

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Голыятгинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники

Кафедра «Промышленная электроника»

27.03.04 Управление в технических системах

Системы и технические средства автоматизации и управления

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Проектирование гибкого производственного участка металлообработки

Студент	<u>И. О. Пахомов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>М. В. Позднов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультант	<u>Н. В. Яценко</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой	<u>к.т.н., доцент, А. А. Шевцов</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
---------------------	---	-------	------------------

« ____ » _____ 20 ____ г.

Голыятти 2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники

Кафедра «Промышленная электроника»

УТВЕРЖДАЮ

Зав.кафедрой «Промышленная электроника»

А. А. Шевцов
(подпись) (И.О. Фамилия)

«___» _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение бакалаврской работы

Студент Пахомов Игорь Олегович

1. Тема Проектирование гибкого производственного участка металлообработки
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы 30.05.2017г.
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе рабочие чертежи деталей, технология изготовления детали типа вал-шестерня
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащей разработке вопросов, разделов)
анализ рабочих чертежей, анализ маршрута обработки, подбор оборудования, схема и алгоритм работы участка, человеко-машинный интерфейс
5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала
Рабочий чертёж детали, технологический маршрут обработки, схема участка, компоновка участка, циклограмма обработки детали, система управления ГАУ, экранные формы НМІ.
6. Консультанты по разделам Н.В.Ященко
7. Дата выдачи задания «10» февраля 2017 г.

Руководитель выпускной
квалификационной работы

М. В. Позднов
(подпись) (И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

И. О. Пахомов
(подпись) (И.О. Фамилия)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники

Кафедра «Промышленная электроника»

УТВЕРЖДАЮ

Зав.кафедрой «Промышленная электроника»

А. А. Шевцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« ____ » _____ 20 ____ г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
Выполнения бакалаврской работы

Студента Пахомова Игоря Олеговича

по теме проектирование гибкого производственного участка металлообработки

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Выбор и утверждение темы ВКР	10.02.2017	10.02.2017	Выполнено	
Анализ рабочих чертежей и составление маршрутов обработки деталей	20.02.2017	20.02.2017	Выполнено	
Описание детали представителя	05.03.2017	05.03.2017	Выполнено	
Анализ маршрутов обработки и определение структуры участка	18.03.2017	18.03.2017	Выполнено	
Выбор оборудования и датчиков	26.03.2017	26.03.2017	Выполнено	
Разработка алгоритма работы участка	20.04.2017	20.04.2017	Выполнено	
Разработка человеко-	15.05.2017	15.05.2017	Выполнено	

машинного интерфейса				
Оформление пояснительной записки ВКР	25.05.2017	25.05.2017	Выполнено	
Проверка ВКР в системе «Антиплагиат ВУЗ»	06.06.2017	06.06.2017	Выполнено	
Сдача оформленной пояснительной записки	28.06.2017	28.062017	Выполнено	

Руководитель выпускной
квалификационной работы

(подпись) **М. В. Позднов**
(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись) **И. О. Пахомов**
(И.О. Фамилия)

Аннотация

Объем 51 с., 7 рис., 18 табл., 21 источник.

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу автоматизации технического процесса механической обработки стальных деталей. В ходе её выполнения проведено проектирование гибкого производственного участка (ГПУ) металлообработки детали типа вал-шестерня.

Внедрению автоматических систем в производство предшествуют многочисленные этапы проектирования. Проектирование автоматизированного участка механической обработки начинается с подготовки технической документации выпускаемых изделий. Автор данной работы подготовил набор рабочих чертежей деталей, и на их основе составил представительную деталь, которая сочетает в себе технические особенности всех выпускаемых производством валов-шестерён. После этого составляется маршрут технологической обработки, представляющая из себя последовательность проводимых над изделием операций. Следующая часть работы состоит из проектирования непосредственно самого участка механической обработки: подбор необходимого оборудования под операции, подбор необходимой оснастки, подбирается подходящая конфигурация оборудования, ведётся составление специальных графиков и вычисление временных показателей. При подборе конфигурации оборудования составляются несколько различных вариантов, проводится анализ и выбирается наиболее подходящая. Особое внимание при проектировании участка уделяется организации информационных и материальных потоков между составными элементами производства и системы управления, включающая в себя набор датчиков. Внимание читателей акцентируется на проблеме согласования работы всего автоматизированного оборудования: станков, роботов-манипуляторов, транспортных устройств, устройств промежуточного хранения и т.д. Особо остро эта проблема представляется в необходимости быстрой переналадки производственного участка под обработку того или иного типа вала-шестерни. В

отдельной части дипломной работы подробно рассказывается о предпринятых при проектировании мерах пожарной безопасности и безопасности труда.

В результате работы мы получили готовый проект гибкого автоматизированного участка металлообработки. В выпускной работе содержатся все необходимые этапы проектирования, включая чертежи деталей и эскиз планировки помещения. Проект полностью реализует поставленную перед нами задачу и соответствует предъявляемым требованиям.

Abstract

Volume 51 p., 7 fig., 18tab., 21 source.

This graduation work is devoted to the automation of the technical process of machining of steel parts. In the course of its implementation, a flexible automated section for machining a shaft-pinion type part has been designed.

The introduction of automatic systems into production is preceded by numerous design stages. The design of the automated machining site begins with the preparation of the technical documentation of the products produced. The author of this work prepared a set of working drawings of parts, and on their basis made a representative detail, which combines the technical features of all produced gear shafts. After that, a route of technological processing is compiled, representing the sequence of operations performed on the product. The next part of the work consists of designing the actual part of the machining: selection of the necessary equipment for the operation, selection of the necessary equipment, a suitable configuration of the equipment is selected, special schedules are compiled and time scales are calculated. When choosing the configuration of the equipment, several different variants are compiled, the analysis is carried out and the most suitable one is chosen. Particular attention in the design of the site is given to the organization of information and material flows between the components of production and control systems, which includes a set of sensors. The reader's attention is also drawn on the problem of coordinating the work of all automated equipment: machine tools, robotic manipulators, transport devices, intermediate storage devices, etc. This problem is especially acute in the need for a rapid adjustment of the production site for the processing of a particular type of pinion shaft. The special part of the project gives details about the details of the fire safety and labor safety.

As a result of the work, we received a ready-made project of a flexible automated metalworking site. In the final work contains all the necessary stages of design, including drawings of parts and a sketch of the layout of the room. The project fully realizes the task set before us and meets the requirements.

Содержание

Введение.....	9
1 Описание обрабатываемых деталей.....	11
1.1 Первая деталь.....	11
1.2 Вторая деталь.....	13
1.3 Третья деталь.....	14
1.4 Четвёртая деталь.....	16
2 Деталь-представитель.....	17
2.1 Общая информация.....	18
2.2 Материал детали и его свойства.....	18
2.3 Припуски.....	19
3 Общая схема гибкого производственного участка.....	21
4 Описание оборудования участка.....	26
4.1 Описание станков с числовым программным управлением.....	26
4.2 Описание промышленных роботов.....	32
4.3 Описание транспортной системы.....	33
4.4 Описание используемых датчиков.....	33
4.5 Описание программируемого логического контроллера.....	35
5 Описание работы участка.....	36
5.1 Общая информация.....	36
5.2 Работа оборудования участка.....	37
5.3 Входные и выходные сигналы.....	40
6 Человеко-машинный интерфейс.....	47
Заключение.....	49
Список используемых источников.....	50

Введение

До начала последних четырех десятилетий большинство производственных операций выполнялось на традиционных токарных и фрезерных станках, прессах, нуждающиеся в высокой квалификации рабочих. Каждый раз при производстве нового изделия оборудование переоснащалось, и пересматривался производственный процесс. Рост числа новых изделий и деталей со сложными фасонными поверхностями привёл к использованию операторами станков метода проб и шибок для установки правильных параметров обработки на станке. Кроме того, из-за участия человека и человеческого фактора, производство деталей точно похожих друг на друга было затруднительным.

Всё это означало, что производственные технологии были несовершенны и стоимость труда составляла существенную часть от полной стоимости продукции. Необходимость в модернизации формы труда из-за цены изделий постепенно стала очевидна, как и необходимость повышения эффективности и гибкости производственных процессов. Это необходимость была особенно значима в условиях роста конкуренции как национальной, так и в других промышленных странах.

Производительность также стала важным аспектом. Определенная как оптимальное использование всех ресурсов – сырья, энергии, капитала, труда и технологии – или продуктивность служащего в час, производительность по существу оценивает операционную эффективность. В связи с быстрым ростом достижений в науке и производственной технологии и их постепенной реализацией, эффективность производственных операций начала улучшаться и процент от общей цены, представляемый ценой труда, уменьшился.

