

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

Институт энергетики и электротехники

(наименование института полностью)

Кафедра « Промышленная электроника »

(наименование кафедры)

27.03.04 Управление в технических системах

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Системы и технические средства автоматизации и управления

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Гибкий автоматизированный комплекс обработки корпусных деталей

Студент

С.В. Гарибов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

О.Ю. Копша

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультант

Н.В. Яценко

(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

бакалаврской работы Гарибова С.В.

«Гибкий автоматизированный комплекс обработки корпусных деталей»

В бакалаврской работе на тему «Гибкий автоматизированный комплекс обработки корпусных деталей» разработан перспективный технологический процесс, включающий в себя выбор метода получения заготовки, разработку технологического маршрута и операционной технологии.

Для автоматизации выбраны технологические наладки на операции: расточную 005, расточную 010, резьбонарезную 025 и токарную 030.

В соответствии с технологическим процессом и требованиями его автоматизации подобрано технологическое оборудование гибкого автоматизированного комплекса (основное и вспомогательное). Разработана компоновка гибкого автоматизированного комплекса. Построена циклограмма функционирования гибкого автоматизированного комплекса.

Разработано зажимное устройство робота для захвата корпусной детали.

Спроектирована система управления гибким автоматизированным комплексом, включающая три уровня управления, приведена структурная схема системы управления гибким автоматизированным комплексом. Создана блок-схема алгоритма управляющей программы, которая описывает штатные и нештатные ситуации функционирования гибкого автоматизированного комплекса.

Графическая часть работы выполнена с соблюдением требований стандарта по ЕСКД и ЕСДП.

Данная бакалаврская работа состоит из пояснительной записки на 57 стр., введения, списка 23 источников, в том числе 5 источников на иностранном языке и чертежей на 7 листах формата А1.

ABSTRACT

The title of the graduation work is The Flexible Automated Complex for the Processing of Body Parts, a promising technological process has been developed, including the selection of the method for obtaining work piece, the development of a technological route and operating technology.

For the automation, technological adjustments were selected for the following operations: boring 005, boring 010, thread-cutting 025 and turning 030.

The main and auxiliary machineries were selected. The layout of the equipment was designed. The cyclogram of equipment operation was developed.

A special clamping device for capturing the body part is designed.

A block diagram of the control algorithm on the basis of a three-level control system a structural diagram of the control system flexible automated complex was designed, taking into account regular situations of interaction between the main and auxiliary technological machineries, as well as abnormal situations that arise during the operation of the flexible automated complex were developed.

The decisions taken are verified by calculation and are backed by practical recommendations given in the technical literature.

The graphical part of the work is executed in compliance with the requirements of the technical standards.

The graduation work consists of an explanatory note on 57 pages, introduction, 23 references including 5 foreign sources and the graphic part on 7 A1 sheets.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Разработка технологического процесса.....	7
1.1 Выбор групповой технологии и определение типа производства.....	7
1.2 Анализ служебного назначения детали.....	7
1.3 Проектирование заготовки.....	8
1.4 Разработка технологического маршрута обработки детали.....	10
1.5. Выбор основного технологического оборудования.....	12
1.6. Расчет норм времени.....	15
2 Проектирование станочного приспособления.....	17
2.1 Разработка схемы базирования детали.....	17
2.2 Анализ исходных данных и проектирование конструкции приспособления ...	17
2.3 Расчет сил резания.....	18
2.4 Расчет силы зажима.....	19
2.5 Прочностной расчет.....	19
2.7 Описание работы приспособления.....	21
3 Компоновка гибкого автоматизированного комплекса.....	23
3.1 Выбор и обоснование технологических операций для автоматизации в ГАК..	23
3.2. Выбор технологического оборудования.....	23
3.3 Размещение оборудования ГАК.....	29
3.4 Разработка граф-схемы переходов функционирования ГАК.....	33
3.4.1 Таблица алгоритмов работы ГАК.....	33
3.4.2 Построение граф-схемы переходов (циклограммы).....	35
4 Система управления ГАК.....	39
4.1 Формирование задания на разработку.....	39
4.2 Сетевая структура системы управления ГАК.....	40
4.2.1 Программируемый логический контроллер SIMATIC S7-300.....	40
4.2.2 Интеллектуальные датчики.....	43

4.3 Разработка структурно-функциональной схемы системы управления ГАК.....	44
4.4 Анализ задачи оперативного управления ГАК.....	46
4.5 Описание, систематизация и формализация осведомительных и управляющих сигналов устройства управления второго уровня	50
4.6 Разработка блок-схемы алгоритма оперативного управления ГАК.....	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	55
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	56

ВВЕДЕНИЕ

Главным и решающим средством, обеспечения повышения производительности труда, снижения себестоимости и улучшения качества продукции, является комплексная автоматизация и роботизация производственных процессов. Наиболее эффективный путь — это широкое внедрение производств, которые можно быстро и экономично перестраивать, систем автоматизированного проектирования, оборудования и машин со встроенными средствами микропроцессорной техники, созданием переналаживаемых автоматических линий многооперационных станков с ЧПУ, роботизированных комплексов.

Роботизация и автоматизация производственных процессов производится по двум направлениям:

- внедрение новых, более совершенных машин, механизмов, технологических процессов:
- модернизация действующего оборудования.

В результате модернизации возрастает выпуск продукции на действующем оборудовании, улучшает её качество, более экономно используются ресурсы предприятия, и возрастают внутрипромышленные накопления, а также становится возможным освоение производства новых деталей и изделий.

Целью данной бакалаврской работы является снижение трудоемкости изготовления корпуса путем разработки перспективного технологического процесса, базирующегося на современных достижениях процесса автоматизации и механизации производства. С этой целью необходимо провести тщательный анализ и расчет для определения типа производства, метода получения заготовки, произвести выбор оборудования. На основе этих расчетов спроектировать схему размещения оборудования и построить блок-схему переходов работы спроектированного участка. Подобрать технологическую оснастку, спроектировать зажимное приспособление. Провести кинематический, точностной и прочностной расчеты. Для спроектированного ГАК разработать двухуровневую систему оперативного управления участком и спроектировать блок-схему алгоритма оперативного управления ГАК.

1 Разработка технологического процесса

1.1 Выбор групповой технологии и определение типа производства

Основная цель автоматизации – совершенствование производства, в основе которого лежат технологические процессы с высокими производительностью, качеством, надежностью и эффективностью производства деталей.

Разрабатываемый в проекте ГАК предназначен для обработки корпуса с габаритными размерами 83,5x68,5x38,5 мм.

Определим тип производства заданной детали. Тип производства определяется с учетом годовой программы выпуска деталей и их параметров (массы, габаритов, трудоемкости).

Годовая программа выпуска деталей на ГАК в соответствии с исходными данными $N_{\Gamma}=45000$ в год. Принимаем крупносерийный тип производства.

Определим такт выпуска изделия:

$$t_B = \frac{\Phi_D \cdot 60}{N_{\Gamma}} = \frac{3725 \cdot 60}{45000} = 4,97 \text{ мин} \quad (1.1)$$

где Φ_D – действительный годовой рабочий фонд времени оборудования, ч; для автоматизированного производства $\Phi_D = 3725$ ч;

N_{Γ} – годовая программа выпуска деталей на ГАК, шт.; принимаем $N_{\Gamma}=45000$ шт.

1.2 Анализ служебного назначения детали

Рассматриваемая корпусная деталь является сложной и имеет средние габаритные размеры. Она имеет важное функциональное значение. Поэтому к данной детали предъявляют высокие требования точности.

Деталь изготавливается из алюминиевого сплава АК12М2 – сплав на основе системы алюминий-кремний-медь. Введение кремния в сплав повышает литейные свойства. Сплав АК12М2 является одним из легких и коррозионно-стойких алюминиевых сплавов. Данный сплав пластичен, что позволяет получать заготовку методом литья, хорошо обрабатывается.

Формы и размеры обрабатываемых поверхностей соответствуют стандартному инструменту. Не ко всем местам обработки имеется свободный доступ. Конструкция детали не позволяет обработку на проход всех отверстий.

В таблице 1.1 классифицированы поверхности изготавливаемой детали.

Таблица 1.1 – Поверхности корпусной детали

Поверхность	Номер
Основная конструкторская база	4,11,14,20,
Вспомогательная конструкторская база	3,8,12,13,16,17,18,19,26
Технологическая база	9,10,24,25
Свободные поверхности	6,15,23
Измерительная база	7,14,27
Поверхности, не подлежащие обработке	1,2,5,21,22

1.3 Проектирование заготовки

1.3.1 Выбор метода получения заготовки

Деталь корпус изготавливается из алюминия марки АК12М2 и имеет сложную форму, следовательно, деталь целесообразно получать литьем.

Форму заготовки выберем соответствующую форме детали. Целесообразно отливать отверстия, диаметры которых больше 10мм. При обработке доводим их до необходимого размера, остальные отверстия не проливаются в целях уменьшения сложности литейной оснастки.

Литье в кокиль и под давлением является сложным и продолжительным процессом, имеющим высокую стоимость.

Необходимо определить экономический эффект получения заготовок данными способами.

1.3.2 Экономический эффект при сопоставлении методов получения отливок литьем в кокиль и литьем под давлением

Стоимость заготовки, получаемой литьем под давлением, определяется формулой:

$$S_{заг} = \left(\frac{C}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{отх}}{1000} \quad (1.2)$$

где С – стоимость заготовок, 1 т, руб.;

Q – масса заготовки, кг, в данном случае Q = 0.062 кг;

k_T– коэффициент точности заготовки;

k_C– коэффициент, учитывающий группу сложности отливок,

k_B– коэффициент массы отливок;

k_M - коэффициент материала отливки;

k_{II}– коэффициент объема производства

q – масса детали, принимаем в соответствии с чертежом детали q=0.056кг;

S_{отх}– цена за 1 тонну отходов, руб. Для стружки принимаем S_{отх} = 16110 руб./т.

Выберем значение коэффициентов для отливок, получаемых методом литья под давлением:

- 1) независимо от класса точности отливки k_T = 1;
- 2) k_M = 1;
- 3) для отливок IV группы сложности k_C = 1;
- 4) для отливок массой 0.1...0.2 кг k_B = 1;
- 5) группа серийности отливок массой 0.1...0.2 кг при объеме выпуска менее 450 тыс. шт. в год – 4, следовательно, k_{II} = 1.09.

Для отливок, получаемых литьем под давлением, C_{давл.} = 216000 руб/т.

Подставляем значения в формулу (1.2.):

$$S_{заг}^{давл.} = \left(\frac{216000}{1000} \cdot 0,062 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,09 \right) - (0,062 - 0,056) \cdot \frac{16110}{1000} = 14,50 \text{ руб/шт}$$

Выберем значение коэффициентов для отливок, получаемых методом литья в кокиль [4]:

- 1) независимо от класса точности отливки k_T = 1,1;
- 2) k_M = 5,94;
- 3) для отливок IV группы сложности k_C = 1.1;

4) для отливок массой 0.1...0.2 кг $k_B=1.1$;

5) группа серийности отливок массой 0.1...0.2 кг при объеме выпуска менее 450 тыс. шт. в год – 3, следовательно, $k_{II}=1,11$.

Для отливок, получаемых литьем в кокиль $C_{\text{кокиль}} = 130000$ руб/т. Подставив значения стоимостей и коэффициентов в формулу (1.2) получим стоимость отливки, получаемой литьем в кокиль:

$$S_{\text{ЗАГ}}^{\text{кокиль}} = \left(\frac{130000}{1000} \cdot 0,068 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,05 \cdot 5,94 \cdot 1,1 \right) - (0,068 - 0,056) \cdot \frac{16110}{1000} = 73,85 \text{ руб/шт}$$

Коэффициент использования металла:

$$K_{\text{давл}} = \frac{q}{Q} \cdot 100\% = \frac{0,056}{0,062} \cdot 100\% = 90,3\% \quad (1.3)$$

$$K_{\text{кокиль}} = \frac{q}{Q} \cdot 100\% = \frac{0,056}{0,068} \cdot 100\% = 82,3\% \quad (1.4)$$

где q – масса детали, принимаем в соответствии с чертежом детали $q = 0,056$ кг;

Q – масса заготовок, кг.

