

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

(институт)

Промышленная электроника

(кафедра)

27.03.04 Управление в технических системах

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Системы и технические средства автоматизации и управления

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Гибкий автоматизированный комплекс по обработке детали типа
фланец»

Студент (ка)

М.В. Карпий

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д. Г. Токарев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент А.А. Шевцов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2018

Аннотация.

Тема: Гибкий автоматизированный комплекс обработки фланца.

Бакалаврская работа состоит из расчетно пояснительной записки, 7 ми листов графического материала формата А1. – 68 с., ил.

В данной работе спроектирован технологический процесс детали типа фланец. Разработан пример производства детали, рассчитаны припуски. Подобрано основное и вспомогательное оборудование.

Разработана оптимальная компоновочная схема размещения всех оборудований.

Спроектирована циклограмма труда оборудования. Была спроектирована трехуровневая система управления ГАК а так же разработана структурная схема СУ ГАК. Создан фрагмент блок-схемы алгоритма управления, принимающий во внимание штатные и нештатные ситуации, смотрящий за взаимодействием основного и вспомогательного оборудования.

Разработан интерфейс АРМ оператора на ГАК. Сделан выбор средств для нормальной работы интерфейса АРМ.

Содержание

Введение.....	6
1 Описание технологического процесса обработки заготовки.....	8
1.2 Описание конструкции детали.....	8
1.3 Описание групповой технологии	9
2. Проецирование гибкого автоматизированного комплекса.....	13
2.1. Подбор и аргументация технологических операций при автоматизации в ГАК.....	13
2.2 Выбор технологического оборудования	13
2.2.1. Основное технологическое оборудование	13
2.2.3 Подбор промышленных роботов	19
2.2.4 Выбор тары входа/выхода.....	24
2.2.5 Стружкоудаление.....	24
2.3 Проектирование компоновочной схемы размещения технологического оборудования	24
3. Описательная постановка задачи самоцентрирующего захватного устройства клещевого типа.....	31
3.1 Геометрический расчет самоцентрирующего захватного устройства.....	31
3.1.1 Расчёт геометрии губок самоцентрирующего захватного устройства клещевого типа	31
3.1.2 Вычисление углов соприкосновения губок захватного устройства клещевого типа с заготовкой	36
3.2 Кинематический расчет самоцентрирующего захватного устройства	39
3.3 Силовой расчет самоцентрирующего захватного устройства клещевого типа.....	41
3.3.1 Нахождение силы, функционирующей в позициях соприкосновения заготовки и губок	41

4 Проектировка трехуровневой системы управления ГАК.....	42
4.1 Структура ГАК	42
4.2.1 Спецификация информации для управления.....	42
4.2.2 Выходные команды для системы управления второго уровня.....	46
4.3 Описание основных задач управления	50
4.3.1 Анализ штатных режимов работы локальных систем управления...50	
4.4 Моделирование процесса управления.....	51
4.4.1 Декомпозиция задачи.....	51
4.4.2 Анализ нештатных ситуаций.....	61
4.4.3 Идентификация данных.....	61
4.5 Разработка основной логико-математической модели.....	68
4.6 Средства реализации управления.....	70
4.6.1 Датчики первого уровня системы управления.....	70
4.6.2 Программируемый логический контроллер Simatic S7-300 SIMATIC	75
4.6.3 Системы ЧПУ SIEMENS.....	80
4.6.4 Промышленные сети.....	81
4.6.5 Сетевые компоненты.....	82
4.6.6 Разработка блок-схемы алгоритма оперативного управления	83
4.6.7 Строение архитектуры системы управления.....	84
4.7 Разработка интерфейса АРМ оператора на ГАК	84
4.7.1 Подбор технических средств для функционирования интерфейса АРМ.....	84
4.7.2 Типовой сценарий НМІ интерфейса.....	84
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	86
Список используемой литературы.....	87

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях диктуемых рыночной средой процесс наукоемкого производства требует повышения уровня автоматизации производства, что обусловлено основными требованиями рынка:

- постоянным ростом требований заказчика, что приводит к стабильному увеличению выпускаемой номенклатуры;
- убыстрение темпов морального износа современных изделий в следствии бурного роста технологий
- возрастающая сложность изделий, вызванное увеличением составляющих элементов для каждого изделия
- устойчивой тенденции к сокращению сроков поставок

Преимущественная доля на рынке сегодня принадлежит серийному производству, условия автоматизации которого требуют применения технологий, обладающих достаточной мобильностью чтобы соответствовать современным условиям производства. Это дает возможность решить следующие задачи:

- легкую переориентацию (оперативную перенастройку) производственного процесса не нарушая основных требований к характеристикам выпускаемой продукции;
- уменьшения основного цикла производства;
- рост эффективности использования оборудования и сокращение производственных запасов;
- увеличение производительности труда.

Цель настоящей бакалаврской работы – повышение эффективности процесса производства на примере детали типа «фланец» на принципах современного технологического процесса. Цель достигалась путем решения следующих задач:

- спроектировать схему размещения установки основного и вспомогательного оборудования гибкого автоматизированного комплекса (ГАК);
- создать циклограмму работы ГАК;
- определить технологическую оснащение;
- исследовать и ввести в рабочий процесс специальное захватное устройство клещевого типа;
- создать систему оперативного управления в трех уровнях;
- разработать алгоритм и представить его в виде блок-схемы.

1 Описание технологического процесса обработки заготовки

1.1 Описание конструкции детали

Полуфабрикат должен обладать достаточной прочностью так как работает с переменными нагрузками.

Рабочий чертеж детали типа «фланец» продемонстрирован в графической части работы. Он несет в себе требуемую графическую справку для более подробного понимания об устройстве. Приведены величины и масштабы с их отклонениями, представлены нужная шероховатость, допускаемые отклонения от верных геометрических форм.

1.2 Описание групповой технологии

Основной вопрос наращивания результативности производственных систем лежит в увеличении процессов обработки и уменьшении непроизводительных утрат времени. Наиболее явными являются потери на перенастройку оборудования при переводе работы его на изготовление других следующих деталей.

Организация производственной системы на основании групповой технологии - является одним из основных вариантов уменьшения потерь времени этого типа. Групповая технология – есть особо организационно - техническая концепция идеи. Она помогает решать трудности в организации экономического производства (потребность производства разных заготовок в малых количествах партий) при помощи использования технологических и организационных средств (мероприятий).

Производимый комплекс является гибким, а значит имеет возможность плавной и быстрой перенастройки основного и вспомогательного технологического оборудования при переводе с производства одной заготовки на другую, подбираем подходящие стандартные детали, для обработки их на нашем ГАК. Операционные эскизы выбранных заготовок приложены в графической части данной работы.

Класс производства зависит от ежегодной программы выработки, массы деталей, их допускаемых габаритов и их трудоемкости. Фланец производится на нашем серийном производстве с годовой программой 28800 деталей в условиях нормальной работы оборудования в две смены. Значит наш комплекс будет обеспечивать такт выпуска детали за 12 минут.

1.3 Метод получения заготовки

Способ получения заготовок определяется назначением, материалом, техническими требованиями и структурой детали. В нашем случае заготовку детали получают плазмой резкой из проката сталь 35\9хгн.

Технологический процесс производства детали

Технологическое оснащение состоит из: станка, применяемого для работы с заготовкой, приспособления для фиксации вида заготовки, а так же оснастки для крепления вспомогательного инструмента.

С учетом вида производства, месторасположения обрабатываемых поверхностей, габаритов размера детали и необходимого уровня точности, предъявляемых к методам обработки детали типа «фланец», анализ показал, что благоприятнее будет подобрать следующее технологическое оснащение для всех операций производства детали.

При определении особенностей той или иной операции учитываем конструктивные основы детали, цикл и содержание переходов, методы и виды обработки.

Приводим содержание операций с указанием типовых средств технологического оснащения для изготовления типовой втулки – фланца: материал – сталь 35, заготовка – 09Г2С ГОСТ 19281 - 89.

Токарная 005 операция.

Закрепить заготовку в патрон вымерить торцевое биение не более 1 мм. Закрепить. Подрезать торец в размер согласно чертежа за 2 прохода. Притупить острые кромки.

Приспособление: Патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-80. Режущие инструменты: резец 2103-0057 Ша Т15К6 ГОСТ 18879-77. Измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ1 – 125-0,1 ГОСТ 577-684.

Токарная 010 операция:

Установить деталь в патроне с упором на обработанный торец и закрепить. Расточить отверстие 81 согласно чертежа за 3 прохода. Расточить отверстие 91 выдерживая размер согласно чертежа за 2 прохода, притупить острые кромки отверстий. Станок токарно-винторезный 16К20.

Приспособление: Патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-80. Вспомогательный инструмент: очки ЗН ГОСТ 12.4.013-85; Резец 2140-0030 Ша Т15К6 ГОСТ 18883-72. Измерительный инструмент: ШЦ 1 – 160-0,05 ГОСТ 166-89;

Токарная 015 операция:

Установить деталь в патроне, закрепить. Притупить острые кромки в отверстиях с противоположного торца. Станок токарно-винторезный 16К20. Приспособление: Патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-80. Резец; Резец 2140-0030 Ша Т15К6 ГОСТ 18883-72. Измерительный инструмент: ШЦ 1 – 160-0,05 ГОСТ 166-89;

Вертикально – сверлильная с ЧПУ 020 операция:

Установить деталь в приспособление, закрепить сверлить 4 отверстия последовательно выдерживая размеры согласно чертежу. Станок вертикально-сверлильный СС2В05 ПМФ4. Приспособление: УСП Т01. Режущий инструмент: сверло Ø 18 ГОСТ 10903 – 77.; ШЦ 1 – 125 – 0,1 ГОСТ 166-89;

Сверлильная 025 операция: Зачистить заусенцы, снять фаску в 4-х отверстиях последовательно выдерживая размер согласно чертежу. Станок Сверлильный. Режущий инструмент: сверло Ø 20 2301-0061 ГОСТ 10903-77. Вспомогательный инструмент: прижимы 7011 – 0068 ГОСТ 12937- 67; Втулка 6100-0144 ГОСТ 13598-85.

Моечная операция 030:

Оборудование, НО-15773 Машина моечная. Промыть деталь согласно инструкции.

2 Проецирование гибкого автоматизированного комплекса

2.1 Подбор и аргументация технологических операций при автоматизации в ГАК.

Подбор и пояснение технологических операций для автоматизации в ГАК.

Выясняем при помощи анализа значений штучного времени для технологических операций, что один ГАК позволяет нам реализовать выполнение рабочих операций 005 – 025.

Автоматизацию выполняют шесть операций 005-030. Заготовительная операция на плазморезном станке происходит на соседнем участке, поэтому полуфабрикаты привозят на проектируемый ГАК со складского помещения в виде заготовок. За операциями 005 – 015 деталь следует на вертикально-сверлильную обработку с помощью проектируемого ГАК, где будет выполняться операция 020-025. После чего отправляется на моечную машину (операция 030) происходит здесь же, на нашем же участке.

2.2 Выбор технологического оборудования

2.2.1 Основное технологическое оборудование

Технологические операции производятся на технологическом оборудовании приведенном ниже:

– операции 005–015. Применяется – токарный станок с ЧПУ 16к20 со стойкой 2Р22.

Техническая характеристика полуавтомата 16к20 представлена в таблице 2.

Таблица 2 –Техническая характеристика полуавтомата 16к20:

Параметр	Значение
Группа точности	Н
Максимальный диаметр обрабатываемой детали над станиной	400 мм
Максимальный диаметр вытачивания над поперечным суппортом	220 мм
Максимальный диаметр обрабатываемого шпинта	50 мм
Максимальная продолжительность обрабатываемой заготовки	710/1000/ 1400/ 2000 мм
Лимит количества витков шпинделя	12,5-1600 об/мин
Лимиты впускных подач	продольных 0,05-2,8 мм/об - поперечных 0,025-1,4 мм/об
Максимальное усилие допускаемое механизмом подач на упоре	продольное 800 кгс - поперечное 460 кгс
Наибольшее усилие разрешенное механизмом подач на резце	продольное 600кгс - поперечное 360 кгс
Мощность электродвигателя основного хода	11 кВт
Размеры станка	длина 2505, 2795, 3195, 3795 мм/ширина 1190 мм/высота 1500 мм
Вес станка	2835/3005/3225/3685 кг

– для операции 020 – вертикально-фрезерный станок с ЧПУ СС2В05ПМФ4.

Техническая характеристика станка СС2В05ПМФ4 представлена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Техническая характеристика станка СС2В05ПМФ4

Параметр	Значение
Класс точности	П
Протяженность рабочей глади стола	1000 мм
Ширина стола	500 мм
Перемещение стола X/Y/Z	800/500/710 мм
Min частота циркуляции шпинделя	28 об/мин
Max частота циркуляции шпинделя	4500 об/мин
Мощность	5,5 кВт
Вес станка	5800 кг

– для операций 025 – сверлильный станок ГС2112. Техническая характеристика станка ГС2112 представлена в таблице 2.3.