Последним достижением по увеличению эффективности производственных операций стала автоматизация, от греческого слова автомат, что обозначает самостоятельное действие. В течение последних тридцати лет основные прорывы имели место в типах и развитии автоматизации. Эти важные продвижения стали возможны повсеместно благодаря быстрому развитию производительности и вычислительной возможности управляющих систем и компьютеров. Автоматизация

в общем виде может быть определена как процесс выполнения заранее определенной последовательности операций с малой долей или полным отсутствием человеческого труда с использованием специального оборудования и устройств, которые выполняют и контролируют производственные процессы.

Проектирование гибкой автоматизированной технологии механической обработки направлено на повышение производительности труда; сокращение трудовых затрат; повышение качества изделий; улучшения условий работы и повышение безопасности труда.

В ходе выполнения работы необходимо спроектировать участок по металлообработке выпускаемых предприятием изделий, представленных деталями типа вал-шестерня. Производитель выпускает несколько моделей валов-шестерён и целесообразно автоматизировать процесс их обработки. Это позволит существенно сократить время на переналадку участка и повысить общую производительность производства.

1 Описание обрабатываемых деталей

На производственном участке металлообработки предполагается обрабатывать четыре различные модели деталей типа валов-шестерён. Вал-шестерня представляет собой тело вращения, обычно используется в редукторе и работает в зацеплении с другим зубчатым колесом для передачи крутящего момента от двигателя к приводам.

Исходными данными для проектирования технологического маршрута обработки детали является информация с рабочего чертежа детали и технология производства.

Далее приведён список деталей, включающий эскизное изображение каждого и собственный технологический маршрут обработки.

1.1 Первая деталь

Эскиз детали представлен на рисунке 1.1.

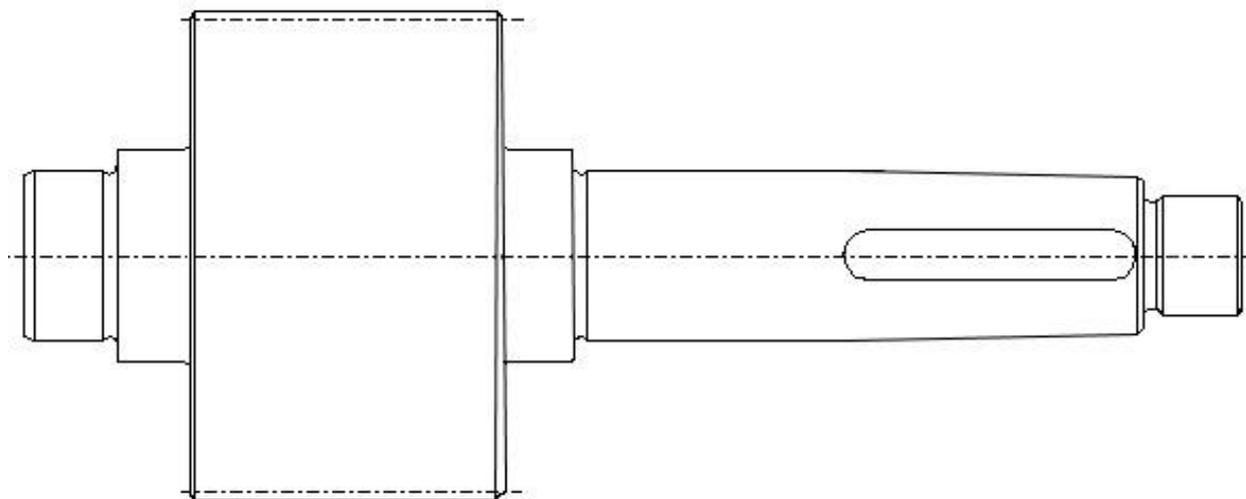


Рисунок 1.1 – Эскиз детали №1

Технологический маршрут обработки детали №1 приведён в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Маршрут обработки детали №1

№	Наименование операции	Оборудование	Время операции, мин
1	2	3	4
005	Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный	2
010	Токарная черновая	Станок патронно-центровой	2
015	Токарная черновая	Станок патронно-центровой	3
020	Токарная чистовая.	Станок патронно-центровой	2
025	Токарная чистовая	Станок патронно-центровой	3
030	Тонкое точение	Станок патронно-центровой	1,5
035	Тонкое точение	Станок патронно-центровой	1,5
040	Зубофрезерная	Зубофрезерный станок	23
045	Зубошлифовальная	Зубошлифовальный станок	7
050	Фрезерование шпоночного паза	Шпоночнофрезерный	14
055	Шлифование конуса	Станок круглошлифовальный	3
060	Резьбофрезерный	Резьбофрезерный станок	3

1.2 Вторая деталь

Эскиз детали представлен на рисунке 1.2.

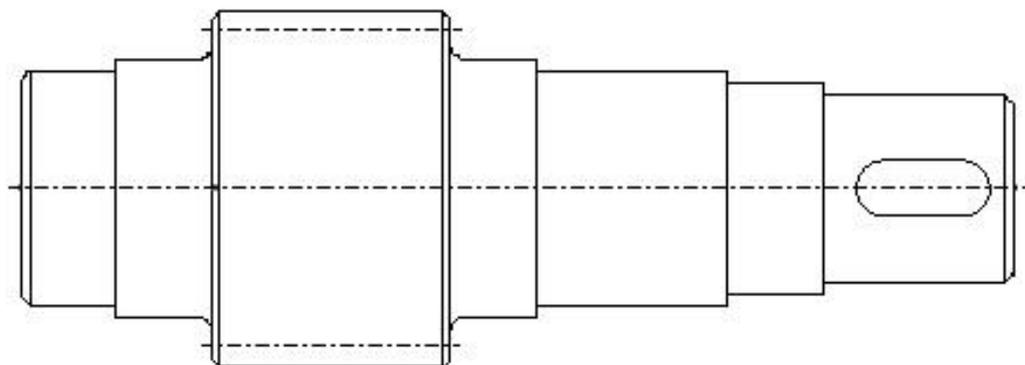


Рисунок 1.2 – Эскиз детали №2

Технологический маршрут обработки детали №2 приведён в таблице 1.2.

Таблица 1.2– Маршрут обработки детали №2

№	Наименование операции	Оборудование	Время операции, мин
005	Фрезерно-центровальная	Станок фрезерно-центровальный	11
010	Токарная черновая	Станок токарно-винторезный	2
015	Токарная черновая		3
020	Токарная чистовая	Станок патронно-центровой	2
025	Токарная чистовая		3
30	Круглошлифовальная	Станок круглошлифовальный	5,4
35	Шпоночно-фрезерная	Шпоночнофрезерный	2,8
040	Зубофрезерная	Зубофрезерный станок	24
045	Зубошлифовальная	Зубошлифовальный	11
050	Зубозакругляющая	Станок зубозакругловочный	2

1.3 Третья деталь

Эскиз детали представлен на рисунке 1.3.

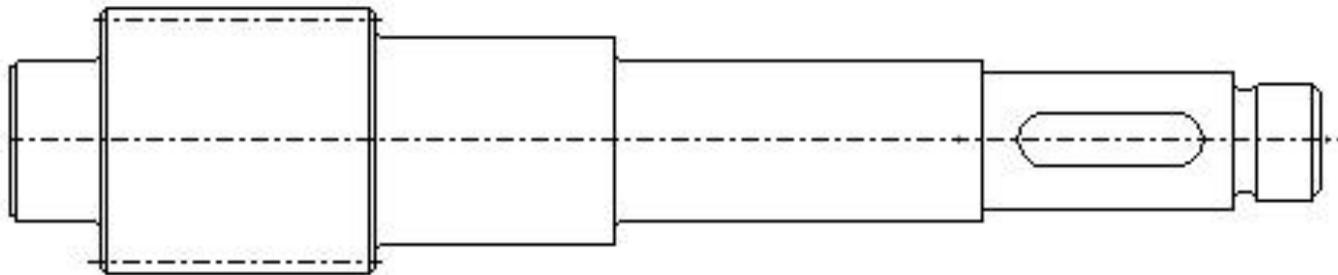


Рисунок 1.3 – Эскиз детали №3

Технологический маршрут обработки детали №3 приведён в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Маршрут обработки детали №3

№	Наименование	Оборудование	Время операции , мин
1	2	3	4
005	Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный	6
010	Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный	6
015	Токарная черновая	Токарно – винторезный	2
020	Токарная черновая	Токарно – винторезный	4
025	Токарная чистовая	Токарно – винторезный	2
030	Токарная чистовая	Токарно – винторезный	4
035	Кругло-шлифовальная	Круглошлифовальный	4
040	Кругло-шлифовальная	Круглошлифовальный	5
045	Шпоночно-фрезерная	Шпоночно-фрезерный	3

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4
050	Зубонарезная	Зубофрезерный станок	26
055	Зубошлифовальная	Зубошлифовальный станок	11
060	Резьбофрезерная	Резьбофрезерный станок	12

1.4 Четвёртая деталь

Эскиз детали представлен на рисунке 1.4.