Экономический эффект использования метода литья под давлением по сравнению с методом литья в кокиль составляет в данном случае:

$$\mathcal{E}_{\text{ЗАГ}} = (S_{\text{ЗАГ}}^{\text{кокиль}} - S_{\text{ЗАГ}}^{\text{давл}}) \cdot N = (73,8 - 14,5) \cdot 45000 = 2668500 \text{ руб} \quad (1.5)$$

Окончательно принимаем метод получения заготовки корпуса – литье под давлением.

Отливки, получаемые литьем под давлением, имеют высокую чистоту поверхности 3-5 класса. Метод обеспечивает высокую производительность, точность размеров (3—7-й классы точности), чёткость рельефа и качество поверхности.

1.4 Разработка технологического маршрута обработки детали

Набор методов обработки отдельных поверхностей детали зависит от расположения, конфигурации, заданной точности и шероховатости обрабатываемой

поверхности. Последовательность методов обработки поверхностей детали представлена в таблице 1.2.

Разработанный технологический маршрут обработки корпуса включает операции:

- 000 – заготовительная,
- 005 – сверлильная,
- 010 – зенкерование,
- 015 – фрезерная,
- 020 – зенкерование,
- 025 – фрезерная,
- 030 – зенкерование,
- 035 – зенкерование,
- 040 – токарная с ЧПУ,
- 045 – токарная с ЧПУ,
- 050 – моечная,
- 055 – сушка,
- 060 – контрольная.

На операции 005 – обрабатывается поверхность 15. На операции 010 производится механическая обработка отверстий оси ведущего вала (поверхности 8,9,11). На операции 015 происходит обработка поверхности 6. На операции 020 выполняется обработка отверстия 16. На операции 025 выполняется обработка поверхности 18. На операции 030 выполняется расточка отверстия 20 оси ведомого вала. На операции 035 выполняется обработка отверстий 23,25,26. На операции 040 – наружная обточка поверхности 19 и нарезание резьбы. На операции 045 – выполняется обточка наружной поверхности 4 и проточка канавки. Таким образом, соблюдены принцип концентрации переходов и частичного единства баз, что повышает точность обработки.

Таблица 1.2 –Последовательность методов обработки поверхностей детали

Номер поверхности	Квалитет точности	Заданная шероховатость	Методы обработки
15	8	R _z 20	Сверление
8,9,11	8	R _z 20	Зенкерование
12,16	7	R _z 10	Зенкерование
6	8	R _z 20	Фрезерование
18	8	R _z 20	Фрезерование
20	7	R _z 10	Растачивание
23,25,26	8	R _z 20	Зенкерование
19	8	R _z 20	Обточка
19	8	R _z 20	Нарезание резьбы
4	7	R _z 10	Обточка
5	7	R _z 10	Проточка канавки

1.5. Выбор основного технологического оборудования

Согласно технологическому маршруту операции 005 – 045 включают разнообразные технологические переходы: фрезерование, сверление, зенкерование, токарная и т.д. Следовательно, металлорежущий станок, оснащенный ЧПУ, должен выполнять комплексную обработку корпусных деталей, обладать устройством для автоматической смены заготовок, закрепленных на станочном приспособлении. В целях повышения качества обработки, уменьшение производственной площади и экономии времени на данных операциях предлагается использовать следующее оборудование (рис 1.1).



Рисунок 1.1 – Горизонтальный обрабатывающего центра HMC80I

Таблица 1.3 – Технические характеристики обрабатывающего центра HMC80I

Система ЧПУ	Fanuc Oi-MC (Fanuc 18i, Siemens 840D)
Рабочая поверхность стола, мм	Ø800
Количество сменных палет	1
Конус шпинделя	HSK-A63
Скорость вращения шпинделя, об/мин	10-12000
Максимальное перемещение оси, X, Y, Z, мм	1300/1000/1500
Минимальное расстояние между конусом шпинделя и центром стола, мм	285-1215-65-885
Подача резания, X,Y,Z	1-10000
Ускоренные перемещения, м/мин	X,Y,Z:24 A:5 об/мин
Подача стола, об/мин	-
Магазин инструмента, шт.	60
Максимальный вес инструмента, кг	7
Максимальные длина/диаметр инструмента, мм	300/Ø76/Ø127
Время смены инструмента, с	3
Точность позиционирования X, Y, Z, мм	±0,008
B (4x90°), мм	A,B:±10''
Вес станка, кг	25000
Размеры станка, мм	5525x4600x3605

Таким образом, путем объединения операций: на операции 005 станок выполняет операции 005-020. На операции 010 второй станок выполняет операции 025-035.

На операции 015 предлагается использовать станок токарно-револьверный с ЧПУ 1П426ДФЗ (рис. 1.2), который является универсальным токарно-револьверным полуавтоматом с ЧПУ, предназначенным для обработки заготовок диаметром до 400 мм.



Рисунок 1.2 – Станок токарно-револьверный с ЧПУ 1П426ДФЗ

Таблица 1.4 – Технические характеристики станка 1П426ДФЗ

Класс точности по ГОСТ 8-82	П
Наибольший диаметр устанавливаемого изделия над станиной (мм)	500
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия (мм)	400
Наибольшая длина обрабатываемого изделия (мм)	200
Наибольший диаметр обрабатываемого прутка (спецзаказ) (мм)	65
Частота вращения шпинделя (об/мин.)	15-2500
Рабочие подачи (мм-мин.) продольные	1,0-6000
поперечные	0,5-3000
Скорость быстрого перемещения (м мин.) продольные	10
поперечные	5
Дискретность задания перемещения (мм) по оси X	0,005
по оси Z	0,010

На операции 020 выполняется обточка поверхности 5 и проточка канавки 4. Оборудованием для выполнения данной операции служит токарный патронно-центральной станок с ЧПУ МК7702 (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Токарный патронно-центральной станок с ЧПУ МК7702

Таблица 1.5 – Технические характеристики станка МК7702:

Максимальный диаметр устанавливаемой детали		
	над станиной	550 мм
	над суппортом	390 мм
Максимальный обрабатываемый диаметр		330 мм
Максимальная обрабатываемая длина		500 мм
Расстояния между поверхностями двух шпинделей		700 мм
Максимальный диаметр прутка		61 мм
Величины ходов:		
	X	190 мм
	Y	60 мм (±30)
	Z	560 мм
Габариты станка, м		3*1,7*2

1.6. Расчет норм времени

На операции 010 выполняется фрезерование и зенкерование поверхности.

Штучное время операции определяется формулой:

$$T_{шт} = T_0 + T_{вс} + T_{об} + T_{от} \quad (1.6)$$

где T_0 – основное время, мин;

$T_{вс}$ – вспомогательное время, мин;

$T_{об}$ – техническое время, мин;

$T_{от}$ – личное время отдыха, мин.

Основное время переходов:

$$T_{01} = 4 \cdot l = 4 \cdot 0,1 = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ мин,}$$

$$T_{02} = 0,21 \cdot d \cdot l = 0,21 \cdot 12,8 \cdot 30 = 80,64 \cdot 10^{-3} \text{ мин}$$

$$T_{03} = 0,21 \cdot d \cdot l = 0,21 \cdot 13 \cdot 30 = 81,9 \cdot 10^{-3} \text{ мин}$$

$$T_{04} = 0,21 \cdot d \cdot l = 0,21 \cdot 14 \cdot 1 = 2,94 \cdot 10^{-3} \text{ мин}$$

$$T_{05} = 0,21 \cdot d \cdot l = 0,21 \cdot 18 \cdot 30 = 113,4 \cdot 10^{-3} \text{ мин}$$

$$T_{06} = 0,21 \cdot d \cdot l = 0,21 \cdot 14 \cdot 1 = 2,94 \cdot 10^{-3} \text{ мин}$$

где l – длина рабочего хода, мм;

d – диаметр, мм.

Тогда $T_0 = 282,22 \cdot 10^{-3}$ мин

Вспомогательное время:

$$T_{BC} = T_{y.c.} + T_{z.o.} + T_{y\Pi} \quad (1.7)$$

где $T_{y.c.}$ – время на установку и снятие детали, мин,

принимаем $T_{y.c.} = 0,041 \cdot 2 = 0,082$ мин;

$T_{z.o.}$ – время на закрепление и открепление детали, мин,

принимаем $T_{z.o.} = 0,024 \cdot 2 = 0,048$ мин;

$T_{y\Pi}$ – время на приемы управления, мин:

$$T_{y\Pi} = 0,01 \cdot 2 \cdot 6 = 0,02 \text{ мин}$$

Подставив данные в формулу (1.7), получаем:

$$T_{BC} = 0,082 + 0,048 + 0,12 = 0,25 \text{ мин}$$

Время на техническое и организационное обслуживание принимаем как время смены инструмента (для всей операции) $T_{OB} = 1$ мин.

Время на перерывы и личные надобности составляет 6% от суммы основного и вспомогательного времени:

$$T_{OT} = 0,06 \cdot (T_O + T_{BC}) = 0,06 \cdot (0,28222 + 0,25) = 0,032 \text{ мин} \quad (1.8)$$

Тогда время выполнения всей операции 010 будет являться суммой переходов и равна:

$$T_{шт} = 0,28222 + 0,25 + 1 + 0,032 = 1,565 \text{ мин}$$

2 Проектирование станочного приспособления

2.1 Разработка схемы базирования детали

На рисунке 2.1 показана схема базирования корпуса.

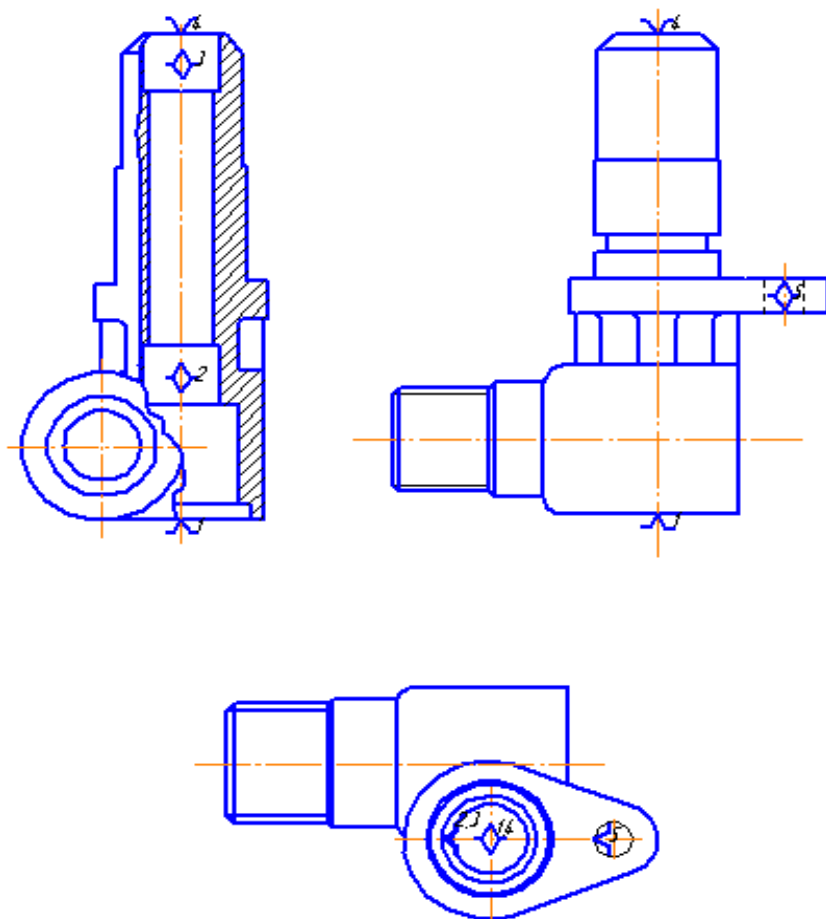


Рисунок 2.1 – Схема базирования корпуса

Частично обработанная деталь на операции 015 устанавливается на палец и сверху прижимается прижимом и фиксируется по двум внутренним поверхностям. Во избежание поворота заготовки прижим должен быть оснащен вторым упором, который должен фиксировать заготовку по отверстию.

2.2 Анализ исходных данных и проектирование конструкции приспособления

Проектируемое станочное приспособление предназначено для установки заготовки корпуса на операции 015.

Заготовка на данной операции базируется на палец, технологическими базами при базировании являются внутренние поверхности заготовки и отверстие.

Закрепляется заготовка с помощью поворотного Г-образного прихвата. Крепление обрабатываемой детали осуществляется с помощью пневмоцилиндра, шток которого непосредственно связан с прихватом. Силы зажима заготовки обуславливаются режимами резания на данной операции.