Таблица 2.3–Техническая характеристика станка ГС2112

Параметр	Значение
Максимальный диаметр сверления	мм
Сверление в стали 45	12 мм
Сверление в чугуне СЧ20	16 мм
Диапазон нарезаемой резьбы в стали 45	Нет
Конус шпинделя В18	наружный (ГОСТ 9953-82)
Движение шпинделя	100 мм
Широта частот циркуляции шпинделя	об./мин 450/ 800/ 1400/2500/ 4500

Продолжение таблицы 2.3

Число скоростей вращения шпинделя	5
Диапазон подач шпинделя	Обручная мм
Величина перемещения сверлильной оконечности по ряду	250 мм
Дальность от оси шпинделя до ряда	190 мм
Максимальная дистанция от среза конца шпинделя до плиты	100-450 мм
Число Т-образных пазов	2
Ширина Т-образного паза 14Н	14
Расстояние между осями Т-образных пазов	100 мм
Размер рабочей поверхности плиты	250x250 мм
Напряжение питания	380 В
Частота	50 Гц
Сила привода основного хода	0,55 кВт
Частота циркуляции	1500 об/мин (синхронная)
Класс электрооборудования по ГОСТ 12.2.007.0-	75 I
Габаритные размеры (LxВxH),	420x780x982
Габаритные размеры ((LxВxH),мм в упаковке)	900x595x1130
Масса	100 кг
Масса брутто	150 кг

– операции 030 –моечная машина АМ-1400 ЭКО. Техническая характеристика машины представлена в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Техническая характеристика машины

Параметр	Значение
Диаметр тары	1400 мм
Протяженность/ширина/высота	1700/1900/1550
Уровень высоты рабочей площади	780 мм
Мощность насоса	2x1,1 кВт
Давление насоса	2,5-3 Атм
Напряжение насоса	380 V
Производительность насоса	2x150 литр/мин
Мощность нагревательного элемента	3x3,15 кВт
Напряжение нагревательного элемента	220 V
Материал корпуса нержав. сталь толщина	2 мм
Привод движения корзины	Механический
Мощность суммарная	11,65
Грузоподъемность корзины	400 кг
Объем моющего раствора	250 литр
Длина/высота в открытом состоянии	1800/2100
Максимальная температура нагрева раствора	90 С
Масса	350 кг

Токарный станок 16К20 со стойкой ЧПУ 2P22 специализирован для токарно-многоцелевой обработки с высокой производительностью деталей видатипов вращения при разноплановой сложности, может работать в режиме твердого точения.

Данный станок оснащен СЧПУ и электроприводами отечественного и иностранного производства. Фирмы SIEMENS и FANUC являются лидерами на рынке данного оборудования.

Вертикально-фрезерный станок предназначен для комплексной обработки деталей сложной криволинейной формы. Станок осуществляет работы сверления, растачивания, прямолинейного прерывистого и объемистого фрезерования, нарезания резьбы и т.п. Современнейшая конструкция механических единиц имеет повышенные подвижные характеристики в процессе работ по резке и благоприятствует применять высокоскоростной инструмент.

Сверлильный станок ГС2112 Данные станки применяются для сверления технологических отверстий малого диаметра в среднем до 16 мм в небольших корпусных деталях. Такие мини сверлильные станки монтируются на столе и поэтому называются настольными. Настольные сверлильные станки позволяют сверлить, рассверливать, зенкеровать и зенковать, развертывать отверстия диаметром до 9-18 мм, нарезать метрическую резьбу метчиками в изделиях из черных и цветных металлов, неметаллических материалов. Используется для снятия заусенцев и работ по приготовлению фасок по контуру отверстий.

Моечная машина для деталей с механическим приводом корзины АМ-1400 ЭКО с откидной крышкой предназначена для мойки деталей и агрегатов несложной формы, в случаях где нет особых требований к процессу очистки. Установка представляет собой самый простой тип моечных машин с ручной загрузкой и выгрузкой деталей.

Оборудована одним баком для моечного раствора и выполняет как правило одну операцию очистки. По желанию заказчика мойки деталей могут комплектоваться различными дополнительными опциями, увеличивающими эффективность отмывки изделий.

Мойка для деталей АМ1400 ЭКО укомплектована надежным, средне производительным насосом, качественными фитингами, ТЭНами из нержавеющей

стали, электрикой. Корпус изделия выполнен из нержавеющей стали AISI430, толщиной 2 мм.

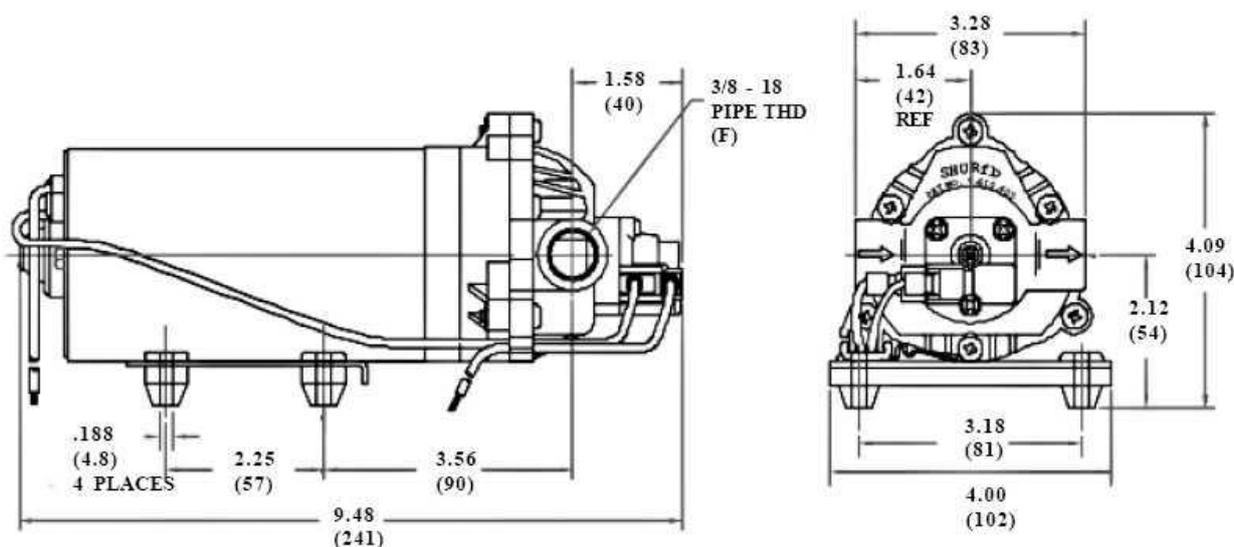
Насос для воды 12 вольт SHURflo 10,3 бар, 5,7 литра/мин

Характеристики мембранного водяного насоса SHURflo 150PSI (10 бар) 12 вольт 6,3 литров в минуту:

Напряжение: 12 вольт

- Давление: 150PSI (10,3 бар)
- Производительность, скорость потока воды: 5,7 литра/мин
- Температура воды (мин/макс): 4°C/82°C
- Самозакачивание на высоту до 1,8 метров
- Максимальное входное давление: 30PSI (2,07 бар)
- Вход/выход: 3/8" NPT- внутренняя резьба ("мама")
- Мембрана: Santoprene
- Шаровые клапана: EPDM
- Размеры (ДВШ,мм): 241x104x102

Вес: 2,7 кг



2.2.3 Подбор промышленных роботов

Промышленные роботы в нашем случае будут использоваться для:

- введения полуфабрикатов на рабочее место станка;

- изымания уже сделанных деталей со станка и перемещение их в тару;
- перемещения заготовок между станками.

Межоперационным транспортом внутри ГАК выбираем робота KUKA KR16 L6. Он имеет удовлетворительные в нашем случае величины рабочей зоны, и мы можем обойтись при проектировании двумя роботами. Данный комплекс роботов создан для автоматизации обширного списка операций: обслуживание и работа с оборудованием, сборка, дуговая сварка, палетирование.

Техническая информация робота расписана ниже, вид в общем - на рисунке 1.

Основные технические характеристики

- Максимальная нагрузка робота: 16 кг
- Число осей: 6
- Максимальный горизонтальный вылет: 1611 мм
- Повторяемость: + -0.05 мм
- Контроллер: KR C4

Диапазон движения

- Ось 1: +/- 185°
- Ось 2: + 35° / -155°
- Ось 3: + 154° / -130°
- Ось 4: +/- 350°
- Ось 5: +/- 130°
- Ось 6: +/- 350°

Скорость движения робота в ° / с (RMS)

- Ось 1: 156°
- Ось 2: 156°
- Ось 3: 156°
- Ось 4: 335°
- Ось 5: 335°
- Ось 6: 647°

KUKA KR 16 L6 можно назвать "длинноруким роботом". Имеет возможность увеличения радиуса досягаемости до 1911 мм, в связи с чем обладает довольно невысокой грузоподъемностью 6 кг.

За счет большого радиуса досягаемости робот KUKAKR 16L6 будет незаменим при дуговой сварке на больших поверхностях и при перемещении легких грузов на большие расстояния.

Рисунок 1 – общий вид промышленного робота.

Один из роботов устанавливается на линейный юнит KUKA KL250/2, что увеличивает рабочую зону робота и уменьшает их общее количество в нашем ГАК.

Промышленный робот Kuka KR15/2 (6-осевой) на 7-осевом линейном блоке KL250/2 с номинальной магистралью от 3 до 5 метров. Оборудован контроллером KRC2, который добавляет седьмую серво управляемую ось для линейного блока. Благодаря такой вспомогательной части KR15 подходит для обслуживания станков и сварки крупных компонентов. Программное обеспечение Kuka версии 4.1.7 или 5.2.9 на базе WinXP

Характеристики робота:

- Количество осей: 7
- Максимальная грузоподъемность: 15 кг
- Максимальный радиус действия: 1570 мм
- Точность: $\pm 0,1$ мм
- Контроллер: KR C2

Скорость движения:

- Ось 1: 152°/сек
- Ось 2: 152°/сек
- Ось 3: 152°/сек
- Ось 4: 284°/сек
- Ось 5: 293°/сек
- Ось 6: 604°/сек
- Ось 7: 1300 мм/сек

2.2.4 Выбор тары входа/выхода

Заготовки со склада привозят на погрузчике в специальных тарах. Тара является контейнером с внутренними наклонными направляющими. Они заканчиваются стопором и имеют бортики для движения заготовки по нужной нам траектории. Тара универсальна, в нее можно поместить как заготовки привезенные прямо на ГАК, так и уже готовые детали. Тара вмещает в целом 176 деталей или

заготовок. Этого вполне достаточно чтобы обеспечить безостановочную работу ГАК на протяжении 4 часов смены.

Тару устанавливает погрузочная машина на оборудованную ультразвуковым датчиком площадку удобно с позиционированную для включения в ГАК работа с само центрирующим захватным устройством клещевого типа.

2.2.5 Стружко удаление

При помощи незаменимого винтового транспортера на всех станках функционирует система удаления стружки. Система представляет собой чугунный желоб со стеллажами. Внутри конвейера беспрепятственно циркулирует шнек, который пускает в ход электродвигатель. Конвейер закрепляют к плитам здания в подвешенном состоянии. В плитах согласно всем стандартам делают отверстия для отходов железной стружки и прочего. Применение этих конвейеров идеально подходит для любой стружки, малой да большой, дробленной и витой.

2.3 Проектирование компоновочной схемы размещения технологического оборудования

Изучив нескольких вариантов компоновочных схем с немногим всех похожих расположений оборудования и робота, мы выбираем наиболее рациональную и удобную с точки учитывая общую площадь и расположение вспомогательного оборудования.

Конструкция ГАК:

1,2 и 3 -токарно-винторезный станок с ЧПУ, модели 16к20; операции 005-015 (токарные).

4 – вертикально-фрезерный станок с ЧПУ, модель: СС2В05ПМФ4:-операция 020

5 – сверлильный станок, модель: ГС2112– операция 025 (сверлильная, нарезание резьбы)

6– моечная машина: АМ-1400 ЭКО операция 030 (мойка).

7, 8 – напольный промышленный робот модели KUKA KR-16 L6 .

9, 10 – комплект с заготовками (B_1, B_2)

11, 12 – Выходная корзина (B_3, B_4)

Алгоритм нормальной работы ГАК представлен в таблицах 2.8 и 2.9, где:

C_1 – состояние схвата устройством

$C_1 = 0$ – незанятый

$C_1 = 1$ – заготовка

$C_1 = 2$ – деталь

C_2 – техсостояние машин

$C_2 = 0$ – бездействует

$C_2 = 1$ – нормальная работа

L_j – протяженность линии

T_j – время перехода

Загрузка станка состоит из приведенных ниже последовательных действий:

- контакт схвата с полуфабрикатом;
- зажим полуфабриката клещевым устройством;
- разжим схвата клещей;
- снятие захвата.

Разгрузка станка состоит из приведенных ниже последовательных действий:

- контакт схвата с полуфабрикатом;
- захват полуфабриката;
- снятие полуфабриката с устройства.

