

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
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 Гибкая производственная система изготовления корпусных деталей

Студент	<u>С.Н. Малофеев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>О.Ю. Копша</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>Д.Г. Токарев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>О.А. Парфенова</u> (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 2019

АННОТАЦИЯ

бакалаврской работы Малофеева С.Н.

«Гибкая производственная система изготовления корпусных деталей»

В бакалаврской работе на тему «Гибкая производственная система изготовления корпусных деталей» был разработан современный и автоматизированный технологический процесс, в который входит обоснованный выбор метода получения заготовки, разработка технологического маршрута и операционной технологии.

Для автоматизации всего процесса, необходимо выбрать технологические наладки на операции: фрезеровальную, сверлильную, расточную и резьбонарезную.

Исходя из технологического процесса и определённых требований его автоматизации была подобрана технологическая оснастка гибкой производственной системы. Спроектирована компоновка гибкой производственной системы. Построена циклограмма работы гибкой производственной системы.

Определено зажимное устройство робота для захвата и перемещения корпусной детали.

Разработана структура управления гибкой производственной системы. Созданы блок-схемы программного обеспечения промышленного логического контроллера и схема размещения датчиков для контроля штатных и нештатных ситуаций функционирования гибкой производственной системой.

Вся графическая часть была выполнена с соблюдением всех условий и требований стандарта по ЕСКД и ЕСДП.

Данная бакалаврская работа состоит из пояснительной записки на 74 страниц, введения, списка 30 источников, в которые входят также 5 источников на иностранном языке и чертежей на 6 листах формата А1.

ABSTRACT

The title of the graduation work is The Flexible Manufacturing System for Manufacturing Body Parts. In the work, modern and automated technological process has been developed, which included a reasonable choice of the method for producing blanks, the development of a technological route and an operating technology.

To automate the process, it is necessary to select technological adjustments for operations: milling, drilling, boring and thread-cutting.

Proceeding from the technological process and certain requirements of its automation, the technological equipment of the flexible production system was selected. A flexible production system layout was designed. The cyclogram of the flexible production system was built.

A robot clamping device is defined to grip and move the body part.

A management structure for a flexible production system has been developed. The software block diagrams of the industrial logic controller and the layout of sensors for control of regular and emergency situations of a flexible production system have been created.

The entire graphic part was executed in compliance with all the conditions and requirements of the technical standards.

The graduation work consists of an explanatory note on 74 pages, introduction, 30 references including 5 foreign sources and the graphic part on 6 A1 sheets.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Разработка технологического процесса	8
1.1 Конструкция и назначение детали	8
1.2 Определение типа производства	10
1.3 Анализ технологичности детали	10
1.4 Выбор заготовки	13
1.5. Составление технологического маршрута изготовления детали	15
1.6. Расчёт режимов резания.....	19
1.6.1 Расчёт режимов резания аналитическим методом	19
1.6.2 Расчёт режимов резания по нормативам	21
1.7. Расчёт норм времени	28
2 Расчёт и анализ захватного устройства.....	32
2.1 Выбор типа захватного устройства и его обоснование	32
2.2 Исходные данные используемого захватного устройства	32
2.3 Силовой расчёт захватного устройства.....	33
2.4 Конструирование и расчёт на прочность деталей ЗУ	35
2.5 Описание работы захватного устройства.....	37
3 Компоновка гибкой производственной системы.....	38
3.1 Выбор основного технологического оборудования.....	38
3.2 Выбор промышленного робота для ГПС	43
3.3 Выбор вспомогательного оборудования для ГПС	45

3.4 Построения и расчет элементов траектории захватного устройства промышленного робота.....	48
3.5 Построение граф-схемы переходов ГПС	54
4 Система управления ГПС	56
4.1 Назначение системы управления ГПС	56
4.2 Структура сетевого управления ГПС	56
4.2.1 Выбор программируемого логического контроллера	57
4.2.2 Интеллектуальные датчики	59
4.3 Структурно-функциональные элементы системы управления ГПС	60
4.4 Разработка программного обеспечения ПЛК	61
4.5 Назначение входных сигналов системы верхнего уровня управления.....	63
4.6 Разработка модели управляющего процесса	65
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	71
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	72

ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация производственных процессов – на данный момент является основным направлением научно-технического прогресса, обеспечивающее повышение производительности труда в машиностроении, качества продукции и снижение трудоёмкости производства.

Повсеместно ведется разработка специальных автоматизированных линий, направленных на производство определённого вида изделий в целях повышения уровня качества и производительности, которые выпускаются в период длительного времени в массовом и крупносерийном производстве. Как правило, такие автоматизированные линии не обладают хорошей гибкостью, что сказывается на весьма ограниченной переналадке либо полной её невозможности.

Ввиду быстрого развития и популяризации прогрессивных областей техники, происходит частое обновление продукта производства. В нынешнее время технологическое оборудование с числовым программным управлением объединяют в единый промышленные комплексы с помощью транспортной и управляющей системы. Такие комплексы называются гибкими производственными системами. Гибкое производство и полная интеграция управления на базе ЭВМ открывают путь к внедрению более прогрессивной организации производства, т.е. осуществление производственного процесса и поставки каждой детали в строго установленное время, диктуемое темпом выпуска сборочных комплексов и изделий в целом. Такая концепция повсеместно применяется многими современными предприятиями, и она связана в единую систему управления несколькими ветвями хозяйства.

Промышленный робот в роботизированном технологическом комплексе должен выполнять вспомогательные функции, а в роботизированном производственном комплексе он выполняет основные операции технологического процесса (сборка, сварка, окраска и т.д.)

Целью данной бакалаврской работы является разработка современного и технологичного процесса по изготовлению корпусных деталей и значительное

снижение трудоемкости по его исполнению. Весь технологический процесс базируется на современных достижениях в области автоматизации и управления производством. Для выполнения этой цели нам необходимо определить целесообразный метод получения заготовки, а также провести тщательный анализ и расчет для определения типа производства, подобрать современное технологическое оборудование. На основе всех расчётов построить схему размещения оснастки и блок-схему переходов промышленного робота на спроектированном участке. Спроектировать захватное устройство для промышленного робота и произвести прочностной и силовой анализ. Для спроектированного ГПС необходимо разработать двухуровневую систему по управления роботизированным участком и построить блок-схему алгоритма управления ГПС.

1. Разработка технологического процесса

1.1 Конструкция и назначение детали

Деталь «Корпус» является несущей деталью, куда устанавливаются остальные детали сборочного узла, самая точная поверхность имеет 7 квалитет точности и шероховатость Ra 3,3 мкм.

Разрабатываемая ГПС служит для изготовления детали корпуса с габаритными размерами 160x90x111 мм.