На данной операции используется станок токарно-револьверный с ЧПУ 1П426ДФ3. Приспособление устанавливается и крепится на поворотном столе станка с помощью четырех болтов. Поэтому корпус приспособления имеет четыре отверстия $\varnothing 14H6$ мм.

2.3 Расчет сил резания

На операции 015 осуществляется обточка наружной поверхности с последующим нарезанием резьбы. При наружном точении возникает тангенциальная сила P_z , а при нарезании резьбы крутящий момент.

Рассчитаем силы и моменты резания, возникающие при наружной обточке и нарезании резьбы.

На данной операции применяется резец проходной по ГОСТ 18869-73 из быстрорежущей стали Р6М5 и самооткрывающаяся гребенка.

Главная сила резания – тангенциальная сила P_z :

$$P_z = 10C_p t^x s^y V^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 0,8^1 \cdot 0,45^{0,75} \cdot 34,9^0 \cdot 1 = 121 Н \quad (2.1)$$

где C_p , x , y , n – поправочный коэффициент и показатели степени соответственно: для литейных алюминиевых сплавов при наружной обточке резцом и материале режущей части инструмента Р6М5 $C_p=40$, $x=1.0$, $y=0.75$, $n=0$;

t – глубина обработки, мм: $t=0.8$ мм;

s – подача: $s = 0,45$ мм/об;

V – скорость обработки: $V=34,9$ мм/с;

K_p – поправочный коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала для алюминиевых сплавов: $K_p = 1.0$

Крутящий момент при нарезании резьбы:

$$M_{KP} = 10C_m D^q P^y K_p = 10 \cdot 0.045 \cdot 18^{1.8} \cdot 1.5^{1.5} \cdot 1 = 2,4 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.2)$$

Дальнейший расчет произведем по максимальным силам и моментам резания на данной операции, возникающим при наружной обточке и нарезании резьбы.

2.4 Расчет силы зажима

Действие крутящего момента от сил резания, также, как и действие силы P_z воспринимают палец и упоры. Поскольку палец отличается невысокой жесткостью, а его износ оказывает непосредственное влияние на точность обработки заготовки, его желательно разгрузить. Поэтому сила зажима должна создавать момент трения больше момента кручения сил резания.

Рассчитаем силу зажима:

$$P_3 = \frac{K \cdot P_z}{f_{оп} + f_{зм}} = \frac{2,8 \cdot 121}{0,16 + 0,16} = 1059 \text{ Н} \quad (2.2)$$

где K – коэффициент запаса, принимаем $K=2,8$;

P_z – сила резания при обточке, из п.2.2 $P_z = 121 \text{ Н}$;

$f_{оп}$ – контактный коэффициент трения пары заготовка-опора: при контакте обработанных поверхностей заготовки с опорами приспособления $f_{оп} = 0,16$;

$f_{зм}$ – контактный коэффициент трения пары заготовка-зажимной механизм: при контакте обработанных заготовок (отливок) с опорами приспособления $f_{зм} = 0,16$;

2.5 Прочностной расчет

Рассчитаем палец приспособления, являющегося установочной базой для заготовки, на срез.

$$\tau = P/S_{ср} < [\tau] \quad (2.3)$$

где P – действующая сила, Н. Принимаем $P = 121$ Н, которая возникает при наружной обточке;

S_{cp} – площадь среза, m^2 ;

$[\tau]$ – допускаемое напряжение при срезе, $MПа/m^3$.

Определим площадь среза:

$$S_{cp} = \pi \cdot R^2 = 3,14 \cdot 0,006^2 = 1,13 \cdot 10^{-4} m^2, \quad (2.4)$$

где $R = D/2 = 12 / 2 = 6$ мм – радиус цилиндрического пальца.

С учетом вышеуказанных формул определим высоту пальца:

$$\tau = 121 / 1,13 \cdot 10^{-4} < 110 \text{ МПа} \quad (2.5)$$

Пальцы изготавливаем из стали 20 твердостью HB55-60, допускаемое напряжение при срезе $[\tau] = 110$ МПа/ m^3 .

Условие выполняется, применение двух пальцев обеспечит требуемую прочность приспособления.

2.6 Расчет точности приспособления

При установке заготовки в приспособление возникает погрешность:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_3^2} + \varepsilon_{ПЗ} \quad (2.6)$$

где ε_B – погрешность базирования, мм;

ε_3 – погрешность закрепления, мм;

$\varepsilon_{ПЗ}$ – погрешность положения заготовки, мм.

При наружной обточке принцип единства баз соблюдается, т.к. отверстие, по которому деталь устанавливается на палец, являются установочными и измерительными базами. Поэтому погрешность базирования равна нулю.

Погрешность закрепления возникает при смещении заготовки от действия зажимной силы, прилагаемой для фиксации ее положения. При закреплении заготовки зажимные силы действуют по осям установочных опор, прижимая заготовку к ним. Погрешностью положения заготовки зависит от погрешности изготовления установочных элементов $\varepsilon_{уэ}$, погрешности установки приспособления на стол станка $\varepsilon_{уС}$, погрешности от износа деталей станка $\varepsilon_{и}$:

$$\varepsilon_{IB} = \sqrt{\varepsilon_{y3}^2 + \varepsilon_{yC}^2 + \varepsilon_{II}^2} \quad (2.7)$$

Установочными элементами в данном случае являются горизонтальная плоская опора с одним пальцем. Точность изготовления пальца соответствует 7 квалитету, поэтому погрешность изготовления опоры со сферической головкой: $\varepsilon_{y3} = 0,03$ мм.

Приспособление крепится к поворотному-делительному столу болтами, что обеспечивает точное положение приспособления относительно стола. Следовательно, погрешность установки приспособления на станке $\varepsilon_{yC} = 0$.

Погрешность износа деталей токарно-револьверного станка с ЧПУ 1П426ДФЗ (класс точности станка П) определим исходя из паспортных данных:

- точность позиционирования по осям при оснащении датчиками типа оптический индуктосин: 16 мкм;
- точность углового позиционирования стола в любых позициях: $20''$.

Примем погрешность износа деталей станка $\varepsilon_{II} = 0,016$ мм.

Тогда, подставив данные в формулу (2.7):

$$\varepsilon_{IB} = \sqrt{0,03^2 + 0,016^2} = 0,034 \text{ мм}$$

Погрешность установки заготовки в приспособление по формуле (2.6):

$$\varepsilon_{y} = \sqrt{0 + 0} + 0,034 = 0,034 \text{ мм}$$

Допуск соосности на отверстие, устанавливаемое на палец, больше рассчитанной погрешности установки ($0,4 > 0,034$), следовательно, данное приспособление удовлетворяет требованиям точности.

2.7 Описание работы приспособления

Приспособление, показанное на листесборочного чертежа графической части, состоит из корпуса 4, на котором размещен палец 3. По нему базируется заготовка. С помощью прижимной лапки 1 и имеющимся на нем пальце заготовка закрепляется. Прижимная лапка приводится в движение посредством штока пневмоцилиндра, который перемещает прижим вниз.

Приспособление работает следующим образом.

После установки заготовки на цилиндрический палец, включается подвод рабочего воздуха через отверстие 16 пневмоцилиндра 7. Его поршень перемещается, взаимодействуя с прижимом, который прижимает заготовку сверху и через отверстие с помощью пальца. Таким образом, заготовка при обработке оказывается установленной на палец и прижатой сверху одним центральным упором и упором по отверстию.

При раскреплении детали происходит выход воздуха из рабочей полости. Под действием пружины шток пневмоцилиндра двигается в обратном направлении, происходит раскрепление детали.

Преимущество применения зажимного приспособления заключается в том, что перемещение движущихся механизмов осуществляется без рывков и заеданий за счет подвода вместе с воздухом смазки.

3 Компонировка гибкого автоматизированного комплекса

Автоматизация производства, независимо от его вида и объема выпуска изделий, является действенным способом повышения эффективности использования трудовых ресурсов.

Одной из основных причин разработок и внедрения роботов является экономия средств. По сравнению с традиционными средствами автоматизации применение ПР обеспечивает большую гибкость технических и организационных решений, снижение сроков комплектации и запуска в производство автоматизированных станочных систем.

3.1 Выбор и обоснование технологических операций для автоматизации в ГАК

Корпус, рассматриваемый в бакалаврской работе, является сложной по форме и размерам деталью, требующей разнообразной механической обработки. Технологический маршрут сложен и достаточно объемен. Все поверхности детали технологичны, это позволяет применять прогрессивные методы обработки: фрезерование, сверление, зенкерование, нарезание резьбы и т.д. Перечисленные операции выполняются на станках с ЧПУ.

3.2. Выбор технологического оборудования

3.2.1. Расчет количества основного оборудования

Основное технологическое оборудование было выбрано в разделе 1 с описанием технических характеристик.

В зависимости от штучного операционного времени рассчитаем количество станков, входящих в ГАК, с учетом минимального времени их простоев.

Таблица 3.1 – Расчетное количество основного оборудования

№ операции	Наименование операции	Трудоемкость $t_{шт}$, мин	Принятое количество единиц оборудования, шт.
005	Расточная	1,62	1
010	Расточная	1,56	1
015	Резьбонарезание	0,69	1
020	Точение	0,64	1

3.2.2. Выбор межоперационного транспорта

В качестве межоперационного транспорта выбран промышленный робот напольного типа модели РПМ 25.03. Выбор обосновывается тем, что промышленные роботы (ПР), как было описано выше, являются более совершенной и гибкой системой межоперационного транспортирования по сравнению с конвейерами, транспортёрами, тактовыми столами и т.д. ГАК с применением ПР могут встраиваться в гибкую производственную систему цеха. Данная деталь по своим размерам и формам позволяет применять такой вид межстаночного транспортирования.

ПР выполняет установку, переустановку, снятие деталей на станках, их межстаночное транспортирование, а также ряд вспомогательных операций (измерение, контроль).

Робот комплектуется широкодиапазонными быстросменными захватными устройствами для подобных корпусных деталей. Захватные устройства оснащаются встроенными датчиками контроля правильности базирования детали на станке, а также датчиком определения положения деталей, находящихся в позициях транспортной системы.

Общий вид ПР РПМ 25.03 представлен на рис. 3.1.

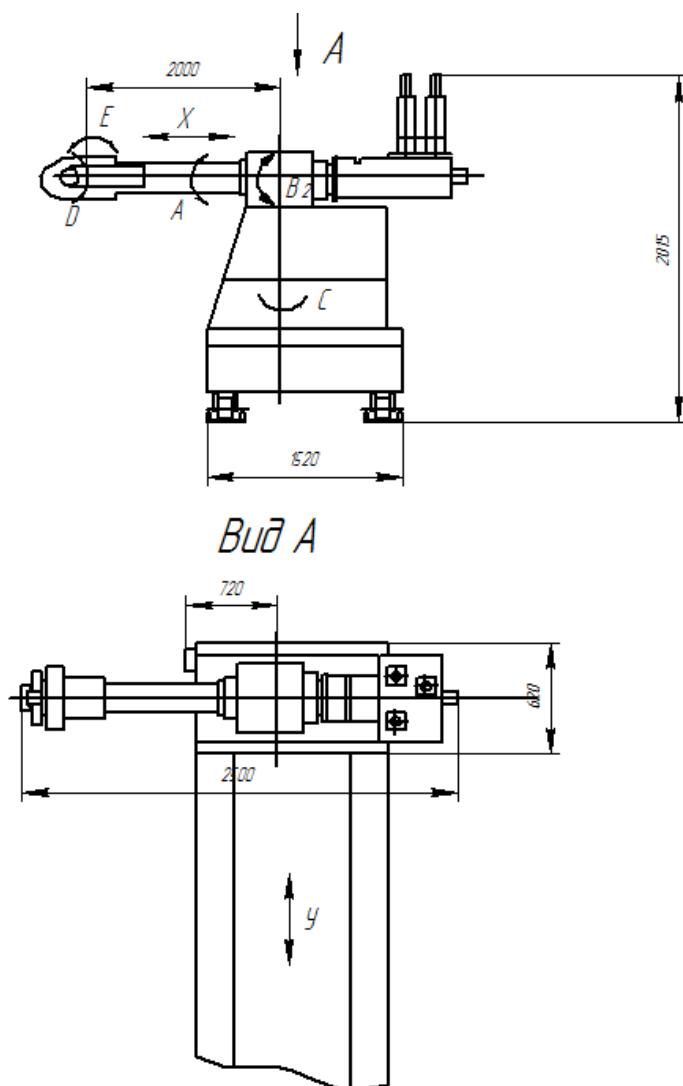


Рисунок 3.1 – Общий вид ПР РПМ 25.03

Технические данные ПР РПМ 25.03

Исполнение

напольный

Грузоподъемность, кг

25

Число рук, ед.