Таблица 2.5 – Алгоритм функционирования робота 7

Содержание алгоритмов переключения операций	Положение схвата	Положение станков				Протяженность траектории L, мм	Длительность перехода t, с.
		C1	C2	C3	C4		
Вход в зону C ₁	1	0	1	1	1	500	0,5
Загрузка C ₁	1	0	1	1	1	200	2
Выход из зоны C ₁	0	0	1	1	1	500	0,5
Переход к C ₄	0	1	1	1	1	3500	3
Ожидание C ₄	0	1	1	1	1	-	18,5
Вход в зону C ₄	0	1	1	1	0	500	0,5
Разгрузка C ₄	2	1	1	1	0	200	2
Выход из зоны C ₄	2	1	1	1	0	500	0,5
Поворот к B ₃	2	1	1	1	0	90 ⁰	1
Вход в зону B ₃	2	1	1	1	0	500	0,5
Загрузка B ₃	0	1	1	1	0	200	2
Выход из зоны B ₃	0	1	1	1	0	500	0,5
Переход к C ₁	0	1	1	1	0	90 ⁰ , 3500	4
Ожидание C ₁	0	1	1	1	0	-	3,4
Вход в зону C ₁	0	0	1	1	0	500	0,5
Переустановка заготовки	1	0	1	1	0	200	3
Выход из зоны C ₁	0	0	1	1	0	500	0,5
Переход к C ₃	0	1	1	1	0	180 ⁰ , 3500	5
Вход в зону C ₃	0	1	1	0	0	500	0,5
Разгрузка C ₃	1	1	1	0	0	200	2
Выход из зоны C ₃	1	1	1	0	0	500	0,5
Переход к C ₄	1	1	1	0	0	180 ⁰	2
Вход в зону C ₄	1	1	1	0	0	500	0,5
Загрузка C ₄	1	1	1	0	0	200	2
Выход из зоны C ₄	0	1	1	0	0	500	0,5

Продолжение таблицы 2.5

Переход к С ₁	0	1	1	0	1	3500	3
Ожидание С ₁	0	1	1	0	1	-	3,1
Вход в зону С ₁	0	0	1	0	1	500	0,5
Разгрузка С ₁	1	0	1	0	1	200	2
Выход из зоны С ₁	1	0	1	0	1	500	0,5
Переход к С ₃	1	0	1	0	1	180 ⁰ ,3500	5
Вход в зону С ₃	1	0	1	0	1	500	0,5
Загрузка С ₃	0	0	1	0	1	200	2
Выход из зоны С ₃	0	0	1	0	1	500	0,5
Переход к В ₁	0	0	1	1	1	270 ⁰ ,3500	6
Вход в зону В ₁	0	0	1	1	1	500	0,5
Разгрузка В ₁	1	0	1	1	1	200	2
Выход из зоны В ₁	1	0	1	1	1	500	2
Переход к С ₁	1	0	1	1	1	90 ⁰	1
Ожидание	1	0	1	1	1	-	3,4
Вход в зону С ₁	1	0	1	1	1	500	0,5
Загрузка С ₁	0	0	1	1	1	200	2
Выход из зоны С ₁	0	0	1	1	1	500	0,5
Переход к С ₄	0	1	1	1	1	3500	3
Ожидание С ₄	0	1	1	1	1	-	9,7
Вход в зону С ₄	0	1	1	1	0	500	0,5
Разгрузка С ₄	2	1	1	1	0	200	2

Продолжение таблицы 2.5

Выход из зоны С ₄	2	1	1	1	0	500	0,5
Поворот к В ₃	2	1	1	1	0	90 ⁰	1
Вход в зону В ₃	2	1	1	1	0	500	0,5
Загрузка В ₃	0	1	1	1	0	200	2
Выход из зоны В ₃	0	1	1	1	0	500	0,5
Переход к С ₁	0	1	1	1	0	90 ⁰ ,3500	4
Ожидание С ₁	0	1	1	1	0	-	12,7
Вход в зону С ₁	0	0	1	1	0	500	0,5
Переустановка заготовки	1	0	1	1	0	200	3
Выход из зоны С ₁	0	0	1	1	0	500	0,5
Переход к С ₂	0	1	1	1	0	180 ⁰	2
Вход в зону С ₂	0	1	0	1	0	500	0,5
Разгрузка С ₂	1	1	0	1	0	200	2
Выход из зоны С ₂	1	1	0	1	0	500	0,5
Переход к С ₄	1	1	0	1	0	180 ⁰ ,3500	5
Вход в зону С ₄	1	1	0	1	0	500	0,5
Загрузка С ₄	0	1	0	1	0	200	2
Выход из зоны С ₄	0	1	0	1	0	500	0,5
Переход к С ₁	0	1	0	1	1	3500	3
Ожидание С ₁	0	1	0	1	1	-	3,1
Вход в зону С ₁	0	0	0	1	1	500	0,5
Разгрузка С ₁	1	0	0	1	1	200	2

Выход из зоны С ₁	1	0	0	1	1	500	0,5
Переход к С ₂	1	0	0	1	1	180 ⁰	2
Вход в зону С ₂	1	0	0	1	1	500	0,5
Загрузка С ₂	0	0	0	1	1	200	2
Выход из зоны С ₂	0	0	0	1	1	500	0,5
Переход к В ₁	0	0	1	1	1	270 ⁰	3
Вход в зону В ₁	0	0	1	1	1	500	0,5
Разгрузка В ₁	1	0	1	1	1	200	2
Выход из зоны В ₁	1	0	1	1	1	500	0,5
Переход к С ₁	1	0	1	1	1	90 ⁰	1

Нормы компоновки:

Площадь ГАК 150 кв.м

Изготовление ГАК 5 деталей в 60 минут.

Годичная производительность- 28800 шт.

Протяженность монорельсов промышленного напольного робота - 5000 мм

Повторяемость доставки полуфабрикатов в таре- 2 раза в смену

Показатели загрузки оборудования:

Кз С1= 0,72

Кз ПР1= 0,67

Кз С2= Кз С3= 0,84

Кз ПР2= 0,28

Кз С4= 0,56

3.Описательная постановка задачи самоцентрирующего захватного устройства клещевого типа

Так как промышленный робот не имеет в комплекте захватного устройства, требуется разработать схват, способный хватать полуфабрикаты нужных нам размеров (обозначаем $d_{min}=25\text{мм}$, $D_{max}=40\text{мм}$)и создавал необходимую точность место расположения детали.

Для схвата заготовок вида тел вращения применяют в основном захватные устройства (ЗУ) клещевого типа с самим схватом в виде губок. Электро, пневмо и гидроприводы - служат в качестве двигателей губок. Комплекс рычагов, реечная передача или клиновый механизм служит в качестве передаточного механизма. Рычажные передаточные механизмы увеличивают силу зажима заготовки. Реечные передачи не играют роли в усилении сжатия, но имея небольшие размеры помогают в большем открытии губок.

В этой части бакалаврской работы разработано само центрирующее захватное устройство клещевого типа с реечным передаточным механизмом и пневмо приводом.

3.1 Геометрический расчет само центрирующего захватного устройства клещевого типа

3.1.1 Расчёт геометрии губок само центрирующего захватного устройства клещевого типа

Губки обладают формой удобной для центрирования фланца разного диаметра. Что бы при захвате детали меньшего диаметра губки не скрещивались, их верхнюю часть изготавливают одинаковой ширины, а снизу срезают для возможности перехода одной губки за другую.

Строение профиля губок имеет следующие значения:

Условленная длина пальца $AC = 55 \text{ мм}$

Половина расстояния меж осями разворота пальцев $AE = 25 \text{ мм}$

Дистанция между центрами $O_1O_2 = 55$ мм

Радиус поверхности губок вверху $R_1 = 23$ мм

Радиус поверхности губок снизу $R_2 = 52$ мм

Широтасхватываемых диаметров заготовок:

$D_{\min} = 25$ мм

$D_{\text{ср}} = 32,5$ мм

$D_{\max} = 40$ мм

Определяем величину угла φ где погрешность центрирования будет устремляться к нулевой отметке. Уравнение для выбора оптимального значения угла выглядит следующим образом:

$$\varphi_{\text{опт}} = A \cdot B \cdot \sin\varphi_{\text{опт}}. \quad (1)$$

Коэффициенты A и B высчитываем с помощью формул:

$$A = \frac{CO_{\max}^2 - CO_{\min}^2}{2 \cdot AC \cdot (CO_{\max} \cdot \cos\beta_{\max} - CO_{\min} \cdot \cos\beta_{\min})}. \quad (2)$$

$$B = \frac{CO_{\max} \cdot \sin\beta_{\max} - CO_{\min} \cdot \sin\beta_{\min}}{CO_{\max} \cdot \cos\beta_{\max} - CO_{\min} \cdot \cos\beta_{\min}}. \quad (3)$$

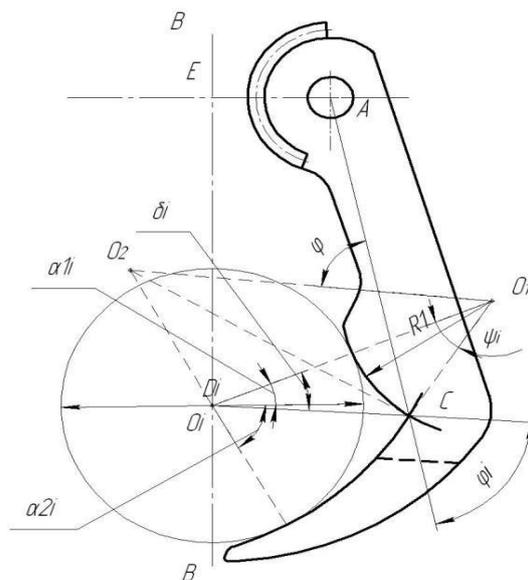


Рисунок 2–Конструктивная схема захвата с губками криволинейного профиля

В этих формулах CO_{min} , CO_{max} , β_{min} β_{max} , вспомогательные параметры и углы, высчитываемые по формулам:

$$CO_i = \sqrt{R_1(2R_1 + D_i)(1 - \cos\psi_i + 0,25D_i^2)}. \quad (4)$$

ψ_i -является вспомогательным углом, высчитываемым по формуле равной:

$$\psi_i = \arccos \frac{R_1^2 + O_1 O_2^2 - R_2^2}{2 \cdot R_1 \cdot O_1 O_2} - \arccos \frac{(R_1 + R_2)(R_1 - R_2 + D_i) + O_1 O_2^2}{(2 \cdot R_1 + D_i) \cdot O_1 O_2^2}. \quad (5)$$

Исходя из этих вычислений добываем:

$$\psi_{min} = \arccos \frac{23^2 + 55^2 - 52^2}{2 \cdot 23 \cdot 55} - \arccos \frac{(23 + 52) \cdot (23 - 52 + 25) + 55^2}{(2 \cdot 23 + 25) \cdot 55} = 24,6^\circ$$

$$\psi_{cp} = \frac{23^2 + 55^2 - 52^2}{2 \cdot 23 \cdot 55} - \arccos \frac{(23 + 52) \cdot (23 - 52 + 32,5) + 55^2}{(2 \cdot 23 + 32,5) \cdot 55} = 29,9^\circ$$

$$\psi_{max} = \arccos \frac{23^2 + 55^2 - 52^2}{2 \cdot 23 \cdot 55} - \arccos \frac{(23 + 52) \cdot (23 - 52 + 40) + 55^2}{(2 \cdot 23 + 40) \cdot 55} = 34,8^\circ$$

Далее мы рассчитываем:

$$CO_{min} = \sqrt{23 \cdot (2 \cdot 23 + 25) \cdot (1 - \cos 24,6^\circ) + 0,25 \cdot 25^2} = 17,456 \text{ мм}$$

$$CO_{cp} = \sqrt{23 \cdot (2 \cdot 23 + 32,5) \cdot (1 - \cos 29,9^\circ) + 0,25 \cdot 32,5^2} = 22,479 \text{ мм}$$

$$CO_{max} = \sqrt{23 \cdot (2 \cdot 23 + 40) \cdot (1 - \cos 34,8^\circ) + 0,25 \cdot 40^2} = 27,474 \text{ мм}$$

Вставив полученные данные в формулу

$$\beta_i = \arccos \frac{R_2^2 - R_1^2 + O_1 O_2^2}{2 \cdot R_2 \cdot O_1 O_2} - \arccos \frac{R_2 \cdot D_i - 0,25 \cdot D_i^2 + CO_i^2}{2 \cdot R_2 \cdot CO_i}. \quad (6)$$

Извлекаем 2 величины вспомогательного угла:

$$\beta_{min} = \arccos \frac{52^2 - 23^2 + 55^2}{2 \cdot 52 \cdot 55} - \arccos \frac{52 \cdot 25 - 0,25 \cdot 25^2 + 17,456^2}{2 \cdot 52 \cdot 17,456} = -12,43^\circ$$

$$\beta_{max} = \arccos \frac{52^2 - 23^2 + 55^2}{2 \cdot 52 \cdot 55} - \arccos \frac{52 \cdot 40 - 0,25 \cdot 40^2 + 27,474^2}{2 \cdot 52 \cdot 27,474} = -6,93^\circ$$

Далее ищем численные значения коэффициентов по формулам:

$$A = \frac{27,474^2 - 17,456^2}{2 \cdot 55 \cdot (27,474 \cdot \cos(-6,93^\circ) - 17,456 \cdot \cos(-12,43^\circ))} = 0,4$$

$$B = \frac{27,474 \sin(-6,93^\circ) - 17,456 \cdot \sin(-12,43^\circ)}{27,474 \cdot \cos(-6,93^\circ) - 17,456 \cdot \cos(-12,43^\circ)} = 0,0437$$

Способом ступенчатых подведений, установив в роли первого шага данные угла φ , равного $\arccos A = 30^\circ$, с помощью формулы образовываем следующее уравнение:

$$\cos \varphi_{\text{опт}} = 0,4 - 0,0437 * \sin \varphi_{\text{опт}}. \quad (7)$$

Отсюда получаем значение $\varphi = 68,9^\circ$

Неточность центровки (при деформации или перемещении центра заготовки ее диаметра) может служить для схватов с пальцами циркулирующего вида. При точной центровке берем профилированные губки с криволинейными поверхностями по дуге окружности.

Вычисляем попеременный угол φ_i на подобранном поле диаметров с помощью формулы:

$$\varphi_i = \varphi - \arccos \frac{R_2^2 - R_1^2 + O_1 O_2^2}{2 * R_2 * O_1 O_2} + \arccos \frac{R_2 D_i - 0,25 * D_i^2 + CO_i^2}{2 * R_2 * CO_i}. \quad (8)$$

Отсюда найдем 3 численных значения:

$$\begin{aligned} \varphi_{\min} &= 68,9^\circ - \arccos \frac{52^2 - 23^2 + 55^2}{2 \cdot 52 \cdot 55} + \arccos \frac{52 \cdot 25 - 0,25 \cdot 25^2 + 17,456^2}{2 \cdot 52 \cdot 17,456} \\ &= 81,3^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi_{\text{ср}} &= 68,9^\circ - \arccos \frac{52^2 - 23^2 + 55^2}{2 \cdot 52 \cdot 55} + \arccos \frac{52 \cdot 32,5 - 0,25 \cdot 32,5^2 + 22,479^2}{2 \cdot 52 \cdot 22,479} \\ &= 78,6^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi_{\max} &= 68,9^\circ - \arccos \frac{52^2 - 23^2 + 55^2}{2 \cdot 52 \cdot 55} + \arccos \frac{52 \cdot 40 - 0,25 \cdot 40^2 + 27,474^2}{2 \cdot 52 \cdot 27,474} \\ &= 75,8^\circ \end{aligned}$$

3.1.2 Вычисление углов соприкосновения губок захватного устройства клещевого типа с заготовкой.