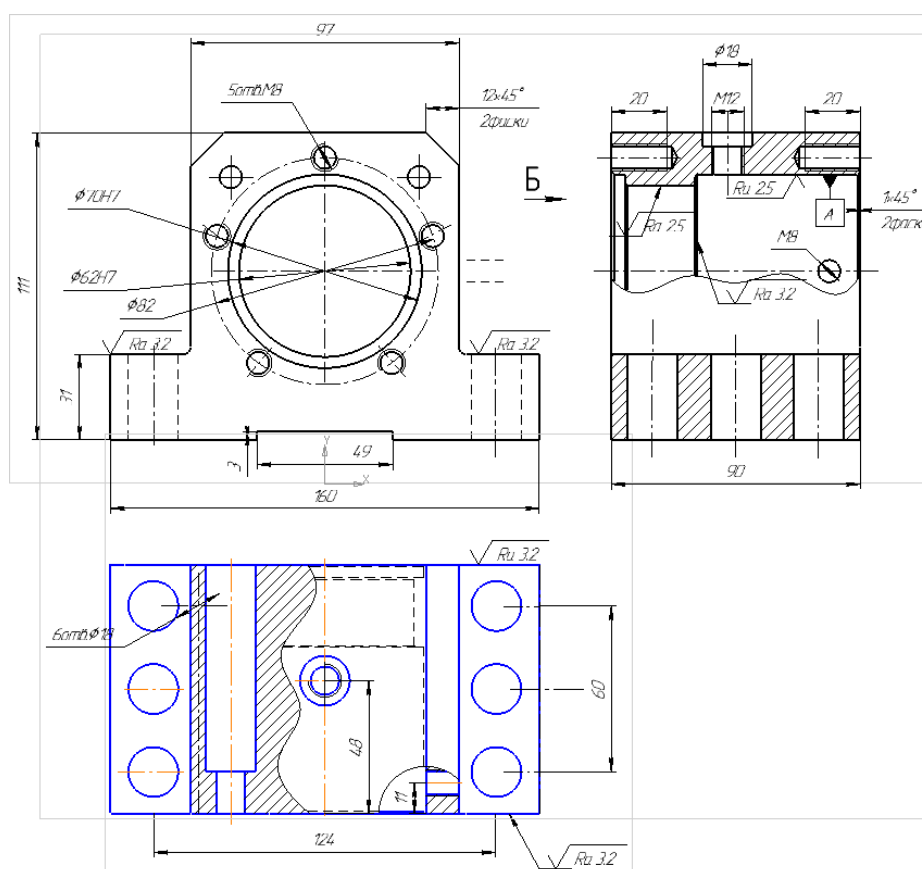


Рисунок 1.1 – Чертёж изготавливаемой детали

Заготовкой для данной детали служит заготовка стальная горячекатаная прямоугольная по ГОСТ 25715-83, поэтому припуски на механическую обработку будут минимальным и, так как конфигурация заготовки близка к форме готовой детали.

Признаки технологичности детали:

- простые формы обрабатываемых поверхностей;

- поверхности, которые можно обрабатывать с применением простых инструментов и минимальным количеством переходов;
- поверхности, которые можно использовать в качестве технологических баз;
- поверхности для размещения зажимных элементов при закреплении детали в станочных приспособлениях;
- достаточная жёсткость для многоинструментальной обработки.

Деталь «Корпус» изготовлен из материала - сталь 10 ГОСТ 1050-80.

Химические и механические качества стали 10 ГОСТ 1050-80 обозначены в приведённых ниже таблицах 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1 – Химический состав стали 10 в процентах

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P	As
0,08...0,15	0,16...0,38	0,33...0,68	0,13	0,28	0,27	0,06	0,031	0,1

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 10

Термическая обработка	Твердость	Сопротивление по времени, σ_b	Предельная текучесть, σ_T	Предел выносливости		
				раст. σ_{-1p}	изг. σ_{-1}	круч. τ_{-1}
Нормализация	НВ 140	335	205	125	155	95
Улучшение	НВ 160	375	215	140	170	100
Закалка в масле, отпуск	НВ 57...63	390	240	160	195	120

1.2 Определение типа производства

Для определения типа производства, нам необходимо знать такие параметры как: годовая программа выпуска изделий, а также масса готового образца.

Для нашего ГПС определим исходные данные годового выпуска изделия, которое составляет $N_g = 10000$ штук в год. А масса готового изделия 5,36 кг. Исходя из этих данных принимаем серийный тип производства.

Найдём такт выпуска изделия:

$$t_{\text{в}} = \frac{\Phi_{\text{д}} \cdot 60}{N_g} = \frac{4000 \cdot 60}{10000} = 24 \text{ мин.} \quad (1.1)$$

Где $\Phi_{\text{д}}$ – годовой рабочий фонд оборудования для автоматизированной системы $\Phi_{\text{д}} = 4000$ ч;

N_g – годовая программа выпуска изделия на ГПС, шт.

Рассчитаем размер партии деталей по формуле [1]:

$$n = \frac{N_g \cdot a}{\Phi} = \frac{10000 \cdot 3}{247} = 120 \text{ шт.} \quad (1.2)$$

где a – количество дней запаса деталей на складе (принимаем, $a=3$);

Φ – количество рабочих дней в году ($\Phi = 247$ дня на 2019 г.).

1.3 Анализ технологичности детали

Для тщательного анализа необходимо произвести количественную оценку технологичности конструкции детали согласно ГОСТ 14.201-73 по точности обработки детали и шероховатости её поверхностей.

Находим нужный нам коэффициент использования материала

$$K_{ИМ} = \frac{M_{Д}}{M_{З}}, \quad (1.3)$$

где $M_{Д}$ – масса готового изделия в кг;

$M_{З}$ – масса проката в кг.

Ориентировочная масса проката:

$$m = V \cdot \rho = a \cdot b \cdot c \cdot \rho, \quad (1.4)$$

где V – объем фигуры, м³;

ρ – плотность материала заготовки;

a – длина заготовки;

b – ширина заготовки;

c – высота заготовки.

$$m = (65 \cdot 95 \cdot 115) \cdot 7,5 \cdot 10^{-6} = 13,5 \text{ кг}.$$

Тогда:

$$K_{ИМ} = \frac{5,36}{13,5} = 0,39.$$

Таблица 1.3 – Квалитет обработки

Квалитет точности IT	7	15
Кол-во размеров n	2	36

Средний квалитет точности размеров детали IT_{cp} определяется:

$$IT_{cp} = \frac{\sum IT_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (1.5)$$

где IT_i – квалитет точности;

n_i – количество размеров соответствующего квалитета точности.

$$IT_{cp} = \frac{7 \cdot 2 + 14 \cdot 36}{2 + 36} = 11,7.$$

По полученному значению IT_{cp} рассчитаем коэффициент точности обработки $K_{тч}$:

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{IT_{cp}} \quad (1.6)$$

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{11,7} = 0,915.$$

Т.к. значение коэффициента точности больше 0,85, то деталь считается технологичной.

Для расчета коэффициента шероховатости построим таблицу 1.4.

Таблица 1.4 – Шероховатость поверхностей детали

Шероховатость Ra , мкм	2,5	3,3	6,3
Количество поверхностей n	2	6	30

Среднюю шероховатость поверхностей детали Ra_{cp} находим следующим образом:

$$Ra_{cp} = \frac{\sum Ra_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (1.7)$$

где Ra_i – шероховатость поверхности;

n_i – количество поверхностей соответствующей шероховатости.

$$Ra_{cp} = \frac{2,5 \cdot 2 + 3,3 \cdot 6 + 6,3 \cdot 30}{2 + 6 + 30} = 5,4.$$

По полученному значению Ra_{cp} рассчитаем коэффициент шероховатости $K_{ш}$:

$$K_{ш} = \frac{1}{Ra_{cp}} \quad (1.8)$$

$$K_{ш} = \frac{1}{5,4} = 0,18.$$

Т.к. значение коэффициента шероховатости меньше - 0,32, то деталь считается технологичной.

Детально получилась технологичной, позволяющая допускать применение высокопроизводительных режимов обработки. Относительно

проста по своей конструкции и имеет положительные базовые поверхности для первичной операции.

1.4 Выбор заготовки

Исходя из годовой программы выпуска деталей, типа производства, конфигурации и параметров данной детали, считаем наиболее целесообразным использовать в качестве заготовки прокат.

Допуски и припуски на прокат регламентируются ГОСТ 2580-88.

Рассчитаем стоимость заготовки из проката [1, стр. 32].