1

Число единиц обслуживаемого технологического оборудования, ед.

1- 4

Число захватов, ед.

1(2)

Число степеней подвижности, ед

7

Наибольшая точность позиционирования, рад (мм)

с аналоговыми датчиками

$\pm 0,4 \cdot 10^{-3} (\pm 0,5)$

с кодовыми датчиками

$\pm 0,1 \times 10^{-3} (\pm 0,125)$

Наибольшие перемещения по координатным осям:

горизонтальное, руки X, мм	500
качание руки в вертикальной плоскости B_2 , град	75
ход по монорельсам Y, мм	10000
поворот колонны с рукой в вертикальной плоскости B_1 , град	90
поворот руки в горизонтальной плоскости A, град	300
поворот колонны с рукой в горизонтальной плоскости C, град	300
качание схвата E, град	180
ротация схвата D, град	300

В электросхемах ПР предусмотрено устройство светозащиты, обеспечивающее безопасную эксплуатацию обслуживаемого ПР оборудования. Робот имеет датчики, позволяющие оценить взаимодействие робота с внешней средой, а также возможность выполнения необходимых операций (поиск, контроль, перемещение, укладку деталей).

Управление всей электроавтоматикой осуществляется системой ЧПУ «Сфера-36».

С целью удовлетворения требований техники безопасности обслуживаемого персонала ПР оснащен защитным устройством, обеспечивающим аварийный останов при соприкосновении с внешними объектами в процессе его перемещения.

ПР имеет число степеней подвижности, обеспечивающих необходимое число операций при обслуживании станков и вспомогательного оборудования, имеет высокую точность позиционирования, что обеспечивает высокую надежность.

3.2.3. Выбор системы складирования и хранения инструмента, оснастки, заготовок, деталей

Для промежуточного накопления деталей, заготовок, для хранения инструмента и оснастки в проектируемом ГАК используем роботизированный складской комплекс (РСК – 250). Комплекс имеет стеллажи с ячейками, в которых

располагается тара, позицию выдачи заготовок, позицию накопления обработанных деталей и позицию разгрузки поддонов робокаром. На данные позиции роботом-штабелером, который обслуживает данный складской комплекс, устанавливаются поддоны.

Технические характеристики РСК

Грузоподъемность робота-штабелера, кг	250
Вместимость склада, ячейки	90
Скорость перемещение штабелера по комплексу, м/с	0 – 2,5
Максимальный подъем каретки, м	4,5
Суммарная мощность приводов штабелера, Вт	21
Размер грузовой ячейки РСК (длинах ширина), м	0,9 x 0,6

Заготовки поступают на РСК в поддонах ППЗТ770 x 560. Заготовки располагаются в поддонах в ориентированном виде. Число заготовок в поддоне – 36 шт. Общий вид поддона ППЗТ 770 x 560 представлен на рис. 3.2.

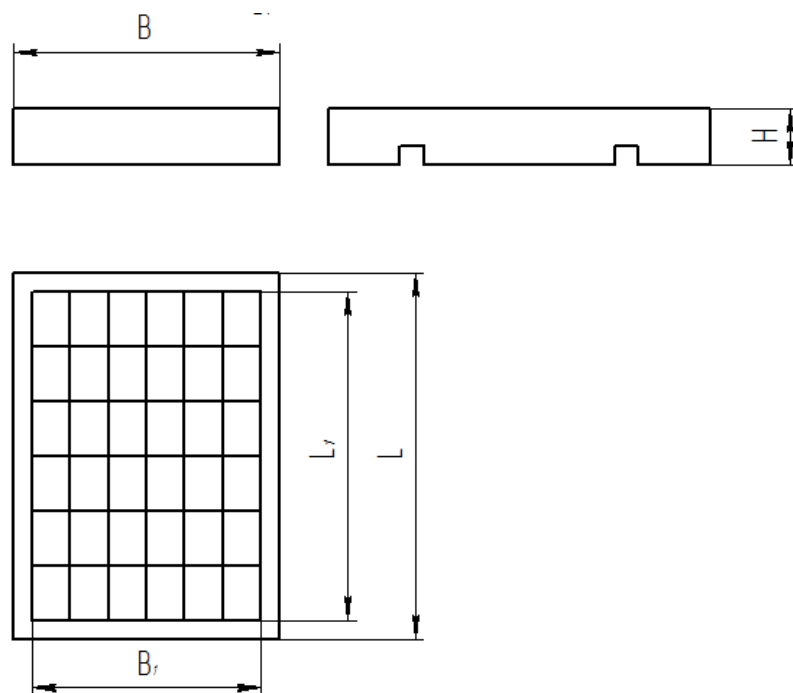


Рисунок 3.2 – Общий вид поддона ППЗТ 770 x 560

Основные размеры поддона металлического с буртиком модели ППЗТ

Наружные:

длина L , мм	770
ширина B , мм	560
высота H , мм	100

Внутренние:

длина L_1 , мм	690
ширина B_1 , мм	480

Грузоподъемность, т 0,25

Масса поддона, кг 14,1...15,5

Выбор транспортного робота

Для организации транспортной системы между участками используем транспортную тележку, управляемую от ЭВМ – робокар. Выбор обусловлен малыми габаритными размерами тележки, высоким уровнем автоматизации при быстрой наладке, низким уровнем шума, отсутствием загрязнения окружающей среды, высокими скоростями перемещений, гибкостью транспортных маршрутов, высокой эргономичностью и автономностью.

Транспортная тележка с подъемной платформой модели КН10М–01 представлена на рис. 3.3.

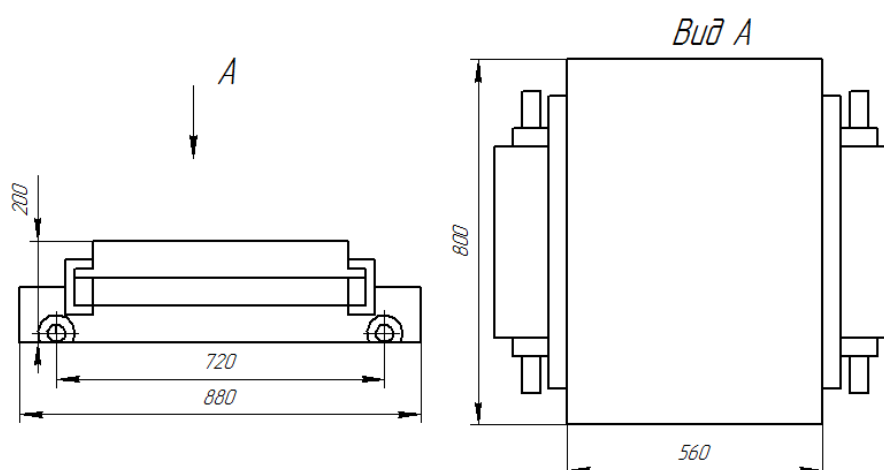


Рисунок 3.3 – Транспортная тележка с подъемной платформой

В качестве механизма перемещения используются колеса, приводимые в действие электродвигателями. Управление робокаром осуществляется от бортовой ЭВМ. В качестве системы маршрутослежения применяется направляющий магнитопровод индуктивного типа. Эта система является наиболее экономичной и обладает высокой приспособляемостью к изменяющимся производственным условиям.

Технические характеристики робокара КН10М–01:

Грузоподъемность, кг	500
Ход подъема, мм	450
Скорость движения, м/с	0,5...0,8
Минимальный радиус поворота, мм	500

3.3 Размещение оборудования ГАК

Необходимо геометрически согласовать положение оборудования в пространстве.

При построении планировки ГАК необходимо обеспечить выполнение следующих требований:

- обеспечить свободный, удобный и безопасный доступ обслуживающего персонала к основному и вспомогательному оборудованию;
- исключить пересечение трасс ПР и робокара в процессе работы ГАК;
- обеспечить возможность наблюдения оператором за ходом технологического процесса и состоянием оборудования;
- обеспечить ГАК средствами защиты от проникновения в зону действия ПР, которые не ограничивают технологические возможности станков и ПР, не ухудшают удобство их обслуживания, не препятствуют визуальному наблюдению оператора.

Схема размещения оборудования ГАК представлена на рисунке 3.4 и в графической части бакалаврской работы со всеми необходимыми видами и размерами.

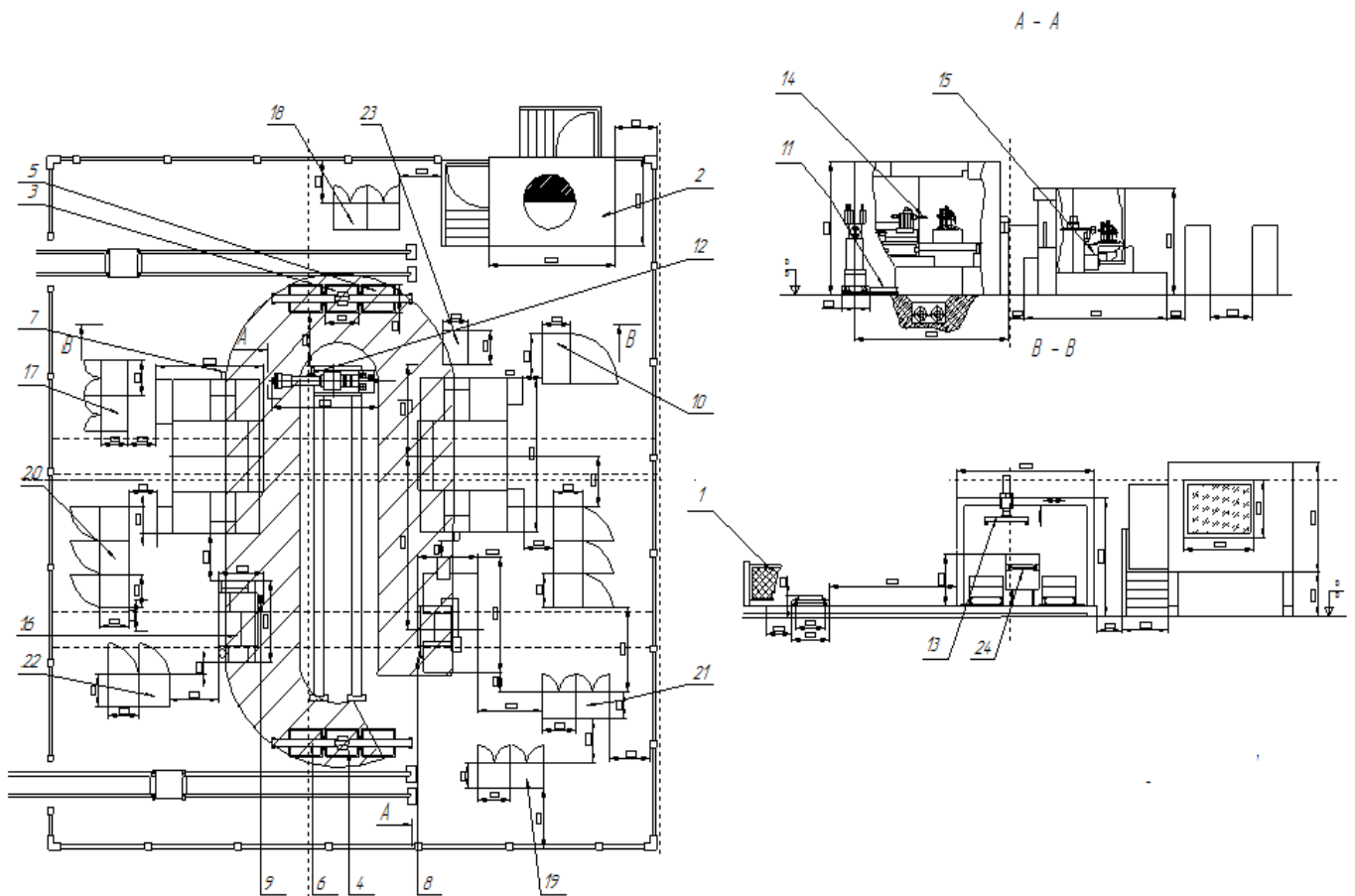


Рисунок 3.4 – Схема размещения оборудования ГАК

Напольный ПР установлен на монорельсы. ПР выполняет загрузку и разгрузку оборудования.

