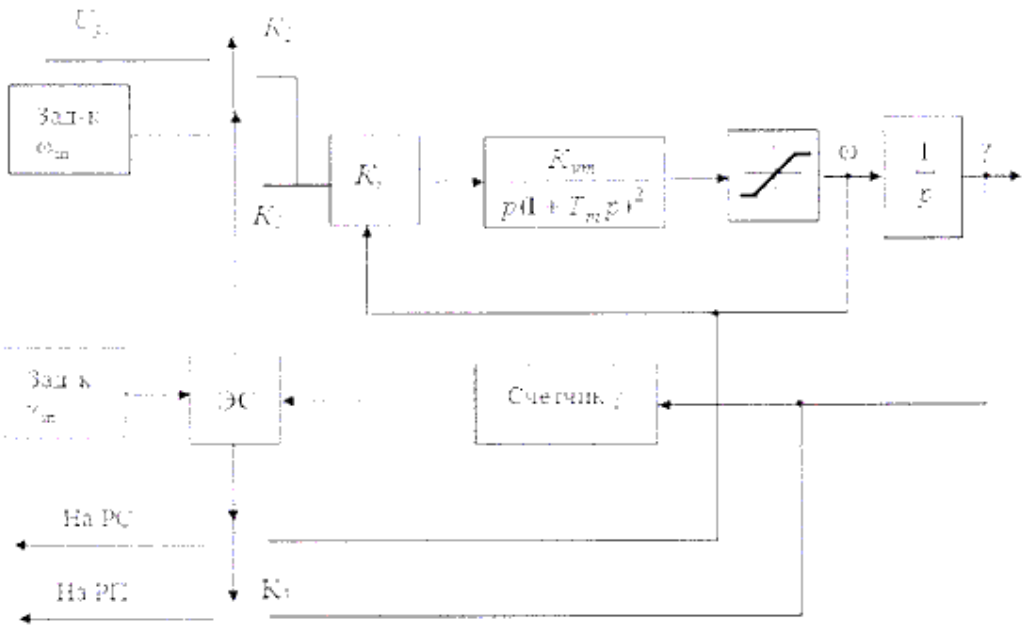

Рисунок 3.5 – Структурная схема КП в режиме переноса инструмента

В режиме переноса на привод подается сигнал номинальной скорости переноса $U_{зс}$ и конечное положение режима по грубой шкале (с точностью до 0,5 оборотов вала двигателя) — $\gamma_{зс}$. Контур положения в этом режиме замкнут через счетчик оборотов. Сигнал со счетчика оборотов ($\gamma_{сс}$) сравнивается с сигналом $\gamma_{зг}$ и при их совпадении режим переноса через ключ K_1 отключается и через ключи K_2 и K_3 с заданной задержкой включается режим слежения.

Передаточная функция в режиме переноса инструмента по положению равна:

$$W_{ус}(p)=\begin{cases}\dfrac{K_{зт}K_{vm}}{p^2(T_m p+1)^2} & при\omega<\omega_д\\ \dfrac{K_{зт}K_{vm}}{p(T_m p+1)^2} & при\omega=\omega_д\end{cases} \qquad (3.49)$$

Подставив численные значения получим:

При $\omega<\omega_з$

$$W_{ус}(p)=\frac{10}{0{,}36\cdot10^{-6}p^3+0{,}0012p^2+p},\ \frac{рад}{с}. \qquad (3.50)$$

При $\omega\geq\omega_з$

$W_{ус}(p)=10$.

При $\omega<\omega_з$

$$W_{\omega}(p) = \frac{10}{0{,}36 \cdot 10^{-6} p^4 + 0{,}0012 p^3 + p^2}, \frac{рад}{с}. \quad (3.51)$$

При $\omega = \omega_з$

$$W_{\omega}(p) = \frac{10}{0{,}36 \cdot 10^{-3} p^3 + 0{,}0012 p^2 + p}, \frac{рад}{с}. \quad (3.52)$$

Составим структурную схему механической части манипулятора по одной координате.

Механическая часть между валом двигателя и последующей подвижной платформой или инструментом имеет упругие связи и люфты, что приводит к механическим колебаниям инструмента при набросе (или снятии) скачка нагрузки. Не вдаваясь детально во все причины возникновения этих колебаний, в первом приближении, примем, что механические колебания по каждой координате описываются дифференциальным уравнением 2-го порядка.

Для дальнейших расчетов примем : $K_{ом} = 750$; $T_м = 0{,}4с$.

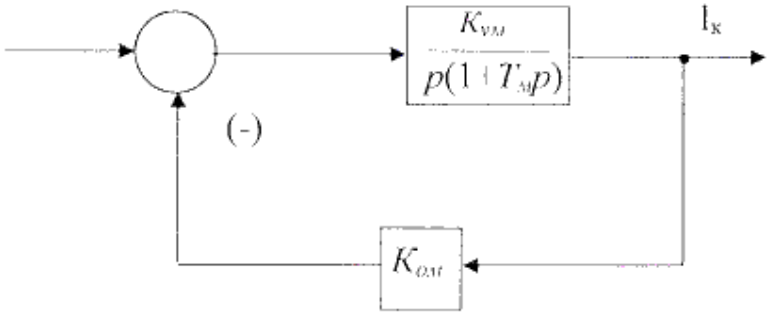

Рисунок 3.6 Структурная схема механической части манипулятора по одной координате

3.2.5 Моделирование АСУ манипулятором по одной координате

Уравнения состояния в векторно-матричной форме записи имеют следующий вид:

$$\overline{\dot{x}(t)} = A\overline{x(t)} + B\overline{u(t)} \quad (3.53)$$

где A матрица состояния (динамическая);

B матрица управляющих воздействий (матрица входа).

Для определения элементов матрицы A и B составим схемы моделирования, в соответствии с алгоритмической схемой.

Рассмотрим контур скорости.

Режим разгона при переносе инструмента $|\omega \le \omega_{зп}, t \le T_{vm}|$ иллюстрируется схемой модели на рис. 3.7.

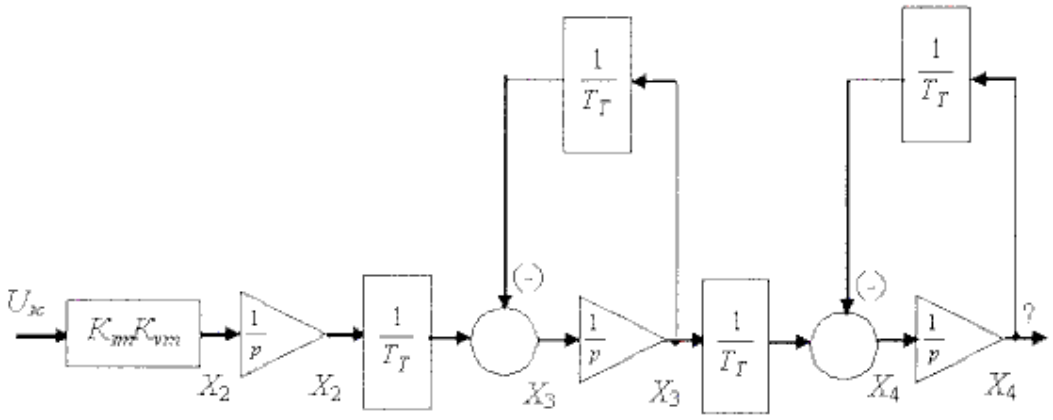

Рисунок 3.7 – Схема моделирования скорости в режиме переноса инструмента

Дифференциальные уравнения в режиме переноса инструмента примут вид:

$$\dot{x}_1 = 0 \cdot x_1 + 0 \cdot x_2 + 0 \cdot x_3 + 0 \cdot x_4 + 0 \cdot U_{зрп} \tag{3.54}$$

$$\dot{x}_2 = 0 \cdot x_1 + 0 \cdot x_2 + 0 \cdot x_3 + 0 \cdot x_4 + K_{зп} K_{vm} U_{зрп} \tag{3.55}$$

$$\dot{x}_3 = 0 \cdot x_1 + \frac{1}{T_m} x_2 - \frac{1}{T_m} x_3 + 0 \cdot x_4 + 0 \cdot U_{зрп} \tag{3.56}$$

$$\dot{x}_4 = 0 \cdot x_1 + 0 \cdot x_2 + \frac{1}{T_m} x_3 - \frac{1}{T_m} x_4 + 0 \cdot U_{зрп} \tag{3.57}$$

Следовательно:

$$A_{срп} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{T_m} & -\frac{1}{T_m} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{T_m} & -\frac{1}{T_m} \end{vmatrix} \quad B_{срп} = \begin{vmatrix} 0 \\ K_{зп} K_{vm} \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \tag{3.58}$$

После подстановки численных значений, получим

$$A_{срп} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1667 & -1667 & 0 \\ 0 & 0 & 1667 & -1667 \end{vmatrix} \quad B_{срп} = \begin{vmatrix} 0 \\ 10 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}. \tag{3.59}$$

Режим переноса инструмента при $\omega = \omega_{зп}$ ($t > T_{vm}$) описывается уравнением

$$A_{сп} = [0] \; B_{срп} = K_{зт} K_{vm}.$$

Схему моделирования контура положения в режиме переноса инструмента построим на рис. 3.8.

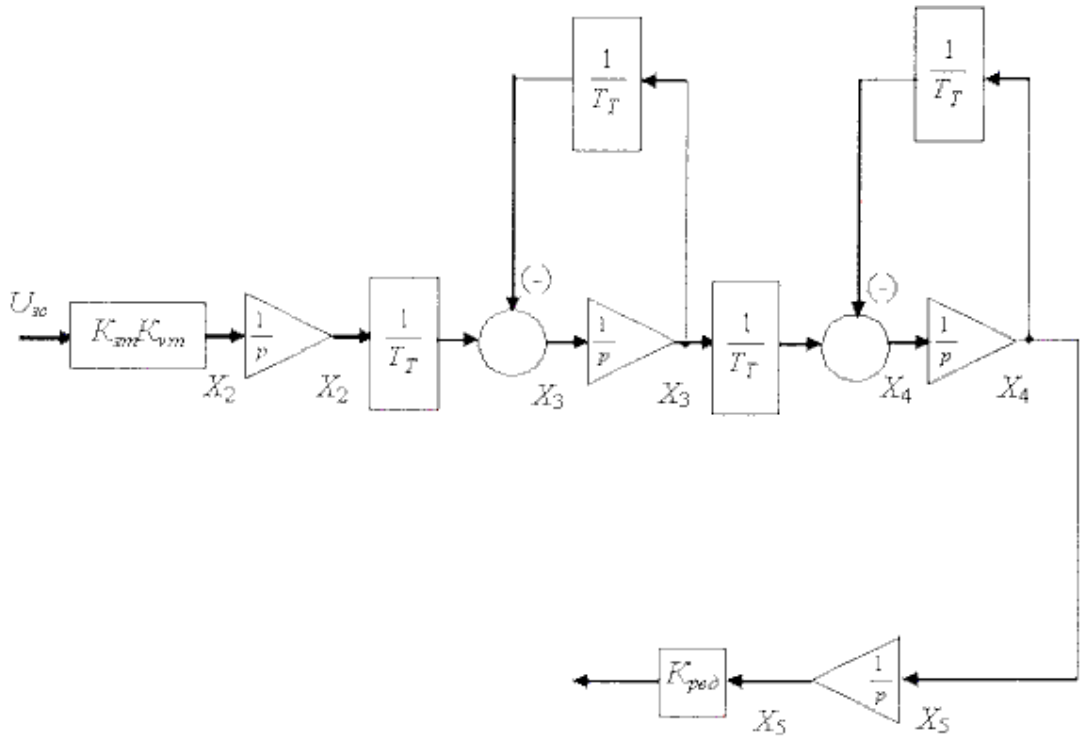

Рисунок 3.8 Схема моделирования контура положения в режиме переноса инструмента

Дифференциальное уравнение режима разгона при переносе инструмента ($\omega < \omega_{зп}$) имеет вид:

$$\dot{x}_1 = 0 \cdot x_1 + 0 \cdot x_2 + 0 \cdot x_3 + 0 \cdot x_4 + 0 \cdot x_5 + 0 \cdot U_{зс} \quad (3.60)$$

$$\dot{x}_2 = 0 \cdot x_1 + 0 \cdot x_2 + 0 \cdot x_3 + 0 \cdot x_4 + 0 \cdot x_5 + K_{зт} K_{vm} U_{зс} \quad (3.61)$$

$$\dot{x}_3 = 0 \cdot x_1 + \frac{1}{T_m} x_2 - \frac{1}{T_m} x_3 + 0 \cdot x_4 + 0 \cdot x_5 + 0 \cdot U_{зс} \quad (3.62)$$

$$\dot{x}_4 = 0 \cdot x_1 + 0 \cdot x_2 + \frac{1}{T_m} x_3 - \frac{1}{T_m} x_4 + 0 \cdot x_5 + 0 \cdot U_{зс} \quad (3.63)$$

$$\dot{x}_5 = 0 \cdot x_1 + 0 \cdot x_2 + 0 \cdot x_3 + 1 \cdot x_4 + 0 \cdot x_5 + 0 \cdot U_{зс}. \quad (3.64)$$