Углы соприкосновения губок с заготовкой α_1 и α_2 определяются от горизонтальной оси заготовки и в нашем случае будут рассчитаны по формулам:

$$\alpha_1 = \arccos \frac{R_1 * D_i + 0,25 * D_i^2 + CO_i^2}{(2 * R_1 + D_i) * CO_i} + \varphi_i + \gamma_i - 90^\circ. \quad (9)$$

$$\alpha_2 = 270^\circ - \arccos \frac{CO_i^2 - R_2 \cdot D_i + 0,25 \cdot D_i^2}{(2 \cdot R_2 - D_i) \cdot CO_i} - \varphi_i - \gamma_i. \quad (10)$$

где γ_i является углом раскрытия, высчитываемый по формуле:

$$\gamma_i = -90^\circ + \arctg \frac{EO_i}{AE} + \arccos \frac{AC^2 + AE^2 + EO_i^2 - CO_i^2}{2 \cdot AC \cdot \sqrt{AE^2 + EO_i^2}}. \quad (11)$$

равный:

$$\gamma_{min} = -90^\circ + \arctg \frac{49,169}{25} + \arccos \frac{55^2 + 25^2 + 49,169^2 - 17,456^2}{2 \cdot 55 \cdot \sqrt{25^2 + 49,169^2}} = -8,71^\circ$$

$$\gamma_{cp} = -90^\circ + \arctg \frac{49,17}{25} + \arccos \frac{55^2 + 25^2 + 49,17^2 - 22,479^2}{2 \cdot 55 \cdot \sqrt{25^2 + 49,17^2}} = -3,4^\circ$$

$$\gamma_{max} = -90^\circ + \arctg \frac{49,169}{25} + \arccos \frac{55^2 + 25^2 + 49,169^2 - 27,474^2}{2 \cdot 55 \cdot \sqrt{25^2 + 49,169^2}} = 16,39^\circ$$

Углы соприкосновения с нижней губкой:

$$\alpha_{2min} = 270^\circ - \arccos \frac{17,456^2 - 52 \cdot 25 + 0,25 \cdot 25^2}{(2 \cdot 52 - 25) \cdot 17,456} - 81,3^\circ + 8,71^\circ = 69,8^\circ$$

$$\alpha_{2cp} = 270^\circ - \arccos \frac{22,479^2 - 52 \cdot 32,5 + 0,25 \cdot 32,5^2}{(2 \cdot 52 - 32,5) \cdot 22,479} - 78,6^\circ + 3,4^\circ = 69,82^\circ$$

$$\alpha_{2max} = 270^\circ - \arccos \frac{27,474^2 - 52 \cdot 40 + 0,25 \cdot 40^2}{(2 \cdot 52 - 40) \cdot 27,474} - 75,8^\circ - 1,93^\circ = 70,44^\circ$$

Углы соприкосновения с верхней губкой:

$$\alpha_{1min} = \arccos \frac{23 \cdot 25 + 0,25 \cdot 25^2 + 17,456^2}{(2 \cdot 23 + 25) \cdot 17,456} + 81,3^\circ - 8,71^\circ - 90^\circ = 15,97^\circ$$

$$\alpha_{1cp} = \arccos \frac{23 \cdot 32,5 + 0,25 \cdot 32,5^2 + 22,479^2}{(2 \cdot 23 + 32,5) \cdot 22,479} + 78,6^\circ - 3,4^\circ - 90^\circ = 15,95^\circ$$

$$\alpha_{1max} = \arccos \frac{23 \cdot 40 + 0,25 \cdot 40^2 + 27,474^2}{(2 \cdot 23 + 32,5) \cdot 27,474} + 75,8^\circ + 1,93^\circ - 90^\circ = 16,39^\circ$$

Наибольший угол раскрытия губок γ_{max} :

$$\gamma_{max} = 28,4^\circ$$

3.2 Кинематический расчет само центрирующего захватного устройства клещевого типа

Кинематическая схема состоит из 2-х губок, зубчатых колес, цепко-скользуемых с пальцами и вращающихся при помощи зубчатой рейки, объединенной со штоком.

Губки раскрываются при наклоне рейки вниз, и открываются при движении рейки вверх.

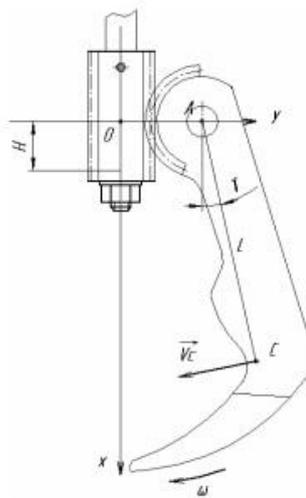


Рисунок 3–Кинематическая схема захватного устройства

Исследуем аналитическую подчиненность скорости движения тяги пневмоцилиндра и стремлением передвижения точки С. Спроектируем угловую скорость круговращения зубчатого сектора используя скорость стремления тяги пневмоцилиндра:

$$\omega = \frac{V}{R} = \frac{2 \cdot V}{d}. \quad (12)$$

Что означает:

ω – угловая скорость зубчатого сектора;

V – скорость тяги пневмоцилиндра = 0,5 м/с;

d – диаметр разделительной окружности зубчатого сектора.

Найдем угловую скорость С:

$$\omega = \frac{V_c}{AC}. \quad (13)$$

Где:

AC – длина пальца;

V_c – скорость точки C губки схвата.

Учитывая то, что губка циркулирует вместе с зубчатым сектором с равной угловой скоростью вставив известные нам значения мы находим искомую скорость C :

$$V_c = \frac{2 \cdot AC \cdot V}{d} = \frac{2 \cdot 0,055 \text{ м} \cdot \frac{0,5 \text{ м}}{\text{с}}}{0,027 \text{ м}} = 2,03 \frac{\text{м}}{\text{с}}. \quad (14)$$

Высчитаем угловую скорость C , с помощью формулы:

$$\omega = \frac{\frac{2,03 \text{ м}}{\text{с}}}{0,055 \text{ м}} = 37 \text{ рад/с}. \quad (15)$$

Найдем передвижение H тяги пневмоцилиндра, требуемое для раскрытия губок угла $\gamma_{max} = 28,4^\circ$. Количество времени передвижения штока требуемое для раскрытия губок угла γ_{max} рассчитаем по формулам:

$$V = \frac{H}{t} \text{ что означает } t = \frac{H}{V}, \quad (16)$$

$$\omega = \frac{\gamma \cdot \pi}{180 \cdot t} \text{ что означает } t = \frac{\pi \cdot \gamma}{180 \cdot \omega}. \quad (17)$$

Уравняв время перемещения штока сформулируем H :

$$H = \frac{\pi \cdot \gamma \cdot V}{180 \cdot \omega} \text{ что означает } H = \frac{\pi \cdot \gamma \cdot V}{360}. \quad (18)$$

Включая эти значения видим что:

$$H = \frac{28,4 \cdot \pi \cdot 27 \text{ мм}}{360} = 6,69 \text{ мм}$$

3.3 Силовой расчет самоцентрирующего захватного устройства клещевого типа

3.3.1 Нахождение силы, функционирующей в позициях соприкосновения заготовки и губок

Расчёты широкодиапазонных захватных устройств клещевого типа измеряют по наибольшему весу, что сопоставим наибольшему диаметру $D_{max}=40\text{мм}$. Прежде нахождением силы в позициях соприкосновения заготовки и губок, рассчитаем вес заготовки детали типа фланец с помощью формулы:

$$M = D_{max}^2 \cdot \pi \cdot L \cdot \rho \cdot \frac{1}{4}. \quad (19)$$

Обозначения:

ρ – плотность материала ($\rho = 7,710^3 \text{кг/м}^3$)

L – протяженность детали ($L=100\text{мм}$)

Включив эти данные получаем массу $M=1,2 \text{ кг}$.

Высчитаем нагрузку Q от массы заготовки $G= Mg=11,8 \text{ Н}$ по формуле:

$Q = G \cdot K_d \cdot K_s$, что означает:

K_d – подвижный коэффициент воздействия сил инерции при манипуляции, берем $K_d = 1,5$;

K_s – коэффициент резерва исправности удерживания заготовки при захвате и манипуляции берем $K_s = 1,7$.

4 Проектировка трехуровневой системы управления ГАК

4.1 Структура ГАК

Так как ГАК состоит из двух друг от друга независимых линий обработки деталей, что так же отражено и в структуре системы управления, оператор имеет руководство над управлением одновременно любой линией независимо. Промышленные роботы P_1 и P_2 Kuka KR15/2 (6-осевой) и KUKA KR 16 L6 совершают разгрузку/загрузку основного технологического оборудования, параллельно освобождая места для деталей входа и загружают место выхода.

Используемые обозначения:

C_1, C_2, C_3 – Токарный станок с ЧПУ 16к20

осуществляет операции 005-015 технологического процесса обработки детали: токарная работа с цилиндрическими поверхностями.

C_4 – Сверлильный станок с ЧПУ СС2В05 ПМФ4

выполняют операцию 020: рассверливание четырех отверстий и снятие фасок.

C_5 – Настольно-сверлильный станок ГС2112

осуществляет операцию 025: притупление кромок и нарезание резьбы.

C_6 – Автоматическая промывочная установка АМ-1400

осуществляет операцию 030: промывка деталей.

Циклограмма работы комплекса изображена в графической части.

4.2 Спецификация информации для управления

Таблица 4.1– Входные команды для системы управления второго уровня\

Входная информация	Условие команды		Источник сигнала
Наличие полуфабриката на входе В ₁	Да	Нет	Датчик расположен на месте установки кассеты
Приостановление промышленного робота Р ₁ на входе В ₂	Да	Нет	УЧПУ промышленного робота Р ₁
Приостановление промышленного робота Р ₁ на выходе В ₃	Да	Нет	УЧПУ промышленного робота Р ₁
Приостановление промышленного робота Р ₁ на выходе В ₄	Да	Нет	УЧПУ промышленного робота Р ₁
Приостановление промышленного робота Р ₁ на выходе В ₅	Да	Нет	УЧПУ промышленного робота Р ₂
Приостановление промышленного робота Р ₁ на загрузке и разгрузке станка С ₁	Да	Нет	УЧПУ промышленного робота Р ₁
Приостановление промышленного робота Р ₁ на загрузке и разгрузке станка С ₂	Да	Нет	УЧПУ промышленного робота Р ₁
Приостановление промышленного робота Р ₁ на загрузке и разгрузке станка С ₃	Да	Нет	УЧПУ промышленного робота Р ₁

Продолжение таблицы 4.1

Приостановление промышленного робота P_1 на загрузке и разгрузке станка C_4	Да	Нет	УЧПУ промышленного робота P_1
Приостановление промышленного робота P_1 на загрузке и разгрузке станка C_5	Да	Нет	УЧПУ промышленного робота P_1
Приостановление промышленного робота P_1 на загрузке и разгрузке станка C_6	Да	Нет	УЧПУ промышленного робота P_1
Наличие полуфабриката в захвате промышленного робота P_1	Да	Нет	Датчик находится в схвате промышленного робота P_1
Нахождение задней пиноли станка C_1	Прижата	Отжата	Видеодатчик находится в станке C_1
Станок C_1	Подключен	Отключен	УЧПУ станка C_1
Наличие полуфабриката в центрах станка C_1	Да	Нет	Датчик расположен в станке C_1
Состояние полуфабрикат в станке C_1	Обработан	Не обработан	УЧПУ станка C_1
Полуфабрикат в станке C_1	Перемещена	Не перемещена	Видеодатчик находится в станке C_1
Фиксация центров станка C_2	Прижаты	Разжаты	Датчик в станке C_3
Станок C_2	Подключен	Отключен	УЧПУ станка C_2

Продолжение таблицы 4.1

Наличие полуфабриката в центрах станка С ₂	Да	Нет	Датчик в станке С ₂
Состояние полуфабрикат в станке С ₂	Обработан	Не обработан	УЧПУ станка С ₂
Фиксация центров станка С ₃	Поджаты	Отжаты	Датчик в станке С ₃
Станок С ₃	Подключен	Отключен	УЧПУ станка С ₃
Наличие полуфабриката в центрах станка С ₃	Да	Нет	Датчик в станке С ₃
Состояние полуфабрикат в станке С ₃	Обработан	Не обработан	УЧПУ станка С ₃
Фиксация центров станка С ₄	Прижаты	Отжаты	Датчик в станке С ₄
Станок С ₄	Подключен	Отключен	УЧПУ станка С ₄
Наличие полуфабриката в центрах станка С ₄	Да	Нет	Датчик в станке С ₄
Состояние полуфабрикат в станке С ₄	Обработан	Не обработан	УЧПУ станка С ₄
Фиксация центров станка С ₅	Прижаты	Отжаты	Датчик в станке С ₅
Станок С ₅	Подключен	Отключен	УЧПУ станка С ₄
Наличие полуфабриката в центрах станка С ₅	Да	Нет	Датчик в станке С ₅
Состояние полуфабрикат в станке С ₅	Обработан	Не обработан	УЧПУ станка С ₅
Фиксация заготовки в мойке С ₆	Прижаты	Отжаты	УЧПУ мойки С ₆

Продолжение таблицы 4.1

Мойка С ₆	Подключена	Отключена	УЧПУ станка С ₆
Наличие полуфабриката в мойке С ₆	Да	Нет	Датчик в мойке С ₆
Состояние полуфабрикат в мойке С ₆	Готова	Не готова	УЧПУ мойки ₆
Станок С ₁ работает нормально	Да	Нет	УЧПУ станка С ₁
Станок С ₂ работает нормально	Да	Нет	УЧПУ станка С ₂
Станок С ₃ работает нормально	Да	Нет	УЧПУ станка С ₃
Станок С ₄ работает нормально	Да	Нет	УЧПУ станка С ₄
Станок С ₅ работает нормально	Да	Нет	УЧПУ станка С ₅
Мойка С ₆ работает нормально	Да	Нет	УЧПУ мойки С ₆
Робот Р ₁ работает нормально	Да	Нет	УЧПУ робота Р ₁
Техпроцесс остановлен оператором	Да	Нет	АРМ оператора
Защитная ограда не исправна	Да	Нет	Датчики следящие за исправностью защитных ограждений

4.2.1 Выходные команды для системы управления второго уровня

Таблица 4.2 – Выходные команды для системы управления второго уровня

Входная информация	Программа управления	Список действий робота относительно видов сигналов
Разгрузка расположения входа V_1	УП $P_1 - 1$	а) въезд в рабочую зону V_1 ; б) захват полуфабриката из секции; в) выезд из рабочей зоны V_1 ; г) разворот к станку C_1 .
Загрузка станка C_1	УП $P_1 - 2$	Включение второй управляющей программы станка C_1
Работа на станке C_1	УП $C_1 - 1$	а) въезд в рабочую зону C_1 ; б) установка полуфабриката в кулачки станка C_1 ; в) выезд из рабочей зоны C_1 .
Завершение обработки детали на станке C_1	УП $P_1 - 3$	а) въезд в рабочую зону C_1 ; б) отгрузка полуфабриката из кулачков станка C_1 ; в) выезд из рабочей зоны C_1 ; г) перестановка к станку C_2 .
Загрузка станка C_2	УП $P_1 - 4$	Включение второй управляющей программы станка C_2
Работа на станке C_2	УП $C_2 - 2$	а) въезд в рабочую зону C_2 ; б) установка полуфабриката в кулачки станка C_2 ; в) выезд из рабочей зоны C_2 .