Стоимость заготовок из проката:

$$S_{заг} = M + \sum C_{0.3}. \quad (1.9)$$

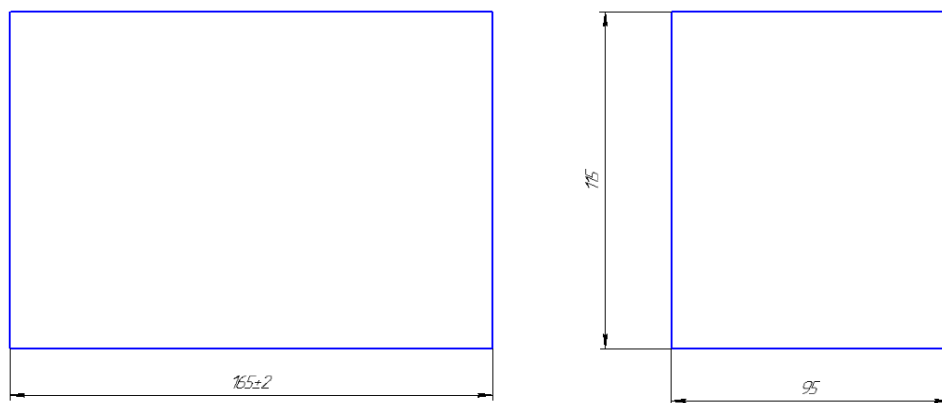


Рисунок 1.2 – Эскиз проката заготовки

Расчеты себестоимости и затрат на материал:

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot S_{отх}, \quad (1.10)$$

где Q - масса заготовки, $Q = 13,5$ кг;

S - цена одной тонны заготовочного материал, $S = 160$ руб. [1, таб. 2.6];

q - масса готового изделия, $q = 5,36$ кг;

$S_{отх}$ - цена одной тонны отходной стружки в р, $s_{отх.} = 22$ руб. [1, таб. 2.7].

$$M = 13,5 \cdot 0,15 - (13,5 - 5,36) \cdot \frac{22}{1000} = 1,811 \text{ руб.}$$

Себестоимость:

$$\sum C_{o.з} = \frac{C_{н.з.} \cdot t_{ум-к}}{60}, \quad (1.11)$$

где $C_{н.з.}$ - определенные траты на рабочем месте, $C_{н.з.} = 65$ коп/ч [1, таб. 2.14];

$t_{ум-к}$ - штучное или штучно-калькуляционное время выполнения заготовительной операции.

Время штучно-калькуляционные или штучное можно рассчитать по формуле:

$$t_{ум-к} = \frac{L_{рез} + y}{S_m} \cdot \varphi, \quad (1.12)$$

где $L_{рез}$ - протяженность резания при резании проката на единичные заготовки, $L_{рез} = 115$ мм;

y - размер перебега и врезания, $y = 5$ мм;

S_m - минутная подача в момент разрезания, $S_m = 60$ мм/мин;

φ - коэффициент, показывающий долю дополнительного времени в единичном, $\varphi = 1,85$.

$$t_{ум-к} = \frac{115 + 5}{60} \cdot 1,84 = 3,7 \text{ мин.}$$

Вычисляем технологическую себестоимость:

$$C_{оз} = \frac{65 \cdot 3,7}{60} = 4 \text{ коп.}$$

Тогда стоимость заготовок из проката

$$S_{заг} = 1,811 + 0,4 = 2,211 \text{ руб.}$$

1.5 Составление технологического маршрута изготовления детали

Для разработки технологического процесса изготовления корпуса необходимо для начала посмотреть на выбранный тип производства. Так как выбрано серийное производство, то есть возможность использовать станки-автоматы и полуавтоматы, станки с ЧПУ, а также ПР.

Наш разработанный технологический маршрут включает следующие операции:

- 000 – заготовительная,
- 005 – фрезерная,
- 010 – фрезерная,
- 015 – фрезерная,
- 020 – фрезерная,
- 025 – фрезерная,
- 030 – сверлильная,
- 035 – расточная,
- 040 – сверлильная,
- 045 – расточная,
- 050 – сверлильная,
- 055 – резьбонарезная,
- 060 – сверлильная,
- 065 – сверлильная,
- 070 – резьбонарезная,

Технологический процесс изготовления корпуса подробно расписан в виде таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Технологический маршрут изготовления детали «Корпус»

№ операции	Наименование станка и краткое содержание операции	Модель станка	Режущий инструмент	Технологическая база
005-025	<p style="text-align: center;">Фрезерный с ЧПУ</p> <p>1. Фрезеровать одну сторону корпуса в размер 115 мм;</p> <p>2. Фрезеровать вторую сторону корпуса в размер 111 мм;</p> <p>3. Переустановить деталь;</p> <p>4. Фрезеровать 3-ю сторону корпуса в размер 165 мм;</p> <p>5. Фрезеровать 4-ю сторону корпуса в размер 160 мм;</p> <p>6. Переустановить деталь;</p> <p>7. Фрезеровать 5-ю сторону корпуса в размер 95 мм;</p> <p>8. Фрезеровать 6-ю сторону корпуса в размер 90 мм;</p> <p>9. Переустановить деталь;</p> <p>10. Фрезеровать деталь с одной стороны в размер 31,5 мм;</p>	<p>Фрезерный станок с ЧПУ FANUC ROBODR ILL a- T13IEL</p>	<p>Фреза торцовая (Ø160, T15K6).</p> <p>Фреза торцевая с встроенными ножами PNEA-110415</p> <p>Фреза торцевая с встроенными ножами PNEA-110414</p> <p>Фреза концевая с встроенными ножами P6M4</p>	<p>Наружная поверхность торца детали</p>

Продолжение таблицы 1.5

	<p>11. Фрезеровать деталь с другой стороны в размер 97 мм;</p> <p>12. Снять фаски с 2х сторон размер 12x45°;</p> <p>13. Переустановить деталь;</p> <p>14. Фрезеровать ступень в размер 49 мм, выдерживая размер 3мм;</p>			
030-070	<p style="text-align: center;">Расточной с ЧПУ</p> <p>1. Центровать 8 отв. с одной стороны;</p> <p>2. Сверлить 7 отв. Ø8 мм, выдерживая размеры Ø82, 68 и 16 мм;</p> <p>3. Сверлить отв. Ø15 мм, выдерживая размер 61 мм на проход;</p> <p>4. Сверлить отв. Ø30 мм, выдерживая размер 61 мм на проход;</p> <p>5. Сверлить отв. Ø45, выдерживая размер 61 мм на проход;</p> <p>6. Сверлить отв. Ø58, выдерживая размер 61 мм на проход;</p> <p>7. Расточить отв. Ø61,5 мм;</p> <p>8. Расточить отв. Ø69,5 мм на длину 55 мм;</p> <p>9. Снять 2 фаски 1x45°;</p> <p>10. Переустановить деталь;</p> <p>11. Центровать 3 отв.;</p>	<p>Горизонтально расточной станок с ЧПУ FFG FEELER SHM-620L</p>	<p>Резец расточной с пластиной из твёрдого сплава T15K6 Метчик P6M5 ГОСТ 3266-81 Сверло P6M5/HSS DIN 345R Сверло центровочное P6M5</p>	<p>Наружная поверхность, торец детали, центровые отверстия</p>

Продолжение таблицы 1.5

	<p>12. Сверлить 3 отв. Ø8 на глубину 12 мм;</p> <p>13. Сверлить 2 отв. Ø16 на глубину 65 мм;</p> <p>14. Расточить 2 отв. Ø18 на глубину 75 мм;</p> <p>15. Расточить отв. Ø69,5 мм на длину 5 мм; 16. Снять 2 фаски 1x45°;</p> <p>17. Переустановить деталь;</p> <p>18. Центровать 7 отв.;</p> <p>19. Сверлить отв. Ø10,2 мм на длину 25 мм;</p> <p>20. Нарезать резьбу M12, выдерживая 48 мм;</p> <p>21. Сверлить отв. Ø18 мм на глубину 5 мм;</p> <p>22. Сверлить 6 отв. Ø18 на проход, выдерживая размер 60 мм;</p> <p>23. Переустановить детали;</p> <p>24. Центровать отв.;</p> <p>25. Сверлить отв. Ø6,8 мм, выдерживая размер 11 мм на глубину 20 мм;</p> <p>26. Нарезать резьбу M8, выдерживая размер 11 мм на глубину 20 мм;</p> <p>27. Снять деталь.</p>			
--	---	--	--	--

1.6 Расчёт режимов резания

1.6.1 Расчёт режимов резания аналитическим методом

Операция 010- расточная с ЧПУ. Седьмой переход - расточить отв. Ø61,5 мм. Станок фрезерный с ЧПУ модели Turnstar 300 С. Режущий инструмент – резец расточной с пластиной из твёрдого сплава Т15К6.

Точение поверхности: Ø61,5.

Глубина резания $t=1,5$ мм.

Подача $s=0,25$ мм/об [2, стр.25].