Получим матрицы A и B

$$A_{упр} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{T_m} & -\frac{1}{T_m} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{T_m} & -\frac{1}{T_m} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{vmatrix} \quad B_{упр} = \begin{vmatrix} 0 \\ K_{эт} K_{ут} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}. \tag{3.65}$$

После подстановки численных значений матрицы A и B примут вид

$$A_{упр} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1667 & -1667 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1667 & -1667 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{vmatrix} \quad B_{упр} = \begin{vmatrix} 0 \\ 10 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}. \tag{3.66}$$

Схему математической модели механической части манипулятора по одной координате составим в соответствии с ее структурной схемой.

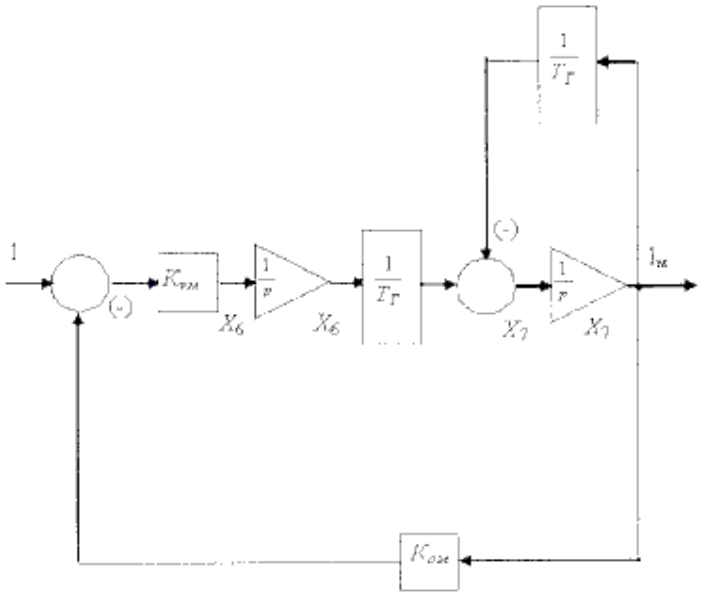

Рисунок 3.9 Схема моделирования механической части манипулятора по одной координате

3.3 Транспортно-накопительное устройства

В качестве транспортно-накопительного устройства для обеспечения поштучной выдачи заготовок рекомендуется применять тактовые столы, которые представляют собой горизонтально замкнутый тележечный грузонесущий кон-

вейер с настольным пульсирующим (тактовым) перемещением тележек, предназначенный для межоперационной передачи заготовок от одного рабочего места к другому, либо для работы в режиме такта. Разгрузка тележек по заданным рабочим местам осуществляется в автоматическом цикле с использованием промышленного робота.

Тактовый стол, представленный в соответствии с рисунком 3.10, состоит из замкнутого контура центрально расположенной тяговой цепи 6 (оси шарниров которой располагаются вертикально) с постоянно прикрепленными к ней тележками-платформами (паллетами) 9, движущимися по направляющим путям на опорных роликах 5. На тележках располагаются транспортируемые грузы-изделия; тележки тактового стола жестко крепятся к одному из звеньев тяговой цепи. Привод тактового стола состоит из электродвигателя 3 и одноступенчатого конического редуктора 2. Пульсирующее движение тележек осуществляется при помощи датчиков перемещения 1, сигнал от которых поступает на блок управления 4. Режимы работы тактового стола задаются с использованием пульта управления 8.

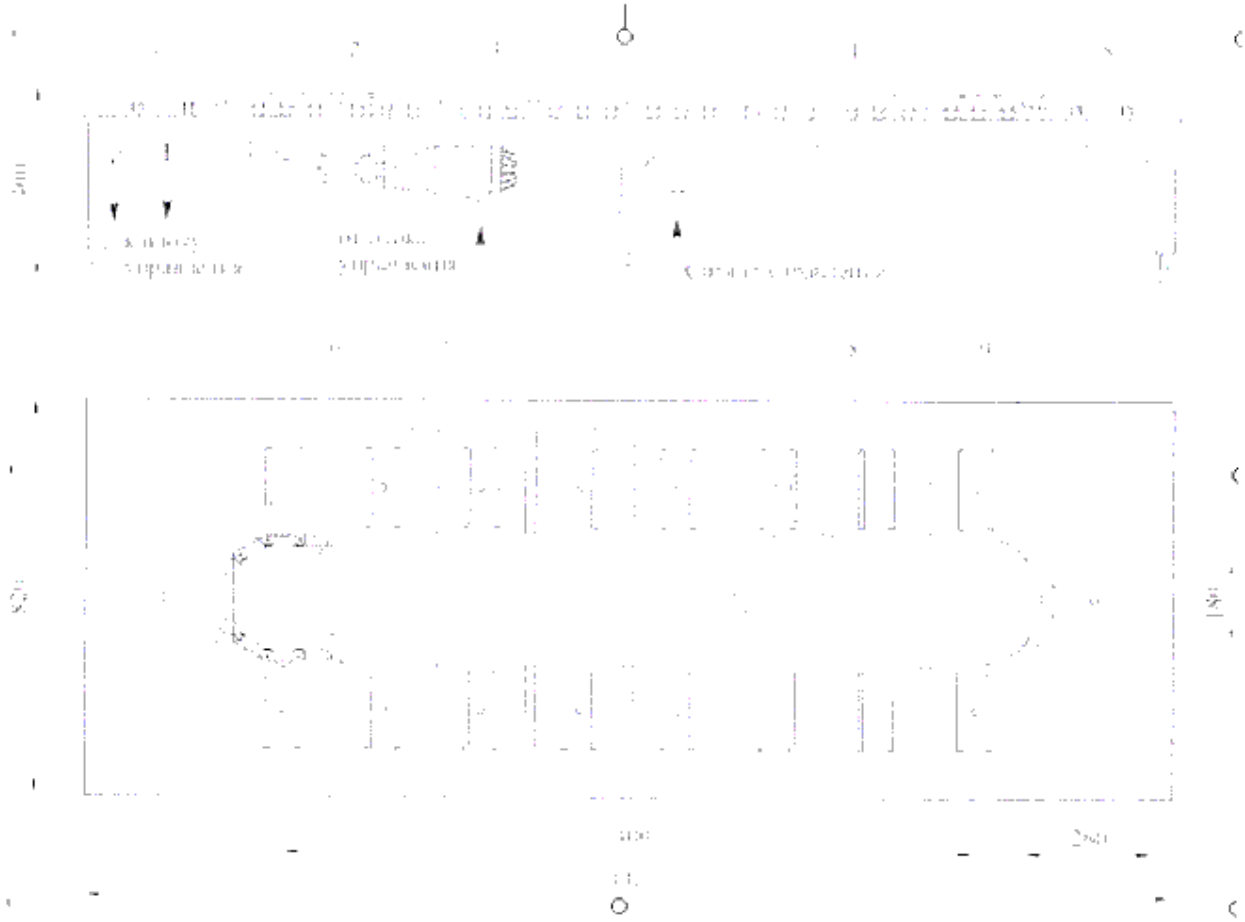

Рисунок 3.10 Тактовый стол

Тяговым элементом тактового стола служит одна пластинчатая катковая цепь по ГОСТ 588-81 с увеличенной подвижностью некоторых шарниров. На втулках тяговой цепи устанавливают катки 1, снабженные шарикоподшипниками или коническими роликоподшипниками.

Секцию тяговой цепи, приходящуюся на одну платформу, составляют из двух или четырех звеньев. В каждой секции в звене между платформами один шарнир делают подвижным, для чего отверстия во внутренних пластинах с одной стороны выполняют удлиненными. Подвижные шарниры допускают некоторое сокращение длины цепи при действии усилий сжатия и позволяют в отдельных случаях устанавливать конвейеры этого типа без натяжных устройств, компенсируя возможное несоответствие в длинах цепи и контура направляющих путей.

Для предохранения тактового стола от поломок при случайных перегрузках или случайном застопорении цепи на приводной звездочке 7 или на зубчатом колесе приводного вала устанавливают предохранительный срезной штифт, который при увеличении тягового усилия сверх допускаемого срезается, и тактовый стол останавливается.

Тележки должны обеспечивать удобную, надежную и простую установку и съем грузов, и их устойчивое положение на всей длине тактового стола, т. е. на всех его рабочих местах. Центр тяжести изделия-груза должен находиться внутри опорного контура.

3.4 Разработка кинематической схемы

В данной выпускной квалификационной работе решено разработать кинематическую схему. Она необходима для того, чтобы отобразить способы передачи движений в промышленном роботе от двигательных механизмов к исполнительным. А также чтобы понять механизм работы всей машины.

Разработанная схема представлена в соответствии с рисунком 3.11.

Из разработанной схемы видно, что робот имеет шесть степеней подвижности.

Электродвигатель 1 обеспечивает поворот платформы вокруг оси I-I. Электродвигатели 2 обеспечивают перемещение руки по вертикали.

Электродвигатель 3 обеспечивает поворот руки вокруг оси II-II. Электродвигатель 4 перемещает руку вдоль оси III-III. Движения от двигательных механизмов к исполнительным осуществляются через зубчатые и реечные передачи.

На робота устанавливаются электродвигатели постоянного тока типа СЛ-569 и СЛ-661. Механизмы электроприводов включают в себя зубчатые или червячные редукторы, Обратная связь исполнительных механизмов манипулятора по положению и скорости осуществляется потенциометрическими датчиками типа ППМЛ, приводящимися с помощью зубчатых редукторов и тахогенераторов типа СЛ-121, которые приводятся в движение специальными зубчатыми или ременными механизмами.

Зажим и разжим губок схвата осуществляется пневмоцилиндрами. Поворот кисти руки также происходит с помощью пневмоцилиндров через систему рычагов. Для подачи сжатого воздуха в пневмоцилиндры промышленный робот снабжается компрессором, который подключается к централизованной системе сжатого воздуха.