Технические характеристики ПР позволяют разместить основное оборудование с двух сторон от монорельсов в линию.

После доставки робокаром поддонов с заготовками на разгрузочную позицию РСК и установки одного из поддонов роботом-штабелером на позицию выдачи, ПР, зажав заготовку, перемещает ее к станку 14, загружает в станок. После окончательной обработки на станке 14 осуществляется разгрузка и перемещение и установ заготовки на 2-й станок. Затем ПР перемещается на позицию выдачи заготовок и загружает 1-й станок. После разгружается 14-й станок и загружается 15-й. После чего осуществляется загрузка обоих станков 14. Окончив загрузку, робот перемещается к станку 15, разгружает и загружает станок 16. После чего осуществляется разгрузка и загрузка предыдущих 3-х станков. После обработки

разгружается станок 16, и обработанная заготовка помещается в поддон обработанных деталей на позиции накопления. Робот-штабелер своевременно меняет наполненные поддоны на пустые.

Чтобы обеспечить свободный и удобный доступ персонала к основному и вспомогательному оборудованию в наладочных режимах, расстояние между станками составляет 800 и более мм.

Электрооборудование, инструментальные шкафы, устройства ЧПУ, гидростанции и т.д. расположены в соответствии с их рекомендуемым размещением, а также, с целью безопасного доступа к ним, по возможности вне рабочих зон ПР.

Для уменьшения точек позиционирования ПР, станки размещены таким образом, что технологические позиции станков лежат на одной линии.

Для мониторинга и слежения за ходом технологического процесса и состоянием оборудования в ГАК предусмотрено место оператора. Кабина оператора расположена вне рабочих зон ПР и на небольшом возвышении для лучшего визуального наблюдения. Операторская имеет выход на рабочую территорию ГАК, при пересечении барьера системы безопасности все оборудование блокируется. На оборудовании, напольном покрытии нанесены предупреждающие знаки, рабочее пространство ПР огорожено светозащитными датчиками, ПР имеет эффективную встроенную систему слежения и защиты.

Ограждение рабочих зон ПР выполнено с помощью системы светозащиты, обеспечивающей безопасную эксплуатацию обслуживаемого ПР оборудования. При пересечении светового луча человеком инициируется команда на аварийное торможение робота, вызывая прекращение его движения (если ПР находится в этой зоне или входит в нее).

Для всех станков предусмотрена система удаления отходов производства. Для сбора и удаления стружки на участке используются двухвинтовые конвейеры, схема которых представлена на рис.3.5. Они располагаются под полом ГАК. У станков в центре поворотно – делительных столов имеется отверстие – стружкосборник в виде желоба, в который стружка попадает вместе с СОЖ.

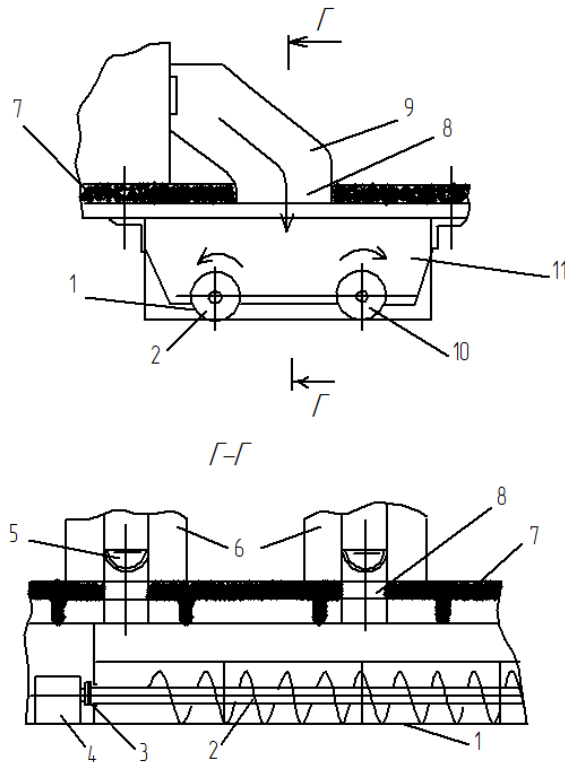


Рисунок 3.5 – Двухвинтовой конвейер

Двухвинтовой конвейер состоит из чугунных секций, собранных в желоб 1, в котором свободно (без опор) вращаются (в разные стороны) два винта 2,10 (с левым и правым направлением витков) от привода 4 через шарнирную муфту 3.

Винтовые конвейеры являются наиболее эффективными для перемещения как мелкой (дробленой), так и витой стружки. Стружка в желобе не вращается вместе с винтами из-за трения о стенки и поэтому передвигается вдоль желоба. При работе конвейера мелкая стружка, проваливаясь между винтами, движется по дну желоба, а крупная витая стружка отбрасывается и перемещается по верхней части желоба. При поступлении большого спутанного клубка стружки она разбивается витками винтов на мелкие клубки и транспортируется по средней части и бокам желоба. В цехе двухвинтовые конвейеры устанавливают под станками в подвале в подвешенном положении, при креплении к плитам 7 перекрытия здания. В плитах предусматривают отверстия 8 для прохода стружки, транспортируемой одновинтовыми конвейерами 5 от станков 6 на конвейер 11. Отверстия в плите закрывают съемными коробами 9.

3.4 Разработка граф-схемы переходов функционирования ГАК

Для определения времени цикла работы ГАК необходимо проанализировать траектории перемещения захвата вблизи рабочей зоны отдельного оборудования. Более детальный анализ движения схвата в рабочей зоне станков позволяет понять принцип загрузки и разгрузки станков.

3.4.1 Таблица алгоритмов работы ГАК

Составим таблицы описания алгоритмов переходов, описывая положение схвата, состояние схвата и оборудования, протяженность траекторий и время следования по ним. Время выполнения каждого перехода рассчитываем, исходя из средних значений скоростей робота, т.е. берем 80-85% от указанных скоростей в технических характеристиках робота.

Введем обозначения :

C_1 – состояние схвата ПР1

$C_1 = 0$ – в схвате пусто,

$C_1 = 1$ – в схвате заготовка,

$C_1 = 2$ – в схвате частично обработанная деталь,

$C_1 = 3$ – в схвате окончательно обработанная деталь;

C_2 – состояние 1-го станка (горизонтальный обрабатывающий центр НМС80I с ЧПУ – С1);

$C_2 = 1$ – на станке С1 запущена программа обработки,

$C_2 = 0$ – программа обработки не запущена;

C_3 – состояние 2-го станка (горизонтальный обрабатывающий центр НМС80I с ЧПУ – С2);

$C_3 = 1$ – на станке С2 запущена программа обработки,

$C_3 = 0$ – программа обработки не запущена ;

C_4 – состояние токарно-револьверного станка 1П426ДФ3 с ЧПУ – С3

$C_4 = 1$ – на станке С3 запущена программа обработки,

$C_4 = 0$ – программа обработки не запущена;

C_5 – состояние токарного патронно-центрового станка МК7702 с ЧПУ – С4

$C_5 = 1$ – на станке С4 запущена программа обработки,

$C_5 = 0$ – программа обработки не запущена ;

L – протяженность траектории (длина дуги или прямой линии);

t – длительность перехода;

В таблице 3.2. отобразим алгоритмы переходов для всех движений ПР при входе, выходе из цикла и работе в цикле.

Таблица 3.2 – Таблица переходов ПР

№ пп	Содержание перехода	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	L, мм , град	t, с
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вход в цикл								
1	Перемещение схвата за заготовкой	0	0	0	0	0	300	0,6
2	Заведение схвата на заготовку	0	0	0	0	0	500	1,1
3	Зажим схвата	1	0	0	0	0	-	1
4	Подъем схвата с заготовкой	1	0	0	0	0	500	1,1
5	Возврат схвата с заготовкой в исходную точку	1	0	0	0	0	300	0,6
6	Поворот ПР от ПВ к С1	1	0	0	0	0	90	1,4
7	Перемещение ПР от ПВ к С1	1	0	0	0	0	2530	1,7
8	Вход в рабочую зону С1	1	0	0	0	0	1200	2,4
9	Установка заготовки в приспособление (опускание вниз) С1	1	0	0	0	0	210	0,46
10	Разжим схвата	0	0	0	0	0	-	1
11	Возврат схвата в верхнюю точку	0	0	0	0	0	210	0,46
12	Выход из рабочей зоны С1	0	0	0	0	0	1200	2,4
Ожидание ПР								
13	Вход в рабочую зону С1	0	0	0	0	0	1200	2,4
14	Заведение схвата на заготовку (опускание вниз)	0	0	0	0	0	210	0,46
15	Зажим схвата	2	0	0	0	0	-	1
16	Возврат в верхнюю точку над приспособлением	2	0	0	0	0	210	0,46
17	Выход из рабочей зоны С1	2	0	0	0	0	1200	2,4
18	Поворот ПР от С1 к С2	2	0	0	0	0	180	2,77
19	Ротация схвата по D	2	0	0	0	0	90	0,45
20	Вход в рабочую зону С2	2	0	0	0	0	1200	2,4
21	Установка заготовки в приспособление (опускание вниз) С2	2	0	0	0	0	150	0,32
22	Разжим схвата	0	0	0	0	0	-	1

Продолжение таблицы 3.2

23	Возврат в верхнюю точку над приспособлением	0	0	0	0	1	150	0,32
24	Выход из рабочей зоны С2	0	0	0	0	1	1200	2,4
25	Ротация схвата по D	0	1	1	1	0	90	0,45
26	Поворот ПР от С2 к ПВ	0	1	1	1	1	90	1,4
27	Перемещение ПР к ПВ	0	1	1	1	1	2530	1,7
28	Повторение переходов 1-12							
29	Поворот ПР от С1 к С2	0	1	1	1	1	180	2,77
30	Ротация схвата по D	0	1	1	1	0	90	0,45
Ожидание ПР								
31	Вход в рабочую зону С2	0	1	0	0	0	1200	2,4
32	Заведение схвата на заготовку	0	1	0	0	0	150	0,32
33	Зажим схвата	2	1	0	0	0	-	1
34	Возврат в верхнюю точку над приспособлением	2	1	0	0	1	150	0,32
35	Выход из рабочей зоны С2	2	1	0	0	0	1200	2,4
36	Перемещение от С2 к С3	2	0	0	0	0	5310	3,54
37	Вход в рабочую зону С3	2	0	0	0	0	400	0,8
38	Установка заготовки в приспособление	2	0	0	0	0	180	0,39
39	Разжим схвата	0	1	0	0	0	-	1
40	Возврат в верхнюю точку над приспособлением	0	1	0	0	0	180	0,39
41	Выход из рабочей зоны С3	0	1	0	0	0	400	0,8
42	Поворот ПР 180	0	1	0	1	0	180	2,77
43	Перемещение от С3 к С1	0	1	0	1	0	5310	3,54
Ожидание ПР								
44	Повторение переходов 13-28							
45	Повторение переходов 1-12							
46	Поворот ПР	0	1	1	0	0	180	2,77
47	Перемещение ПР к С3	0	1	1	0	0	5310	3,54
48	Ротация схвата по D	0	1	1	0	0	90	0,45
49	Вход в рабочую зону С3	0	1	1	0	0	400	0,8
50	Заведение схвата на заготовку	0	1	1	0	0	180	0,39
51	Зажим схвата	2	1	1	0	0	-	1
52	Возврат схвата в верхнюю точку	2	1	1	0	0	180	0,39
53	Выход из рабочей зоны С3	2	1	1	0	0	400	0,8
54	Поворот ПР от С3 к С4	2	1	1	0	0	180	2,77
55	Ротация схвата по D	2	1	1	0	0	90	0,45
56	Вход в рабочую зону С4	2	1	1	0	0	350	0,7
57	Установка заготовки в приспособление	2	1	1	1	0	120	0,26
58	Разжим схвата	0	0	1	0	0	-	1
59	Возврат схвата в верхнюю точку	0	0	1	0	0	120	0,26