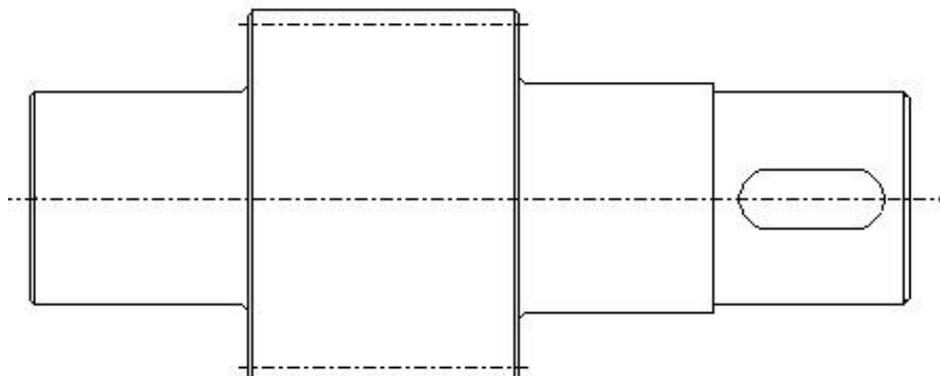


Рисунок 1.4 – Эскиз детали №4

Технологический маршрут обработки детали №4 приведён в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Технологический маршрут обработки детали №4.

№	Наименование	Оборудование	Время операции , мин
1	2	3	4
005	Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный	6
015	Токарно-черновой	Токарно – винторезный	2,4
020	Токарно-черновой	Токарно – винторезный	2,4
025	Токарно-чистовой	Токарно – винторезный	2,4
030	Токарно-чистовой	Токарно – винторезный	2,4
035	Круглошлифовальная	Круглошлифовальный станок	4
040	Шпоночно-фрезерная	Шпоночно-фрезерный станок	3
045	Зубофрезерная	Зубофрезерный станок	27
050	Зубошлифовальная	Зубошлифовальный станок	11

2 Деталь-представитель

Эффективность гибкого автоматизированного производства наиболее заметна в условиях мелко- и среднесерийного производства при достаточно частой переналадке на обработку очередной партии заготовок из-за данной номенклатуры. В связи с этим заданную деталь для проектирования автоматизированного процесса обработки следует рассматривать как деталь-представитель из группы деталей.

Деталь представитель – это такая деталь, которая сочетает в себе все конструктивные особенности группы деталей, над которыми необходимо проводить операции.

Анализ исходного технологического процесса является необходимым условием для его автоматизации.

Методы обработки надо определить для всех поверхностей детали, начиная с точной и заканчивая неточной поверхностью.

Обработка элементарных поверхностей определяются исходя из:

- формы;
- точности размера;
- шероховатости;
- точности формы;
- точности взаимного расположения;
- материала;
- типа заготовки и метода его получения;
- требуемого качества;

При изучении чертежа необходимо обратить внимание на приведённые особенности:

- вид центровых отверстий, если имеются;
- отношение длины к усредненному диаметру;
- требования к твердости;
- габариты и масса;

- способ центрирования по шлицам, если имеются;
- точность зубчатого венца;
- имеются ли поверхности, к которым предъявляются повышенные требования по точности размера, формы или расположения;
- есть ли поверхности с меньшей шероховатостью чем $R_a=0,8\text{мкм}$;
- материал и обрабатываемость резанием.

2.1 Общая информация

Деталь «Вал шестерня» входит в узел редуктора и служит для передачи крутящего момента с входного вала электродвигателя на выходной вал редуктора. Деталь относится к телам вращения, к классу «вал-шестерня».

Поверхности диаметром 50к6 являются опорными, на них устанавливаются подшипники качения. Поверхность диаметром 76h12 предназначена для установки зубчатого колеса. Шпоночный паз служит для крепления колеса на валу.

Согласно требованиям чертежей параметры шероховатости $R_a=6,3\text{...}0,63$. Поверхности детали выполняются по 6...14 квалитетам точности. Самый высокий квалитет точности – 6 назначен на поверхности под подшипники.

Согласно чертежам требуется обеспечить допуск радиального биения поверхностей под подшипники диаметром 50к6 относительно друг друга – 0,04 мм, допуск торцевого биения поверхности диаметром 76h12 с зубчатым венцом относительно общей оси БВ 0,05.

2.2 Материал детали и его свойства

Марка: Сталь 40ХН. Сталь конструкционная легированная. Химический состав приведён в таблице 2.1 [10].

Таблица 2.1 – Химический состав Стали 40ХН

Химический элемент	Содержание, %
Хром	0,36 – 0,44
Кремний	0,17 – 0,37
Марганец	0,5 – 0,8
Никель	1 – 1,4
Сера	до 0,035
Медь	до 0,3
Железо	~96

2.3 Припуски

Определяем припуски на размеры проката для детали №2.

$$D = 76h12_{(-0,3)}$$

Припуск на подрезку торца определяем табличным методом.

$$Z_{\text{черн.т}} = 2 \text{ мм.} \text{ – на одну сторону}$$

$$Z_{\text{чист.т}} = 1 \text{ мм.} \text{ – на одну сторону}$$

$$L_{\text{расч.}} = 208 + 2 \times 2 + 1 \times 2 = 214 \text{ мм.}$$

Так на номинальном диаметре 6-ый класс шероховатости при обработке будет черновая и чистовая операции.

$$Z_{\text{чер.д}} = 2 \text{ мм.}$$

$$Z_{\text{чист.д}} = 0,75 \text{ мм.}$$

Выбираем диаметр проката и определяем отклонения:

$$\varnothing 82_{-1,3}^{+0,5}, \text{ мм.}$$

Определяем припуски на размеры штамповки

Припуск на подрезку торца определяем табличным методом

$$Z_{\text{черн.т}} = 2 \text{ мм.} \text{ – на одну сторону}$$

$$Z_{\text{чист.т}} = 1 \text{ мм.} \text{ – на одну сторону}$$

$$L_{\text{расч.}} = 208 + 2 \times 2 + 1 \times 2 = 214 \text{ мм.}$$

$$D = 76h12_{(-0,3)}$$

Припуск на подрезку торца определяем табличным методом

$$Z_{\text{черн.т}} = 2 \text{ мм.} \text{ – на одну сторону}$$

$$Z_{\text{чист.т}} = 1 \text{ мм.} \text{ – на одну сторону}$$

$$L_{\text{расч.}} = 50 + 2 \times 2 + 1 \times 2 = 56 \text{ мм.}$$

Так как на номинальном диаметре 6-ый класс шероховатости, при обработке будет токарная черновая и чистовая операции.

Определяем общий припуск для диаметра:

$$Z_{\text{общ}} = 4 \text{ мм.}$$

$$Z_{\text{черн.д}} = 1,85 \text{ мм.} \text{ – на одну сторону}$$

$$Z_{\text{чист.д}} = 0,15 \text{ мм.} \text{ – на одну сторону}$$

$$Z_{\text{общ.}} \text{ – определяем по формуле 2.2}$$

Принимаем $D_{\text{прин.}} = 81$ мм.

$$D = 55h14_{(-0,74)} - 2 \text{ шейки}$$

Припуск на подрезку торца определяем табличным методом

$$Z_{\text{черн.т}} = 1,5 \text{ мм.} - \text{ на одну сторону}$$

$$Z_{\text{чист.т}} = 1 \text{ мм.} - \text{ на одну сторону}$$

$$L_{\text{расч.}} = 40 - 1,5 - 1 = 37,5 \text{ мм.}$$

Принимаем $L_{\text{расч.}} = 37$ мм.

Так как на номинальном диаметре 5-ый класс шероховатости, при обработке будет токарная черновая и чистовая операции.

Определяем общий припуск для диаметра:

$$Z_{\text{общ}} = 4 \text{ мм.}$$

$$Z_{\text{черн.д}} = 1,85 \text{ мм.} - \text{ на одну сторону}$$

$$Z_{\text{чист.д}} = 0,15 \text{ мм.} - \text{ на одну сторону}$$

$$Z_{\text{общ}} = 1,85 + 0,15 \times 2 = 4 \text{ мм.} - \text{ на диаметр}$$

$$D_{\text{расч.}} = 4 + 55 = 59, \text{ мм.}$$

$$D = 40h7_{(-0,025)}$$

Так как на номинальном диаметре 7-ый класс шероховатости, при обработке будет токарная черновая и чистовая операции и шлифовальная операция.