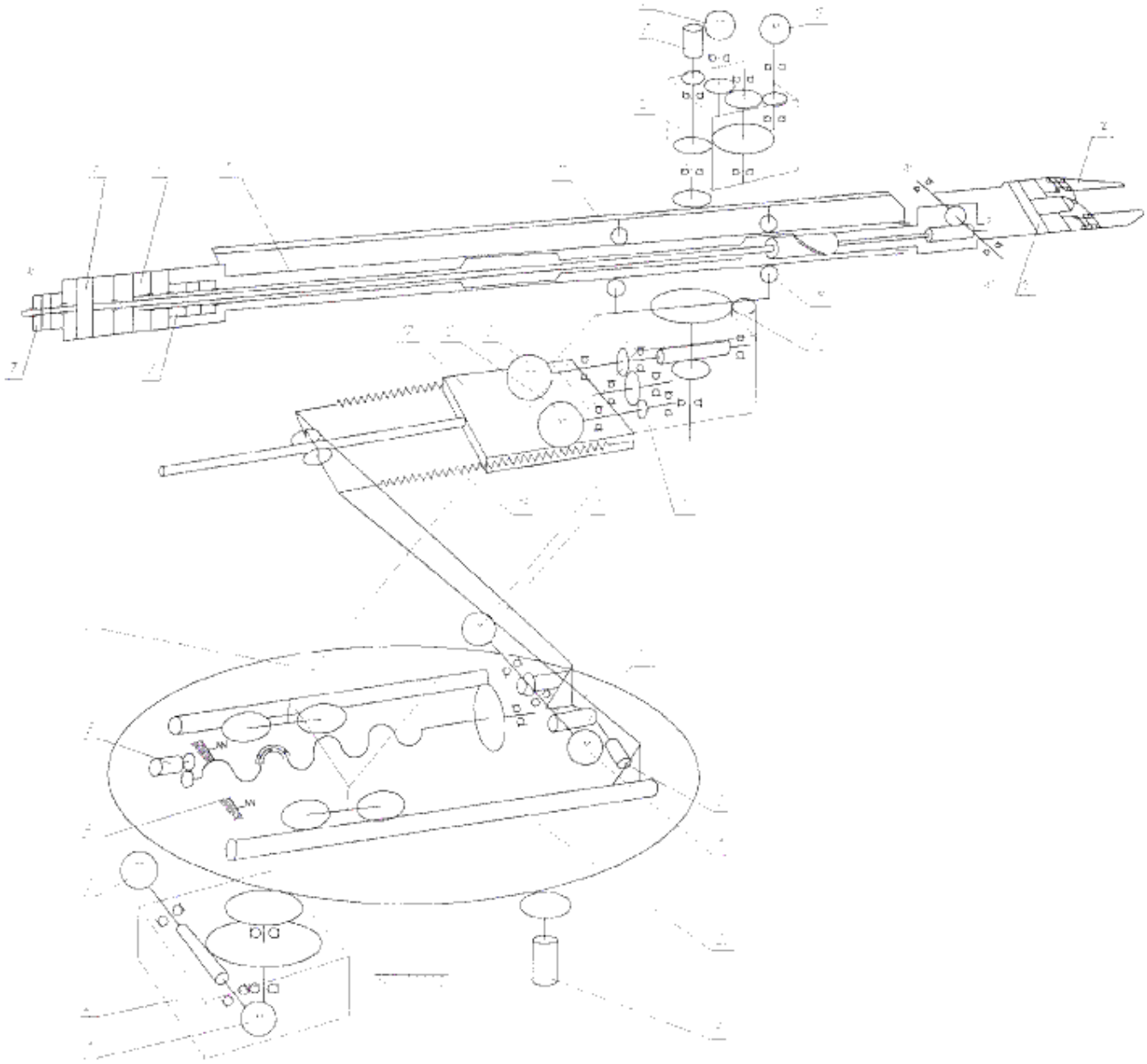

Рисунок 3.11 Схема кинематическая

3.5 Разработка пневматической схемы

Пневматической называют схему, отражающую состав и соединение элементов, входящих в пневматический механизм машины. Начертание пневматических схем сходно с начертанием гидросхем, но проще, поскольку пневматические механизмы работают обычно от централизованной установки сжатого воздуха (компрессора), который не изображается на схеме.

Кроме того, эти механизмы не требуют трубопроводов для отвода отработанного воздуха. Отработанный воздух выбрасывается в атмосферу.

В соответствии с рисунком 3.12 приведена схема пневмопривода манипулятора промышленного робота «Универсал - 5.02»

Сжатый воздух поступает в пневматический блок 1 из компрессора, либо из заводской сети. Воздухораспределители 4 распределяют воздух пневмоцилиндрам 2 схвата, качания кисти руки, вращения кисти руки.

Пневмоблок, которым комплектуется промышленный робот, предназначен для подготовки, регулирования подачи сжатого воздуха из заводской сети и блокирования работы манипулятора при падении давления ниже допустимого.

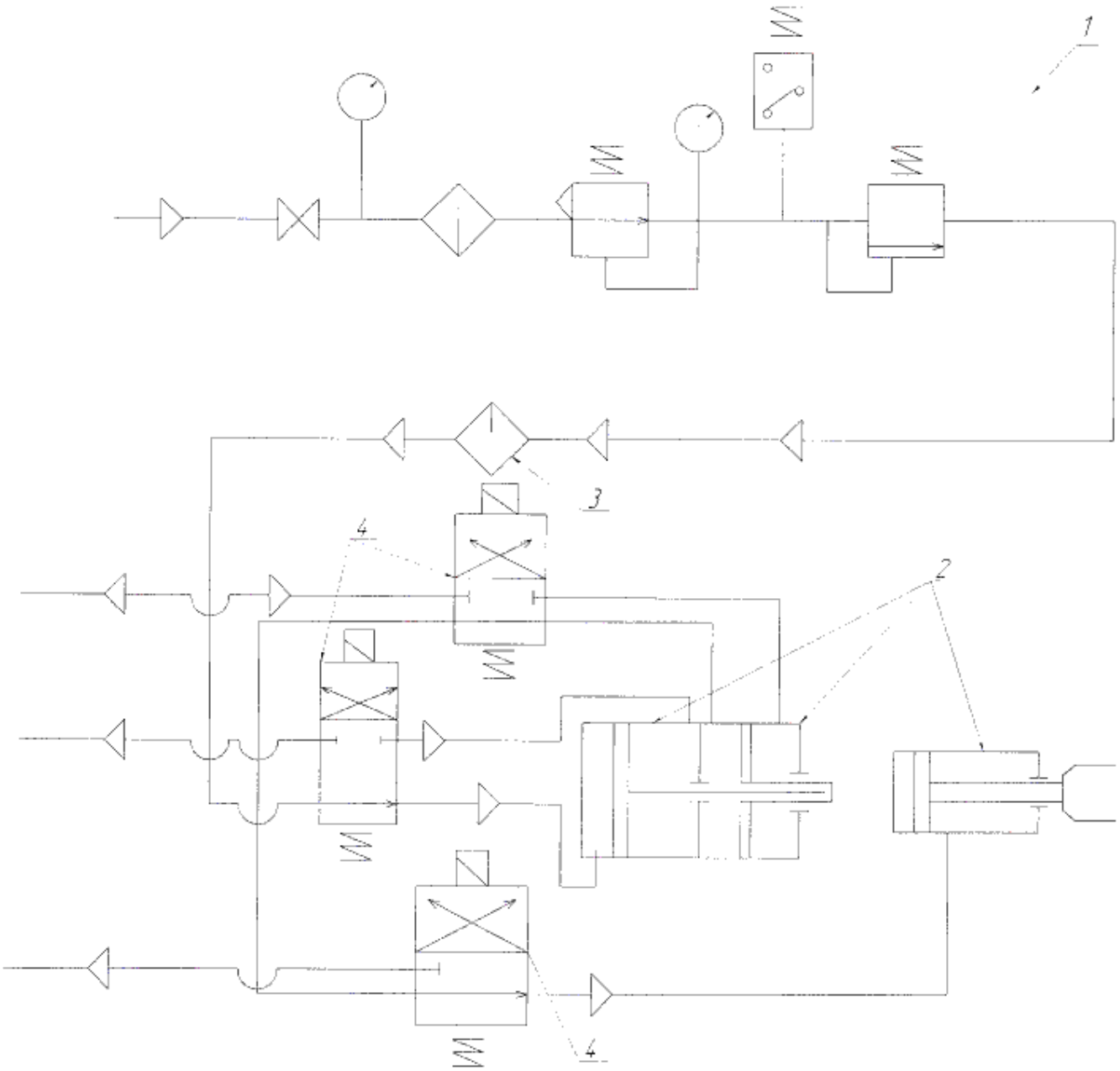

Рисунок 3.12 Пневматическая схема

1 блок пневматический;

2 пневмоцилиндр;

3 – маслораспылитель;

4 – воздухораспределитель

3.6 Разработка электрической схемы

Электрическая схема показывает состав и соединения электрических элементов изделия.

Принципиальная электрическая схема является наиболее полной. На ней изображают все электрические элементы и устройства, необходимые для осуществления связи и контроля в изделии заданных электрических процессов между ними, а также элементы подключения, которыми заканчиваются входные и выходные цепи.

В электрической схеме различают две цепи: силовую цепь и цепь управления.

В силовую цепь включают электродвигатели, силовые электромагниты, вводные рубильники, предохранители, силовые контакты контакторов, нагревательные элементы и др. Силовая цепь замыкается и размыкается под действием цепи управления.

В цепь управления включаются кнопки управления, обмотки контакторов, путевые выключатели, реле управления и защиты и другие элементы управления.

По цепи управления должен протекать электрический ток небольшой величины.

Для повышения надёжности и безопасности эксплуатации цепь управления подключается на пониженное напряжение с помощью трансформатора. Так, например, силовая цепь имеет напряжение 380 В, а цепь управления питается напряжением 36, 110В. В соответствии с рисунком 3.13 приведена схема электрическая. В таблице 3.1 представлены позиционные обозначения электрической схемы.