Продолжение таблицы 3.2

60	Выход из рабочей зоны С4	0	1	1	0	0	350	0,7
61	Ротация схвата	0	1	1	1	1	90	0,45
62	Поворот ПР	0	1	1	1	1	180	2,77
63	Перемещение к С2	0	1	1	1	1	5310	3,54
Ожидание ПР								
64	Повторение переходов 31-43							
65	Ротация схвата по D	0	1	0	1	0	90	0,45
Ожидание ПР								
66	Повторение переходов 13-27							
67	Повторение переходов 1-12							
68	Перемещение ПР от С1 к С4	0	1	1	0	0	5310	3,54
69	Вход в рабочую зону С4	0	1	1	0	0	350	0,7
70	Заведение схвата на заготовку	0	1	1	0	0	120	0,26
71	Зажим схвата	3	1	1	0	0	-	1
72	Возврат в исходную точку	3	1	1	0	0	120	0,26
73	Выход из рабочей зоны	3	1	1	0	0	350	0,7
74	Поворот к ПН	3	1	1	0	0	90	1,4
75	Перемещение ПР от С4 к ПН	3	1	1	0	0	920	0,6
76	Вход в зону ПВ'	3	1	1	0	0	350	0,7
77	Опустить заготовку	3	1	1	0	0	120	0,26
78	Разжим схвата	0	1	1	0	0	-	1
79	Возврат в верхнюю точку	0	1	1	0	0	120	0,26
80	Выход из ПН	0	1	1	0	0	350	0,7
81	Поворот ПР	0	1	1	0	0	90	1,4
82	Перемещение от ПВ' к С3	0	1	1	0	0	920	0,6
83	Повторение переходов 48-63							
84	Ротация схвата по D	2	1	1	0	1	90	1,4
Ожидание ПР								
85	Повторение переходов 48-63							
86	Ротация схвата по D	0	1	0	1	0	90	1,4
Ожидание ПР								
87	Повторение переходов 13-27							
88	Повторение переходов 1-12							
Работа в цикле								
89	Повторение переходов 68-82							
90	Повторение переходов 48-63							
Ожидание ПР								
91	Повторение переходов 31-43							
Ожидание ПР								
92	Повторение переходов 13-27							
93	Повторение переходов 1-12							
Выход из цикла								

Продолжение таблицы 3.2

94	Повторение переходов 68-82							
95	Повторение переходов 48-63							
96	Повторение переходов 30-43							
97	Повторение переходов 13-25							
98	Поворот ПР 180	0	0	1	0	0	180	2,77
99	Перемещение ПР от С2 к С4	0	0	1	0	0	5310	3,54
100	Повторение переходов 69-82							
101	Повторение переходов 48-63							
102	Повторение переходов 31-42							
103	Поворот ПР 180	0	0	0	1	0	180	2,77
104	Ротация схвата по D	0	0	0	1	0	90	0,45
105	Повторение переходов 31-42							
106	Ротация схвата по D	0	0	0	0	1	90	0,45
Ожидание ПР								
107	Повторение переходов 49-60							
Ожидание ПР								
108	Повторение переходов 69-80							
109	Поворот ПР	0	0	0	0	0	180	2,77
110	Перемещение ПР от ПН к ПВ	0	0	0	0	0	6760	4,5

3.4.2 Построение граф-схемы переходов (циклограммы)

Используя данные таблицы алгоритмов работы робота (табл.3.2), которая составлена на основе характеристик робота, построим граф-схему переходов.

Построение подробной циклограммы для всего ГАК достаточно громоздко, поэтому для анализа последовательности работы робота построим упрощенную диаграмму. На нее нанесем наиболее важные состояния системы. Близко расположенные точки позиционирования могут быть совмещены.

На граф-схеме, представленной в графической части бакалаврской работы, указаны последовательности действий ПР в цикле, при входе в цикл и выходе из цикла. Циклограммы построены с соблюдением всех правил построения циклограмм, а также нанесены все необходимые временные параметры для дальнейшего их анализа.

Построенная граф-схема позволяет: определить время цикла, определить такт выпуска изделий, анализировать порядок работы ПР, оценить длительность простаивания оборудования в ожидании ПР, а также длительность простаивания ПР

в ожидании окончания обработки оборудования и определить коэффициенты загрузки станков и роботов.

В результате построения циклограммы получили следующие характеристики:

- время цикла $T_{ц} = 131,65$ с;

- время входа в цикл $T_{вх} = 533,6$ с;

- время выхода из цикла $T_{вых} = 322$ с;

Согласно временным показателям граф-схемы переходов получили:

1) коэффициенты загрузки станков

$K_{з\ C1} = 0,74$;

$K_{з\ C2} = 0,71$;

$K_{з\ C3} = 0,32$;

$K_{з\ C4} = 0,3$;

2) Коэффициенты загрузки напольного робота

$K_{з\ ПР1} = 0,64$.

4 Система управления ГАК

4.1 Формирование задания на разработку

Для обеспечения управления ГАК необходима двухуровневая система управления.

Характеристика объекта управления:

1. В ГАК входят: 2 горизонтальных обрабатывающих центра модели НМС80I, станок токарно-револьверный с ЧПУ модели 1П426ДФ3; токарный патронно-центральной станок с ЧПУ модели МК7702; ПР напольного типа РПМ-25.03. Модели локальных систем управления (ЛСУ) оборудованием приведены в таблице 4.1.

2. Масса заготовки – 0,062 кг

3. Длительность цикла обработки – 2,2 мин

4. В течение цикла производится 1 деталь

5. Планировка ГАК и циклограмма его работы представлена в главе 3.

6. Требования к системе управления (СУ) ГАК:

1) устройство управления второго уровня должно обеспечивать реализацию следующих функций: оперативное управление комплексом (диспетчеризация), терминальная, мониторинг,

2) интерфейс связи 1-го и 2-го уровня управления наряду с высоким быстродействием должен иметь низкие затраты кабельной продукции;

3) алгоритм оперативного управления, кроме реализации требуемой циклограммы с учетом входа и выхода из цикла, должен исключать холостую работу оборудования и обеспечивать вывод комплекса из детерминированных нештатных ситуаций;

4) простота встраивания в СУ ГПС цеха или участка.

Таблица 4.1 – ЛСУ оборудования ГАК

Оборудование	Модель ЛСУ
Горизонтальный обрабатывающий центр НМС80I	Sinumerik 840D
Токарный-револьверный с ЧПУ модели 1П426ДФ3	Sinumerik840C
Токарный патронно-центральной с ЧПУ МК7702	Sinumerik840C
Промышленные роботы РПМ-25.03	Сфера-36

4.2 Сетевая структура системы управления ГАК

Организация сетевой структуры СУ основана на том, что системы ЧПУ (ЛСУ) станков и роботов в качестве входных сигналов воспринимают сигналы датчиков состояния станков и робота, датчиков положения всех механизмов станков и роботов, а также имеют развитое программное обеспечение диагностики станочного оборудования и механизмов робота. Сигналы диагностики обеспечивают формирование оценки состояния оборудования, которая используется как осведомительный сигнал для контроллера 2-ого уровня управления. Кроме того, сигналы выполнения и исполнения программ станков и робота также являются осведомительными.

Таким образом, для обслуживания контроллером 2-ого уровня решено использовать следующие датчики: состояния зажимных приспособлений агрегатных станков, наличия или отсутствия на позициях выдачи и накопления заготовок (деталей). В качестве таких датчиков используются интеллектуальные датчики, подключаемые к сети ProfibusDP, через малогабаритные станции распределенного ввода вывода SimaticET200eso производства фирмы Siemens. Например, ультразвуковой датчик по технологии IQ-Sense серии SimaticPXS300.

Для поддонов накопления-выдачи применяются видео датчик технического зрения VS120 со встроенным интерфейсом ProfibusDP.

Учитывая свойства ЛСУ и обслуживаемых ими датчиков, в качестве устройства управления 2-ого уровня выбираем программируемый логический контроллер (ПЛК) SiemensSIMATICS7-300.

4.2.1 Программируемый логический контроллер SIMATICS7-300

SIMATIC S7-300 (рисунок 4.1) имеют модульную конструкцию, обеспечивающую возможность построения распределенных структур управления, наличие дружественного пользователю интерфейса, что позволяет использовать контроллер для автоматического управления в производстве.

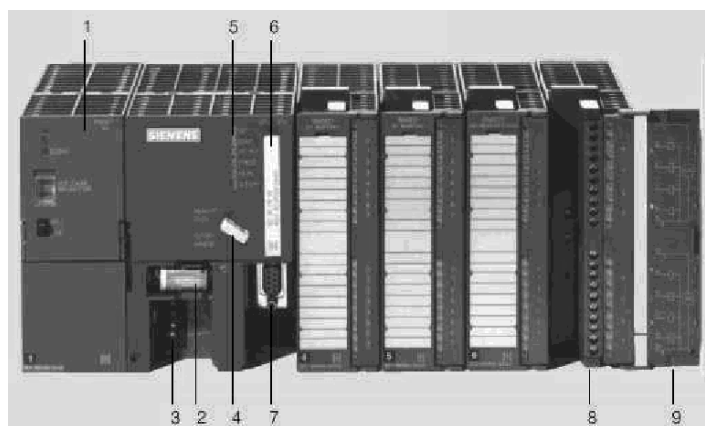


Рисунок 4.1 – Программируемый логический контроллер SIMATIC S7-300

1 – блок питания, 2 –буферная батарея, 3 –клеммы для подключения питания = 24В, 4 –ключ переключения режимов работы, 5 –светодиоды индикации состояния системы, 6 – submodule памяти, 7 –разъем многоточечного интерфейса MPI, 8 – фронтальный соединитель, 9 –защитная крышка.

Контроллеры SIMATIC S7-300 имеют модульную конструкцию (рисунок 4.2).

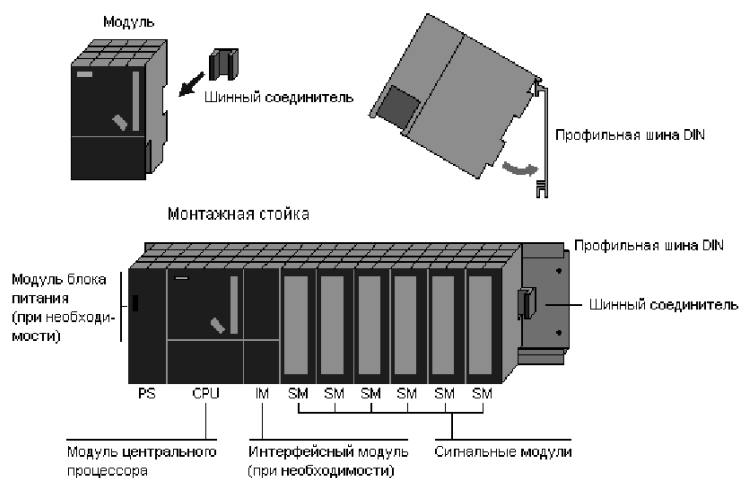


Рисунок 4.2 – Модульная конструкция SIMATIC S7-300

Комплектация СУ второго уровня в составе контроллера должна включать:

- блок питания
- коммуникационный процессор
- центральный процессор
- блок дискретных входов и выходов

Выбор блока питания

Контроллеры SIMATIC S7-300 используют для своей работы постоянный ток напряжением 24В. Модуль PS 307 преобразует входное напряжение ~120/230В в выходное напряжение 24В постоянного тока. Он может использоваться как для питания внутренних цепей контроллера, так и для питания его входных и выходных цепей.

Модуль PS 305 выполняет преобразование постоянного тока в постоянный. К входу модуля подключается источник питания напряжением 24, 48, 60 или 110В постоянного тока. На выходе формируется стабилизированное напряжение =24В. Ток нагрузки может достигать 2А.

Выбор коммуникационного процессора

Для подключения контроллера к сети PROFIBUS-DP выбираем коммуникационный процессор CP342-5, который позволяет разгрузить центральный процессор контроллера от выполнения коммуникационных задач.

Для подключения контроллера к сети IndustrialEthernet выбираем коммуникационный процессор CP343-1, который также разгружает центральный процессор контроллера от выполнения коммуникационных задач.

Модуль оснащен встроенными интерфейсами AUI/ITP и RJ45. Переключение между интерфейсами AUI и промышленной витой парой выполняется автоматически. Передача данных производится в дуплексном режиме со скоростью 100 Мбит /с.

Возможно функционирование с одновременной поддержкой транспортных протоколов ISO и TCP.

Коммуникационный процессор CP 343-1 позволяет выполнять дистанционное программирование контроллеров по сети, а также подключение контроллеров к офисной сети Ethernet.

Для подключения контроллера к сети AS-i выбираем коммуникационный процессор CP342-2.