Продолжение таблицы 4.2

Завершение обработки детали на станке С ₂	УП Р ₁ - 5	а) въезд в рабочую зону С ₂ ; б) отгрузка полуфабриката из кулачков станка С ₂ ; в) выезд из рабочей зоны С ₂ ; г) перестановка к станку С ₃ .
Загрузка станка С ₃	УП Р ₁ - 6	Включение управляющей программы рабочего процесса станка С ₂ .
Работа на станке С ₃	УП С ₃ - 3	а) въезд в рабочую зону С ₃ ; б) установка полуфабриката в кулачки станка С ₃ ; в) выезд из рабочей зоны С ₃ .
Завершение обработки детали на станке С ₃	УП Р ₁ - 7	а) въезд в рабочую зону С ₃ ; б) отгрузка полуфабриката из кулачков станка С ₃ ; в) выезд из рабочей зоны С ₃ ; г) перестановка к станку С ₄ .
Загрузка станка С ₄	УП Р ₁ - 8	Включение управляющей программы рабочего процесса станка С ₄
Работа на станке С ₄	УП С ₄ - 4	а) въезд в рабочую зону С ₄ ; б) установка полуфабриката в кулачки станка С ₄ ; в) выезд из рабочей зоны С ₄ .

Продолжение таблицы 4.2

Завершение обработки детали на станке С ₄	УП Р ₁ - 9	а) въезд в рабочую зону С ₄ ; б) отгрузка полуфабриката из кулачков станка С ₄ ; в) выезд из рабочей зоны С ₄ ; г) перестановка к станку С ₅ .
Загрузка станка С ₅	УП Р ₁ - 10	Включение управляющей программы рабочего процесса станка С ₅
Работа на станке С ₅	УП С ₅ -5	а) въезд в рабочую зону С ₅ ; б) установка полуфабриката в кулачки станка С ₅ ; в) выезд из рабочей зоны С ₅ .
Завершение обработки детали на станке С ₅	УП Р ₁ - 11	а) въезд в рабочую зону С ₅ ; б) отгрузка полуфабриката из кулачков станка С ₅ ; в) выезд из рабочей зоны С ₅ ; г) перестановка в мойку С ₆ .
Загрузка мойки С ₆	УП Р ₁ - 12	Включение управляющей программы рабочего процесса мойки С ₆
Работа на мойке С ₆	УП С ₆ - 6	а) въезд в рабочую зону С ₆ ; б) установка полуфабриката в специальный контейнер С ₆ ; в) выезд из рабочей зоны С ₆ .
Завершение работы мойки С ₆	УП Р ₁ - 13	а) въезд в рабочую зону С ₆ ; б) отгрузка из специального контейнера мойки С ₆ ; в) выезд из рабочей зоны С ₆ ; г) движение в сторону выхода В ₃ .

Продолжение таблицы 4.2

Загрузка месторасположения выхода В ₃	УП Р ₁ - 14	а) въезд в рабочую зону В ₃ ; б) загрузка заготовки в одну из секций тары; в) выезд из рабочей зоны В ₃ ; г) движение к станку С ₁ .
Автоматическая остановка всех работ комплекса – ошибка на предмет целостности защитной ограды		
Команда выключения линии подается от оператора		
Команда аварийного выключения ГАК подается (от оператора)		

4.3 Описание основных задач управления

4.3.1 Анализ штатных режимов работы локальных систем управления

Управление оборудованием ГАК осуществляется с помощью локальных систем управления.

Для управления работой основного технологического оборудования используются системы ЧПУ Siemens «Sinumeric 802D» и «Sinumeric 810D».

Задачами локальных систем управления являются:

- определение работоспособности оборудования;
- загрузка программ управления оборудованием;
- контроль качества обработки детали;
- обеспечение безаварийной обработки детали;
- выдача центральному контроллеру сигнала завершения обработки. Управление промышленным роботом осуществляется контроллером KUKA KR C2, посредством которого производится:

- периодическая диагностика состояния промышленного робота;
- управление разгрузкой/загрузкой станков;
- разгрузка/загрузка позиций входа/выхода;
- перемещение промышленного робота на соответствующие позиции после окончания каждой операции.

4.4. Моделирование процесса управления

4.4.1. Декомпозиция задачи

В определенные моменты времени управление сводится к подаче сигналов ЛСУ отражающих текущее состояние системы в целом и все возможности существующих угроз.

1. Подача сигнала на включение программы робота P_1 для работы его по разгрузке места входа V_1 :
 - а) на месте входа V_1 есть заготовка;
 - б) установка робота P_1 близ кассеты V_1 ;
 - в) захватное устройство робота P_1 пусто;
 - д) нет заготовки/детали в центрах станка C_1 ;
 - г) нормальная работа всех программ робота P_1 .
2. Выдача команды на подключение сигнала в программе робота P_1 для работы его по загрузке станка C_1 :
 - а) расположение робота P_1 близ станка C_1 ;
 - б) наличие в захватном устройстве промышленного робота P_1 детали;
 - в) станок C_1 отключен;
 - г) нет в центрах станка C_1 заготовки/детали;
 - д) кулачки станка C_1 разжаты;
 - е) нормальная работа робота P_1 .
3. Выдача команды на подключение первой основной программы управления станка C_1 для работы его с деталью:

- а) станок C_1 отключен;
- б) расположение в кулачках станка C_1 полуфабриката;
- в) кулачки станка зажимают полуфабрикат;
- г) незакончена работа обработки заготовки;
- д) нормальная работа всех систем C_1 ;
- е) заготовка ориентирована в положении «1».

4. Подача на включение второй основной управляющей программы станка C_1 направленной на работу его по обработке детали:

- а) станок C_1 отключен;
- б) расположение в кулачках станка C_1 детали;
- в) центра станка фиксируют деталь;
- г) незакончена работа обработки заготовки;
- д) нормальная работа всех систем C_1 ;

5. Подача сигнала на включение программы робота P_1 для работы его по разгрузке станка C_1 (вместе с перемещением к станку C_2):

- а) расположение робота P_1 возле станка C_1 ;
- б) нет в наличии в захватном устройстве робота P_1 заготовки/детали;
- в) расположение детали в кулачках станка C_1 ;
- г) работа по обработке полуфабриката завершена;
- д) станок C_1 выключен;
- е) кулачки станка C_1 фиксируют заготовку;
- ж) нормальная работа всех систем робота P_1 ,
- з) станок C_2 выключен;
- и) нет в наличии детали в центрах станка C_2 .

6. Подача сигнала на включение программы робота P_1 для работы его по разгрузке станка C_2 (вместе с перемещением к станку C_3):

- а) расположение робота P_1 возле станка C_1 ;
- б) нет в наличии в клещевом устройстве робота P_1 заготовки/детали;
- в) есть в наличии деталь в кулачках станка C_1 ;
- г) работа по обработке полуфабриката окончена;

- д) станок C_1 отключен;
- е) кулачки станка C_1 фиксируют деталь;
- ж) нормальная работа всех систем робота P_1 ;
- з) станок C_3 отключен;
- и) нет в наличии детали в центрах станка C_2 .

8. Подача сигнала на включение программы робота P_1 для работы его по загрузке станка C_3 :

- а) расположение робота P_1 близ станка C_2 ;
- б) заготовка зажата в клещевом захвате робота P_1 ;
- в) станок C_2 отключен;
- г) нет в наличии в центрах станка C_2 детали;
- д) кулачки станка C_2 разжаты;
- е) нормальная работа всех систем промышленного робота P_1 .

9. Подача команды на подключение первостепенной основной программы станка C_2 направленной на работу его по обработке детали:

- а) станок C_2 отключен;
- б) расположение в центрах станка C_2 полуфабриката;
- в) кулачки станка фиксируют детали;
- г) незакончена работа по обработке заготовки;
- д) нормальная работа всех систем C_2 .

10. Подача сигнала на включение программы робота P_1 для работы его по разгрузке станка C_2 :

- а) расположение робота P_1 близ станка C_2 ;
- б) нет в наличии в захватном устройстве робота P_2 заготовки/детали;
- в) есть в наличии деталь в центрах станка C_2 ;
- г) работа по обработке заготовки окончена;
- д) станок C_2 отключен;
- е) кулачки станка C_2 фиксируют полуфабрикат;
- ж) нормальная работа всех систем промышленного робота P_1 .

11. Подача команды на подключение программы промышленного робота P_1 для работы его по загрузке станка C_3 :

- а) расположение робота P_1 близ станка C_3 ;
- б) есть в наличии в захватном устройстве робота P_1 заготовки;
- в) станок C_3 отключен;
- г) нет в наличии в кулачках станка C_3 заготовки;
- д) кулачки станка C_3 разжаты;
- е) нормальная работа всех систем промышленного робота P_1 .

12. Подача команды на подключение первостепенной программы станка C_3 для работы его по обработке детали:

- а) станок C_3 отключен;
- б) расположение в центрах станка C_3 детали;
- в) центра станка фиксируют деталь;
- г) не закончена работа по обработке заготовки;
- д) нормальная работа всех систем C_3 .

13. Подача сигнала на включение программы робота P_1 для работы его по разгрузке станка C_3 :

- а) расположение робота P_1 близ станка C_3 ;
- б) нет в наличии в захватном устройстве робота P_2 заготовки/детали;
- в) есть в наличии заготовка в кулачках станка C_3 ;
- г) работа по обработке детали окончена;
- д) станок C_3 отключен;
- е) кулачки станка C_3 фиксируют полуфабрикат;
- ж) нормальная работа всех систем промышленного робота P_1 .

14. Подача команды на подключение программы промышленного робота P_1 для работы его по загрузке станка C_4 :

- а) расположение робота P_1 близ станка C_4 ;
- б) наличие в клещевом устройстве робота P_1 детали;
- в) станок C_4 отключен;
- г) нет в наличии в центрах станка C_4 детали;

д) захваты станка C_4 разжаты;

е) нормальная работа всех систем промышленного робота P_1 .

15. Подача команды на подключение первостепенной программы станка C_4 для работы его по обработке полуфабриката:

а) станок C_4 отключен;

б) есть в наличии в захватах станка C_4 полуфабриката;

в) захваты станка фиксируют деталь;

г) незакончена работа по обработке полуфабриката;

д) нормальная работа всех систем C_4 ;

16. Подача сигнала на включение программы робота P_1 для работы его по разгрузке станка C_4 :

а) расположение робота P_1 близ станка C_4 ;

б) нет в наличии в захватном устройстве робота P_2 заготовки/детали;

в) есть в наличии деталь в захватах станка C_4 ;

г) работа по обработке полуфабриката окончена;

д) станок C_4 отключен;

е) захваты станка C_4 фиксируют деталь;

ж) нормальная работа всех систем промышленного робота P_1 .

17. Подача команды на подключение программы промышленного робота P_1 для работы его по загрузке роботом P_1 позиции выхода B_3 :

а) расположение робота близ позиции выхода B_3 ;

б) имеется деталь в клещевом схвате робота;

в) нормальная работа всех систем промышленного робота P_1 .

18. Подача команды на подключение программы промышленного робота P_1 для работы его по загрузке станка C_5 :

а) расположение робота P_1 близ станка C_5 ;

б) деталь в захватном устройстве робота P_1 ;

в) станок C_5 отключен;

г) нет в наличии в захватах станка C_5 заготовки;

д) захваты станка C_5 разжаты;

е) нормальная работа всех систем промышленного робота P_1 .

19. Подача команды на подключение первостепенной программы станка C_4 направленной на работу его по обработке детали:

- а) станок C_5 отключен;
- б) расположение в захватах станка C_5 детали;
- в) захваты станка фиксируют полуфабрикат;
- г) незакончена работа по обработке детали;
- д) нормальная работа всех систем C_5 ;

20. Подача сигнала на включение программы робота P_1 для работы его по разгрузке станка C_5 :

- а) расположение робота P_1 близ станка C_5 ;
- б) нет в клещевом с хвате робота P_2 заготовки/детали;
- в) присутствие заготовки в захватах станка C_5 ;
- г) работа по обработке полуфабриката окончена;
- д) станок C_5 отключен;

21. Подача сигнала на включение программы робота P_1 для работы его по загрузке мойки C_6 :

- а) расположение робота P_1 близ мойки C_6 ;
- б) есть в наличии в захватном устройстве робота P_1 деталь;
- в) мойка C_6 отключена;
- г) нет в наличии в зажимах мойки C_6 заготовки;
- д) зажимы мойки C_6 разжаты;
- е) нормальная работа всех систем промышленного робота P_1 .