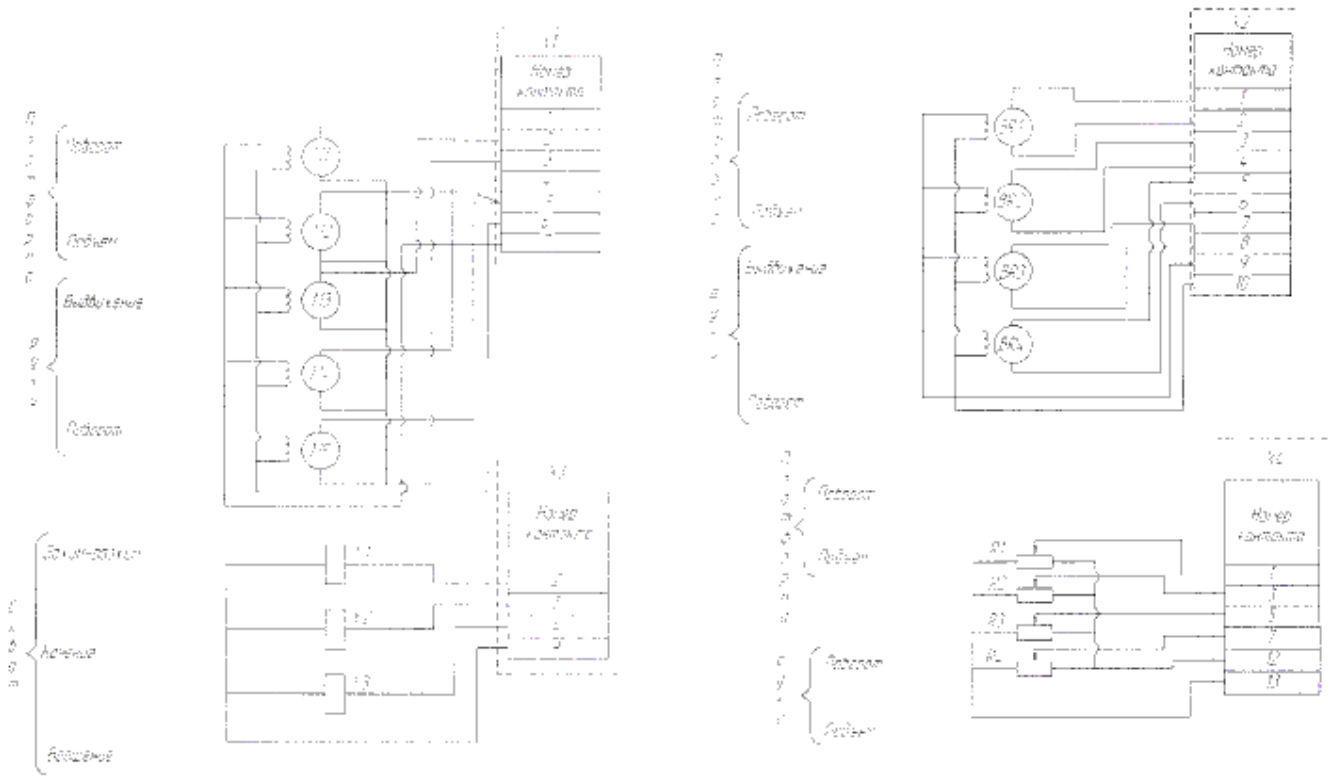

Рисунок 3.13 Принципиальная электрическая схема

Таблице 3.1 – Позиционные обозначения электрической схемы

Позиционное обозначение	Обозначение	Кол.
R1…R3	Потенциометр прецизионный ППМЛ	4
Y1…Y3	Электромагнит	3
M1, M2, M5	Электродвигатель постоянного тока СЛ-661М	3
M3, M4	Электродвигатель постоянного тока СЛ-569М	2
B1, B4	Тахогенератор постоянного тока СЛ-121	4
X1, X2, X3, X4	Вилка	2

3.7 Разработка электрической системы управления

В выпускной квалификационной работе система управления основана на контроллере FEC-Compact.

Контроллеры FEC (Front End Controller) - это семейство однокорпусных промышленных программируемых логических мини-контроллеров, включающее серии контроллеров FEC Compact и FEC Standard.

Эти контроллеры разработаны как недорогая универсальная промышленная система управления, которая может быстро и легко устанавливаться и эксплуатироваться людьми, имеющими небольшой опыт работы с программируемыми контроллерами. Все функции для небольшой системы управления интегрированы в одном корпусе.

Контроллер FEC Compact, представленный в соответствии с рисунком 3.14 предназначены для обработки только дискретны сигналов, могут использоваться в стандартных релейных шкафах управления и идеально подходят для управления там, где требуется небольшое количество входов и выходов. Они предназначены для решения простых задач автоматизации технологического оборудования и технологических процессов с минимальными затратами.

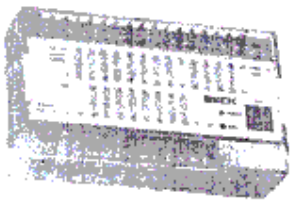

Рисунок 3.14 – Контроллер FEC Compact

В пластмассовом корпусе FEC Compact с габаритными размерами 130x80x35мм 130x80x60мм (модели со встроенным преобразователем питания – 220В/+24В) классом защиты IP40 установлены следующие составляющие контроллера:

1) процессор AMD186 (тактовая частота 20 МГц), подобный процессору Intel 80186.память оперативная 256 Кб (16-битная SRAM), из которых 210 Кб сво-

бодны для прикладных программ, или 512 Кб (16-битная DRAM), из которых 480 Кб свободны для прикладных программ,

2) Flash-память (перезаписываемая память для программ) 255 Кб, количество циклов перезаписи 10 тысяч, область сохраняемых переменных данных 2Кб,

3) 12 каналов ввода транзисторных при напряжении питания 24 В постоянного тока (до 7 мА по каждому каналу), гальваническая развязка (оптоэлектронная пара, напряжение изоляции до 50 В переменного тока) и световая индикация по каждому каналу (светодиоды после гальванической развязки), 8 каналов вывода (напряжение изоляции до 300 В переменного тока) со световой индикацией по каждому каналу (светодиоды), которые реализованы в нескольких вариантах:

4) электромеханические реле, которые реализованы в рабочем режиме переменный ток до 2 А при напряжении до 250 В или постоянный ток до 5 А при напряжении до 30В, частота переключений до 25 Гц, твердотельные реле (SSR-реле или Solid-state relay) коммутирующие переменный ток до 0,6 А при напряжении до 264 В или постоянный ток до 0,6 А при напряжении до 125 В, срок службы 100 тыс. часов частота переключений до 10 Гц, транзисторные выходы, коммутирующие постоянный ток до 0,6 А при напряжении 24 В, срок службы 100 тыс. часов, максимальная частота переключения 1 кГц, комбинация реле и транзисторных выходов, последовательные интерфейсы для программирования и подключения внешних устройств COM (PS232,9600 бод с разъемом RJ11 или TTL с разъёмом RJ12) и EXT (56 Кбод, TTL с разъемом RJ12), сетевой интерфейс Ethernet 10 BaseT, преобразователь электропитания (~220 В / 24 В) в тех моделях контроллеров в которых предусмотрено питание от сети переменного тока.

Контроллеры поставляются с записанной в постоянную память операционной системой ROM DOS 5/0 и программой Kernel (FSTPCRx.EXE).

Основные характеристики поставляемых моделей контроллеров серии FEC Compact приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Серии контроллеров FEC Compact с программированием в пакете FST

Тип контроллера	Характеристики
FC 20-FST	12 входов /8 выходов релейных, питание 24 В постоянное
FC 21-FST	12 входов /8 выходов релейных, питание 220 В переменное
FC 22-FST	12 входов /8 выходов SSR- реле, питание 24 В постоянное
FC 23-FST	12 входов /8 выходов SSR- реле, питание 220 В переменное
FC 34-FST	12 входов /2 релейных, 6 транзисторных выходов, питание 24В постоянное
FC 30-FST	12 входов /2 релейных, 6 транзисторных выходов, питание 24В постоянное, Ethernet 10 BaseT

Контроллеры FEC Compact питаются от стабилизированного источника постоянного тока с напряжением 24В или от сети переменного тока 220В.

Не рекомендуется, а в некоторых случаях категорически противопоказано, подключать контакт заземления контроллера на общую "землю" основного оборудования или цеха, если нет уверенности в том, что общее заземление сделано в соответствии с нормами и на нём нет потенциала, отличного от нуля.

При установке контроллеров необходимо обратить внимание на окружающие условия, при которых они будут нормально функционировать. Нельзя устанавливать контроллеры в местах, где присутствует чрезмерная пыль, масляный туман токопроводящая пыль или газ, вызывающие коррозию, там, где присутствует вибрация, высокая температура, прямые солнечные лучи, влажность, дождь, а также непосредственно вблизи высоковольтного оборудования. Нельзя устанавливать контроллеры непосредственно над устройством, выделяющим теплоту, типа нагревателя, трансформатора или мощного резистора. Если окружающая температура более 55°C, необходимо установить вентилятор для принудительного охлаждения.

Контроллер может быть установлен на монтажном рельсе (DIN46277, ширина 35 мм) или непосредственно на винты М4. В процессе установки необходимо убедиться, что модуль установлен как можно дальше от оборудования с высоким напряжением и большой мощности.

12 входов контроллеров FEC Compact PNP или NPN типа разделены на две группы: первая группа 8 входов, вторая группа 4 входа. Имеется гальваническая развязка (оптоэлектронная пара) и индикация входных сигналов через светодиоды (после гальванической развязки). Время задержки приема сигнала 5 мс.

Минимальное напряжение включения 15В, выключения 5 В. Два входа второй группы могут также использоваться как счетчики с максимальной частотой 2 кГц. Провода для входных сигналов подключаются 14 винтами (12 сигнальных и 2 общих провода). На каждый винт можно присоединить 2 провода сечением до 0,75 мм^2.

В соответствии с этим описанием выбираем контроллер марки FC 34-FST. При подключении к выходам контроллера элементов со значительной нагрузочной способностью (реле, контакторы и пр.) рекомендуется устанавливать предохранитель от 5 до 10А для каждой группы выходов, чтобы предохранить от повреждения из-за короткого замыкания. Подключение обратного диода параллельно индуктивной нагрузке также значительно удлинит срок службы контроллера.

3.8 Программирование контроллеров FEC COMPACT

Для практического применения описанных контроллеров с подключенными входами - выходами и питанием необходимо записать в их память прикладную программу заказчика, которая реализует разработанный им алгоритм управления объектами. Такую программу можно создать, имея определенные навыки в обращении с персональными компьютерами и пакет программ для программирования

контроллеров. Программирование контроллеров серии FEC Compact осуществляется с помощью пакета программ FST, который реализован в двух вариантах: как приложение DOS и приложение Windows. Он может устанавливаться на персональных компьютерах с операционными системами DOS или Windows. Комплекс питается от трехфазной сети переменного тока 380В 50Гц и 220В питание всех датчиков и контроллера осуществляется стабилизированным источником питания +24 V DC.

Выводы по разделу три

1. Учитывая тип и габариты объекта манипулирования (тела вращения наибольшего диаметра 90 мм и массы 4,5 кг), выбираем быстросменное зажимное устройство, с губками в форме призмы, которое обеспечит зажим и необходимую установку заготовки на станок;

2. Для межоперационной передачи заготовок от одного рабочего места к другому, мы в нашем комплексе применяем тактовые столы;

3. Решено разработать кинематическую схему, для того, чтобы отобразить способы передачи движений в ПР от двигательных механизмов к исполнительным;

4. Для отображения состава и соединения элементов разрабатываем пневматическую и электрическую схемы;

5. После рассмотрения всех вариантов систем управления, мы выбираем систему управления, основанную на контроллере FEC-COMPACT, так как она легко устанавливается и эксплуатируется людьми.

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1 Обеспечение безопасных условий труда на автоматизированном станке

Рабочее место должно обеспечивать возможность удобного выполнения работ в положении сидя или стоя, или в положениях и сидя, и стоя. При выборе положения работающего необходимо учитывать:

– физическую тяжесть работ;

– размеры рабочей зоны и необходимость передвижения в ней работающего в процессе выполнения работ;

– рабочее место при выполнении работ сидя должно соответствовать ГОСТ 12.2.033-78.

На схеме расположения оборудования станка, показанного в соответствии с рисунком 4.1, имеется: робот 1 с пультом управления 6, тактовый стол 2, тактовый стол 3, станок 3Л722ВФ2, пульт управления станком 5.