Стандартным ведущим устройством AS-интерфейса для контроллеров S7-300 является процессор CP 342-2.

Выбор центрального процессора для контроллеров S7-300

В соответствии с уровнем решаемых задач выбираем процессор CPU 315 – центральный процессор для построения систем автоматизации со средним или большим объемом программы, обслуживающий системы локального и распределенного ввода-вывода, подключаемый по PROFIBUS-DP.

Для вывода информации необходимо подключить к контроллеру графическую панель оператора SIMATICOP37, которая имеет жидкокристаллический дисплей и мембранную клавиатуру. Панель оператора SIMATICOP37 связывается с контроллером S7-300 по интерфейсу RS232C.

4.2.2 Интеллектуальные датчики

Ультразвуковой датчик SimaticPXS300 3SF6232-3JA00 является датчиком отражающего действия, обнаруживаемый объект действует как отражатель.



Рисунок 4.3 – Ультразвуковой датчик SimaticPXS300

Датчик технического зрения SimaticVS720



Рисунок 4.4 – Датчик технического зрения SimaticVS720

Датчик технического зрения SimaticVS720 применяется для контроля наличия и правильности положения заготовок и деталей, обрабатываемых на ГАК.

Встроенный интерфейс PROFIBUS позволяет осуществлять дистанционное управление работой датчика, а также передавать ведущему DP-устройству

результаты анализа видеоизображения. Связь между контроллером и датчиком осуществляется через сеть PROFIBUS-DP

Станция распределенного ввода вывода ET 200eso



Рисунок 4.5 – Станция распределенного ввода вывода ET 200eso

Станция обрабатывает до 16 дискретных сигналов, имеет встроенный интерфейс PROFIBUS DP.

4.3 Разработка структурно-функциональной схемы системы управления ГАК

Структурно-функциональная схема СУ ГАК реализована в виде двух основных промышленных сетей, включающих сеть полевого уровня по стандарту ProfibusDP и сеть AS-интерфейса – сеть для подключения светового барьера. Дополнительно для решения задач загрузки управляющих программ и организации обмена информацией с цеховым уровнем используется сеть IndustrialEthernet.

Связь с полевым уровнем PROFIBUS-DP используется для обслуживания систем распределенного ввода-вывода и устройств, систем человеко-машинного интерфейса.

AS-интерфейс – это сеть полевого уровня, позволяющая объединять датчики и приводы различного назначения.

Применение AS-интерфейса позволяет соединять все элементы системы одним двухжильным кабелем. AS-интерфейс – это сеть с одним ведущим устройством. В качестве ведущего устройства предполагается использовать коммуникационный процессор.

Отличительной чертой AS-интерфейса является использование одного двухжильного кабеля для обмена данными и подвода питания к датчикам и исполнительным устройствам. Для питания сетевых устройств должны использоваться только специальные блоки питания, предназначенные для работы в AS-интерфейсе.

IndustrialEthernet – промышленная сеть верхних уровней управления, которая обеспечивает связь между системами автоматизации, компьютерами и рабочими станциями. Она отличается высокой производительностью, оперативностью подключения сетевых компонентов, гибкостью и надежностью.

Для взаимодействия устройств и систем управления планируется использовать шинную топологию, при которой просто реализуется передача информации между абонентами и значительно облегчается модернизация, в частности, подключение дополнительного оборудования.

Объединение ЛСУ в сеть ProfibusDP производится модулем ProfibusDPIM 308-C.

Объединение ЛСУ в сеть Ethernet производится модулем EthernetCP 1476.

СУР СФЕРА-36 интегрируется в сеть ProfibusDP посредством модуля CP 342-5.

Контроллер второго уровня S7-300 встраивается в сети с помощью контроллеров (соответственно):

- ProfibusDP – CP342-5;
- Ethernet – CP 343-1;
- AS-i – CP342-2.

Для обеспечения взаимодействия оператора с ходом технологического процесса используется человеко-машинный интерфейс в составе панели оператора OP37 и программатора PG 720.

Физическое подключение ЛСУ к ProfibusDP осуществляется с помощью сетевого терминала RS485 6GK1500, к Ethernet – трансивера 6GK1901.

Повторитель 6GK1110 служит для связи сегментов сети.



Рисунок 4.6 – Трансивер 6GK1901



Рисунок 4.7 – Повторитель 6GK1110



Рисунок 4.8 – Сетевой терминал RS485 6GK1500

4.4 Анализ задачи оперативного управления ГАК

Задача оперативного управления ГАК – задача координации работы его оборудования, задача согласования развития процессов управления на нижнем уровне. Т.е. это согласованный запуск управляющих программ станков с ЧПУ и ПР. Ввиду сложности и последовательности работы робота, обслуживающего оборудование, разработаем блок-схему алгоритма оперативного управления частью оборудования ПР, обслуживающего станки С1 и С2 .

Таблица 4.2 – Управляющие подпрограммы ПР (УП ПР)

№	Наименование, обозначение	Выполняемые движения и операции	Условия выработки команды управляющей системой второго уровня
1	2	3	4
1	Загрузка С1 заготовкой из поддона, находящегося на позиции выдачи (ПВ) склада УП ПР – 1	1. Захват роботом заготовки из очередной ячейки поддона на ПВ 2. Перемещение от ПВ к С1 3. Вход в рабочую зону С1, установка и закрепление заготовки в зажимном приспособлении 4. Выход из рабочей зоны С1	1) В очередной ячейке поддона имеется заготовка 2) Все системы ПР исправны 3) Схват ПР разжат 4) В зажимном приспособлении С1 пусто 5) Зажимное приспособление С1 разжато 6) Все системы С1 исправны 7) Ограждение ГАК не нарушено
2	Разгрузка станка С1 УП ПР – 2	1.Вход в рабочую зону С1 2. Заведение схвата на частично обработанную деталь в приспособлении С1 3.Зажим схвата 4.Выход из рабочей зоны С1	1)ПР у С1 2)Все системы ПР исправны 3)Ограждение ГАК не нарушено 4)Схват разжат 5)УП С1 не выполняется 6)Зажимное приспособление разжато
3	Поворот ПР от С1 к С2 УП ПР – 3	-----	1) ПР у С1 2) В схвате ПР заготовка 2) Все системы ПР исправны 3)Ограждение ГАК не нарушено 4)УП С2 не выполняется 5)В зажимном приспособлении С2 пусто 6)УП С1 не выполняется

Продолжение таблицы 4.2

4	<p>Загрузка С2</p> <p>УП ПР – 4</p>	<p>1.Вход в рабочую зону С2</p> <p>2.Заведение схвата с заготовкой над станочным приспособлением</p> <p>3.Установка и закрепление частично обработанной детали в приспособлении С2</p> <p>4.Разжим схвата</p> <p>5.Выход из рабочей зоны С2</p>	<p>1) ПР у С2</p> <p>2) В схвате ПР частично обработанная деталь</p> <p>3) Все системы ПР исправны</p> <p>4)Ограждение ГАК не нарушено</p> <p>5)УП С2 не выполняется</p> <p>6)УП С1 не выполняется</p> <p>7)В зажимном приспособлении С1 пусто</p> <p>8) В зажимном приспособлении С2 пусто</p>
5	<p>Поворот ПР от С2 к ПВ</p> <p>УП ПР – 5</p>	<p>-----</p>	<p>1)ПР у С2</p> <p>2)Схват ПР разжат</p> <p>3)Все системы ПР исправны</p> <p>4)Зажимное приспособление С1 разжато</p> <p>5)Все системы С1 исправны</p> <p>6)Ограждение ГАК не нарушено</p>
6	<p>Загрузка станка С1 заготовкой из поддона, находящегося на позиции выдачи ПВ</p> <p>УП ПР – 6</p>	<p>1. Захват роботом заготовки из очередной ячейки на ПВ</p> <p>2. перемещение от ПВ к С1</p> <p>3. Вход в рабочую зону С1, установка и закрепление заготовки в зажимном приспособлении</p> <p>4. Выход из рабочей зоны С1</p>	<p>1)В очередной ячейке поддона имеется заготовка</p> <p>2)Все системы ПР исправны</p> <p>3)Ограждение ГАК не нарушено</p> <p>4)УП С1 не выполняется</p> <p>5)Все системы С1 исправны</p> <p>6)В зажимном приспособлении С1 пусто</p> <p>7)Зажимное приспособление С1 разжато</p>

Таблица 4.3 – Управляющие программы запуска обработки на станках С1, С2

№	Наименование, обозначение	Условия выработки команды управляющей системой второго уровня
1	2	3
1	Запуск управляющей программы обработки на С1 УП С1	1. ПР у С1 2. Ограждение ГАК не нарушено 3. Все системы С1 исправны 4. УП С1 не выполняется 5. Зажимное приспособление С1 зажато В зажимном приспособлении С1 заготовка В зажимном приспособлении С1 пусто
2	Запуск управляющей программы обработки на С2 УП С2	5. ПР у С2 6. Ограждение ГАК не нарушено 7. Все системы С2 исправны 8. УП С2 не выполняется 5а. Зажимное приспособление С2 разжато В зажимном приспособлении С2 заготовка В зажимном приспособлении С2 пусто

на ПН и ПВ

Таблица 4.4 – Управляющие подпрограммы смены поддонов роботом –штабелером

№	Наименование, обозначение	Условия выработки команды управляющей системой второго уровня
1	2	3
1	Замена роботом-штабелером (РШ) пустого поддона из-под заготовок на позиции выдачи (ПВ) новым УП РШ1-1	1. Все ячейки пусты 2. Счетчик ячеек поддона по ширине равен 6 (а=6) 3. Счетчик ячеек поддона по длине равен 6 (в=6)
2	Замена РШ заполненного обработанными деталями поддона на позиции накопления (ПН) новым УП РШ2-2	1. Счетчик ячеек поддона по ширине равен 6 (а=6) 2. Счетчик ячеек поддона по длине равен 6 (в=6) 3. Все ячейки заполнены

Управление запуском обработки на станках сводится к запуску УПС1, УПС4 при выполнении следующих условий:

- 1) УП ПР по загрузке соответствующего станка выполнена полностью;
- 2) заготовка установлена и закреплена в зажимном приспособлении соответствующего станка;

- 3) на станке не выполняется программа обработки;
- 4) все системы соответствующего станка исправны;
- 5) ограждение рабочей зоны РТК не нарушено;
- 6) в рабочей зоне станка нет помех.

4.5 Описание, систематизация и формализация осведомительных и управляющих сигналов устройства управления второго уровня

В соответствии с принятыми принципами организации архитектуры СУ ГАК и обмена информацией готовность оборудования к запуску определяется контроллером второго уровня по соответствующим входным сигналам.

Эти сигналы представлены в таблицах 4.2, 4.3, 4.4, допусками которых являются отсутствие дополнительных сигналов, используемых в режимах диагностирования состояния оборудования и нештатных ситуаций.

4.6 Разработка блок-схемы алгоритма оперативного управления ГАК

Блок-схема алгоритма (БСА) оперативного управления ГАК разработана на основе таблиц 4.5, 4.6. БСА обеспечивает управление процессами входа/выхода из цикла и циклической работы ГАК, для чего организован счет деталей, обрабатываемых на станке С1 (N_1) и счет уложенных обработанных деталей в поддон на ПН (S) до завершения всей партии N, и, в зависимости от этого, запуск программ различных перемещений ПР и РШ (таблица 4.5) выводом из S7-300 соответствующих команд. Перед выводом команд запуска УП ПР проверяется условие готовности их к запуску (таблица 4.6). Аналогично выводятся команды к запуску УП станков ГАК.

При невыполнении условий запуска ПЛК S7-300 второго уровня инициализирует диагностику состояния и нештатных ситуаций – сбой СУ станков и ПР, нарушения в работе зажимных приспособлений, нарушение ориентации ПР у оборудования, ошибки вспомогательных технологических операций (например, при загрузке станков) и пр., а также анализ возможности использования резидентных

программ выхода из непредвиденных ситуаций (НС) в автоматическом режиме. Если такой выход невозможен или соответствующая программа не устранила НС, в БСА предусмотрен переход к режиму аварийного останова с включением аварийной сигнализации, выводом сообщений о НС и передачей управления оператору.