22. Подача команды на подключение первостепенной программы мойки C_6 для работы его по промывке полуфабриката:

- а) мойка C_6 отключена;
- б) есть в наличии в зажимах мойки C_6 деталь;
- в) зажимы мойки фиксируют деталь;
- г) незакончена работа по промывке детали;
- д) нормальная работа всех систем C_6 ;

23. Подача сигнала на включение программы робота P_1 для работы его по разгрузке мойки C_6 :

- а) расположение робота P_1 близ мойки C_6 ;
- б) нет в наличии в схватах робота P_2 заготовки/детали;
- в) есть в наличии заготовка в зажимах мойки C_6 ;
- г) промывка полуфабриката окончена;
- д) мойка C_6 отключена;
- е) зажимы мойки C_6 фиксируют полуфабрикат;
- ж) нормальная работа всех систем промышленного робота P_1 .

24. Подача команды на разворот промышленного робота P_1 от мойки C_6 к станку C_2 :

- а) робот P_1 располагается близ станка C_2 ;
- б) станок C_2 отключен;
- в) станок C_3 отключен;
- г) станок C_4 отключен;
- д) станок C_5 отключен;
- е) мойка C_6 отключена;
- ж) нормальная работа всех систем промышленного робота P_1 .

25. Подача команды на разворот промышленного робота P_1 от станка C_1 к станку C_3 :

- а) промышленный робот P_1 располагается близ станка C_1 ;
- б) станок C_2 отключен;
- в) нет в наличии в клещевом устройстве P_2 детали/полуфабриката;
- г) есть в наличии заготовка в центрах станка C_3 ;
- д) станок C_3 отключен;
- е) работа по обработке полуфабриката на станке C_3 окончена;
- ж) нормальная работа всех систем промышленного робота P_1 .

26. Подача команды на разворот промышленного робота P_1 от станка C_4 к станку C_1 :

- а) промышленный робот P_1 располагается близ станка C_4 ;

- б) станок C_1 отключен;
- в) станок C_4 отключен;
- г) нет в наличии в захватном устройстве робота P_2 заготовки/детали;
- д) нормальная работа всех систем промышленного робота P_1 .

27. Подача команды на разворот промышленного робота P_1 от станка C_3 к расположению входа V_1 :

- а) робот P_1 располагается близ станка C_3 ;
- б) станок C_4 отключен;
- в) станок C_2 отключен;
- г) станок C_1 отключен;
- д) станок C_3 отключен;
- е) станок C_5 подключен;
- ж) станок C_6 отключен;
- з) нет в наличии в клещевом устройстве робота P_2 заготовки/детали;
- и) нормальная работа всех систем промышленного робота P_1 .

28. Подача команды на разворот промышленного робота P_1 от станка C_1 к станку C_2 :

- а) промышленный робот P_1 расположен близ станка C_1 ;
- б) станок C_2 отключен;
- в) нет в наличии в захватном устройстве робота P_2 заготовки/детали;
- г) присутствие детали в центрах станка C_3 ;
- д) станок C_3 отключен;
- е) работа по обработке полуфабриката на станке C_3 окончена;
- ж) нормальная работа всех систем промышленного робота P_1 .

29. Подача команды на разворот промышленного робота P_1 от станка C_2 к расположению входа V_1 :

- а) робот P_1 расположился близ станка C_2 ;
- б) станок C_4 работает;
- в) станок C_2 работает;
- г) станок C_1 отключен;

- д) станок C_3 включен;
- е) станок C_5 включен;
- ж) станок C_6 отключен;
- з) нет в наличии в клещевом устройстве работа P_2 заготовки/детали;
- и) нормальная работа всех систем работа P_1 .

4.4.2. Анализ нештатных ситуаций

При возможном возникновении какой-либо нештатной ситуации или ошибки оператору нужно выдать команду направленную на прерывание работы комплекса:

– первый случай: неисправность систем единицы технологического оборудования;

– второй случай: присутствие на участке лишнего оборудования, предметов или людей.

4.4.3. Идентификация данных

Для моделирования эксплуатации процессов оперативного управления нужно спроектировать математическую модель: систему математических сходств, максимально близко описывающих осваиваемый процесс управления комплексом.

Приведем идентификацию осваиваемых входной и выходной информации на панели СУ ГАК второго уровня и соединим переменные математической модели в таблицы 4.3 и 4.4.

Таблица 4.3–Идентификация входной и выходной информации СУ ГАК.

Команда	Идентификатор	Команда	Идентификатор
Есть в наличии заготовка на месте входа B_1	X_1	Нет в наличии детали на входе B_1	$\overline{X_1}$
Расположение робота P_1 близ места входа B_1	X_2	Нет в наличии близ входа B_1	$\overline{X_2}$
расположение робота P_1 близ выхода B_3	X_3	Нет в наличии близ расположения выхода B_3	$\overline{X_3}$
Расположение робота P_1 близ станка C_1	X_4	Нет в наличии близ станка C_1	$\overline{X_4}$
Расположение робота P_1 близ станка C_2	X_5	Нет в наличии близ станка C_2	$\overline{X_5}$
Расположение робота P_1 близ станка C_3	X_6	Нет в наличии близ станка C_3	$\overline{X_6}$
Расположение робота P_1 близ станка C_4	X_7	Нет в наличии близ станка C_4	$\overline{X_7}$
Есть в наличии в клещевом устройстве робота P_1 заготовка/деталь	X_8	Нет в наличии в клещевом устройстве робота заготовки/детали	$\overline{X_8}$
Фиксация заготовки/детали центрами станка C_1 не применяется	X_9	Жесткая фиксация заготовки/детали центрами станка C_1 (без возможности разгрузки)	$\overline{X_9}$
Станок C_1 включен	X_{10}	Станок C_1 отключен	$\overline{X_{10}}$
Продолжение таблицы 4.3			

Есть в наличии заготовка/деталь в центрах станка C_1	X_{11}	Нет в наличии заготовки/детали в центрах станка C_1	$\overline{X_{11}}$
Работа по обработке детали на станке C_1 окончена	X_{12}	Работа по обработке полуфабриката на станке C_1 не окончена	$\overline{X_{12}}$
Деталь в центрах C_1 имеется в положении «1» (не переустановлена)	X_{13}	Полуфабрикат в центрах C_1 имеется в положении «2» (переустановлена)	$\overline{X_{13}}$
Фиксация заготовки/детали центрами станка C_2 не активирована	X_{14}	Жесткая фиксация заготовки/детали центрами станка C_2 (без возможности разгрузки)	$\overline{X_{14}}$
Станок C_2 работает	X_{15}	Станок C_2 отключен	$\overline{X_{15}}$

Продолжение таблицы 4.3

Есть в наличии заготовка в центрах станка C_2	X_{16}	Нет заготовки в кулачках станка C_2	$\overline{X_{16}}$
Обработка детали на станке C_2 закончена	X_{17}	Обработка детали на станке C_2 не закончена	$\overline{X_{17}}$
Зажим полуфабриката/дет али кулачками станка C_3 не активирована	X_{18}	Жесткая фиксация заготовки/детали центрами станка C_3 (без возможности разгрузки)	$\overline{X_{18}}$
Станок C_3 работает	X_{19}	Станок C_3 отключен	$\overline{X_{19}}$
Есть в наличии заготовка в центрах станка C_3	X_{20}	Нет в наличии детали в центрах станка C_3	$\overline{X_{20}}$
Работа по обработке детали на станке C_3 окончена	X_{21}	Работа по обработке заготовки на станке C_3 не окончена	$\overline{X_{21}}$
Фиксация заготовки/детали центрами станка C_4 не активирована	X_{22}	Жесткая фиксация заготовки/детали центрами станка C_4 (без возможности разгрузки)	$\overline{X_{22}}$
Станок C_4 работает	X_{23}	Станок C_4 отключен	$\overline{X_{23}}$
Есть в наличии деталь в центрах станка C_4	X_{24}	Нет детали в кулачках станка C_4	$\overline{X_{24}}$

Продолжение таблицы 4.3

Обработка детали на станке C_4 окончена	X_{25}	Работа по обработке детали на станке C_4 не окончена	$\overline{X_{25}}$
Нормальная работа всех управляющих систем станка C_1	X_{26}	Поломка любой из систем станка C_1	$\overline{X_{26}}$
Нормальная работа всех управляющих систем станка C_2	X_{27}	Поломка любой из систем станка C_2	$\overline{X_{27}}$
Нормальная работа всех управляющих систем станка C_3	X_{28}	Поломка любой из систем станка C_3	$\overline{X_{28}}$
Нормальная работа всех систем станка C_4	X_{29}	Поломка какой-либо системы станка C_4	$\overline{X_{29}}$
Нормальная работа всех систем робота P_1	X_{30}	Поломка какой-либо системы робота P_1	$\overline{X_{30}}$
Выключение всех работ участка оператором	X_{31}	Оператор не запрещает выполнять какие-либо операции	$\overline{X_{31}}$
Цельность огораживания (ворота и дверь работают)	X_{32}	Нарушение цельности изгороди (ворота и дверь не работают)	$\overline{X_{32}}$

Таблица 4.4 – Распознавание выходных данных

Команда	Назначение
Y ₁	Сигнал управляющего устройства на пуск локальной системой управления программы для снабжения разгрузки роботом P ₁ месторасположения входа K ₁
Y ₂	Сигнал управляющего устройства на запуск локальной СУ УП для снабжения загрузки промышленным роботом P ₁ станка C ₁
Y ₃	Сигнал управляющего устройства на пуск локальной СУ УП для обтачивания установленной детали станком C ₁
Y ₄	Сигнал управляющего устройства на пуск локальной системой управления УП для снабжения переустановки промышленным роботом P ₁ детали в станке C ₁
Y ₅	Сигнал управляющего устройства на пуск локальной системой управления УП для обтачивания переустановленной детали станком C ₁
Y ₆	Сигнал управляющего устройства на пуск локальной системой управления УП для снабжения разгрузки роботом P ₁ станка C ₁ (с расположением к станку C ₂)
Y ₇	Сигнал управляющего устройства на пуск локальной системой управления УП для снабжения разгрузки роботом P ₁ станка C ₁ (с расположением к станку C ₃)
Y ₈	Сигнал управляющего устройства на пуск локальной СУ УП для снабжения загрузки промышленным роботом P ₁ станка C ₂
Y ₉	Сигнал управляющего устройства на пуск локальной системой управления УП для обтачивания установленной детали станком C ₂

Продолжение таблицы 4.4

Y ₁₀	Сигнал управляющего устройства на пуск локальной системой управления УП для снабжения разгрузки роботом Р ₁ станка С ₂
Y ₁₁	Сигнал управляющего устройства на пуск локальной СУ УП для снабжения загрузки промышленным роботом Р ₁ станка С ₃
Y ₁₂	Сигнал управляющего устройства на пуск локальной системой управления УП для снабжения установленной заготовки станком С ₃
Y ₁₃	Сигнал управляющего устройства на пуск локальной системой управления УП для снабжения разгрузки роботом Р ₁ станка С ₃
Y ₁₄	Сигнал управляющего устройства на пуск локальной СУ УП для снабжения загрузки промышленным роботом Р ₁ станка С ₄
Y ₁₅	Сигнал управляющего устройства на пуск локальной системой управления УП для рассверливания отверстий установленной детали станком С ₄
Y ₁₆	Сигнал управляющего устройства на пуск локальной системой управления УП для снабжения разгрузки роботом Р ₁ станка С ₄
Y ₁₇	Сигнал управляющего устройства на пуск локальной СУ УП для снабжения загрузки промышленным роботом Р ₁ станка С ₅
Y ₁₈	Сигнал управляющего устройства на пуск локальной системой управления УП для притупления кромок установленной детали станком С ₅

Продолжение таблицы 4.4

Y ₁₉	Сигнал управляющего устройства на пуск локальной системой управления УП для снабжения разгрузки роботом P ₁ станка C ₅
Y ₂₀	Сигнал управляющего устройства на пуск локальной СУ УП для снабжения загрузки промышленным роботом P ₁ мойки C ₆
Y ₂₁	Сигнал управляющего устройства на пуск локальной системой управления УП для промывки установленной детали мойкой C ₆
Y ₂₂	Сигнал управляющего устройства на пуск локальной системой управления УП для снабжения разгрузки роботом P ₁ мойки C ₆
Y ₂₃	Сигнал управляющего устройства на пуск локальной системой управления УП для снабжения загрузки роботом P ₁ месторасположения выхода B ₃
Y ₂₄	Немедленное выключение работы комплекса
Y ₂₅	Немедленное выключение работы линии 1

4.5 Разработка основной логико-математической модели

Упрощенная математическая модель взаимно связывает входные сигналы, исходящие от оборудования, с выходными, исходящими от систем управления.

Составим соотношения предусловий и постусловий выполнения задач управления. Полученные результаты сведем в таблицу 4.4

Таблица 4.5 – Соотношение предусловий и постусловий выполнения задач управления.