Определяем общий припуск для диаметра:

$$Z_{\text{общ}} = 2,2 \text{ мм.}$$

$$Z_{\text{черн.д}} = 0,9 \text{ мм.} - \text{ на одну сторону}$$

$$Z_{\text{чист.д}} = 0,15 \text{ мм.} - \text{ на одну сторону}$$

$$Z_{\text{шлиф}} = 0,05 \text{ мм.} - \text{ на одну сторону}$$

Расчетный размер определяем по формуле 2.3

$$D_{\text{расч.}} = 2,2 + 40 = 42,2 \text{ мм.} \text{ принимаем } D_{\text{расч.}} = 43 \text{ мм.}$$

Определяем отклонения для штамповки

- 2 шейки

3Общая схема гибкого производственного участка

Гибкие производственные участки (ГПУ), как и гибкие производственные линии (ГПЛ), состоят из гибких производственных модулей (ГПМ). ГПМ – это гибкая производственная система (ГПС) в виде единицы технологического оборудования, оснащённая автоматизированным устройством программного управления, например устройство числового программного управления (УЧПУ), и средствами автоматизации технологического процесса, автономно функционирующая, осуществляющая многократные циклы и обладающая способностью быстрой переналадки. Автоматизация технологического процесса заключается в применении специализированных промышленных роботов для загрузки-разгрузки рабочей зоны оборудования (станка), а так же в автоматизированном управлении работой непосредственно самого оборудования.

Гибкая производственная линия (ГПЛ) представляет из себя последовательно выстроенную череду технологического оборудования, которые располагаются в ГПЛ соответственно их очередности в обработке детали. В отличие от ГПЛ, в гибких производственных участках предусматривается возможность смены очередности использования технологического оборудования непосредственно во время работы ГПУ.

Проектируемая ГПУ состоит из отдельных ГПМ, которые разделяются по выполняемой операции. Необходимо определиться с типом и количеством ГПМ. Список всех выполняемых в ГПУ операций обработки всех деталей сведён в Таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Выполняемые на ГПУ операции.

№	Наименование операции	Оборудование	Применяется в тех. маршрутах деталей	Макс. время операции, мин
1	Фрезерно-центровальная	Станок фрезерно-центровальный	1, 2, 3,	10
2	Токарная черновая	Станок токарно-винторезный	1, 2, 3, 4	4
3	Токарная чистовая	Станок патронно-центровой	1, 2, 3, 4	4
4	Тонкое точение	Станок патронно-центровой	1	1,5
5	Резьбофрезерная	Резьбофрезерный станок	1, 3	12
6	Круглошлифовальная	Станок круглошлифовальный	1, 2, 3, 4	6
7	Шпоночно-фрезерная	Шпоночнофрезерный	1, 2, 4	10
8	Зубофрезерная	Зубофрезерный станок	1, 2, 3, 4	27
9	Зубошлифовальная	Зубошлифовальный	1, 2, 4	11
10	Зубозакругляющая	Станок зубозакругловочный	2	2

Поскольку в технологических маршрутах всех четырёх деталей токарная чистовая обработка всегда следует за токарной черновой, целесообразно объединить эти операции в одном модуле, в итоге получая один производственный модуль для трёх операций, включая операцию «точное точение» первой детали.

При этом модулю токарной обработки необходимо выполнять сразу череду операций одного тех. маршрута. Это приведёт к тому, что время обработки детали №3 на токарном ГПМ составит 12 минут.

В проектируемом гибком автоматизированном производственном участке реализованы все перечисленные операции. На основе таблицы 7 составим список используемых гибких производственных модулей (таблица 3.2) и определим необходимое их количество.

Исходя из приведённой в таблице 3.1 информации по максимальному времени выполнения операции, которая для каждой детали разная, определим необходимое количество оборудования. Это необходимо для предотвращения снижения производительности ГПУ, вызванная простоем оборудования из-за недостаточной скорости выполнения в ГПУ какой-либо операции технологического маршрута, когда ГПМ определённого типа не успевают обрабатывать поступающие изделия.

Таблица 3.2 – Производственные модули с разделением по типу

№	Наименование модуля по типу		Основное оборудование		операции ГПУ	Макс. время обработки, мин	Кол-во ГПМ
			Наименование	Кол-во в модуле			
1	ФЦ	Фрезерно-центровальный	Станок фрезерно-центровальный	1	1	10	1
2	Т	Токарный	Станок токарный	1	2, 3, 4	12	1
3	РФ	Резьбо-фрезерный	Станок резьбофрезерный	1	5	12	1
4	КШ	Кругло-шлифовальный	Станок кругло-шлифовальный	1	6	6	1
5	ШФ	Шпоночно-фрезерный	Станок шпоночно-фрезерный	1	7	10	1
6	ЗФ	Зубофрезерный	Станок зубофрезерный	2	8	27	1
7	ЗШ	Зубо-шлифовальный	Станок зубошлифовальный	1	9	11	1
8	ЗЗ	Зубо-закругляющий	Станок зубозакругляющий	1	10	2	1

Каждый гибкий производственный модуль состоит из одного основного технологического оборудования и одного робота оператора этого оборудования. Исключением является зубофрезерный модуль, в котором два станка. Причиной этой особенности является то, что для зубофрезерной операции требуется в два раза больше времени, чем для остальных операций на ГПУ. Общая структурная схема оборудования ГПУ представлена на рисунке 3.1.

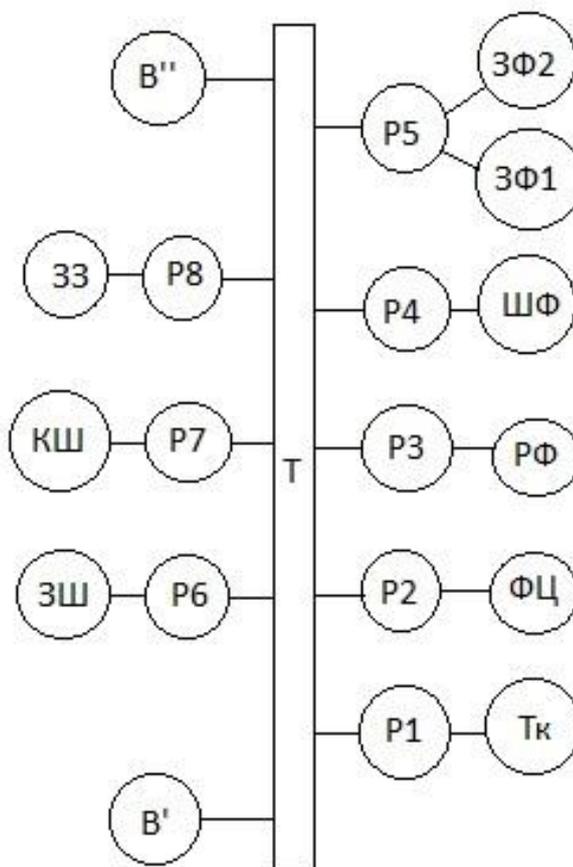


Рисунок 3.1 – Структура ГПУ

Состав оборудования ГПУ:

В' – вход в ГПУ

Т – Транспортёр

В'' – выход из ГПУ

P1-8 – Промышленные роботы

ФЦ - Фрезерно-центровальный станок

Тк – Токарный станок

РФ - Резьбо-фрезерный станок

КШ - Кругло-шлифовальный станок

ШФ - Шпоночно-фрезерный станок

ЗФ - Зубофрезерный станок

ЗШ - Зубо-шлифовальный станок

ЗЗ - Зубо-закругляющий станок

В качестве входа на ГПУ используется промышленный робот портального типа, который перемещает заготовки из кассеты в специально отведённом месте на транспортёр.

4 Описание оборудования участка

4.1 Описание станков с числовым программным управлением

Так же все выбранные станки должны оснащаться УЧПУ типа DNC (Distributed Numerical Control). DNC управление заключается в том, что компьютер полностью загружает на станки с ЧПУ типа CNC управляющие программы для деталей. Станки могут хранить в памяти несколько программ, и в этом не зависят от головного компьютера. В некоторых системах DNC используются компьютеры-сателлиты, один на каждый станок. Это повышает быстродействие системы в целом, позволяет расширить автоматизированную систему и работать с объёмными файлами. На такие компьютеры не редко устанавливается программное обеспечение для предоставления отчетов о работе станков на головной компьютер, упрощая управление производством.

Необходимо подобрать следующие типы станков:

- токарный
- фрезерно-центровальный
- резьбо-фрезерный
- кругло-шлифовальный
- шпоночно-фрезерный
- зубо-фрезерный
- зубо-шлифовальный
- зубо-закругляющий

При этом обратим внимание, что операция тонкого точения так же выполняется на токарном станке.

В таблицах 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 приведены характеристики выбранных станков [12].