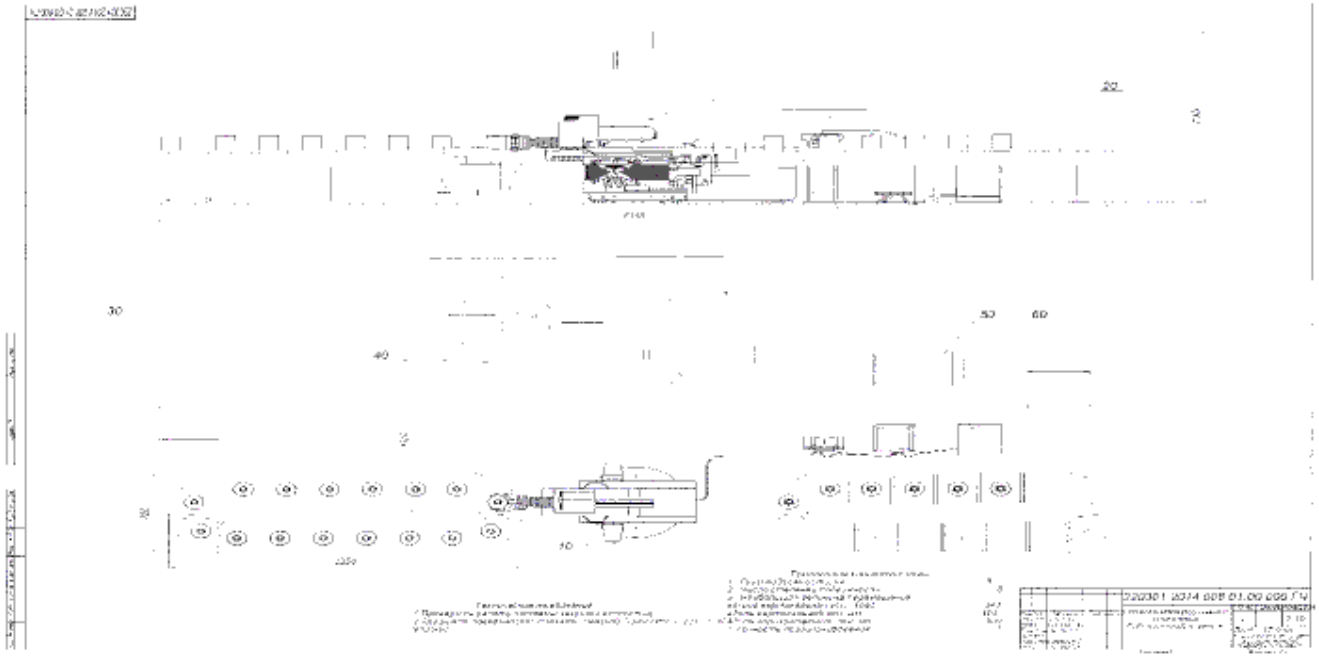

Рисунок 4.1 – Схема оборудования станка

Ввиду того что рабочий процесс идет по программе, не требует постоянного передвижения работающего, и физическая тяжесть работ позволяет выполнять их в основном в положении сидя.

В соответствии ГОСТ 12.2.033-78. расстояние между стулом и столом должно быть не менее 300 мм.

Рабочее место оператора представляет совокупность элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации) соответствующие физиологическим, психологическим и антропометрическим требованиям.

Рабочего места оператора станка изображено в соответствии с рисунком 4.2. Основными параметрами рабочего места являются 8 позиций, указанных в таблице 4.1 в соответствии с ГОСТ Р 50923-96.

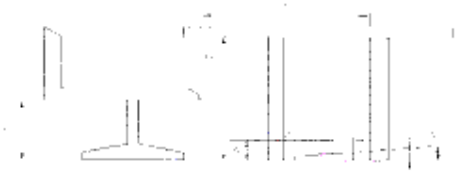

Рисунок 4.2 – Рабочее место оператора

Таблица 5.1 – Пространственные параметры рабочего места оператора

Номер позиции	Параметр	Способ измерения параметра	Значение параметра мм
1	Высота сиденья	От пола до верхней плоскости сиденья	400–500
2	Площадь поверхности для записи	Определяется оптимальной зоной моторного поля	600x400 900x600
3	Глубина пространства для ног на уровне:	От переднего края стола	≤ 400
4	коленей ступней		≤ 600
5	Высота пространства для ног на уровне:	От пола	≤ 600
6	коленей ступней		≤ 100
7	Высота подставки для ног	От пола до передней части подставки	50–130
8	Угол наклона подставки для ног	От горизонтали	0–25°

Также рабочий стул должен обеспечивать оператору возможность удобного выполнения работ в положении сидя и не создавать перегрузки костно-мышечной системы. Стул должен быть подъемно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки. Должны быть подлокотники обязательно. В соответствии с рисунком 4.3 показан стул рабочего места оператора с требованиями эргономики в соответствии с ГОСТ Р 50923-96 .

Разработанная в работе система автоматизации представляет такие опасные производственные факторы как поражение током, механическое травмирование движущимися механизмами, вредные испарения от испарения СОЖ, а также шум.

Движущиеся части оборудования должны быть окрашены в предупредительную яркую окраску, чтобы избежать столкновения. Также рекомендуется зону работы механических вращающихся или поступательных частей ограждать от досягаемости вытянутой руки либо кожухами со стеклом, либо дополнительной рамой из металла.

Операторам, работающим на данном оборудовании, запрещено устранять выявленные в процессе работы неисправности, следует вызвать специализированный персонал. Немаловажно для пусковых и переключающих устройств пульта управления применить устранение возможности их самопроизвольного (случайного) включения и выключения, которые могут привести к аварии. Для чего на

кнопки и тумблеры установить откидные крышки. Первой мерой против механического травмирования на станке должна быть проверка знаний персонала инструкций охраны труда и наличие предупреждающих табличек как на участке, так и на рабочем месте.

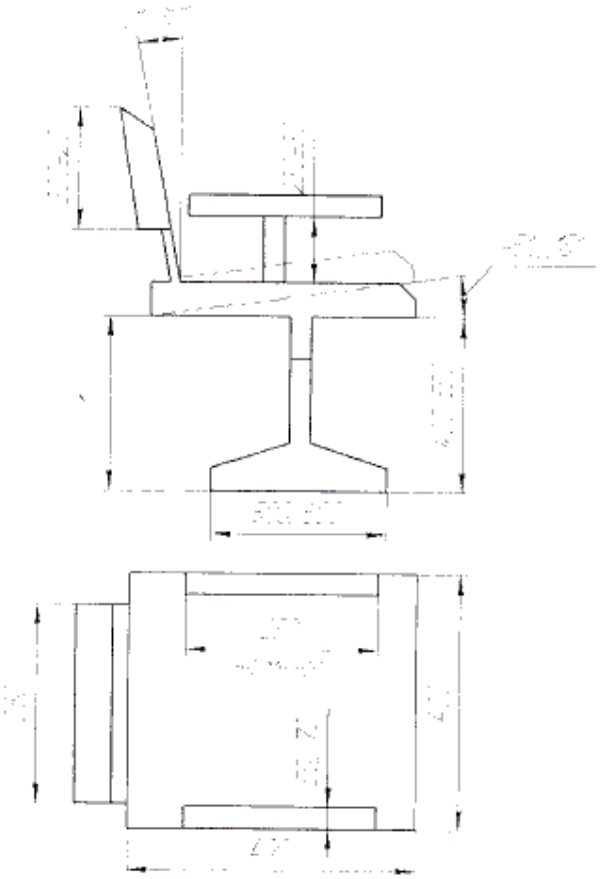

Рисунок 4.3 – Рабочий стул оператора

При работе на разработанном установке при нормальном режиме работы возможны следующие причины поражения электрическим током:

– случайное прикосновение к находящимся под напряжением токоведущим частям (из-за незнания, спешки, действия отвлекающих факторов, плохого самочувствия, наркотического или иного опьянения и т.д.)

– нарушение изоляции;

– отсутствие заземления или некачественное заземление;

– замыкание в результате аварии;

– появление напряжения на нетоковедущих частях;

– при работе без соблюдения правил техники безопасности.

Для предотвращения удара персонала электрическим током, нетоковедущие части оборудования должны быть заземлены медными проводами с клеммными шпильками, над которыми следует нарисовать знак заземления.

Персонал должен каждый день перед началом работы осмотреть питающие кабели на предмет повреждений и осмотреть станок и робот.

Для нормальной и высокопроизводительной работы в производственных помещениях необходимо, чтобы соблюдались метеорологические условия (тем-

пература, влажность, скорость движения воздуха). Работа на разрабатываемом объекте отнесем к Iб категории тяжести легкие работы (суммарные затраты энергии от 120 до 150 ккал/час, до 174 Вт). Оптимальные параметры микроклимата Iб категории тяжести труда: температуры воздуха 22-24 °С при его относительной влажности 40-60% и скорости движения воздуха не более 0,1м/с.

Для искусственного освещения помещения оператора, применяется система комбинированного освещения. Предусмотрено устройство рабочего и эвакуационного освещения. Для искусственного освещения применяются люминесцентные лампы типа ЛБ мощностью 80 Вт. Для общего освещения использованы светильники с люминесцентными лампами и зеркальными экранирующими решетками и отражателями. При устройстве местного освещения применяются поворачивающиеся, передвижные лампы на гибком шланге или передвижных шарнирах.

Система пожарной безопасности включает в себя два основных элемента: систему пожарной сигнализации, средств тушения очагов возгорания.

Устанавливаем категорию пожарной опасности Д, при которой используются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии. Допускается относить к категории Д помещения, в которых находятся горючие жидкости в системах смазки, гидропривода не более 60 кг в единице оборудования, кабельные электропроводки к оборудованию.

Устанавливаем класс пожара Е – горение различных агрегатов и приборов, находящихся под напряжением.

Определяем количество рекомендуемых огнетушителей для категории помещения Д и класса пожара Е: огнетушителей ОП 5 литров – 2шт.; огнетушителей ОУ 5 литров – 2шт.

По [1] на одного рабочего (станок один) при отсутствии естественной вентиляции расход воздуха должен быть 60м^3/ч.

По расходу воздуха подбирают мощность вытяжки.

Расчет воздухообмена по избыткам тепла обычно меньше чем от превышения ПДК. В любом случае в станке разогревается рабочая среда и трансформатор, поэтому устанавливают кондиционер.

Источником шума и вибрации в разрабатываемом станке является работа электродвигателя и насоса гидросистемы. Нормативные уровни шума на постоянных рабочих местах составляют 45…107 дБ. Работа на разрабатываемом станке относится к работе с сосредоточенностью и наблюдением за процессами L=70Дб. Допустимый уровень вибраций согласно СНИП устанавливается в пределах 16…2000Гц. В данном случае вибрации от работающего электродвигателя составляет от 25 до 50 Гц от работающего насоса – 80…120Гц. Нередко повышенный уровень шума является следствием неисправности или износа механизмов, и в этом случае своевременный ремонт позволяет снизить шум.

Индивидуальные средства защиты.

В целях защиты оператора от травм используются следующие средства индивидуальной защиты:

– резиновый коврик;

– очки защитные;

– специальная одежда;
– респиратор;
– защитные перчатки.

4.2 Расчет защитного зануления

Занулением называется преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Нулевым защитным проводником называется проводник, соединяющий зануляемые части с глухозаземленной нейтральной точкой обмотки источника тока или её эквивалентом.

Задача зануления состоит в устранении опасности поражения людей током при замыкании на корпус. Принцип действия зануления – превращение замыкания на корпус в однофазное короткое замыкание, т. е. замыкание между фазным и нулевым проводами с целью создания большого тока, способного обеспечить срабатывание защиты и тем самым автоматически отключить повреждённую установку от питающей сети. Такой защитой являются плавкие предохранители или автоматические выключатели, устанавливаемые перед потребителями энергии для защиты от токов короткого замыкания.

Определяем ток замыкания фазы на корпус электроустановки, т.е. ток однофазного КЗ в петле «фаза-нуль»

$$I_К = \frac{Uф}{\frac{Z_Т}{3} + Z_П}, А,$$

где Uф – фазное напряжение, Uф=380В;

$Z_Т$ – модуль полного сопротивления трансформатора [34], при схеме соединения треугольник и мощности трансформатора 100 А, $Z_Т$=0,799 Ом;

$Z_П$ – модуль полного сопротивления петли «фаза-нуль», Ом.