Сигнал	Условия	
	Предусловия	Постусловия
Y ₁	$X_1 \cdot X_2 \cdot \overline{X_8} \cdot \overline{X_{11}} \cdot X_{30} \cdot \overline{X_{31}} \cdot X_{32}$	$X_4 \cdot X_8 \cdot \overline{X_{11}}$
Y ₂	$X_4 \cdot X_8 \cdot \overline{X_{10}} \cdot \overline{X_{11}} \cdot X_9 \cdot X_{30} \cdot \overline{X_{31}} \cdot X_{32}$	$X_4 \cdot X_9 \cdot X_{11} \cdot X_{13} \cdot \overline{X_{12}} \cdot X_{10}$
Y ₃	$\overline{X_{10}} \cdot X_{11} \cdot \overline{X_{12}} \cdot X_9 \cdot X_{13} \cdot X_{26} \cdot \overline{X_{31}} \cdot X_{32}$	$X_{10} \cdot X_{13} \cdot \overline{X_{12}} \cdot X_{11}$
Y ₄	$X_4 \cdot \overline{X_8} \cdot \overline{X_{10}} \cdot X_{11} \cdot X_{13} \cdot X_{30} \cdot \overline{X_9} \cdot \overline{X_{31}} \cdot X_{32}$	$X_4 \cdot \overline{X_8} \cdot X_{10}$
Y ₅	$\overline{X_{10}} \cdot X_{11} \cdot \overline{X_{12}} \cdot X_9 \cdot X_{13} \cdot X_{26} \cdot \overline{X_{31}} \cdot X_{32}$	$X_{10} \cdot \overline{X_{13}} \cdot \overline{X_{12}} \cdot X_{11}$
Y ₆	$\overline{X_{10}} \cdot \overline{X_8} \cdot X_{11} \cdot X_{12} \cdot X_4 \cdot X_9 \cdot X_{30} \cdot \overline{X_{19}} \cdot X_{20} \cdot \overline{X_{31}} \cdot X_{32}$	$\overline{X_{11}} \cdot X_5 \cdot X_8 \cdot X_9$
Y ₇	$\overline{X_{10}} \cdot \overline{X_8} \cdot X_{11} \cdot X_{12} \cdot X_4 \cdot X_9 \cdot X_{30} \cdot \overline{X_{19}} \cdot X_{20} \cdot \overline{X_{31}} \cdot X_{32}$	$\overline{X_{11}} \cdot X_6 \cdot X_8 \cdot X_9$
Y ₈	$X_5 \cdot X_8 \cdot \overline{X_{15}} \cdot \overline{X_{16}} \cdot X_{30} \cdot \overline{X_{31}} \cdot X_{32}$	$X_5 \cdot X_{14} \cdot X_{16} \cdot \overline{X_{17}} \cdot X_{15}$
Y ₉	$\overline{X_{15}} \cdot X_{16} \cdot \overline{X_{17}} \cdot X_{14} \cdot X_{27} \cdot \overline{X_{31}} \cdot X_{32}$	$X_{15} \cdot \overline{X_{17}} \cdot X_{16}$
Y ₁₀	$\overline{X_{15}} \cdot \overline{X_8} \cdot X_{16} \cdot X_{17} \cdot X_5 \cdot X_{30} \cdot \overline{X_{23}} \cdot X_{24} \cdot \overline{X_{31}} \cdot X_{32}$	$\overline{X_{16}} \cdot X_7 \cdot X_8 \cdot X_{14}$
Y ₁₁	$\overline{X_6} \cdot X_8 \cdot \overline{X_{19}} \cdot \overline{X_{20}} \cdot X_{30} \cdot \overline{X_{31}} \cdot X_{32}$	$X_6 \cdot \overline{X_{18}} \cdot X_{20} \cdot \overline{X_{21}} \cdot \overline{X_{19}}$
Y ₁₂	$X_6 \cdot X_8 \cdot \overline{X_{19}} \cdot \overline{X_{20}} \cdot X_{30} \cdot \overline{X_{31}} \cdot X_{32}$	$X_{19} \cdot \overline{X_{21}} \cdot X_{20}$
Y ₁₃	$\overline{X_{19}} \cdot \overline{X_8} \cdot X_{20} \cdot X_6 \cdot X_{30} \cdot X_{23} \cdot \overline{X_{24}} \cdot \overline{X_{31}} \cdot X_{32}$	$\overline{X_{20}} \cdot X_7 \cdot X_8 \cdot X_{18}$
Y ₁₄	$X_7 \cdot X_8 \cdot \overline{X_{23}} \cdot \overline{X_{24}} \cdot X_{30} \cdot \overline{X_{31}} \cdot X_{32}$	$X_7 \cdot \overline{X_{22}} \cdot X_{24} \cdot \overline{X_{25}} \cdot X_{23}$
Y ₁₅	$\overline{X_{23}} \cdot X_{24} \cdot \overline{X_{25}} \cdot \overline{X_{22}} \cdot X_{29} \cdot \overline{X_{31}} \cdot X_{32}$	$X_{23} \cdot \overline{X_{25}} \cdot X_{24}$
Y ₁₆	$\overline{X_{23}} \cdot \overline{X_8} \cdot X_{24} \cdot X_7 \cdot X_{30} \cdot \overline{X_{31}} \cdot X_{32}$	$\overline{X_{24}} \cdot X_3 \cdot X_8 \cdot X_{22}$
Y ₁₇	$X_3 \cdot X_8 \cdot X_{30} \cdot \overline{X_{31}} \cdot X_{32}$	$\overline{X_8} \cdot X_4$
Y ₁₈	$X_7 \cdot X_{23} \cdot X_{10} \cdot \overline{X_8} \cdot \overline{X_{31}} \cdot X_{32}$	$X_4 \cdot \overline{X_8}$
Y ₁₉	$X_4 \cdot \overline{X_8} \cdot X_{19} \cdot X_{10} \cdot \overline{X_{23}} \cdot \overline{X_{31}} \cdot X_{32}$	$X_6 \cdot \overline{X_8}$

Продолжение таблицы 4.5

Y_{20}	$\overline{X_7} \cdot \overline{X_{10}} \cdot X_8 \cdot X_{23} \cdot X_{30} \cdot \overline{X_{31}} \cdot \overline{X_{32}}$	$X_4 \cdot \overline{X_8}$
Y_{21}	$X_6 \cdot X_{23} \cdot \overline{X_{10}} \cdot X_{15} \cdot \overline{X_8} \cdot X_{19} \cdot X_{30} \cdot \overline{X_{31}} \cdot \overline{X_{32}}$	$X_3 \cdot \overline{X_8}$
Y_{22}	$X_4 \cdot X_{15} \cdot \overline{X_8} \cdot X_{20} \cdot \overline{X_{19}} \cdot X_{21} \cdot X_{30} \cdot \overline{X_{31}} \cdot \overline{X_{32}}$	$X_5 \cdot \overline{X_8}$
Y_{23}	$X_5 \cdot X_{23} \cdot \overline{X_{10}} \cdot X_{15} \cdot \overline{X_8} \cdot X_{19} \cdot X_{30} \cdot \overline{X_{31}} \cdot \overline{X_{32}}$	$X_3 \cdot \overline{X_8}$

4.6 Средства реализации управления

Управляющее устройство фирмы SIEMENS Simatic S7- 300 является функцией управления верхним уровнем работ. Все станки работают на локальной системе управления семейства Sinumerik. Роботы работают под руководством управляющего контроллера KUKA KR C2. Датчики моментально отправляют всю информацию о работе производства.

4.6.1 Датчики первого уровня системы управления

Датчики из серии Simatic PXS все работают как бесконтактные выключатели, оттого и могут применяться в промышленных средах сложных работ во многих моментах автоматизации.

Датчики работают как определители на позициях для заготовок. Дают информацию о наличии и отсутствии заготовок на месте деталей.

Датчики используют в производстве, где обязательно проверять расстояние до предметов и их наличие на месте их должного месторасположения. ЗадOCUMENTИРОВАННЫЕ поверхности готовых деталей имеют разные состояния от твердого до жидкого, от зернистого до порошкообразного. Датчики легко определяют любые поверхности на определенных расстояниях.

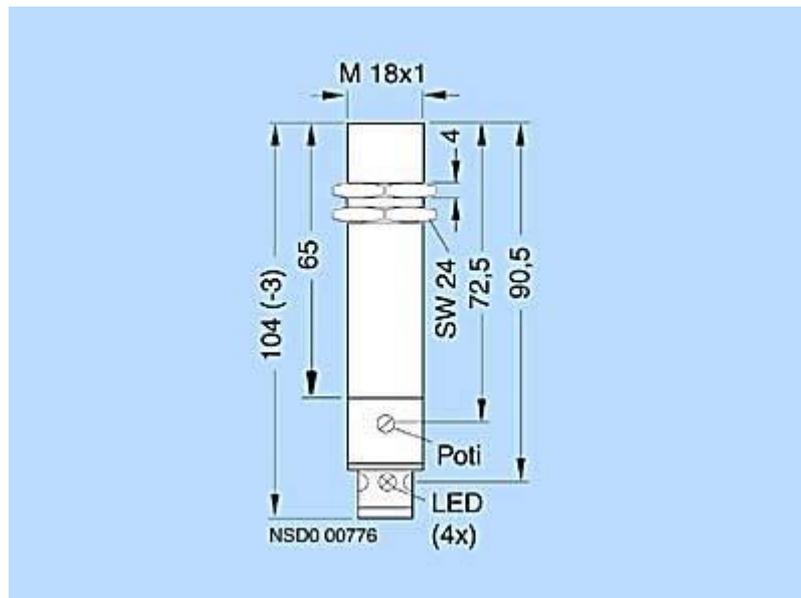


Рисунок 4.1 – Ультразвуковой датчик PXS200

Датчики семейства Simatic PXS служат по принципам времени пути отражения команды, т. е. считает временные промежутки между излученным и отражениями импульсов.

Таблица 4.5 – Основные технические сведения датчика PXS200

Название функции	Число
Дальность работы	15/120 см
Основная измерительная деталь	2 см/2 см
Диапазон частот ультразвука	200 кГц
Задержка срабатывания	120 мс
Задержка готовности	280 мс
Уровень защиты	IP 67
Диапазон температур:	
При функционировании	-25/+70 °С
При складировании	-40/+85 °С
Вес , не превышает	0.05 кг

Датчики находятся:

- на позиции кассет входа для фактического утверждения на место расположения деталей;
- на самоцентрирующем захватном устройстве клещевого типа промышленного робота для определения требуемого схвата роботом заготовки;
- на всех станках для определения наличия в них заготовок и факта правильного ее крепления (по 2 датчика на станок).

Видео датчик SIMATIC VS 110 будет служить нам как контроллер за такими операциями как:

- распознаваемость деталей;
- визуальный контроль;
- тестинг на наличие дефектов

Датчик контролирует малогабаритные детали размерами до 59x45x20 мм. Настраивают датчики с помощью клавиатуры и встроенного в сам датчик дисплея.



Рисунок 4.2–Видео датчик SIMATIC VS 110

Датчик имеет дискретные выходы для непосредственного управления промежуточными реле или пневматическими клапанами.

Визуальный надсмотр производится при помощи анализа теневой картинке объекта, пришедшего на головку самого датчика. SIMATIC VS 110 можно устанавливать на конвейеры различных видов. Подключение питания равняется 24 В. Компоненты входящие в комплект SIMATIC VS 110:

Таблица 4.6 – Основные технические сведения видеодатчика SIMATIC VS 120

Название функции	VS120
Разрешение экрана, количество точек	640/480
Количество, кадр/с	58
Отображение кадра	Зеркальное
Встроенные интерфейсы	RS232/ Profibus /Ethernet
Уровни защиты:	
- головка датчика	IP65
- блок анализа	IP40
- излучатель	IP65

Концевые выключатели 3SF1 3SE5000-0AC02 (рисунок 4.3)

Наш ГАК огражден по всему периметру имея единственный выход – ворота через которые нам привозят полуфабрикаты со склада. При необходимости открыть ворота требуется остановить обработку того места ГАК, куда привезли полуфабрикаты. За этот сигнал отвечают концевые выключатели 3SF1.

Siemens 3SF1124-1KA00-1BA2



Рисунок 4.3– Световой барьер SIMATIC:



Рисунок 4.4– Датчики состояния оборудования



Рисунок 4.5 – Оптоэлектронные угловые датчики SIMODRIVE Sensors



Рисунок 4.6 – Датчики диагностики системы MOBY E

4.6.2 Программируемый логический контроллер Simatic S7-300 SIMATIC

Данный модульный контроллер универсален для нашего случая. Он решает широкий список задач производства. Контроллер владеет структурами распределения ввода и вывода, а так же работает с естественными охлаждением температуры. Его модульная конструкция в общем экономична по отношению к самому контроллеру который чаще простаивает.



Рисунок 4.7 – Общий вид ПЛК SIMATIC S7-300

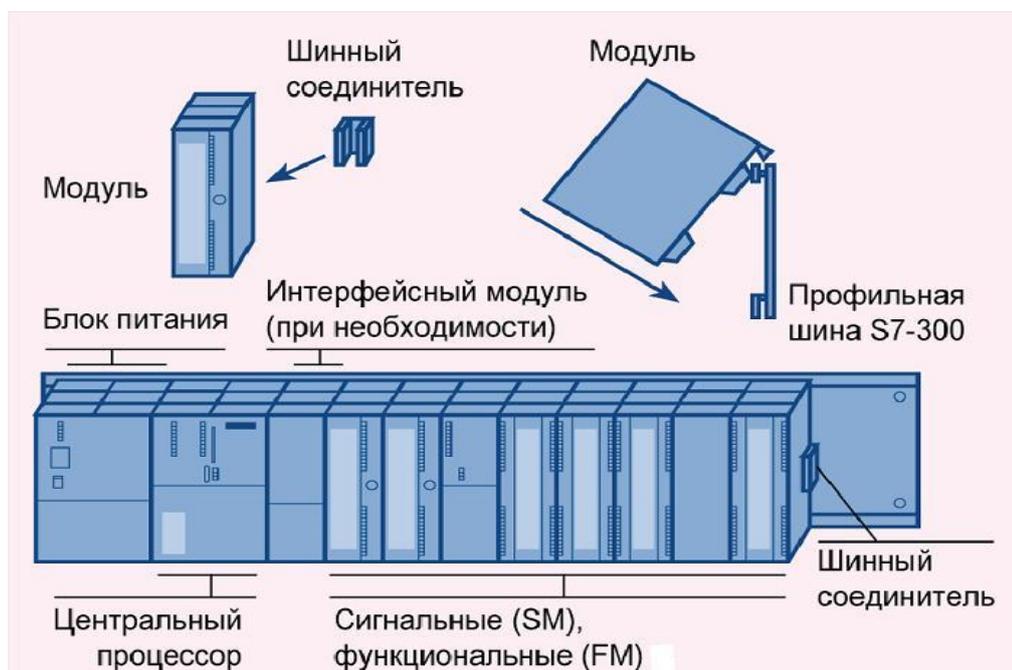


Рисунок 4.8 – Структура ПЛК SIMATIC S7-300

В качестве основного процессора подбираем CPU 314.