Таблица 4.1 - Фрезерно-центровальный полуавтомат мод. МР-71М

Диаметр обрабатываемой заготовки, мм	20 – 125
Длина обрабатываемой заготовки, мм	200 – 500
Диаметр центровочных сверл по ГОСТ 14952- 75, мм	3,15 – 10,00
Число скоростей шпинделя фрезы	6
Наибольший ход головки фрезы (стола), мм	220
Ход сверлильной головки, мм	75
Мощность электродвигателя, кВт	20
фрезерной головки	7,5/10
сверлильной головки	2,2/3
Габариты станка, мм	2640x1450 x1720

Таблица 4.2 - Токарно-винторезный станок мод. 16К40

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм	
над станиной	400
над суппортом	220
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм	710
Наибольший диаметр прутка, проходящего через отверстие шпинделя, мм	53
Частота вращения шпинделя, об/мин	12,5-1600
Пределы подач, мм/об	
продольных	0,05-2,8
поперечных	0,025-1,4
Мощность электродвигателя, кВт	11
Габариты станка, мм	2505x1190x1500

Таблица 4.3 - Характеристики Токарно-винторезного станка 16К40

Класс точности по ГОСТ 8-82	(Н, П, В, А, С) П
Диаметр обрабатываемой детали, мм	400
Диаметр детали над суппортом, мм	220
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм	1000
Габарит станка: Длина, Ширина, Высота, мм	3360x1710x1750
Частота вращения шпинделя, об/мин	12.5/2000
Мощность электродвигателя, кВт	10

Таблица 4.4 – Круглошлифовальные станки мод. 3М132

Наибольшие размеры устанавливаемого изделия, мм	
Диаметр, мм	200
Длина, мм	700
Наибольший диаметр шлифуемого изделия, мм	600
Наибольшая длина шлифуемого изделия, мм	700
Высота центров над столом	125
Мощность, кВт	10
Габариты станка, мм	4605x2450x2170
Масса станка, кг	5600

Таблица 4.5 - Шпоночно–фрезерный станок мод. 692Д

Ширина фрезеруемого паза, мм	6-32
Диаметр обрабатываемого вала, мм	120
Наибольшая длина фрезеруемого паза, мм	600
Наибольшая разбивка паза, мм	1,0
Расстояние от оси шпинделя до стола, мм	50-150
Мощность электродвигателя, кВт	6,6
Габариты станка, мм	2850x2315x2085
Масса станка, кг	8000

Таблица 4.6–Зубофрезерный станок с ЧПУ 53С11Ф4

Наибольший диаметр обрабатываемых колёс, мм	1250
- без контр поддержки	800
- с контр поддержкой	
Наибольший модуль обрабатываемых колёс, мм	16
Минимальное число нарезаемых зубьев	8
Диаметр стола, мм	1000
Наибольший угол наклона зубьев нарезаемых колёс, град	+ / - 45
Расстояние от плоскости стола до оси фрезы, мм	235 - 835
Расстояние между осями стола и фрезы, мм	100 - 750
Макс. размеры устанавливаемой червячной фрезы, мм, длина / диаметр	250 / 225
Наибольшее вертикальное перемещение суппорта, мм	650
Конус отверстия фрезерного суппорта	Морзе 6
Макс. осевое перемещение фрезы, мм	245
Частота вращения фрезерного шпинделя, об/мин	28 - 270
Подача, мм/мин	0,15 - 865
- вертикальная	0,06 - 1500
- радиальная	0,04 - 1500
- тангенциальная	
Мощность привода главного движения, кВт	25
Габаритные размеры станка (с отдельно расположенными агрегатами и электрооборудованием), мм	4050
- длина	2800
- ширина	2780
- высота	
Масса станка (с отдельно расположенными агрегатами и электрооборудованием), кг (не более)	17000

Таблица 4.7 - Технические характеристики зубошлифовального станка 5М841

Наибольший D устанавливаемого изделия, мм	400
Наименьший D окружности впадин, мм	30
Наибольшая длина заготовки в центрах, мм	440
Модуль, мм	1.5-10
Число зубьев	6-200
Наибольшая ширина зубчатого венца, мм:	
- для прямозубых колес	160
- для косозубых колес при наклоне зуба:	
15 град.	155
30 град.	140
45 град.	115
Диаметр шлифовального круга, мм	350
Количество двигателей	шт. 8
Мощность привода шлиф.круга кВт	1.5
Суммарная мощность эл. двигателей, кВт	7.92
Габаритные размеры полуавтомата:	
длина, мм	2850
ширина, мм	2315
высота, мм	2085
Масса полуавтомата, кг	8000

Полуавтомат зубозакругляющий модели ВС-80 применяется при снятии фасок на торцах зубьев и для закругления торцов зубьев переключаемых прямозубых цилиндрических колес типа "диск" наружного и внутреннего зацепления и валов.

Таблица 4.8 – Технические характеристики зубозакругляющего станка ВС-80

Диаметры обрабатываемых зубчатых колес, мм	50...320, 400*
Число обрабатываемых зубьев	10...120
Наибольший диаметр зубчатого колеса, мм	150
Наибольшая длина вертикального перемещения инструмента, мм	100
Наибольшая длина горизонтального перемещения инструмента, мм	140
Угол поворота суппорта в вертикальной плоскости, град вверх / вниз	5 / 30
Диаметр стола (шпинделя изделия), мм	250
Мощность привода главного движения, кВт	1,4, 1,5, 2,1
Суммарная мощность, кВт	4,88
Габаритные размеры, мм	1675x1110x1810
Масса, кг	2950

4.2 Описание промышленных роботов

Для автоматизированной работы ГПУ необходимо использовать промышленных роботов. В каждом ГПМ применяется промышленный робот манипулятор. В качестве такого робота был выбран Fanuc M-20iA/20M (рисунок 4.1) с достаточной грузоподъемностью в 20 кг. Преимущество этого выбора – относительная не дороговизна и универсальность на случай увеличения размеров и массы деталей.

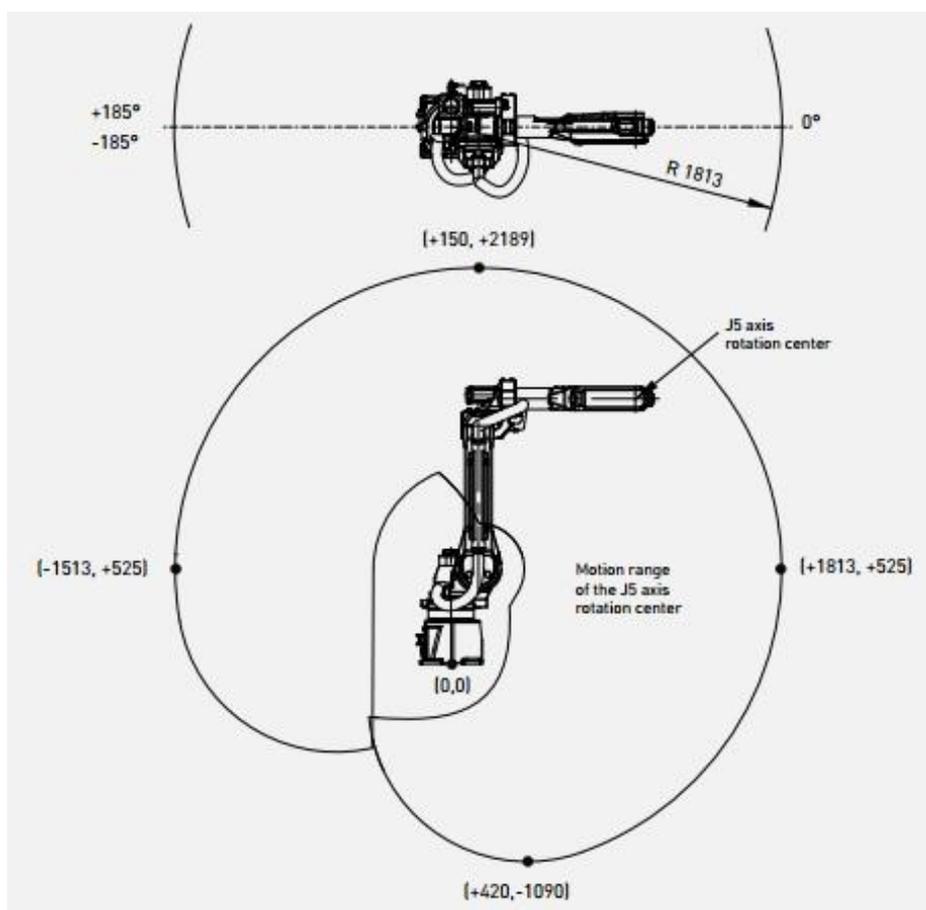


Рисунок 4.1 – промышленный робот

4.3 Описание транспортной системы

Подача заготовок в ГПУ осуществляется в кассетах. Портальным роботом заготовки перемещаются из кассеты на транспортёр. В качестве транспортёра выбран управляемый шаговый ленточный конвейер, имеющий возможность движения в обоих направлениях.

4.4 Описание используемых датчиков

В качестве лазерного ограждения и присутствия посторонних предметов в зоне работы робота - лазерные сканеры. Они излучают невидимый человеческому глазу инфракрасный луч, который отражается и датчик считывает время за которое луч проходит путь до и после отражения.