модуль полного сопротивления петли «фаза-нуль», Ом.

$$Z_П = \sqrt{(R_Ф + R_{Н.З})^2 + (X_Ф + X_{Н.З.} + X_П)^2},$$

где Хф, Хн.з. – внутренние индуктивные сопротивления фазного и нулевого защитного проводников, для проводников из меди Хф=0 и Хн.з.=0;

Хп – индуктивное сопротивление петли «фаза-нуль», для фазного и нулевого проводников, расположенных в непосредственной близости принимают Хп=0;

Rф – активное сопротивление фазного защитного проводника, Ом;

Rн.з. – активное сопротивление нулевого защитного проводника, Ом;

Принимаем фазный и нулевой проводники медные сечением 10 мм^2.

Активное сопротивление фазного проводника

$$R_{ф} = \frac{\rho \cdot l}{s_{ф}}, \text{ Ом},$$

где ρ – удельное электрическое сопротивление проводника из меди

$$\rho = 0{,}018 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}};$$

где l – длина проводника, принимаем l–30 м;
Sф – сечение проводника, принимаем Sф=10 мм^2;

$$R_{ф} = \frac{0{,}018 \cdot 30}{10} = 0{,}054 \text{ Ом}.$$

Активное сопротивление нулевого защитного проводника

$$R_{н.з} = \frac{\rho \cdot l}{s_{н.з.}}, \text{ Ом},$$

где ρ – удельное электрическое сопротивление проводника из меди

$$\rho = 0{,}018 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}};$$

где l – длина проводника, принимаем l–80 м;
Sн.з. – сечение проводника, принимаем Sф=10 мм^2;

$$R_{н.з.} = \frac{0{,}018 \cdot 80}{10} = 0{,}144 \text{ Ом}.$$

$$Z_{п} = \sqrt{(0{,}054 + 0{,}144)^2 + (0 + 0 + 0)^2} = 0{,}198 \text{Ом}.$$

$$I_{к} = \frac{380}{\frac{0{,}799}{3} + 0{,}198} = 818 \text{ А}.$$

Вычисляем отношение полных проводимостей фазного и нулевого проводников

$$\frac{\sigma_{ф}}{\sigma_{н.з.}} = \frac{R_{н.з.}}{R_{ф}},$$

$$\frac{\sigma_{ф}}{\sigma_{н.з.}} = \frac{0,144}{0,054} = 2,66$$

Система зануления выполнена неправильно, необходимо увеличить сечение нулевого проводника, принимаем Sн.з.=16 мм^2

Тогда

$$R_{н.з.} = \frac{0,018 \cdot 80}{16} = 0,09\ Ом.$$

Пересчитываем ток замыкания фазы на корпус

$$Z_{п} = \sqrt{(0,054 + 0,09)^2 + (0 + 0 + 0)^2} = 0,144\ Ом.$$

$$I_{К} = \frac{380}{\frac{0,799}{3} + 0,144} = 926\ А$$

$$\frac{\sigma_{ф}}{\sigma_{н.з.}} = \frac{0,09}{0,054} = 1,66$$

По соотношению полных проводимостей система зануления выполнена правильно.

Принимаем коэффициент кратности тока КЗ в петле «фаза-нуль» К=3.

Проверим неравенство

$$I_{К} > к \cdot I_{ном}\ ,$$

где – $I_{ном}$, ток ожидаемый или максимальный в электроустановке, $I_{ном} \approx 10$ А:

$$926 А > 3 \cdot 10 = 30\ А$$

Система зануления рассчитана правильно.

Расчет сопротивления заземления нейтрали

$$R_{зN} \le 20 \cdot \frac{U_{пр.доп.}}{U_{ф} - U_{пр.доп.}},$$

где $U_{ф}$ – фазное напряжение, В;

$U_{пр.доп.}$ – предельно допустимое значение напряжения прикосновения при длительном протекании тока через человека [34], при прикосновении 0,5 с $U_{пр.доп.} = 100$ В;

$R_{з.м.}$ – сопротивление замыкания на землю, обычно 20 Ом;

$$R_{ЗУ} = 20 \cdot \frac{100}{380 - 100} = 7{,}14 \text{ Ом}.$$

По ПУЭ допускается сопротивление заземляющего устройства до 10 Ом.

4.3 Мероприятия по уменьшению последствий землетрясений

Землетрясение – подземные толчки и колебания поверхности Земли, вызванные естественными причинами (главным образом тектоническими процессами) или искусственными процессами (взрывы, заполнение водохранилищ, обрушением подземных полостей горных выработок). По разрушительным действиям землетрясения не имеют себе равных среди стихийных бедствий.

Опасные последствия землетрясений разделяются на природные и связанные с деятельностью человека. К природным последствиям относятся: сотрясения грунта, нарушения грунта (трещины и смещения), оползни, лавины, сели, разжижение грунта, оседания, цунами, сейши (стоячие волны, возникающие в замкнутых или частично замкнутых водоёмах).

К последствиям землетрясений, связанных с деятельностью человека, относятся:

– разрушение или обрушение зданий, мостов и других сооружений;

– наводнения при прорывах плотин и водоёмов;

– пожары при повреждениях нефтехранилищ и разрывах газопроводов;

– повреждение транспортных средств, коммуникаций, линий энерго- и водоснабжения, а также канализационных труб;

– радиоактивные утечки при повреждении ядерных реакторов.

Предупреждение населения об угрозе землетрясения является весьма затруднительным, так как точно предсказать его место и время пока невозможно. Однако знание косвенных признаков его приближения может помочь пережить данную ситуацию с наименьшими потерями. К таким признакам относятся беспричинное, на первый взгляд, беспокойство птиц и домашних животных (особенно это заметно ночью), а также массовый уход из мест обитания пресмыкающихся. Зимой ящерицы и змеи в предчувствии опасности выползают даже на снег.

Рассмотрим действия сотрудников предприятия при землетрясении для уменьшения потерь.

Для привлечения внимания в экстренных случаях перед передачей информации включаются сирены, а также другие сигнальные средства. Сирены и прерывистые гудки предприятий, транспортных средств означают сигнал гражданской обороны «Внимание всем». При этом необходимо немедленно включить громкоговоритель, радио - или телеприёмник и слушать сообщение штаба гражданской обороны. При угрозе землетрясения такое сообщение может начинаться со слов: «Внимание! Говорит штаб гражданской обороны города… Граждане! В связи с возможным землетрясением…».

Если первые толчки застали сотрудников в здании (сооружении), надо как можно скорее выйти из него. В распоряжении сотрудников не более 15 – 20 се-

кунд. Тем, кто оказался на втором и последующих этажах, встать в дверных проёмах, распахнув двери. Можно воспользоваться углами, образованными капитальными стенами, узкими коридорами внутри здания, встать возле опорных колонн, т.к. эти места наиболее прочны. Здесь больше шансов остаться невредимыми. Ни в коем случае не прыгать из окон.

Как только толчки прекратятся, немедленно выйти из здания, на свободную площадку.

Если первые толчки застали сотрудников на открытой территории, немедленно отойдите от зданий и сооружений, заборов и столбов – они могут упасть и придавить. Нельзя прятаться в нижних этажах и подвальных помещениях зданий.

Не допускается приближаться к объектам и территориям, имеющим воспламеняющиеся и взрывоопасные вещества, аварийно химически отравляющие вещества. Не стойте на мостах и путепроводах. Не прикасаться к проводам.

Необходимо помнить, что после первого могут последовать повторные толчки. Сотрудники должны быть готовы к этому и предупредить других. Это может произойти через несколько часов, а иногда и суток.

В момент разрушения опасность представляют также разлетающиеся части конструкций сооружений и зданий. Почти всегда землетрясения сопровождаются пожарами, вызванными утечкой газа или замыканием электрических проводов.

Чтобы свести потери до минимума, надо заранее продумать и знать правила поведения при ЧС, сохранять порядок, дисциплину и самообладание. Каждый сотрудник обязан незамедлительно принять участие в спасательных работах, но при этом помнить о мерах предосторожности, т.к. возможны смещения обломков.

После землетрясения сотрудникам необходимо:

– осмотреть себя и окружающих не ранены ли;

– освободить попавших в легкоустранимые завалы;

– проверить коммуникации.

Рассмотрим спасательные и неотложные аварийно-восстановительные работы при ликвидации последствий землетрясений.

При землетрясениях для проведения спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ привлекаются спасательные, сводные отряды (команды), отряды (команды) механизации работ, аварийно-технические команды, а также другие формирования, которые имеют на оснащении: бульдозеры, экскаваторы, краны, механизированный инструмент и средства механизации (керосинорезы, бензорезы, тали, домкраты).

При проведении спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ в очаге землетрясения в первую очередь извлекают из-под завалов, из полуразрушенных и горящих зданий людей, которым оказывают первую медицинскую помощь; устраивают в завалах проезды; локализуют и устраняют аварии на инженерных сетях, которые угрожают жизни людей или препятствуют проведению спасательных работ; обрушивают или укрепляют конструкции зданий или сооружений, находящихся в аварийном состоянии; оборудуют пункты сбора пострадавших и медицинские пункты; организуют водоснабжение.

Последовательность и сроки выполнения работ устанавливает начальник Гражданской Обороны объекта, оказавшегося в зоне землетрясения.

4.4 Расчет местной вытяжной вентиляции

Рассчитываемая местная вытяжная вентиляционная установка предназначена для удаления абразивной и металлической пыли от плоскошлифовального станка 3Л722ВФ2 и состоит из специального пылестружкоприемника (см. рис.4.4), транспортной сети (воздуховодов), стружкоотделителя, пылеотделителя (фильтра) и побудителя тяги воздуха (вентилятора).

Исходные данные:

– площадь сечения приемника (пылестружкоприемника) $F_{раб} = 1 м^2$;

– дополнительные отверстия в воздуховоде отсутствуют $F_{доп} = 0$;

– коэффициент запаса $\alpha = 1{,}1$;

объемный расход выделяющейся пыли $V_1 = 5 \cdot 10^{-5} м^3/с$;

– температура удаляемого воздуха 20°С;

– динамическая вязкость воздуха $\mu_c = 1{,}8 \cdot 10^{-5} \frac{Н \cdot сек}{м^2}$;

– длина воздуховода $L = 20 м$;

– скорость воздуха в воздуховоде $W_в = 5 м/с$;

– гидравлическое сопротивление циклона $\Delta P_ц = 500 Па$;

– общий к.п.д. вентиляционной установки $\eta = 0{,}5$;

– диаметр частицы пыли d $100 \cdot 10^{-6}$ м;

– кажущаяся плотность частицы $\rho = 1600 кг/м^3$.

При расчете необходимо:

– найти мощность электродвигателя вентилятора;

– начертить план и разрез вентиляционной установки в соответствии с требованиями ЕСКД.

Вычисление критерия Архимеда по формуле 4.1:

$$Ar = \frac{d^3 \cdot \rho \cdot \rho_c \cdot g}{\mu_c^2} \qquad (4.1)$$

где d – диаметр частицы абразивной пыли, м;

ρ – кажущаяся плотность частицы, кг/м^3;

ρ_c – плотность воздуха, кг/м^3;

g – ускорение свободного падения;

μ_c – динамическая вязкость воздуха.