Скорость резания рассчитываем по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v, \quad (1.13)$$

где C_v - постоянный коэффициент;

T - стойкость инструмента;

K_v - поправочный коэффициент;

m, x, y - показатели степеней.

$C_v=420$; $T=50$ мин; $m=0,2$; $x=0,15$; $y=0,2$ по таблице 17 [5, стр. 169].

Поправочный коэффициент рассчитываем по формуле:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (1.14)$$

где K_{mv} - коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки, $K_{mv}=1,2$, таблица 1 [2, стр. 261];

K_{nv} - коэффициент, учитывающий состояние поверхности, $K_{nv}=0,9$, таблица 5 [2, стр. 263];

K_{uv} - коэффициент, учитывающий материал заготовки, $K_{uv}=1$, таблица 6 [2, стр. 263].

$$K_v = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,08.$$

Скорость резания:

$$V_p = \frac{350}{50^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 0,85 = 401 \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения шпинделя при обработке рассчитываем по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (1.15)$$

где D – диаметр поверхности, мм.

Поверхность $\varnothing 61,5$:

$$n = \frac{1000 \cdot 101}{\pi \cdot 61,5} = 523 \text{ мин}^{-1}.$$

Силу резания P_z рассчитываем по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (1.16)$$

где C_p – постоянный коэффициент;

K_p – поправочный коэффициент;

x, y, n – показатели степеней.

$C_p=300$; $x=1,0$; $y=0,75$; $n=-0,15$ по таблице 22 [2, стр. 273].

Поправочный коэффициент рассчитываем по формуле:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (1.17)$$

где $K_{mp}, K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{rp}$ – коэффициенты, численные значения которых указаны в таблицах 9,10,23 [2], $K_{\varphi p}=0,94$; $K_{\gamma p}=1$; $K_{\lambda p}=1,0$; $K_{rp}=1,0$.

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad (1.18)$$

$$K_{mp} = \left(\frac{785}{750} \right)^{-0,15} = 0,99.$$

Тогда:

$$K_p = 1,3 \cdot 0,94 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,22.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 101^{-0,15} \cdot 1,22 = 1174 \text{ Н.}$$

Мощность резания рассчитываем по формуле:

$$N_c = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (1.19)$$

где P_z – сила резания, Н;

V – скорость резания, м/мин.

$$N_p = \frac{1174 \cdot 101}{1020 \cdot 60} = 1,93 \text{ кВт.}$$

Мощность двигателя главного привода станка $N_{cm}=11$ кВт, К.П.Д. привода станка $\eta=0,85$.

Тогда:

$$N_n = N_{cm} \cdot \eta, \quad (1.20)$$

$$N_n = 11 \cdot 0,85 = 9,35 \text{ кВт.}$$

$$N_p < N_n, \text{ т.е. } 1,93 < 9,35.$$

Таким образом, привод станка обеспечивает обработку при заданных режимах

1.6.2 Расчёт режимов резания по нормативам

Операция 005- фрезерная с ЧПУ. Первый переход - фрезеровать одну сторону корпуса в размер 115 мм. Станок фрезерный станок с ЧПУ FANUC ROBODRILL a-T14IEL. Режущий инструмент – фреза торцовая ($\varnothing 160$, T15K6).

Глубина резания $t=4$ мм. Ширина фрезерования $b=115$. Диаметр фрезы $d_{\text{фрезы}}=160$ мм. Число зубьев фрезы $z=10$.

Длину рабочего хода рассчитываем по формуле:

$$L_{p.x.} = L_{рез} + y + d_{\text{фрезы}}, \quad (1.21)$$

где $L_{рез}$ – длина резания, мм;

y – длина подвода, врезания и перебега, мм.

$$L_{рез} = 115 \text{ мм}; \quad y = 5 \text{ мм};$$

$$L_{p.x.} = 115 + 5 + 160 = 280 \text{ мм}.$$

Назначаем подачу на зуб фрезы по таблице с.88-86 [2]

$$s_o = 0,1 \text{ мм/зуб}.$$

Определим стойкость инструмента по таблице с.87 [2]

$$T = 100 \text{ мин}.$$

Определим скорость резания по таблице с.88-101 [10]

$$V = V_{таб} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (1.22)$$

где $V_{таб}$ – табличная скорость резания;

K_1 – коэффициент, зависящий от размеров обработки (=1);

K_2 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала (=0,75);

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента (1).

$$V_{таб} = 200 \text{ м/мин};$$

$$V = 200 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 = 550 \text{ м/мин}.$$

Частоту вращения инструмента рассчитываем по формуле [4]

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D}, \quad (1.23)$$

где V – скорость резания, м/мин;

D – диаметр фрезы.

$$n = \frac{1000 \times 550}{\pi \times 160} = 898,48 \text{ мин}^{-1}$$

По паспорту станка принимаем частоту вращения $n = 300 \text{ мин}^{-1}$

Действительная скорость резания

$$V_d = \frac{\pi \times D \times n}{1000}$$

$$V_d = \frac{\pi \times 160 \times 300}{1000} = 550,7 \text{ м/мин}$$

Расчет минутной подачи по принятому значению числа оборотов шпинделя

$$S_m = S_z \cdot Z_u \cdot n, \quad (1.24)$$

где Z_u – число зубьев фрезы

$$S_m = 0,1 \cdot 10 \cdot 800 = 800 \text{ мм/мин.}$$

Рассчитаем основное машинное время обработки

$$t_m = \frac{L_{p.x.} \cdot i}{S_m}; \quad (1.25)$$

Где i – число заходов;

$$t_m = \frac{280 \cdot 3}{300} = 1,16 \text{ мин.}$$

Выявление подачи на зуб по принятым режимам резания

$$S_z = \frac{S_m}{n \cdot z_u};$$

$$S_z = \frac{300}{12 \cdot 300} = 0,08 \text{ мм/зуб.}$$

Определяем по нормативам потребную мощность

$$N_{рез} = E \frac{V \cdot t \cdot z_u}{1000} \cdot k_1 \cdot k_2, \quad (1.26)$$

где E – величина, определяемая по таблице ($E=0,9$);

k_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала ($=1,35$);

k_2 - коэффициент, зависящий от типа фрезы и скорости резания ($=0,95$).

$$N_{рез} = 0,9 \frac{150,7 \cdot 3,15 \cdot 12}{1000} \cdot 1,35 \cdot 0,95 = 6,4 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности двигателя

Мощность двигателя главного привода станка $N_{см} = 10$ кВт, К.П.Д. привода станка $\eta = 0,85$. Тогда

$$N_n = N_{см} \cdot \eta, \quad (1.27)$$

$$N_n = 10 \cdot 0,85 = 8,5 \text{ кВт.}$$

$$N_p < N_n, \text{ т.е. } 6,4 < 8,5$$

Таким образом, привод станка производит обработку при заданных режимах.

Аналогично рассчитываем режимы резания на остальные операции, и результаты сводим в таблицу 1.6.

Таблица 1.6 – Сводная таблица режимов резания

Номер	Наименование операции, перехода	Глубина резания	Длина резания $l_{рез}$, мм	Подача S_0 мм/об		Скорость V , м/мин		Частота вращения, мин ⁻¹		Минутная подача S_v , мм/мин	Основное время, мин
				расч.	принятая	расч.	прин.	расч.	прин.		
005 - 015	Фрезерная 1. Фрезеровать одну сторону корпуса в размер 115 мм;	4	155	0,1	0,1	550	550,7	898	800	800	1,16
	2. Фрезеровать вторую сторону корпуса в размер 111 мм;	4	155	0,1	0,1	550	550,7	898	800	800	1,16
	3. Фрезеровать 3-ю сторону корпуса в размер 165 мм;	4	155	0,1	0,1	550	550,7	898	800	800	1,16
	4. Фрезеровать 4-ю сторону корпуса в размер 160 мм;	4	155	0,1	0,1	550	550,7	898	800	800	1,16
	5. Фрезеровать 5-ю сторону корпуса в размер 95 мм;	4	155	0,1	0,1	550	550,7	898	800	800	1,16