При построении блок-схемы алгоритма использованы следующие дополнительные переменные:

Таблица 4.5 – Входные сигналы контроллера 2-го уровня

№ п/п	Функциональное значение	Вид	Источник	Перем.	Логическое значение
1	2	3	4	5	6
1	Сигналы нарушения ограждения ГАК	Дискретный, логический	Световые датчики ограждения	$X1_{\Sigma}$	$X1_{\Sigma} = X1.1 \vee X1.2 \vee X1.3 \vee X1.4 = 1(0)$ – ограждение нарушено (не нарушено) $X1.1, X1.2, X1.3, X1.4$ – сигналы световых датчиков
2	Сигнал выполнения УПС1	Дискретный, импульсный	УЧПУ С1	X2	$X2=1(0)$, УП С1 выполняется (не выполняется)
3	Сигнал выполнения УПС2	Дискретный, импульсный	УЧПУ С4	X3	$X3=1(0)$, УП С2 выполняется (не выполняется)
4	Сигнал о исправности всех систем С1	Дискретный, импульсный	УЧПУ С1	X4	$X4=1(0)$, все системы С1 исправны (не исправны), по диагностическим программам, тестам УЧПУ С1
5	Сигнал о исправности всех систем С2	Дискретный, импульсный	УЧПУ С4	X5	$X5=1(0)$, все системы С2 исправны (не исправны), по диагностическим программам, тестам УЧПУ С2
6	Сигнал о наличии заготовки в ячейке поддона на ПВ	Дискретный, логический	S7-300 PCK	X6	$X6=1(0)$ – в ячейке поддона есть заготовка (ячейка поддона пуста), $\bar{X} 6_{\Sigma}$ – все ячейки поддона пусты
7	Сигнал о наличии обработанной детали в ячейке поддона на ПН	Дискретный, логический	S7-300 PCK	X7	$X7=1(0)$ – в ячейке поддона есть обработанная деталь (ячейка поддона пуста), $X7_{\Sigma}$ – все ячейки поддона заполнены

Продолжение таблицы 4.5

8	Сигнал о исправности всех систем ПР	Дискретный, импульсный	УЧПУ ПР	X8	X8=1(0) – все системы ПР1 исправны (не исправны), по диагностическим программам, тестам УЧПУ ПР1
9	Сигнал о положении ПР у С1	Дискретный, импульсный	УЧПУ ПР	X9	X9=1(0) – ПР находится у С1 (схват у С1) (не у С1)
10	Сигнал о положении ПР у С2	Дискретный, импульсный	УЧПУ ПР	X10	X10=1(0) – ПР находится у С2 (схват у С2) (не у С2)
11	Сигнал о положении ПР у ПВ	Дискретный, импульсный	УЧПУ ПР	X11	X11=1(0) – ПР1 находится у ПВ (схват у ПВ) (не у ПВ)
12	Сигнал о положении ПР у ПН	Дискретный, импульсный	УЧПУ ПР	X12	X12=1(0) – ПР1 находится у ПН (схват у ПН) (не у ПН)
13	Сигнал о состоянии схвата ПР	Дискретный, импульсный	УЧПУ ПР	X13	X13=1(0) – схват ПР1сжат (разжат)
14	Сигнал о заполнении схвата ПР	Дискретный, импульсный	УЧПУ ПР	X14	X14=1(0) –в схвате ПР заготовка (деталь)
15	Сигнал о заполнении приспособления С1	Дискретный, импульсный	УЧПУ С1	X15	X15=1(0) – в приспособлении С1 заготовка (частично обработанная деталь)
16	Сигнал о положении приспособления С1	Дискретный, импульсный	УЧПУ С1	X17	X17=1(0) – приспособление С1 зажато (разжато)
17	Сигнал о заполнении приспособления С2	Дискретный, импульсный	УЧПУ С2	X21	X21=1(0) – в приспособлении С2 заготовка (частично обработанная деталь)
18	Сигнал о состоянии приспособления С2	Дискретный, импульсный	УЧПУ С2	X22	X22=1(0) – в приспособлении С2 пусто (приспособление С2 заполнено)

Таблица 4.6 – Выходные сигналы контроллера второго уровня

№ п/п	Функциональное значение	Приемник	Перем.	Формализованное условие вывода
1	2	3	4	5
1	Команда запуска УП ПР – 1	УЧПУ ПР	Y1	$Z1=1; Z1 = X6 \cdot X8 \cdot \bar{X}13 \cdot X16 \cdot \bar{X}17 \cdot X4 \cdot \bar{X}1_{\Sigma}$
2	Команда запуска УП ПР – 2	УЧПУ ПР	Y2	$Z2=1; Z2 = \bar{X}2 \cdot X8 \cdot \bar{X}1_{\Sigma} \cdot X4 \cdot \bar{X}15 \cdot X17 \cdot \bar{X}20 \cdot X9 \cdot \bar{X}13$
3	Команда запуска УП ПР – 3	УЧПУ ПР	Y3	$Z3=1; Z3 = X9 \cdot \bar{X}13 \cdot X4 \cdot \bar{X}1_{\Sigma} \cdot X2 \cdot X16 \cdot X20 \cdot X18 \cdot \bar{X}3$
4	Команда запуска УП ПР – 4	УЧПУ ПР	Y4	$Z4=1; Z4 = X9 \cdot \bar{X}13 \cdot X8 \cdot \bar{X}1_{\Sigma} \cdot X2 \cdot X3 \cdot X16 \cdot X20 \cdot X18$
5	Команда запуска УП ПР – 5	УЧПУ ПР1	Y5	$Z5=1; Z5 = X10 \cdot \bar{X}13 \cdot X8 \cdot \bar{X}1_{\Sigma} \cdot \bar{X}3 \cdot \bar{X}23 \cdot X25 \cdot \bar{X}21 \cdot \bar{X}26 \cdot X5$
6	Команда запуска УП ПР – 6	УЧПУ ПР1	Y6	$Z6=1; Z6 = X10 \cdot X8 \cdot \bar{X}1_{\Sigma} \cdot \bar{X}13 \cdot \bar{X}3 \cdot X5 \cdot \bar{X}24 \cdot \bar{X}26 \cdot X22$
7	Команда запуска УП С1	УЧПУ С1	Y7	$Z11=1; Z11 = X9 \cdot \bar{X}1_{\Sigma} \cdot X4 \cdot \bar{X}2 \cdot (X17 \cdot X15 \cdot X19 \vee X20 \cdot X16 \cdot X18)$
8	Команда запуска УП С2	УЧПУ С2	Y8	$Z12=1; Z12 = X10 \cdot \bar{X}1_{\Sigma} \cdot X5 \cdot \bar{X}3 \cdot (\bar{X}23 \cdot X21 \cdot X25 \vee \bar{X}26 \cdot X24 \cdot X22)$
9	Команда запуска УП РШ1 – 1	S7-300PKC	Y9	$Z13=1; Z13 = \bar{X}6_{\Sigma} \cdot (a = 6) \cdot (b = 6)$
10	Команда запуска УП РШ2 – 2	S7-300PKC	Y10	$Z14=1; Z14 = [X7_{\Sigma} \cdot (c = 6) \cdot (d = 6)] \vee [S = N \cdot (c \leq 6) \cdot (d \leq 6)]$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные расчеты и разработки позволяют сделать следующие выводы.

1. Разработана прогрессивная конструкция заготовки, позволяющая получить минимальные припуски на обработку. Исследована деталь, проведен анализ служебного назначения детали. Выбран метод получения заготовки.

2. Разработан перспективный технологический процесс на базе станков с ЧПУ изготовления корпуса, базирующийся на современных методах обработки. Разработан технологический маршрут и операционная технология.

3. Выбрано современное оборудование. Разработана схема размещения оборудования ГАК, для которой спроектирована циклограмма функционирования ГАК. Минимизированы простои оборудования, повышены коэффициенты загрузки оборудования.

4. Решена проблема межоперационной транспортировки заготовок, загрузки, выгрузки и переустановки деталей на станках с помощью современного быстродействующего промышленного робота.

5. Разработана блок-схема оперативного управления ГАК с возможностью исполнения резидентных программ для выхода из нештатных ситуаций.

6. Разработана двухуровневая система управления ГАК.

Цели бакалаврской работы достигнуты, задачи выполнены.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хватов Б.Н. Гибкие производственные системы. Расчет и проектирование. Учебное пособие. Издательско-полиграфический центр Тамбовского государственного технического университета 392000, Тамбов, ул. Советская, 106, к. 14. Гибкие производственные системы. Расчет и проектирование.
2. Пуховский Е.С. Технологические основы гибкого автоматизированного производства. Учеб.пособие. — К.: Вицшак. Головное изд-во, 1989. — 240 с.: 87 ил.— Библиогр.: 35 назв.ISBN 5-11-001340-3.
3. О.И Аверьянов О.И. Дашенко А.И. ЛескинаА.А.идр.;под общ ред. Федотова А.И.иМиляева. О.Н.Л.: Политехника, 1991 — 320 с. Технологические оборудование ГПС.
4. Учебник для высших учебных заведений. — 3-е изд. — М.: Академия, 2007. — 576 с.
5. Лачин В.И., Савелов Н.С. Электроника: Учебное пособие. – Ростов н/Д: изд-во «Феникс», 2001. – 448 с.
6. Забродин Ю.С. Промышленная электроника. Учебник для вузов.- М.: Высш. школа, 1982.
7. Расчет электронных схем. Примеры и задачи: Учеб. пособие для вузов по спец. электрон.техн / Г.И.Изыюрова, Г.В.Королев и др.- М.: Высш. школа, 1987.- 335 с.
8. Быстров Ю.А., Мироненко И.Г., Хижа Г.С. Электронные цепи и устройства. Учебник для вузов. С.-Пб.; Энергоатомиздат. Санкт-Петербургскоеотд-ние, 1999.-512 с.: ил.
9. Л.А. Бессонов «Теоретические основы электротехники», М., «Высшая школа», 1989 г.
10. Э.Г. Атамалян «Приборы и методы измерения электрических величин», М., «Высшая школа», 1989 г.
11. Л.П. Мелешкина и др. «Руководство к лабораторным работам по основам промышленной электроники», М, «Высшая школа», 1977, 255с.

12. Т.Ф Березкина, Н.Г. Гусев. В.В. Масленников «Задачник по общей электротехнике с основами электроники», М., «Высшая школа», 2001, 377 с.
13. Основы промышленной электроники: Учебник для неэлектротехн. спец. вузов /В.Г. Герасимов, О М. Князьков, А Е. Краснопольский, В.В. Сухоруков; под ред. В.Г. Герасимова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2008. – 336 с., ил.
14. Электротехника и электроника в 3-х кн. Под ред. В.Г. Герасимова Кн.2. Электромагнитные устройства и электрические машины. – М.: Высшаяшк. – 2007 г.
15. Алиев, И.И. Электротехника и электрооборудование: Справочник: Учебное пособие для вузов / И.И. Алиев. - М.: Высш. шк., 2010. - 1199 с.
16. Данилов, И.А. Общая электротехника 2-е изд., испр. и доп. учебное пособие для бакалавров / И.А. Данилов. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 673 с.
17. Иванов, И.И. Электротехника и основы электроники: Учебник. 8-е изд., стер / И.И. Иванов, Г.И. Соловьев, В.Я. Фролов. - СПб.: Лань, 2016. - 736 с.
18. Иньков, Ю.М. Электротехника и электроника: Учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования / Б.И. Петленко, Ю.М. Иньков, А.В. Крашенинников. - М.: ИЦ Академия, 2013. - 368 с.
19. DEVELOPMENT DRIVE KINETIC ENERGY OF THE FLYWHEEL TYPE MAGNETIC AXES. [Электронныйресурс] : Magnus Hedlund, Johan Lundin, Juan de Santiago, - URL : <http://doaj.org/> / 2015;8(10):10636-10663 DOI 10.3390/en81010636
20. A new technology proposed to recycle waste plastics into hydrocarbon fuel in USA. [Электронныйресурс] : - URL : <http://doaj.org/> / 2016
21. Wireless Design for Power Theft Monitoring,” [Электронныйресурс] IEEE 2010 Fourth International Conference on Sensor Technologies and Applications
22. Decision Support using a Multi-Agent System for Hardware Upgrades in Smart Grids. [Электронныйресурс] : u-Ting Wu, Biao Lei, Chong-Fang Ma, Lei Zhao. - URL :<http://doaj.org/>.
23. Microcontroller based PWM Inverter for Speed Control of a Three Phase Induction Motor. [Электронныйресурс] :Móslem SAMI, Mohammad Javad SHIEKHDAVOODI, Morteza ALMASSI- URL : <http://doaj.org/>.