Применяются для защиты персонала в зонах использования роботов, автоматических транспортных систем путем сигнализации о нахождении в опасной зоне.

Бесконтактное лазерное сканирующее устройство PLS типа PLS/LSI, работает в диапазоне от 4 до 15 м, время срабатывание - около 80 мкс, категория безопасности по EN 954 - 3.

В датчиках положения SICK2 передаваемый световой поток отражается непосредственно от сканируемого объекта и затем поступает в блок приемопередатчика, где происходит обработка сигнала. При использовании простейших датчиков этого типа диапазон сканирования устанавливается путем настройки чувствительности. При использовании фотоэлектрических датчиков положения с подавлением переднего или заднего фона диапазон сканирования устанавливается путем оптической юстировки.

Для определения размеров детали (обработана она или нет и что находится в патроне станка) можно использовать серию датчиков LTO2. Они предназначены для токарных станков, поэтому в них реализована однонаправленная оптическая передача сигналов.

IFW201 – индуктивные бесконтактные датчики, которые мы используем на схватах робота. Индуктивные датчики предназначены для контроля положения металлических объектов. Подобранные датчики имеют стандартные выходы и могут быть легко включены в автоматизированную сеть.

Для диагностики состояния силовой части оборудования необходимо регистрировать движения, скорости, углы поворота, длину пройденного пути. Для этой цели хорошо подойдут устанавливаемые оптоэлектронные угловые датчики SIMODRIVE Sensors. Следует использовать их в кооперации с ЧПУ или приводами.

Диагностировать исправность системы смены инструментов можно при помощи системы датчиков семейства продуктов MOBY. Их мобильные карты памяти (кодовые носители) крепятся на подлежащих идентификации объектах (например, инструментах), на которые записаны необходимые для идентификации данные. Считывание и запись требуемых данных производится индуктивно (бесконтактно) с помощью стационарных записывающих/считывающих устройств.

Для контроля наличия и контроля положения деталей в схватах и зажимах можно использовать видео датчики. Примером может служить видео датчик технического зрения Simatic VS120 с разрешением 640x480.

4.5 Описание программируемого логического контроллера.

В качестве оптимального варианта на роль ПЛК мы определили Simatic S7-300.

Simatic S7-300 - это модульный программируемый контроллер, предназначенный для построения систем автоматизированного управления различной степени сложности.

Модульная конструкция, возможность применения структур локального и распределенного ввода-вывода, широкие коммуникационные возможности (с возможностью использования модулей ввода-вывода как аналоговых так и цифровых сигналов), множество функций, поддерживаемых на уровне операционной системы, удобство эксплуатации и обслуживания обеспечивают возможность получения эффективных систем автоматического управления.

5 Описание работы участка

5.1 Общая информация.

В проектируемом ГПУ будет использоваться централизованная система управления станками с ЧПУ, промышленными роботами и транспортировкой. Для реализации задачи управления ГПУ создадим трёхуровневую систему управления (рисунок 5.1). Она состоит из локальных систем управления отдельными единицами оборудования (ЧПУ станков, системами управления роботов (СУР)) на первом уровне, на втором – программируемый логический контроллер (ПЛК), устройства ввода-вывода, систему датчиков, а на третьем – автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора.

Каждая единица технологического оборудования оснащена своей локальной системой управления, и для оперативного управления необходимо поддерживать взаимодействие локальных систем управления между собой, а также организовать взаимодействие ПЛК второго уровня с АРМ. Программы локальных систем управления обеспечивают весь комплекс необходимых действий для успешного ведения техпроцесса на каждой единице оборудования.

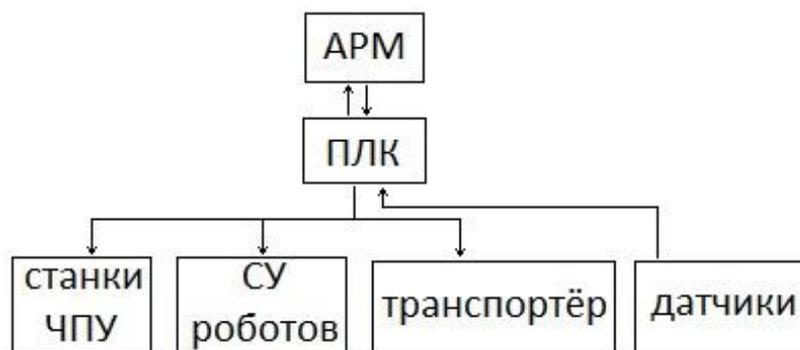


Рисунок 5.1 – Трёхуровневая система управления.

Основными целями создания автоматической системы управления (АСУ) являются:

- 1) возможность оперативно и полноценно отслеживать технологической процесс обработки определённого типа детали;

2) возможность обнаружения аварийных ситуаций, их визуализации и последующей их ликвидации;

3) Обеспечение заданных технологических норм функционирования оборудования в различных производственных ситуациях посредством выдачи управляющих воздействий на локальные системы управления (ЛСУ) технологическим оборудованием.

5.2 Работа оборудования участка

Основные нештатные ситуации, возможные при работе ГПУ:

- 1) Наличие посторонних людей или предметов в рабочей зоне работа,
- 2) Неисправность приводов, инструмента или зажимного приспособления станков,
- 3) Неисправность приводов или схвата роботов,
- 4) Неисправность БЗУ,
- 5) Неисправность приводов транспортёра,
- 6) Неисправность системы распределения и удаления расходных материалов.

Перечислим задачи, которые необходимо будет решать оборудованию ГПУ во время работы.

1) ЧПУ станков должны содержать управляющие программы (УП) для обработки четырёх разных моделей детали (под которые проектируется ГПУ). Инициализация той или иной программы происходит по команде с ПЛК в зависимости от того, партия какого типа детали сейчас обрабатывается на ГПУ:

- а) выполнение УП для обработки детали №1;
- б) выполнение УП для обработки детали №2;
- в) выполнение УП для обработки детали №3;
- г) выполнение УП для обработки детали №4.

При этом, некоторые детали, согласно техническому маршруту обработки, не требуют обработки на некоторых станках, поэтому УП для определённых деталей на определённых станках может отсутствовать (например, станок резьбофрезерный не используется при обработки деталей №2 и №4, в его ЧПУ будет отсутствовать программа для обработки этих деталей).

2) Системы управления роботов должны иметь в базе данных УП для:

а) разгрузка позиции транспортёра и загрузка станка;

б) разгрузка станка и установка заготовки в ячейке промежуточного хранения (ЯПХ);

в) разгрузка ЯПХ и загрузка позиции транспортёра;

Отдельный перечень УП должен иметь робот Р5, который обслуживает два зубофрезерных станка:

а) разгрузка позиции транспортёра и загрузка станка ЗФ1;

б) разгрузка станка ЗФ1 и загрузка ЯПХ;

в) разгрузка позиции транспортёра и загрузка станка ЗФ2;

г) разгрузка станка ЗФ2 и загрузка ЯПХ;

д) разгрузка ЯПХ и загрузка позиции транспортёра.

3) Ленточный транспортёр – важная часть ГПУ. Он должен обеспечивать транспортировку детали к следующему ГПМ, согласно техническому маршруту обработки. В связи с тем, что на ГПУ обрабатываются детали с разным техническим маршрутом обработки, транспортёр должен иметь возможность транспортировать детали между всеми ГПМ в различной последовательности. Перечислим возможные передвижения транспортёра, согласно техническим маршрутам обработки деталей (таблица 5.1):

Таблица 5.1 – Передвижения транспортёра.

операции	деталь №1	деталь №2	деталь №3	деталь №4
1	2	3	4	5
000-005	В' - ФЦ	В' – ФЦ	В' – ФЦ	В' – ФЦ
005-010	ФЦ - Тк	ФЦ - Тк		ФЦ - Тк
010-015			ФЦ – Тк	
015-020				
020-025				
025-030		Тк - КШ		
030-035		КШ – ШФ	Тк - КШ	Тк – КШ

035-040	Тк - 3Ф	ШФ - 3Ф		КШ – ШФ
040-045	3Ф - 3Ш	3Ф – 3Ш	КШ – ШФ	ШФ – 3Ф

Продолжение таблицы 5.1

045-050	3Ш – ШФ	3Ш – 33	ШФ – 3Ф	3Ф – 3Ш
050-055	ШФ – КШ	33 – В''	3Ф – 3Ш	3Ш – В''
055-060	КШ - РФ		3Ш - РФ	
060-065	РФ – В''		РФ – В''	

По приведённой таблице видно, что некоторые перемещения транспортёра повторяются в разных технических маршрутах. Сведём возможные передвижения транспортёра в список применяемых в ГПУ исключая повторения:

- 1) В'-ФЦ
- 2) ФЦ-Тк
- 3) Тк-3Ф
- 4) Тк-КШ
- 5) 3Ф-3Ш
- 6) 3Ш-ШФ
- 7) 3Ш-33
- 8) 3Ш-РФ
- 9) ШФ-КШ
- 10) ШФ – 3Ф
- 11) КШ-РФ
- 12) КШ-ШФ
- 13) РФ-В''
- 14) 33-В''
- 15) 3Ш-В''

В процессе работы ГПУ транспортёр может перемещаться по 15-ти маршрутам.