Продолжение таблицы 1.6

020 -025	6. Фрезеровать 6-ю сторону корпуса в размер 90 мм;	4	155	0,1	0,1	550	550,7	898	800	800	1,16
	7. Фрезеровать деталь с одной стороны в размер 31,5 мм;	32	165	0,1	0,1	550	550,7	898	800	800	0,63
	8. Фрезеровать деталь с другой стороны в размер 97 мм;	46	172	0,1	0,1	550	551	898	800	800	1,16
	9. Снять фаски с 2х сторон размер 12x45°;	20	160	0,1	0,1	550	551	898	800	800	0,42
	10. Фрезеровать ступень в размер 49 мм,	3	133	0,1	0,1	550	550,7	898	800	800	0,2
	Расточная с ЧПУ	4	26	0,1	0,1	358	358	916	916	72	0,25
	1. Сверлить 7 отв. Ø8 мм, выдерживая р-ры Ø82,68 и 16 мм;										

Продолжение таблицы 1.6

030 - 070	2. Сверлить отв. Ø15 мм, выдерживая размер 61 мм на проход;	7,5	100	0,12	0,12	356	356	639	639	36	0,27	
	3. Сверлить отв. Ø30 мм, выдерживая размер 61 мм на проход;	15	105	0,18	0,18	356	356	620	620	34	0,28	
	4. Сверлить отв. Ø45, выдерживая размер 61 мм на проход;	23	110	0,2	0,2	354	354	618	618	32	0,29	
	5. Сверлить отв. Ø58, выдерживая размер 61 мм на проход;	29	115	0,25	0,25	352	352	615	615	30	0,31	
	6. Расточить отв. Ø61,5 мм;	1,5	95	0,25	0,25	401	401	823	823	100	0,2	
	7. Расточить отв. Ø69,5 мм на длину 55 мм;	1,5	60	0,3	0,3	390	390	715	715	124	0,1	
	8. Снять 2 фаски 1x45°;											0,05
	9. Сверлить 3 отв. Ø8 на глубину 12 мм;	4	18	0,1	0,1	318	318	916	916	68	0,18	
	10. Сверлить 2 отв. Ø16 на глубину 65 мм;	8	73	0,12	0,12	316	316	637	637	40	0,26	

Продолжение таблицы 1.6

11. Сверлить 2 отв. Ø18 на глубину 75 мм;	9	88	0,1	0,1	330	330	830	830	53	0,32
12. Расточить отв. Ø69,5мм на длину 5 мм;	1,5	10	0,3	0,3	390	390	715	715	124	0,2
13. Снять 2 фаски 1x45°.										0,05

1.7 Расчет норм времени

В условиях среднесерийного производства расчет нормы штучного времени на операцию $T_{шт}$, мин производится по формуле [4, стр. 57]:

$$T_{шт} = t_o + t_g + t_{обс,отд}, \quad (1.28)$$

где t_o - основное время, мин; t_g - вспомогательное время, мин;

$t_{обс,отд}$ - время на обслуживание рабочего места, отдых и естественные потребности, мин;

Тогда норма штучно-калькуляционного времени рассчитывается:

$$T_{ш-к} = t_{шт} + \frac{T_{n-з}}{n}, \quad (1.29)$$

где $T_{n-з}$ - подготовительно-заключительное время, мин;

n - количество деталей в настроенной партии.

Вспомогательное время t_g состоит из затрат времени на отдельные приемы [1, стр. 58]:

$$t_g = (t_{y.c} + t_{yn} + t_{uz}) \cdot K, \quad (1.30)$$

где $t_{y.c}$ - время на установку и снятие детали, мин;

t_{yn} - время на приемы управления, мин;

$t_{из}$ - время измерения детали, мин;

K – коэффициент, учитывающий тип производства, $K_t = 1,85$

(для серийного).

Оперативное время t_{on} , мин рассчитывается по формуле:

$$t_{on} = t_o + t_e, \quad (1.31)$$

где t_o - основное время, мин; t_e - вспомогательное время, мин.

Время на отдых и обслуживания рабочего места после выполнения рабочего плана $t_{обс,отд}$ определяется в процентах от оперативного времени

$$t_{отд} = \frac{t_{on} \cdot \Pi_{об.отд}}{100}, \quad (1.32)$$

где $\Pi_{об.отд}$ - затраты времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности в процентах от оперативного, %.

Основное время для растачивания пов. Ø61,5 рассчитываем по формуле:

$$t_o = \frac{L_{рез} + y}{s_o \cdot n} \cdot i, \quad (1.33)$$

где $L_{рез}$ – длина резания, $L_{рез} = 95$ мм;

y – величина врезания и перебега, $y = 5$ мм [11]

i – количество рабочих ходов, $i = 1$;

s_o – подача на оборот, $s_o = 0,25$ мм/об;

n – число оборотов, $n = 523$ мин⁻¹.

$$t_o = \frac{95 + 5}{0,25 \cdot 523} \cdot 1 = 0,51 \text{ мин.}$$

Время на остальные поверхности рассчитываем аналогично.

Суммарное основное время на Расточном станке с ЧПУ:

$$t_o = 0,25 + 0,27 + 0,28 + 0,29 + 0,31 + 0,2 + 0,1 + 0,05 + 0,18 + 0,26 + 0,32 + 0,2 + 0,05 = 2,76 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время рассчитываем по формуле:

$$t_{\text{в}} = t_{\text{yc}} + t_{\text{з.о}} + t_{\text{yn}} + t_{\text{из.}}, \quad (1.34)$$

где t_{yc} – время на установку и снятие детали, $t_{\text{yc}} = 0,11$ мин; $t_{\text{з.о}}$ – время на закрепление и открепление детали; t_{yn} – время на приемы управления станком; $t_{\text{из.м}}$ – время на измерение детали.

Время на приемы управления детали состоит [4]:

- 1) включения станка кнопкой – 0,1 мин;
- 2) подвода или отвода инструмента к детали при обработке – 0,01 мин;
- 3) перемещения каретки суппорта в продольном направлении – 0,012

мин.

$$t_{\text{yn}} = 0,5 + 0,03 + 0,02 = 0,10 \text{ мин.}$$

Время на измерение детали: $t_{\text{из.м}} = 0,3$ мин.

Вспомогательное время:

$$t_{\text{в}} = 0,11 + 0,10 + 0,3 = 0,51 \text{ мин.}$$

Для крупносерийного производства вспомогательное время рассчитываем по формуле:

$$t_{\text{всн}} = t_{\text{в}} \cdot K_t, \quad (1.35)$$

где K_t – коэффициент, зависящий от типа производства, $K_t = 1,2$.

$$t_{\text{всн}} = 0,51 \cdot 1,2 = 1,71 \text{ мин.}$$

Оперативное время рассчитывается по формуле:

$$t_{\text{он}} = t_0 + t_{\text{всн}} \quad (1.36)$$

$$t_{\text{он}} = 2,76 + 1,71 = 4,47 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание и отдых в серийном производстве по отдельности не определяются. Оно задается в процентах от оперативного [4, Приложение Б]:

$$t_{обс} = \frac{t_{оп} \cdot 7}{100} = \frac{4,47 \cdot 7}{100} = 0,3 \text{ мин.}$$

Подготовительно время 2 мин.

Размер партии деталей 120 шт.

Штучно – калькуляционное время составляет:

$$t_{шт-к} = 2,76 + 1,71 + 0,3 + \frac{2}{120} = 4,78 \text{ мин.}$$

Аналогично рассчитываем нормы времени на остальные операции, и результаты сводим в таблицу 1.7.

Таблица 1.7 – Сводная таблица норм времени

№	Наименование станка	Осн. время t_o , мин	Вспомогательное время $t_{в}$, мин			Оперативное время $t_{оп}$ мин	Время обслуживания $t_{обс}$, мин	Штучно-каль. время $t_{шт-к}$, мин
			$t_{уст}$ мин	$t_{упр}$ мин	$t_{изм}$ мин			
1	Фрезерный с ЧПУ	9,37	0,89	0,46	0,5	11,22	0,85	12,07
2	Расточной с ЧПУ	2,76	0,11	0,10	0,3	4,47	0,3	4,78

2 Расчет и анализ захватного устройства

2.1 Выбор типа захватного устройства и его обоснование

В качестве захватного устройства выбираем универсальный механизм схвата PGN - plus 160-1-AS-SD, представленный на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Схема профилирования губок захватного устройства

Было выбрано данное захватное устройство, так как оно является универсальным параллельным захватом с двумя пальцами, обладающими высокой силой схвата и высокими максимальными моментами благодаря использованию многозубых направляющих.