Таблица 4.7 – Общие технические сведения основного процессора CPU-314

Название устройств	Обозначение
Оперативная память	128 Кб
Встроенная память (ММС)	64КБ-8 МБ
Время работ, мкс: - логических -в зафиксированном положении - в свободном положении	0,06/ 2,0/3,0
Количество счетчиков /таймеров/флагов	256/ 256/2048
Количество дискретных аналоговых, распределений ввода-вывода, не превышает	256/1024
Оперативный интерфейс	МРІ
Количество нормально работающих коммуникационных узлов, не превышает	12
Длина / ширина/высота, мм	40/ 125/130



Рисунок 4.9 – Основной процессор CPU 314

Работа центрального процессора обеспечивается блоком питания PS 307 (рисунок 4.10)



Рисунок 4.10–Блок питания PS 307

На профильную шину S7-300/ET 200M укрепляется питательный блок контроллера SIPLUS S7-300 с возможностью включения питания к основному модулю с помощью силовой перемычки. Его особенность – широкий круг работы с температурами, такие условия как: пар и появление льда на плате, область содержания серы и хлора.

Подбираем коммуникационный процессор CP 342-5 для решения коммуникационных задач сети PROFIBUS-DP, тем самым разгружая основной процессор. CP 342-5 – выполняет функции:

- держит связь с программатором и работой человеко-машинного интерфейса;
- выступает в роли ведущего/ведомого устройства PROFIBUS DP;
- держит связь с остальными контроллерами.



Рисунок 4.11 – Коммуникационный процессор CP 342-5

Для взаимодействия с AS-interface выбираем коммуникационный процессор CP 343-2 (рисунок 4.12).



Рисунок 4.12 – Коммуникационный процессор 343-2

Данный процессор имеет следующие свойства: включение (макс.) 62 дискретных устройства; включение (макс) 31 ведомого устройства но не одновременно. AS-Interface помогает используя расширенную спецификацию AS-интерфейса V2.1. В соответствии со спецификацией мы имеем контроль над всеми функциями работ ведущего устройства AS-Interface.

Для нормальной работы связи контроллера с сетью Industria I Ethernet подбираем коммуникационный процессор CP 343-1. Он способен решать коммуникационные задачи и принимать новые соединения тем самым разгружая основной процессор.



Рисунок 4.13 –Коммуникационный процессор CP 343-1

Коммуникационный процессор CP343-1 держит связь S7-300 с следующими системами: компьютерами, системами автоматизации SIMATIC S5/S7/C7, приборами и контроллерами PROFINET. Имеет возможность строить модули применяемые в многократных использованиях.

4.6.3 Системы ЧПУ SIEMENS

На выбранном технологическом оборудовании установлены системы числового программного управления фирмы Siemens SINUMERIK 802D и SINUMERIK 810D. SINUMERIK 802C состоит из следующих компонентов:

На нашем оборудовании ГАК установлены СЧПУ марки Siemens. СЧПУ не требуется батарей. Три вида панелей управления: SINUMERIK 802C/ SINUMERIK 802D/ SINUMERIK 810D. Каждая панель представляет собой:

- рабочее место оператора OP 010;
- станочный пульт MCP;
- блок питания ЧПУ ECU;
- технологический модуль PLCDI/O;

–Toolbox (программное обеспечение для ввода в эксплуатацию).

При остановке работ или выключении основного питания сохранение общей информации производит буферный конденсатор. Блок ECU может подключать дополнительные интерфейсы, датчики референтной точки, клеммовые колодки (с подключением (макс) 2 маховичка и (макс) 4 модуля PLC).

У системы SINUMERIC 802C есть основной интерфейс в ± 10 В, рабочая панель оператора OP 010. Сама система рассчитана на три оси подачи. Обладает прочную и малогабаритную конструкцию, оттого располагается в любой подходящей для работ зоне. Рабочая панель и блок питания ЧПУ соединены всего одним кабелем (макс) 15 м длины с помощью которого осуществляется питание и связь. Имеется возможность подчинить некоторые функции станка при помощи легко программируемых световых клавиш расположенных на станочном пульте MCP.

У системы SINUMERK 802D есть возможность соединять в одном компоненте все коммуникации, PLC и все задачи ЧПУ. Данное аппаратное обеспечение не требует батарей и объединяет интерфейсы, модули и рабочую панель в один установочный блок (Panel Control Unit PCU 210).

Ведет цифровой контроль (макс) 4 осями и 1 шпинделем, который в свою очередь может быть включен с помощью интерфейса-аналога для реализации универсальных решений для обычных станков. Используем как привод систему - SIMODRIVE 611.

Модуль CCU (compact controlunit) выполняет все задачи ЧПУ и др. Объединяет в один модуль система SINUMERIK 810D. Данная система может работать со станками с (макс) 6 осями и двумя каналами изготовления. Панель управления SINUMERIK 810D максимально совместима с модулями SIMODRIVE 611 digital, силовая часть которых может ее расширять (при наличии плат управления в них). Конструкция снабжена шестью входами измерительных систем

«onboard» что так же используются и в самих системах. SINUMERIK 810D функционирует с модулями UE или E/R серии SIMODRIVE 611.

4.6.4 Промышленные сети

В нашем ГАК используется промышленная сеть верхнего уровня управления – Industrial Ethernet. Она служит для доступа к оборудованию комплекса для его переналадки на удаленном расстоянии. Осуществлять контроль программистам удобно прямо из отдела разработок.

Коммутаторы марки SCALANCE и ESM используются в реализации древовидной топологии сети. А значит эта сеть в ГАК служит связистом всего оборудования и с сетью цеха, сетью четвертого уровня.

Для сохранности всей информации с локальных систем управления основного и вспомогательного оборудования используется промышленная сеть полевого уровня - PROFIBUS-DP .

Так же и промышленная сеть низкого уровня под наименованием AS-Interface в ГАК служит для сохранности данных с концевых выключателей расположенных на воротах и световых завес – FS200.

4.6.5 Сетевые компоненты

Активное оконечное сопротивление (терминатор) RS485 служит конечной нагрузкой шинного сегмента.



Рисунок 4.14 – Активный сетевой терминатор RS 485

Шинный терминал требуется для включения сетевого узла в сегмент электросети PROFIBUS.



Рисунок 4.15–шинный терминал PROFIBUS

В ГАК этот коммутатор требуется для соединения сегментов сети. Коммутатор серии SCALANCE X-005 Industrial Ethernet первого уровня SCALANCE X005 предназначен для постройки недорогих малогабаритных сетей Industrial Ethernet со скоростями 10/100 Мбит/сек с линейной или звездообразной структурой. Данный коммутатор может коммутировать до 5 сегментов сети, ведь он обладает 5-ю гнездами типа RJ45. В автоматизированном комплексе предназначается для включения сегмента с контроллерами промышленных роботов KUKA. Коммутатор ESM используем для объединения всех компонентов в сеть.



Рисунок 4.16 – Коммутатор ESM

4.6.6. Разработка блок-схемы алгоритма оперативного управления

Проектировка блок-схемы алгоритма управления согласно таблицам 4.2, 4.3, 4.4 сделан фрагмент блок-схемы алгоритма СУ ГАК. Фрагмент представлен в графической части работы. Штатные режимы взаимодействия всех видов оборудования на основании данных, приходящих с ЛСУ оборудования, а так же нештатные режимы учтены на графическом листе.

4.6.7.Строение архитектуры системы управления

Контроль над ГАК осуществляет трехуровневая система управления работающая на компонентах предоставленных фирмой SiemensAG. В ее архитектуре расположены сети AS-интерфейса. Эти сети используют для сбора данных с датчиков и оборудования. Сеть IndustrialEthernet может подключаться для интеграции системы управления в промышленные сети еще большего уровня (АСУП).

4.7 Разработка интерфейса АРМ оператора на ГАК

4.7.1 Подбор технических средств для функционирования интерфейса АРМ

Система человеко-машинного интерфейса Tracemode 6 идеально подходит при организации распределенной и централизованной работы системы с оператором. Tracemode 6 имеет ряд следующих функций: телеуправление, телеизмерение, телерегулирование и телеоповещение.

4.7.2 Типовой сценарий НМІ-интерфейса

Интерфейс оператора состоит из нескольких экранов:

- экран для работы на обеих линиях;
- экран мониторинга;
- экран единиц и нормальной работы оборудования;
- экран статистики ГАК.

Пуск работы ГАК происходит с нажатием кнопки «Запустить выполнение техпроцесса». Данные о числе заготовок, пришедших на обработку, и число уже обработанных деталей высвечиваются на этом же экране управления техпроцессом. Здесь возможно управлять всем ГАК, любым участком работ и каждой линией в отдельности. Навигация к остальным экранам производится по командам: «К экрану статистики линии 1/2» или например кнопки «К основному экрану». Приостановить все виды работ возможно с помощью сигналов «Аварийно завершить выполнение техпроцесса» или «Приостановить выполнение техпроцесса». Состояние всего оборудования в целом показывают изображения единиц с световыми индикаторами на экране мониторинга. Кнопка аварийного приостановления всего комплекса и кнопки навигации расположены на табло основного экрана. Экран по сбору данных по состояниям единиц техпроцесса показывает более подробные сведения о состоянии всего оборудования и предлагает первично диагностировать ошибки в нештатной ситуации, и создать заявку на нужный ремонт оборудования или включить диагностический режим всего состояния ГАК. Сведения о числе обработанных деталей за любой период времени (день/неделя/месяц) и процентах бракованного материала хранятся на экране статистики линии 1. Здесь же находится журнал тревог линий, с датами тревог, причинами и отчетами о наладке оборудования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные расчеты дают нам заключить следующие выводы:

1. Спроектирована прогрессивная конструкция детали, дающая минимальные припуски на обработке. Рассмотрена деталь, произведен анализ служебного назначения детали. Подобран метод производства детали, проведены расчеты припусков, создан чертеж полуфабриката.
2. Спроектирована групповая технология. Спроектирован технологический маршрут вместе с операционной технологией. Разработаны технологические наладки.
3. Подобрано оборудование обеспечивающее минимальные людские затраты и соответствующее всем современным стандартам. Создана схема размещения всего оборудования ГАК. Для схемы спроектирована циклограмма работы. Минимизированы простои всего оборудования и увеличены коэффициенты загрузки всего оборудования.
4. Спроецировано специальное самоцентрирующее захватное устройство клещевого типа промышленного робота.
5. Построена трехуровневая система управления ГАК. Сделан алгоритм оперативного управления для которого была спроецирована блок-схема. Рабочие решения проверены расчетами и подкреплены техническими и практическими рекомендациями взятыми в используемой литературе.

Список использованной литературы

- 1) Kwon S. Oh. New Adaptive Compensator Robust to Memoryless Nonlinear Distortion. / Intelligent Information Management, No 6, 2014. PP. 8-11.
- 2) Пантелеев, В.Н. Основы автоматизации производства: Учебник для учреждений начального профессионального образования ИЦ Академия, 2013. - 208 с
- 3) Gerard Mezsaros: Unit test Patterns: Refactoring Test Code 1st Edition
- 4) Панов, А.А. Обработка металлов резанием: Справочник: Машиностроение. 1988. - 736 с.: ил.
- 5) Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования: учеб. для МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. - 431 с.
- 6) Фельдштейн, Е.Э. Автоматизация производственных процессов в Инфра-Инженерия, 2016. - 264 с.
- 7) Схиртладзе, А.Г. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: Учебник ТНТ, 2012. - 602 с.
- 8) Дальский, А.М. Технология машиностроения Издательства МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001 г., Т1, Т2.
- 9) Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 1 Машиностроение-1, 2001 г., 912 с.
- 10) A. Akmentins, A. Aukums, O. Abolins, K. Baums, E. Vainovskis. Elektrotehnika vidusskolam. Riga: Zvaigzne, 1966
- 11) Металлорежущие системы машиностроительных производств: Учебное пособие для вузов МГИУ, 2006. – 488 с.
- 12) Клепиков, В.В. Качество изделий: Учебное пособие. 3-е изд., дополненное и переработанное МГИУ, 2008. – 288 с.

- 13) Гордеев, А.В. Выбор метода получения заготовки. Метод, указания Тольятти, ТГУ, 2004.-9 с.
- 14) Гибкие производственные комплексы / под. ред. П.Н. Беянина. — М.: Машиностроение, 1984. — 384с.
- 15) Барановский, Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник Машиностроение, 1995 г., 320 с.
- 16) Иванов, А.А. Автоматизация технологических процессов и производств: Учебное пособие Форум, 2012. - 224 с.
- 17) Латышенко, К.П. Автоматизация измерений, испытаний и МГУИЭ, 2006. - 312 с. Р.
- 18) Sulcs Viegli Pagatavojami electromotorini; Latvijas valsts izdevnieciba, Riga 1949
- 19) 8 ГОСТ 24.104-85 «Автоматизированные системы управления. Общие требования».
- 20) Архангельский В. И., Богаенко И. Н., Грабовский Г. Г., Рюмшин Н. А., Человеко-машинные системы автоматизации — К.: НПК «КИА», 2000
- 21) Ralph R. Lawrence. Principles of alternating Current Machinery. Second Edition New York-London^ McGRAW-HILL Book Company, 1921