Одним из ограничений задачи управления ГАК является заданный технологический регламент, при несоблюдении которого осуществляется останов всего комплекса с целью выявления неисправности (проведение диагностики) и последующей переналадки.

Возможна ситуация выхода из строя управляемого технологического оборудования. Причиной может быть либо неисправность системы инструмента, либо системы СОЖ, либо системы оснастки или же неисправность системы приводов, когда последующая обработка заготовки невозможна. В этом случае включается режим аварийного состояния участка с сообщением оператору ГАУ. Производится автоматический останов работы ГАК.

Появление посторонних предметов (людей) в рабочей зоне обслуживающего робота или нарушение общего защитного светового барьера также свидетельствует о возникновении аварийной ситуации на участке.

Таким образом, в любом случае при появлении нештатной ситуации система управления сигнализирует об этом оператору.

5.3 Входные и выходные сигналы

Во время работы ГПУ и технологического оборудования на вход ПЛК будут поступать контрольные сигналы с датчиков и управляющие сигналы с АРМ, а на выход ПЛК управляющие сигналы для ЛСУ и информация для АРМ. При этом все сигналы логического типа - 1 или 0 (булевы).

Перечислим входные сигналы в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – входные сигналы на ПЛК.

№	Обозначение	Описание	Значения сигнала	
			4	5
1	2	3	4	5
1		V' – наличие детали	есть	нет
2		P1 – состояние робота	работает	простой
3		P1 – состояние схвата	зажат	разжат
4		P1 – наличие детали в схвате	есть	нет
5		P1 – нахождение схвата в рабочей зоне	да	нет

6		Тк – состояние станка	работает	простой
7		Тк – закрепление детали	да	нет
8		Тк – наличие детали в зажиме	есть	нет
9		ЯПХ1 – наличие детали	есть	нет

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3	4	5
10		Р2 – состояние работа	работает	простой
11		Р2 – состояние схвата	зажат	разжат
12		Р2 – наличие детали в схвате	есть	нет
13		Р2 – нахождение схвата в рабочей зоне	да	нет
14		ФЦ – состояние станка	работает	простой
15		ФЦ – закрепление детали	да	нет
16		ФЦ – наличие детали в зажиме	есть	нет
17		ЯПХ2 – наличие детали	есть	нет
18		Р3 – состояние работа	работает	простой
19		Р3 – состояние схвата	зажат	разжат
20		Р3 – наличие детали в схвате	есть	нет
21		Р3 – нахождение схвата в рабочей зоне	да	нет
22		РФ – состояние станка	работает	простой
23		РФ – закрепление детали	да	нет
24		РФ – наличие детали в зажиме	есть	нет
25		ЯПХ3 – наличие детали	есть	нет
26		Р4 – состояние работа	работает	простой
27		Р4 – состояние схвата	зажат	разжат
28		Р4 – наличие детали в схвате	есть	нет
29		Р4 – нахождение схвата в рабочей зоне	да	нет
30		ШФ – состояние станка	работает	простой
31		ШФ – закрепление детали	да	нет
32		ШФ – наличие детали в зажиме	есть	нет
33		ЯПХ4 – наличие детали	есть	нет
34		Р5 – состояние работа	работает	простой
35		Р5 – состояние схвата	зажат	разжат
36		Р5 – наличие детали в схвате	есть	нет

37		Р5 – нахождение схвата в рабочей зоне ЗФ1	да	нет
38		Р5 – нахождение схвата в рабочей зоне ЗФ2	да	нет
39		ЗФ1 – состояние станка	работает	простой
40		ЗФ1 – закрепление детали	да	нет
41		ЗФ1 – наличие детали в зажиме	есть	нет

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3	4	5
42		ЗФ2 – состояние станка	работает	простой
43		ЗФ2 – закрепление детали	да	нет
44		ЗФ2 – наличие детали в зажиме	есть	нет
45		ЯПХ5 – наличие детали	есть	нет
46		Р6 – состояние работа	работает	простой
47		Р6 – состояние схвата	зажат	разжат
48		Р6 – наличие детали в схвате	есть	нет
49		Р6 – нахождение схвата в рабочей зоне	да	нет
50		ЗШ – состояние станка	работает	простой
51		ЗШ – закрепление детали	да	нет
52		ЗШ – наличие детали в зажиме	есть	нет
53		ЯПХ6 – наличие детали	есть	нет
54		Р7 – состояние работа	работает	простой
55		Р7 – состояние схвата	зажат	разжат
56		Р7 – наличие детали в схвате	есть	нет
57		Р7 – нахождение схвата в рабочей зоне	да	нет
58		КШ – состояние станка	работает	простой
59		КШ – закрепление детали	да	нет
60		КШ – наличие детали в зажиме	есть	нет
61		ЯПХ7 – наличие детали	есть	нет
62		Р8 – состояние работа	работает	простой
63		Р8 – состояние схвата	зажат	разжат
64		Р8 – наличие детали в схвате	есть	нет
65		Р8 – нахождение схвата в рабочей зоне	да	нет
66		ЗЗ – состояние станка	работает	простой
67		ЗЗ – закрепление детали	да	нет

68		ЗЗ – наличие детали в зажиме	есть	нет
69		ЯПХ8 – наличие детали	есть	нет
70		В'' – состояние позиции	пуст	не пуст
71		Т – наличие детали	есть	нет
72		Т – состояние транспортёра	работает	престой
73		Запрет оператора на работу Р1	да	нет
74		Запрет оператора на работу Р2	да	нет

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3	4	5
75		Запрет оператора на работу Р3	да	нет
76		Запрет оператора на работу Р4	да	нет
77		Запрет оператора на работу Р5	да	нет
78		Запрет оператора на работу Р6	да	нет
79		Запрет оператора на работу Р7	да	нет
80		Запрет оператора на работу Р8	да	нет
81		Запрет оператора на работу Тк	да	нет
82		Запрет оператора на работу ФЦ	да	нет
83		Запрет оператора на работу РФ	да	нет
84		Запрет оператора на работу ШФ	да	нет
85		Запрет оператора на работу ЗФ1	да	нет
86		Запрет оператора на работу ЗФ2	да	нет
87		Запрет оператора на работу ЗШ	да	нет
88		Запрет оператора на работу КШ	да	нет
89		Запрет оператора на работу ЗЗ	да	нет
90		Запрет оператора на работу Т	да	нет
91		Нарушение ограждения	да	нет
92		Обработка на ГПУ детали №1	да	нет
93		Обработка на ГПУ детали №2	да	нет
94		Обработка на ГПУ детали №3	да	нет
95		Обработка на ГПУ детали №4	да	нет

Составим список выходных сигналов с ПЛК (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – выходные сигналы ПЛК.

№	Обозна-	Описание	Значение сигнала
---	---------	----------	------------------

	чение			
1	2	3	4	5
1		Сигнал «Всё оборудование простаивает»	да	нет
2		Тк – состояние станка	работает	простой
3		ФЦ – состояние станка	работает	простой
4		РФ – состояние станка	работает	простой
5		ШФ – состояние станка	работает	простой

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4	5
6		ЗФ1 – состояние станка	работает	простой
7		ЗФ2 – состояние станка	работает	простой
8		ЗШ – состояние станка	работает	простой
9		КШ – состояние станка	работает	простой
10		ЗЗ – состояние станка	работает	простой
11		Сигнал «Нарушение ограждения»	да	нет
12		В ⁷ – наличие заготовки	есть	нет
13		Тк – запуск УП обработки детали №1		
14		Тк – запуск УП обработки детали №2		
15		Тк – запуск УП обработки детали №3		
16		Тк – запуск УП обработки детали №4		
17		ФЦ – запуск УП обработки детали №1		
18		ФЦ – запуск УП обработки детали №2		
19		ФЦ – запуск УП обработки детали №3		
20		РФ – запуск УП обработки детали №1		
21		РФ – запуск УП обработки детали №3		
22		КШ – запуск УП обработки детали №1		
23		КШ – запуск УП обработки детали №2		
24		КШ – запуск УП обработки детали №3		
25		КШ – запуск УП обработки детали №4		
26		ШФ – запуск УП обработки детали №1		
27		ШФ – запуск УП обработки детали №2		
28		ШФ – запуск УП обработки детали №4		
29		ЗФ1 – запуск УП обработки детали №1		
30		ЗФ1 – запуск УП обработки детали №2		
31		ЗФ1 – запуск УП обработки детали №3		
32		ЗФ1 – запуск УП обработки детали №4		