2.2 Исходные данные используемого захватного устройства

Выбранное захватное устройство подходит для выполнения многих задач в автоматизированном комплексе, как в чистых, так и в слегка загрязненных средах. Корпус захватного устройства изготавливается из алюминия, а его

челюсти из стали. Активация происходит посредством пневматического поршня согласно ISO 8573-1: 2010. Также устройство обладает многоточечным наведением для точного управления. Подача воздуха осуществляется через прямое соединение без надобности подведения шланга или винта. Обладает компактным размером и универсальным в плане установки на обширное число моделей промышленных роботов.

Основные характеристики, подробное устройство в разрезе и сам чертёж представлены в графической части бакалаврской работы.

2.3 Силовой расчёт захватного устройства

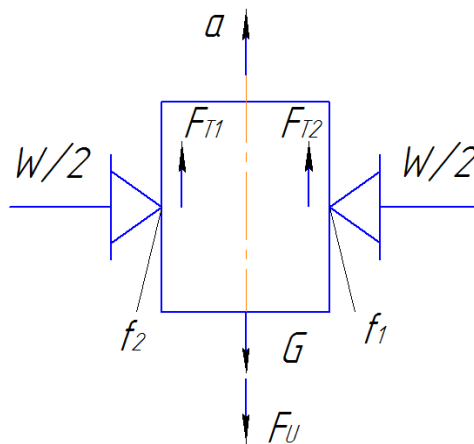


Рисунок 2.2 – Расчётная схема захвата

Сила зажима определяется по следующим формулам:

$$X = G + F_u - F_{T1} - F_{T2} = 0;$$

$$G = m \cdot g;$$

$$F_u = m \cdot a;$$

$$F_{T1} = \frac{W}{2} \cdot f_1;$$

$$F_{T2} = \frac{W}{2} \cdot f_2;$$

$$X = m \cdot g \cdot K_3 + m \cdot a - \frac{W}{2} \cdot f_1 - \frac{W}{2} \cdot f_2 = 0;$$

$$W = 2 \cdot K_3 \frac{m(g + a)}{F_{T1} + F_{T2}} \quad (2.1)$$

где K_3 – коэффициент запаса, $K_3=1,5..2$;

m - масса заготовки; $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения;

$a \geq 4,2 \text{ м/с}^2$ – ускорение; $F_{T1} = F_{T2} = 0,4$ – коэффициенты трения.

$$W = 2 \cdot 1,7 \frac{13,5(9,8 + 4,2)}{0,4 + 0,4} = 803,25 \text{ Н.}$$

Усилие на штоке:

$$Q = \frac{2 \cdot W \cdot a}{m \cdot z} \quad (2.2)$$

Где $a=100 \text{ мм}$ – длина пальца; $m=4 \text{ мм}$ – модуль сектора; $z=14$ число зубьев сектора;

$$Q = \frac{2 \cdot 803,25 \cdot 100}{4 \cdot 14} = 2869 \text{ Н} \quad .$$

Произведём расчёт привода механизма ЗУ:

$$Q = \frac{\pi \cdot D_{ц}^2}{4} \cdot p \cdot \eta; \quad (2.3)$$

где $p = 0,4 \text{ МПа}$ – давление воздуха в цилиндре;

$\eta=0,85$ – КПД пневмоцилиндра;

$D_{ц}$ – диаметр цилиндра.

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}};$$

$$D_{ц} = \frac{4 \cdot 2869}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,85} = 104 \text{ мм}$$

2.4 Конструирование и расчет на прочность деталей ЗУ

Рассчитаем на прочность губки ЗУ по формуле:

$$\sigma_u = \frac{10^3 \cdot M_u}{W} \leq [\sigma]_u \quad (2.4)$$

где M_u – изгибающий момент ($M_u = 0,5W \cdot a = 0,5 \cdot 0,1 \cdot 803,25 = 40 \text{ Н} \cdot \text{м}$);

W – момент сопротивления сечения изгибу.

$$W = \frac{b}{6 \cdot D} (D^3 - d^3) = \frac{250}{6 \cdot 65} (65^3 - 15^3) = 0,2 \cdot 10^6, \text{ мм}^3 \quad (2.5)$$

где $[\sigma]_u$ – допускаемое напряжение изгиба

$$[\sigma]_u = 0,5 \cdot 420 \cdot 10^6 = 210 \cdot 10^6$$

Тогда:

$$\sigma_u = \frac{10^3 \cdot 5 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 10^6} = 25 \leq 210 ;$$

$$25 \leq 210 \cdot$$

Условие прочности выполняется.

Определим максимальное контактное напряжение в зоне А касания губки ЗУ и поверхностью детали по формуле:

$$\sigma = 0,418 \cdot \sqrt{\frac{N \cdot E_{np}}{l} \cdot \left(\frac{2}{d} + \frac{1}{r} \right)} \quad (2.6)$$

где N – сила зажима;
 $E_{пр}$ – приведенный модуль упругости;
 l – ширина губки ЗУ;
 d – диаметр детали;
 r – радиус губку ЗУ.

Рассчитаем приведенный модуль упругости.

Материал губок схвата сталь 45 ($E_{пр}=2$ МПа), материал заготовки – сталь 10($E_{пр}=2,05$ МПа):

$$E_{пр} = \frac{2 \cdot E_d \cdot E_z}{E_d + E_z} \quad (2.7)$$

$$E_{пр} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 2,05}{2,05 + 2} = 2,02 \text{ МПа} .$$

Тогда,

$$\sigma = 0,418 \cdot \sqrt{\frac{803,25 \cdot 2 \cdot 10^6}{70} \cdot \left(\frac{2}{50} + \frac{1}{75} \right)} = 147 \text{ Па} .$$

Сравним полученное значение с допускаемым контактным напряжением для стали:

$$[\sigma_k] = 2,5 \cdot HB = 2,5 \cdot 140 = 350 \text{ Па} .$$

Так как $127 \text{ Па} < 350 \text{ Па}$, то максимальное контактное напряжение является допустимым.

2.5 Описание работы захватного устройства

Захватное устройство в ГПС выполняет ряд основных функций и служит для схвата и перемещения, как заготовки, так и уже готового изделия. Овальная поршень внутри захватного устройства перемещается вверх и вниз сжатым воздухом. Угловые активные поверхности клинового крюка создают синхронное, параллельное движение челюсти. Благодаря этому происходит надёжный захват заготовки и изделия в челюсти. Вся процедура схвата проходит плавно и без рывков, что позволяет точно настроить силу сжатия и избежать ненужных повреждений, которые могут остаться на готовом изделии из-за сжатия стальными челюстями.

3 Компонировка гибкой производственной системы

3.1 Выбор основного технологического оборудования

Для удобства наладки и быстроты выполнения операций, необходимо подобрать современное и технологическое оборудование, входящего в состав ГПС. Оборудование должно обладать всеми современными функциями связанными в области числового программного управления, для быстрой и качественной обработки выпускаемого изделия. К такому оборудованию можно отнести станки, используемые для выполнения операций технологического процесса.

В разработанном автоматизированном комплексе будем использовать два станка с ЧПУ:

1. Фрезерный станок с ЧПУ FANUC ROBODRILL a-T13IEL
2. Горизонтально-расточной станок с ЧПУ FFG FEELER SHM-620L.

Фрезерный станок FANUC ROBODRILL a-T13IEL представлен на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 – Фрезерный станок с ЧПУ FANUC ROBODRILL a-T13IEL

Обработывающий фрезерный станок с ЧПУ FANUC ROBODRILL серии а-T13IEL представляет собой многоцелевой, скоростной, автоматизированный фрезерный станок с системой числового программного управления базированный на современных технологиях в области искусственного интеллекта Станок оснащен шпинделем с конусом и предназначен для выполнения высокоскоростной прецизионной механической обработки деталей из разнообразных видов материалов – от стали и до пластика.