Подставив значения получаем:

$$Ar = \frac{(100 \cdot 10^{-6})^3 \cdot 1600 \cdot 1{,}2047 \cdot 9{,}81}{(1{,}8 \cdot 10^{-5})^2} = 58{,}361$$

Вычисление критерия $Re_{вит}$ по формуле 4.2:

$$Re_{вит} = \frac{Ar}{18 + 0{,}61\sqrt{Ar}} \qquad (4.2)$$

Подставив значения получаем:

$$Re_{вит} = \frac{58{,}361}{18 + 0{,}61\sqrt{58{,}361}} = 2{,}576$$

Вычисление скорости витания частицы по формуле 4.3:

$$W_{вит} = \frac{Re_{вит} \cdot \mu_c}{d \cdot \rho_c}, \text{ м/с} \qquad (4.3)$$

Подставив значения получаем:

$$W_{вит} = \frac{2{,}576 \cdot 1{,}8 \cdot 10^{-5}}{100 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}2047} = 0{,}385 м/с.$$

Вычисление объемного расхода удаляемого запыленного воздуха по формуле 4.4:

$$V = W_{пр} \cdot (F_{раб} \cdot F_{доп}) \cdot \alpha + V_t, м^3/с, \qquad (4.4)$$

где $W_{пр} = 1{,}2 \cdot W_{вит} = 1{,}2 \cdot 0{,}385 = 0{,}462$м/с,

Подставив значения получим

$$V = 0{,}462 \cdot (1 + 0) \cdot 1{,}1 + 5 \cdot 10^{-5} = 0{,}508 м^3/с.$$

Вычисление диаметра воздуховода по формуле 4.5:

$$d_в = \sqrt{\frac{V}{0.785 \cdot W_в}}, м \qquad (4.5)$$

Подставив значения получим

$$d_в = \sqrt{\frac{0,508}{0,785 \cdot 5}} = 0,36м$$

Вычисление гидравлического сопротивления вентиляционной установки по формуле 4.6:

$$\Delta\rho = \Delta\rho_{ск} + \Delta\rho_{тр} + \Delta\rho_{м.с.} + \Delta\rho_{ц} \quad (4.6)$$

где $\Delta\rho_{ск}$ - скоростной напор, Па;

$\Delta\rho_{тр}$ - потери напора на трение, Па;

$\Delta\rho_{м.с.}$ - потери напора на местные сопротивления, Па;

$\Delta\rho_{ц}$ - потери напора в циклоне, Па.

$$\Delta\rho_{ск} = \frac{W_в^2 \cdot \rho_с}{2} = \frac{5^2 \cdot 1,2047}{2} = 15,059Па,$$

$$\Delta\rho_{тр} = \frac{\lambda \cdot L \cdot \Delta\rho_{ск}}{d_в} \quad (4.7)$$

$\Delta\rho_{ск}$ – коэффициент трения, его значение зависит от критерия Рейнольдса: Re $= 1,5223 \cdot 10^5$; $\lambda = 0,016$

$$\Delta\rho_{тр} = \frac{0,016 \cdot 20 \cdot 15,059}{0,36} = 13,386Па,$$

$$\Delta\rho_{м.с.} = 1,65 \cdot \Delta\rho_{ск} = 1,65 \cdot 15,059 = 24,847Па.$$

Подставив значения в 4.6, получим

$$\Delta\rho = 15,059 + 13,386 + 24,847 + 500 = 553,292Па .$$

Вычисление мощности электродвигателя вентилятора считаем по формуле

$$N_{дв} = \frac{V \cdot \Delta\rho}{1000 \cdot \eta}, кВт \quad (4.8)$$

Подставив значения в 4.8, получим

$$N_{дв} = \frac{0,508 \cdot 553,292}{1000 \cdot 0,5} = 0,562_{кВт.}$$

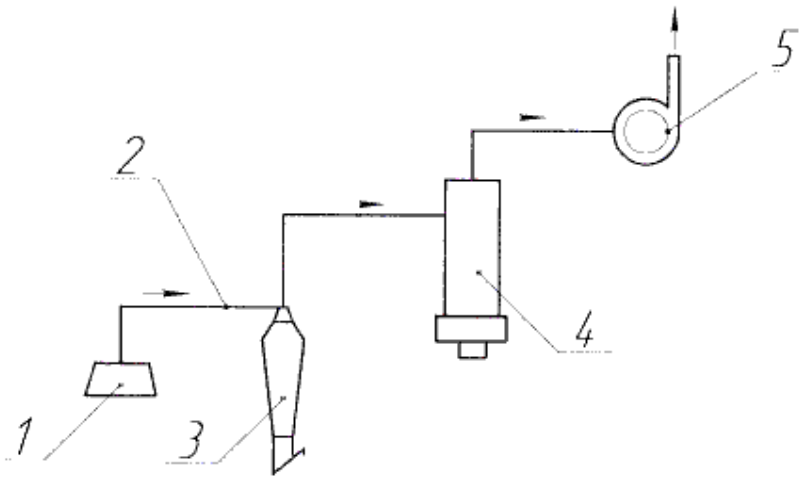

Рисунок 4.4 – Схема вентиляционной установки
1 – пылестружкоприемник, 2 – транспортная сеть (воздуховоды),
3 – стружкоотделитель, 4 – пылеотделитель (фильтр), 5 – вентилятор

Выводы по разделу четыре

1. Рассмотрев все опасные производственные факторы, принято обязательное использование средств индивидуальной защиты: резиновый коврик, очки защитные, специальная одежда, респиратор, защитные перчатки;

2. Для устранения опасности поражения людей током при замыкании, решаем применить защитное зануление;

3. С целью предотвращения опасных последствий землетрясений, обязательно проводим мероприятия по устранению этих последствий;

4. Рассчитываем местную вытяжную вентиляционную установку, предназначенную для удаления абразивной и металлической пыли от плоскошлифовального станка.

5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

5.1 Общие сведения

Оценка средств и методов автоматизации по экономической эффективности является более обобщенной, чем оценка по отдельным техническим характеристикам. Сравнивая принятый вариант по экономическим показателям с действующим производством, можно определить целесообразность модернизации последнего. С учетом показателей технико-экономической эффективности уточняют производственные характеристики с разрабатывамым автоматизируемым комплексом.

Целью данной выпускной квалификационной работы является создание автоматизированного комплекса на базе плоскошлифовального станка для автоматизации процесса обработки детали корпус.

Принятый вариант автоматизированного комплекса должен обеспечивать высокую эффективность капиталовложений, снижение себестоимости выпускаемой продукции и повышение ее качества, а также уменьшение срока окупаемости дополнительных капиталовложений.

5.2 Оценка экономической эффективности

Приведённые затраты по каждому варианту определяются исходя из объёма выпуска по формуле

$$П = С + E_н \times К, \text{ руб}$$

где С – себестоимость обработки годового выпуска продукции, производимой с помощью базового и нового оборудования, руб.

$К_i$ – капитальные вложения в производственные фонды по вариантам, руб.

$E_н$ – отраслевой нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений $E_н$–0,15

Годовой экономический эффект $Э_г$ определяется по разности приведённых затрат двух вариантов

$$Э_г = П_1 - П_2, \text{ руб.}$$

Условно годовая экономия определяется по разности себестоимости обработки годового выпуска продукции, производимой с помощью базового и нового оборудования, руб.

$$Э_у = С_1 - С_2, \text{ руб.}$$

Новый вариант технологии требует большую сумму капитальных вложений по сравнению с базовым вариантом, то определим срок окупаемости получаемой от снижения себестоимости продукции по формуле:

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

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

5.3 Расчет вспомогательных показателей

Для определения экономической эффективности от модернизации определим затраты на оборудование по базовому и проектному вариантам.

В таблице 5.1 представлены исходные данные для расчёта

Таблица 5.1 – Исходные данные для расчета

Вариант	Наименование оборудование	Цена, руб.
	Плоскошлифовальный станок 3Л722ВФ2	500000
	Итого стоимость базового оборудования	500000
Проектный	Модернизированный плоскошлифовальный станок 3Л722ВФ2	1100000
	робот манипулятор универсал-5	650000
	механизированные тактовые столы	200000
	Итого стоимость проектного оборудования	1950000

Определим расчетное число станков по вариантам

$$S_{расч} = (T_{шк} \times N_{пр}) / (F_д \times 60), \text{ шт}$$

где $T_{шк}$ – норма штучно-калькуляционного времени для базового и проектного варианта.

$F_д$ – действительный годовой фонд работы оборудования (4015 часов при двухсменном режиме работы.).

При обработке деталей на станке плоскошлифовальном 3Л722ВФ2 общее время на изготовление детали составляет 13,5 мин. При обработке детали на модернизированном плоскошлифовальном станке 3Л722ВФ время обработки сокращается до 8 мин.

Условно годовой выпуск N –25000 штук изделий.

Определяем количество производственных рабочих по сравниваемым вариантам.

$$R_{п.расч} = (T_{шк} \times N_{пр}) / (F_{др} \times 60 \times S_м), \text{ чел}$$

где $F_{др}$ – действительный годовой фонд времени производственного рабочего (1860).

Число высвобождаемых рабочих

$$Ч^{в} = Rпр_1 - Rпр_2$$

Определяем коэффициент загрузки оборудования $К_з$ на данной операции по формуле

$$К_з = \frac{S_{расч}}{S_{пр}}$$

Определяем рост производительности труда на участке по формуле:

$$П_{тр} = \frac{(В_1 - В_2)}{В_1 \cdot 100}$$

где В1, В2 выработка продукции на одного рабочего по сравниваемым вариантам, штук.

$$B_1 = \frac{N_{пр}}{(R_п + Ч_п)}, \text{ шт.}$$

$$B_2 = \frac{N_{пр}}{(R_п)}, \text{ шт.}$$

Расчеты сведем в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 Расчет вспомогательных показателей

Наименование показателя	Расчет	
	1 вариант (базовый)	2 вариант (проектный)
Расчетное число оборудования	$S_{рас1}$=(13,5x25000)/(4015x60) –1,4 шт Принято $S_{пр1}$= 2 шт	$S_{рас1}$=(8x25000)/(4015x60)=0,83 шт Принято $S_{пр1}$= 1 шт
Коэффициент загрузки оборудования	$К_{з1}$ = 1,4/2–0,7	$К_{з2}$ = 0,83/1=0,83
Количество станочников (операторов)	$R_{п.расч1}$=(13,5×25000)/60×60×1)= –3,02 чел. $R_{пр1}$=3 чел.	$R_{п.расч2}$= (8×25000)/(1860×60×2)= –0,89 чел. $R_{пч2}$=1 чел.
Количество высвобождаемых рабочих	$Ч_в$ =3 –1=2 чел.	

5.4 Расчёт суммы капитальных вложений по сравниваемым вариантам

Капитальные вложения К, учитываемые при определении эффективности, складываются из следующих затрат

$$К_{изм} = К_{ст} + К_{пр} + К_{пл} + К_{быт} + К_{об} + К_{пт}$$

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

$К_{пл}$ – стоимость производственной площади;

$К_{быт}$ – стоимость служебно-бытовых помещений;

Балансовая стоимость оборудования $К_{ст}$ определяется по формуле

$$К_{ст} = Ц_{ст} \times S_{пр} \times 1,1 \text{ , руб.}$$

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

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

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

Определяем стоимость производственной площади $К_{пл}$ по формуле

$$К_{пл} = Ц_{пл} \times f_{ст} \times \gamma \times S_{пр}, \text{ руб.}$$

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

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

γ – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь.

Определяем стоимость служебно-бытовых объектов $К_{быт}$ по формуле

$$К_{быт} = Ц_{пл.быт} \times f_{пл.быт} \times R_{п}, \text{ руб.}$$

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

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

$R_п$ – количество производственных рабочих на данной операции, чел.