33		3Ф2 – запуск УП обработки детали №1		
34		3Ф2 – запуск УП обработки детали №2		
35		3Ф2 – запуск УП обработки детали №3		
36		3Ф2 – запуск УП обработки детали №4		
37		3Ш – запуск УП обработки детали №1		
38		3Ш – запуск УП обработки детали №2		
39		3Ш – запуск УП обработки детали №4		
40		3З – запуск УП обработки детали №2		

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4	5
41		Т – движение по маршруту В' –ФЦ		
42		Т – движение по маршруту ФЦ–Тк		
43		Т – движение по маршруту Тк–3Ф		
44		Т – движение по маршруту Тк–КШ		
45		Т – движение по маршруту 3Ф–3Ш		
46		Т – движение по маршруту 3Ш–ШФ		
47		Т – движение по маршруту 3Ш–3З		
48		Т – движение по маршруту 3Ш–РФ		
49		Т – движение по маршруту ШФ – КШ		
50		Т – движение по маршруту ШФ – 3Ф		
51		Т – движение по маршруту КШ – РФ		
52		Т – движение по маршруту КШ – ШФ		
53		Т – движение по маршруту РФ – В''		
54		Т – движение по маршруту 3З – В''		
55		Т – движение по маршруту 3Ш – В''		
56		Р1 – разгрузка Т , загрузка Тк		
57		Р1 – манипуляция детали в Тк		
58		Р1 – разгрузка Тк, загрузка ЯПХ1		
59		Р1 – разгрузка ЯПХ1, загрузка Т		
60		Р2 – разгрузка Т , загрузка ФЦ		
61		Р2 – разгрузка ФЦ, загрузка ЯПХ2		
62		Р2 – разгрузка ЯПХ2, загрузка Т		
63		Р3 – разгрузка Т , загрузка РФ		
64		Р3 – разгрузка РФ, загрузка ЯПХ3		
65		Р3 – разгрузка ЯПХ3, загрузка Т		
66		Р4 – разгрузка Т , загрузка ШФ		
67		Р4 – разгрузка ШФ, загрузка ЯПХ4		

68		P4 – разгрузка ЯПХ4, загрузка Т		
69		P5 – разгрузка Т , загрузка ЗФ1		
70		P5 – разгрузка Т , загрузка ЗФ2		
71		P5 – разгрузка ЗФ1, загрузка ЯПХ5		
72		P5 – разгрузка ЗФ2, загрузка ЯПХ5		
73		P5 – разгрузка ЯПХ5, загрузка Т		
74		P6 – разгрузка Т , загрузка ЗШ		
75		P6 – разгрузка ЗШ, загрузка ЯПХ6		
76		P6 – разгрузка ЯПХ6, загрузка Т		

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4	5
77		P7 – разгрузка Т , загрузка КШ		
78		P7 – разгрузка КШ, загрузка ЯПХ7		
79		P7 – разгрузка ЯПХ7, загрузка Т		
80		P8 – разгрузка Т , загрузка ЗЗ		
81		P8 – разгрузка ЗЗ, загрузка ЯПХ8		
82		P8 – разгрузка ЯПХ8, загрузка Т		

Циклограмма работы участка и система управления гибким автоматизированным участком представлены в графической части работы.

6 Человеко-машинный интерфейс

Для облегчения работы оператора необходимо создать человеко-машинный интерфейс (HMI), на котором будет наглядно отображено текущее состояние системы для того, что бы он мог оперативно ,в случае необходимости, воздействовать на неё.

Системы SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition - диспетчерское управление и сбор данных)-важные компоненты автоматизированных систем управления производством. Они выполняют функции серверов технологических данных, обеспечивающей обмен информацией между технологическим оборудованием и сетью ЭВМ предприятия. Они могут быть использованы в роли системы управления более высокого ранга, чем УЧПУ и ПЛК. SCADA-системы обычно реализовываются на базе персональных компьютеров. Безотносительно к конкретному назначению функции системы SCADA формулирую следующим образом.

-Сбор, первичная обработка и накопление информации о параметрах технологического процесса и состоянии оборудования от систем ЧПУ программируемых контроллеров, непосредственно связаны с технологическим машинами.

-Выдача информации о имеющихся параметрах технологического процесса на экран монитора в вид графически мнемосхем.

-Выдача графиков текущих значений технологически параметров в реальном времен за заданный интервал.

-Обнаружение аварийных ситуаций, вывод сообщений о их обнаружении.

-Сохранение истории изменения параметров процесса обработки.

-Оперативное управление технологически процессом, управление устройствами низшего ранга.

-Выдача информации о параметрах тех. процесса для дальнейшего использования в системе управления предприятием.

Экранные формы человеко-машинного интерфейса (HMI) представлены в графической части работы.

Заключение

В результате проделанной работы удалось автоматизировать производственный участок по металлообработке различных деталей типа вал-шестерня. Благодаря использованию промышленных роботов и 3-х уровневой системы управления, для переналадки участка на производство другой модели вала-шестерни требуется несколько минут. Учитывая разнотипность продукции, автоматизация приведёт к существенному увеличению производительности участка и отпадёт необходимость переналадки оборудования для каждого типа обрабатываемого изделия.

Список используемой литературы

- 1.Schmid, S. R. Automation of Manufacturing Processes/ S.R. Schmid, S. Kalpakjan // Manufacturing Engineering and Technology: науч.-технич. журн./ учредительPrentice Hall. – 2006. – London.:Prentice Hall.
- 2.Жуков, Э. Л. Технология машиностроения.:в 2 кн. Кн.2. Производство деталей машин / Э.Л. Жуков,И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин, Б.Я. Розовский. – М.: Высшая школа, 2003.
- 3.Kuric,I. Evaluation of Machine Tool Quality / International Journal for Quality research: технич. журн. / учредительCentar for Quality. - 2011
- 4.Pawar, R. Application of PLC's for Automation of Processes in Industries. / M. Sharma, E. Axinte, A. William //International Journal of Engineering Research and Applications: научн.-технич. журн. /учредитель UGC Approved Journals – 2016
- 5.Ишлинский, А. Ю.Большой политехнический энциклопедический словарь. М.: Мультитрэйд , 2004.
- 6.Сосонкин, В.Л. Систем числового программного управления: Учеб. пособие/ В.Л. Сосонкин, Г.М. Мартинов. –М.: Логос, 2005. – 296 с.
7. Gerulova, K.Real Time Monitoring and Automatic Regulation System for Metalworking Fluids/ К. Gerulova, M. Nesticky, E.Buranska, R. Ruzarovsky. // Research Pepers faculty of materials science and technology in Trnava:науч.-технич. журн. / учредитель: Словацкий Технлогический Университет – 2016.
8. Корсаков В.С. Основы технологии машиностроения: Учебник. – 3-е изд. – М.: Машиностроение, 2001.
- 9.ГОСТ 19.701-90. Схемы алгоритмов, программ данных и систем, обозначения условные и правила выполнения -М.: Издательство стандартов, 1990.
10. Марки стали и сплавы[Электронный ресурс]/ Электрон. справочник. http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov , свободн. – Загл. с экрана.
- 11.Mendrick, R. Using Contactless Scannersfor Quality/ R. Mendrick //МАТЕСwebofconferences.:науч.-техн. эл. журн. / 2017.

12. Фонд промышленных каталогов [Электронный ресурс] промкаталог.рф , свободн. – Загл. с экрана.
13. Капустин, Н.М. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учеб. для вузов / Н. М. Капустин – М.: Высшая школа, 2004. – 415 с.
14. Андреев, Е.Б. SCADA-системы / Е.Б. Андреев, Н.А. Куцевич, О.В. Синенко. – М.: Издательство РТСофт, 2004 – 176 с.
15. Матвейкин, В.Г. Применение SCADA-систем при автоматизации / В.Г. Матвейкин, С.В. Фролов, М.Б Шехтман. – М.: Машиностроение, 2000 – 176 с.
16. Юревич, Е.И. Основы робототехники / Е.И. Юревич. – СПб.: БХВ – 2005 – 416 с.
17. Серебrenицкий П.П. Программирование для автоматизированного оборудования / П.П. Серебrenицкий, – М.: Высшая школа, 2003. – 592 с.
18. Зенкевич, С.Л. Основы управления манипуляционными роботами: учеб. для вузов / С.Л. Зенкевич, А.С. Ющенко. – М.: Издательство МГТУ, 2004. – 480 с.
19. Белов, А.В. Устройства на микроконтроллерах /А.В. Белов. – М.: Наука и техника, 2007. – 304 с.
20. Минаев, И.Г. Программируемые логические контроллеры / И.Г. Минаев, В.В. Самойленко. – М.: АРГУС, 2009. – 100 с.
21. Кангин, В.В. Промышленные контроллеры в системах автоматизации технологических процессов: Учебное пособие / В.В. Кангин. – Ст. Оскол: ТНТ, 2013. – 408 с.