Техническая характеристика станка FANUC ROBODRILL а-T13IEL представлена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Техническая характеристика станка FANUC ROBODRILL а-T13IEL

Технические характеристики	Номинальный размер
Рабочий ход по оси X	600 мм
Рабочий ход на оси Y	300 мм
Рабочий ход на оси Z	230 мм
Стол	
Площадь рабочей зоны X,Y	750 x 310 мм
Допустимый вес заготовки	230 кг
Конфигурация рабочей зоны	расстояние 13 мм
Шпиндель	
Диапазон скоростей	150 - 15000 об/мин
Датчик шпинделя	7/24 конус (с воздушным охлаждением)
Скорость подачи	
Скорость быстрой поперечной подачи	44 м/мин (X,Y,Z)
Скорость рабочей подачи	1 - 28000 мм/мин

Продолжение таблицы 3.1

Револьверная головка	
Система автоматической смены инструмента	Револьверного типа
Емкость магазина с инструментами	20 инструментов
Макс. диаметр инструмента	70 мм
Макс. длина инструмента	230 мм
Методика выбора рабочего инструмента	Произвольный, по мин. траектории
Время на смену инструмента	1,5 сек (для инструментов весом до 2 кг)
Двигатели	
Привод шпинделя	5,3 кВт (номинально 12 мин) / 3,9 кВт (постоянно)
Точность	
Точность позиционирования шпинделя по одной оси	0,005/250 мм
Погрешность в позиционировании	± 0,001 мм
Источник питания	
Необходимое питание станка	200-220 В + 10-15% 3-фазный, 50/60 Гц ± 1 Гц 11 кВт
Сжатый воздух	0,30-0,6 МПа (рекомендуется 0,5 МПа), 0,14 куб минимум
Габаритные размеры станка	
Высота станка	2,240 ± 10 мм (если не используется высокая стойка)
Длина и ширина станка	3480 x 2760 мм
Масса станка	2 тонны

Горизонтально-расточной станок с ЧПУ FFG FEELER SHM-620L представлен на рисунке 3.2.



Рисунок 3.2 – Горизонтально-расточной станок с ЧПУ FFG FEELER SHM-620L

Горизонтально-расточной станок с ЧПУ FFG FEELER SHM-620L представляет собой современный и высокотехнологичный станок, оснащенный ЧПУ. Станок позволяет обрабатывать глубокие отверстия, так как имеет высокий ассортимент из инструментов. Смена всех инструментов производится в автоматическом режиме, что существенно сокращает весь производственный процесс. Долговременная точность станка обеспечивается очень жесткой конструкцией и конструкцией расточного шпинделя с использованием новейших технологий.

Техническая характеристика станка ЧПУ FFG FEELER SHM-620L представлена в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Техническая характеристика станка ЧПУ FFG FEELER SHM-620L

МОДЕЛЬ	SHM-620L
Размеры стола	610 x 610 мм
Т-пазы (ширина)	22 мм
Максимальная нагрузка на стол	500 кг
Высота стола от пола	700 мм
Угол индексирования	1 / 360° градусы
Усилие на зажиме	3 000 кгм
Ход по оси X	1 200 мм
Ход по оси Y	1 050 мм
Ход по оси Z	900 мм
Расстояние от торца шпинделя до середины стола	300 - 1 100 (300 - 1 300) мм
Расстояние от центра шпинделя до поверхности стола	0-900 (0-1 130) мм
Конус шпинделя	40 мм
Частота вращения шпинделя	4 000 об/мин
Скорость подачи по осям X/Y/Z	13/9/13 м/мин
Скорость рабочей подачи	1-5 м/мин
Минимальная единица ввода	0,001 мм
Количество рабочего инструмента	35 шт
Тип штрелея	BT-50 / P50T-1
Макс. Длина инструмента	300 мм
Макс. Масса инструмента	Ø19 кг
Время смены инструмента	10 сек

Продолжение таблицы 3.2

Мощность двигателя шпинделя	10/14 кВт
Мощность серводвигателей осей X / Y / Z	2/2/3/ кВт
Двигатель смазочного насоса	0,025 кВт
Двигатель гидравлического насоса	6 кВт
Двигатель поворотного стола	2 кВт
Двигатель стружкоуборочного транспортера	0,2 кВт
Двигатель насоса СОЖ	0,9 кВт
Давление воздуха	6 кгс/см ²
Полная мощность	45 кВт
Вместимость гидравлического бака	100 л
Масляное охлаждение шпинделя	4,7 л
Вместимость бака СОЖ	300 л
Размеры станка (Д x Ш x В)	2,880 x 2,520 x 2,640 мм
Масса станка	6 тонн

3.2 Выбор промышленного робота для ГПС

При выборе промышленного робота, нам необходимо задать определенные требования, следуя которым мы сможем подобрать наиболее подходящего робота под нашу ГПС.

Требования для промышленного робота (ПР):

1. ПР должен иметь систему по быстрой переналадке на нужное нам производство
2. Необходимая масса и габаритные размеры
3. Широкий рабочий диапазон
4. Высокий крутящий момент

5. Высокая скорость работы

После долгого поиска и анализа подходящих для нас моделей, было принято остановиться на ПР серии R Kawasaki представленного на рисунке 3.3.



Рисунок 3.3 – Промышленный робот Kawasaki RS015X

Роботы серии R Kawasaki устанавливают эталон для всех малых и средних режимов работы промышленных роботов. Компактный дизайн, лучшая в отрасли скорость, охват и работа превращает роботов серии R в идеальными для широкого спектра применений в самых разных промышленных отраслях.

Ускорение автоматически регулируется в соответствии с полезной нагрузкой и положением робота для обеспечения оптимальной производительности и кратчайшего времени цикла.

Двигатели с высокой выходной мощностью в сочетании с жесткой конструкцией руки, обеспечивают замечательный крутящий момент и нагрузочную способность. Всё это предоставляет разработчикам системы больше гибкости при работе со сложными деталями.

В дополнение к расширению максимальной досягаемости робота, диапазон вращения каждой оси также был увеличен. Расширенный диапазон

перемещения обеспечивает большую полезную рабочую зону с минимальной потерей рабочего пространства и большей гибкостью.

Все основные технические характеристики робота представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Технические характеристики ПР Kawasaki RS015X

Наименование параметра	Величина параметра
Грузоподъемность,	15 кг
Число степеней свободы	6
Число роботизированных рук	1
Число схватов устанавливаемых на одну руку	1
Привод действия	Пневматический
Радиус действия	3,150 м
Способ программирования перемещения	По упорам
Погрешность позиционирования	0,10 ±мм
Скорость	20 000 мм/с
Вес	550 кг

3.3 Выбор вспомогательного оборудования для ГПС

В качестве вспомогательного оборудования для перемещения заготовок и готовых изделий между двумя роботами, нам необходим тактовый стол, для удобства и цикличности его использования.

Тактовый стол СТ 80 имеющий систему автоматизированного управления представлен на рисунке 3.3.

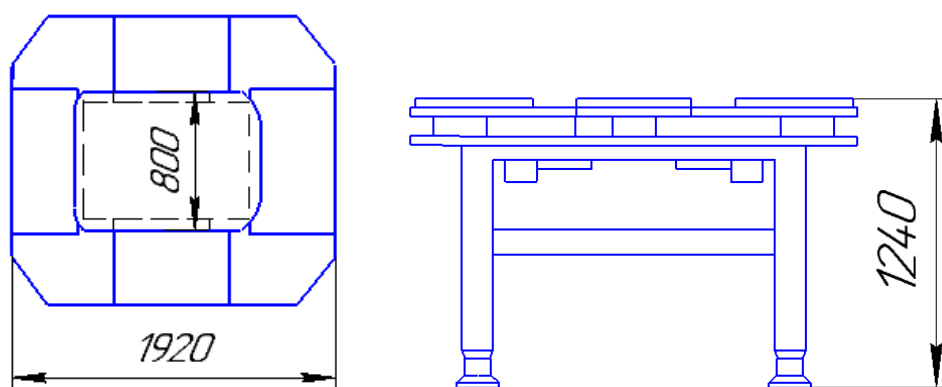


Рисунок 3.3 – Чертёж тактового стола

Тактовый стол СТ 80 имеет следующие размеры:

- длина 1920 мм;- ширина 800 мм;- высота-1240 мм;
- грузоподъёмность одной пластины 20 кг; - число пластин 8.