Расчеты сведем в таблицу 5.3

Таблица 5.3 – Расчет капитальных вложений

Формула, руб.	1 вариант (базовый)	2 вариант (проектный)
Балансовая стоимость оборудования $К_{ст}$	$К_{ст1}$–(500000×2)×1.1= =1100000	$К_{ст2}$= (1950000×1) × 1.1= 2145000
Стоимость производственной площади $К_{пл}$	$К_{пл1}$ 1000× (7,72x4.5×2) =69480	$К_{пл}$ =1000× (12×3×x1) =36000
Стоимость служебно-бытовых объектов $К_{быт}$	$К_{быт1}$ –500×7 ×3=10500	$К_{быт2}$ –500×7×1=3500
Итого капитальные вложения К	$К_1$– 1179980	$К_2$= 2184500

5.5 Расчет отдельных статей себестоимости

Определяем технологическую себестоимость механической обработки годового объёма выпуска деталей $С_{год}$ по формуле:

$$С_{} = З + А_{ст} + А_{п}$$

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

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

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

Определяем затраты на основную и дополнительную заработную плату с отчислениями

$$З_{о} = Р_{сд} \times N \times \eta_{пр} \times \eta_{рк} \times \eta_{доп} \times \eta_{стр}, \text{ руб.}$$

где $Р_{сд}$ – сдельная расценка за операцию (изделие):

$$Р_{сд} = (Т_{ст} \times Т_{шк}) / 60 \text{ , руб.}$$

где $Т_{ст}$ – часовая тарифная ставка соответствующего разряда работы, принимаю $Т_{ст}$ – 70 руб.

$$Р_{сд1} – (70\times 13,5) / 60–15,75 \text{ руб.}$$
$$Р_{сд2} – (70 \times 8) / 60=9,33 \text{ руб.}$$

где N – годовой выпуск деталей, шт

$\eta_{пр}$ – коэффициент, учитывающий приработок 1,6 ;

$\eta_{рк}$ – районный коэффициент 1,15

$\eta_{доп}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату, производственных рабочих 1,18

$\eta_{стр}$ коэффициент, учитывающий страховые взносы 1,357

Определяем величину $А^{изм}_{ст}$ по формуле

$$А_{ст} = (Ц_{ст} \times S_{пр} \times 1,1 \times а_{в}) / 100, \text{ руб}$$

где $а_{в}$ – норма амортизационных отчислений на полное восстановление оборудования

Определяем величину $А_{пл}$ по формуле

$$А_{пл} = Н_{пл} \times (\gamma \times f_{ст} \times S_{пр}), \text{ руб.}$$

где $Н_{пл}$ – затраты на амортизацию и содержание одного 1м^2 площади цеха равное 180 руб.

Расчёт себестоимости изготовления детали приведён в таблице 5.4

Таблица 5.4 Расчет себестоимости изготовления изделия

Формула, руб	1 вариант (базовый)	2 вариант (проектный)
Затраты на основную и дополнительную заработную плату с отчислениями	$З_{о1}$ =15,75×25000×1,6 ×1,15 ×1,18×1,357= =1160112,87	$З_{о2}$ =9,33×25000×1,6×1,15× ×1,357= 582603,25
Годовые амортизационные отчисления на полное восстановление оборудования	$А_{ст1}$ = 500000×2×1,1×0,05 = 55000	$А_{ст2}$ = 1950000×1×1,1×0,067= =143715
Годовые затраты на амортизацию и содержание помещения, занимаемого оборудованием	$А_{пл1}$ = 180× (7,72×4.5x2)– –12506	$А_{пл2}$ = 180× (12×3×1)= 6480
Итого себестоимость изготовления	$С_1$ = 1227618	$С_2$ = 732798

5.6 Обоснование экономической эффективности внедрения автоматизированного комплекса

Расчет приведенных затрат и экономического эффекта сведен в таблицу 5.5

Таблица 5.5 – Расчёт величины приведённых затрат, годового экономического эффекта

Наименование	Сумма, руб.	
	1 вариант (базовый)	2 вариант (проектный)
Капитальные вложения, руб.	1179980	2184500
Себестоимость изготовления, руб.	1227618	732798
Условно годовая экономия, руб.	$Э_у = C_1 - C_2 = 1227618 - 732798 = 494820$	
Приведенные затраты, руб.	$П_1 = C_1 + E_н \times K_1 = 1404615$	$П_2 = C_2 + E_н \times K_2 = 1060473$
Годовой экономический эффект, руб.	$Э_г = П_1 - П_2 = 344142$	
Срок окупаемости, лет	$Т_{ок} = (K_2 - K_1) / (C_1 - C_2) = (2184500-1179980) / (1227618-732798) = 2$ г.	

В результате расчётов установлена экономическая целесообразность внедрения разработанного автоматизированного комплекса, а именно:

– годовой экономический эффект составляет 344142 руб.;

– срок окупаемости дополнительных капитальных вложений – 2 года;

– снижение себестоимости продукции 43 %.

Технико-экономические показатели участка приведены в таблице 5.6

Таблица 5.6 технико-экономические показатели

№	Наименование данных	Обозначение	1 вариант (базовый)	2 вариант (проектный)
1	Деталь - представитель		корпус	
2	Модель оборудования		3Л722ВФ2	3Л722ВФ2 (модернизированный)
3	Годовой приведённый объём выпуска, шт.	$N_{пр}$	25000	
4	Норма штучно-калькуляционного времени, мин	$T_{шк}$	13,5	8
5	Количество оборудования, шт.	$S_{пр}$	2	1
6	Коэффициент загрузки оборудования	$K_з$	0,7	0,83
7	Количество рабочих станочников (операторов), чел	$R_н$	3	1
8	Коэффициент многостаночности	$S_м$	1	2
9	Капитальные вложения	руб.	1179980	2184500
10	Себестоимость изготовления	руб.	1227618	732798
11	Годовой экономический эффект	руб.	344142	

Вывод по разделу пять

Обоснование экономической эффективности внедрения автоматизированного комплекса:

– годовой экономический эффект составляет 344142 руб.;

– срок окупаемости дополнительных капитальных вложений – 2 года;

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе была разработана автоматизация загрузки-разгрузки плоскошлифовального станка модели 3Л722ВФ2. В процессе чего были рассмотрены варианты промышленных роботов, произведены необходимые расчеты загрузочного устройства и захватного устройства для промышленного робота. Разработана кинематическая, пневматическая и электрическая схемы. Рассмотрена система управления и связи всех устройств. Разработанный автоматизированный комплекс загрузки - разгрузки позволит достичь наибольшей эффективности автоматизации, обеспечит большую гибкость технических и организаторских решений. Автоматическая установка и снятие деталей на станках с помощью промышленного робота обеспечивает многостаночное обслуживание. А также, применение промышленного робота дает возможность, при необходимости, заменить рабочего для выполнения работ на участках с опасными, вредными для здоровья условиями труда. Именно промышленный робот освобождает человека от выполнения механической работы.

По данным технико-экономическим показателям, данный комплекс обеспечит высокую эффективность капиталовложений, снижение себестоимости выпускаемой продукции и повышение ее качества, уменьшит срок окупаемости дополнительных капиталовложений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Бурдаков С. Ф. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов. – М.: «Высшая школа», 1986. – 264 с.

2 Фролова К. В. Механика промышленных роботов: учеб. пособие для вузов. – М.: «Высшая школа», 1989. – 383 с.

3 Шишмарев В. Ю. Автоматизация технологических процессов. – М.: Академия, 2005. – 352 с.

4 Юревич Е. И. Основы робототехники. – М.: БХВ-Петербург, 1985. – 203 с.

5 Крейнин Г. В. Гидравлические и пневматические приводы промышленных роботов и автоматических манипуляторов. – М.: Машиностроение, 1993. – 304 с.

6 Козырев Ю. Г. Захватные устройства и инструменты промышленных роботов. – М.: КноРус, 2010. – 312 с.

7 Ковальчук, Е. Р. Основы автоматизации машинного производства /Е. Р. Ковальчук, М. Б. Косов, В. Г. Митрофанов. - М.: Высш. шк., 2001 - 321 с.

8 Капустин, Н.М. Автоматизация машиностроения/ Н. М. Ковальчук – М.: Высш. шк., 2003- 223 с.

9 Белоусов, А.П. Автоматизация процессов в машиностроении / А. П. Ковальчук, А. И. Дащенко, П. М. Полянский – М.: Высш. шк., 1993 - 215 с.

10 Белоусов, А.П. Основы автоматизации производства в машиностроении / А. П. Белоусов, А. И. Дащенко - М.: Высш. шк., 1982 - 351 с.

11 Малов, А.Н. Загрузочные устройства для металлорежущих станков / А. Н. Малов – М.: Машиностроение, 1965 - 444 с.

12 Робототизированные технологические комплексы и гибкие производственные системы в машиностроении: Альбом схем и чертежей / М.: Машиностроение, 1989 - 192 с.

13 Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х томах. Том 1. – 8-е изд., перераб. и доп./ под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. – 910 с.

14 Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х томах. Том 2. 8-е изд., перераб. и доп./ под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. 910 с.

15 Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х томах. Том 3. – 8-е изд., перераб. и доп./ под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. 910 с.

16 Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов/ С. В. Белов, А. В. Ильницкая, А. Ф. Козьяков и др. М.: Машиностроение, 2005. – 606 с.

17 Организация производства и менеджмент: Методические указания по выполнению курсовой работы/ Устюгова Е.А. - Усть-Катав: Изд. ЮУрГУ, 2006 – 14 с.

18 Методические указания по выполнению экономической части дипломного проекта/ Колпаков А.А. - Челябинск: Изд. ЮУрГУ., 2006 - 25 с.

19 Сергеев, С. В. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие по выполнению практических и лабораторных работ / С.В. Сергеев, Б. А. Решетников, Р. Г. Закиров. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 94 с.

Формат	Зона	Поз	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документация		
А1			15.03.04.2017.089.02.00 ГЧ	Компоновка автоматизированного комплекса. Габаритный чертеж		
				Сборочные единицы		
		1	15.03.04.2017.089.02.01	Манипулятор	1	
		2	15.03.04.2017.089.02.02	Шаговый транспортер	2	
		3	15.03.04.2017.089.02.03	Транспортировочная тележка	1	
		4	15.03.04.2017.089.02.04	Шкаф с электрооборудованием	1	
		5	15.03.04.2017.089.02.05	Стойка управления комплексом	1	
		6	15.03.04.2017.089.02.06	Станок	1	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Бердникова Е.А.		
Пров.		Сергеев С.В.		
Реценз.				
Н.контр.		Сергеев Ю.С.		
Утв.		Сергеев С.В.		

15.03.04.2017.089.02.00 ПГЧ

Компоновка автоматизированного комплекса. Перечень элементов

Лит.	Лист	Листов
Д		1

ФГАОУ ВО "ЮУрГУ (НИУ)" Кафедра "ТПиАМП"

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документация		
A1			15.03.04.2017.089.09.00 СБ	Робот промышленный. Схват Сборочный чертеж		
				Детали		
		1	15.03.04.2017.089.09.01	Схват	2	
		2	15.03.04.2017.089.09.02	Ось	2	
		3	15.03.04.2017.089.09.03	Заклепка	6	
		4	15.03.04.2017.089.09.04	Пластина	2	
		5	15.03.04.2017.089.09.05	Шток	1	
		6	15.03.04.2017.089.09.06	Переходник	1	
		7	15.03.04.2017.089.09.07	Направляющая	1	
		8	15.03.04.2017.089.09.08	Труба	1	
		9	15.03.04.2017.089.09.09	Кронштейн	1	
		10	15.03.04.2017.089.09.11	Втулка	1	
		11	15.03.04.2017.089.09.12	Гайка	1	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Бердникова Е.А.		
Пров.		Сергеев С.В.		
Н.контр.		Сергеев Ю.С.		
Утв.		Сергеев С.В.		

15.03.04.2017.089.09.00 ПСБ

Робот промышленный. Схват. Перечень элементов

Лит.	Лист	Листов
У		1

ФГАОУ ВО "ЮУрГУ (НИУ)" Кафедра "ТПиАМП"

Копировал

Формат А4