Для транспортировки по комплексу и вне его заготовок и готовых деталей было решено подвозить специальной транспортной тележкой по рельсам. Для этих целей была выбрана транспортная тележка модели КН30 представленная на рисунке 3.4. Данная тележка имеет малые габаритные размеры, что позволяет ей развивать высокий уровень автоматизации при быстрой наладке.

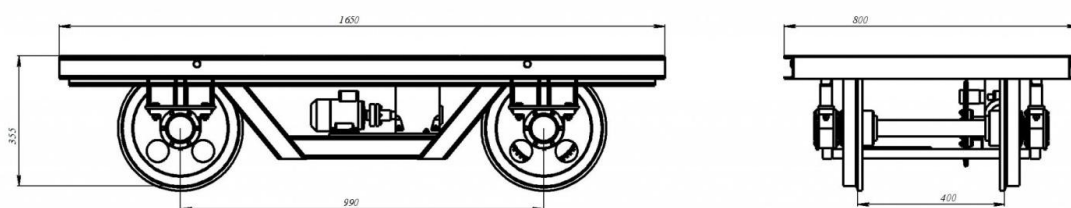


Рисунок 3.4 – Эскиз транспортной тележки для тары модели КН30

Технические характеристики транспортной тележки:

Грузоподъёмность, 1000 кг

Скорость движения, 0,3...0,7 м/с

Минимальный радиус поворота, 450 мм

Для транспортной тележки была специально спроектирована тара под заготовки и готовые изделия представленная на рисунке 3.5. При проектировании необходимой тары, были соблюдены условия, при которых на одной транспортной тележке располагаются сразу две тары с равномерно укомплектованными заготовками в количестве 24 шт., что в сумме даёт нам на одной транспортной тележке места под 48 заготовок и готовых изделий.

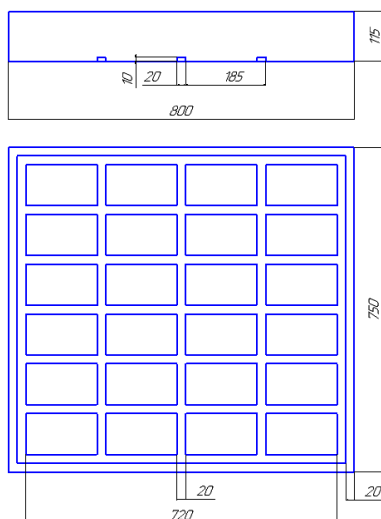


Рисунок 3.5 – Габаритный чертёж тары

Для каждого из станков есть система удаления стружки и в основу мы берём шнековый транспортер, представленный на рисунке 3.6. Конвейер состоит из желоба, который состоит в основном из чугунных секций. Во внутренней части конвейера вращается шнек,двигающийся посредством электродвигателя. Конвейер располагают под самим комплексом, что значительно сохраняет рабочие пространства. Применение таких транспортёров стружки эффективно для перемещения как мелкой, так и витой стружки.

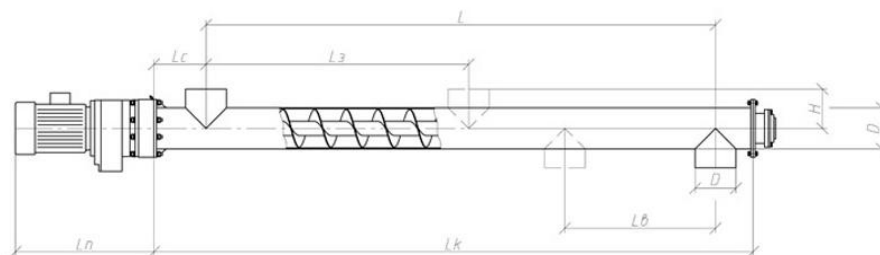


Рисунок. 3.6 - Эскиз шнекового транспортера стружки

3.4 Построение и расчет элементов траектории захватного устройства промышленного робота

Для программирования перемещений ПР1 разрабатывается траектория перемещения схвата представленная на рисунке 3.7.

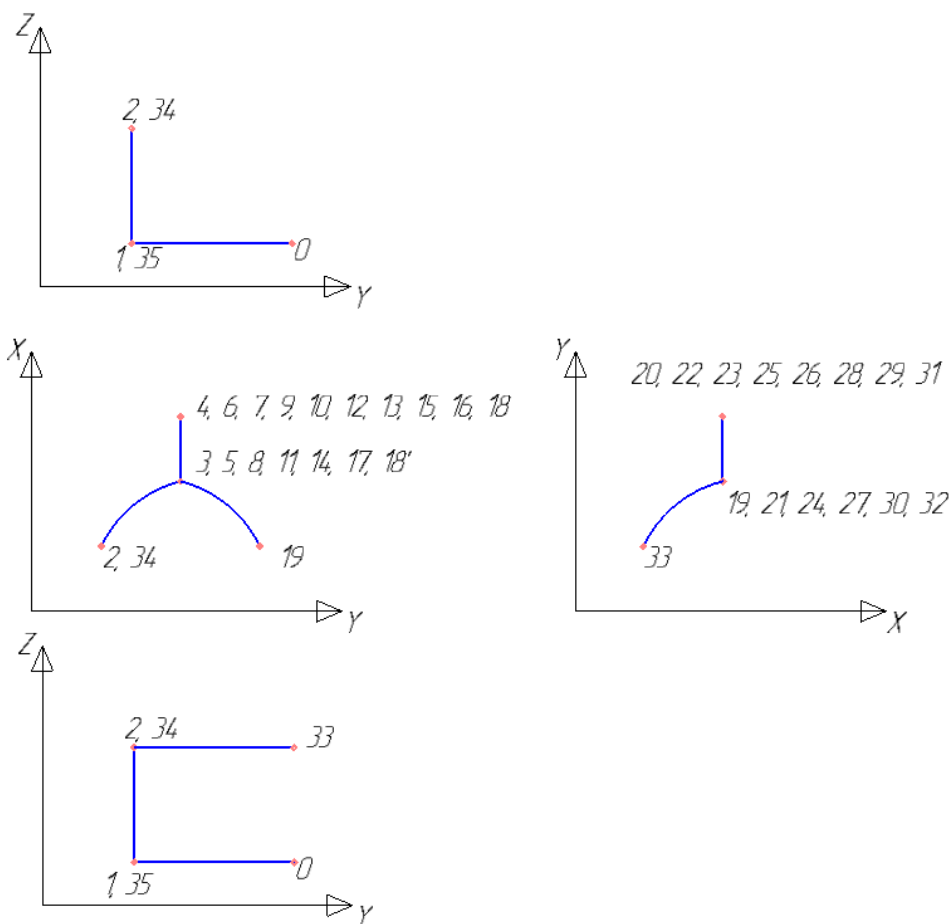


Рисунок 3.7 – Траектория перемещения схвата

Так как ПР2 находится строго симметрично по отношению к ПР1, все траектории перемещения схвата будут зеркальными.

Схема траектории перемещений схвата сопровождается таблицей 3.4, содержащей информацию о координатных опорных точках и дополнительных движениях.

Таблица 3.4 – Последовательность перемещений схвата

Элемент траектории	Координаты или перемещение	t_i , с	Примечание
0	X0 Y-1000 Z1200 $\alpha_0 \beta_0 \gamma_0$	-	Схват разжат
0-1	$L_y=200$	3	
1	X0 Y-1000 Z1200 $\alpha_0 \beta_0 \gamma_0$	-	
Схват сжать	-	2	Захват заготовки
1-2	$L_z=100$	0,5	
2	X0 Y-1200 Z1300 $\alpha_0 \beta_0 \gamma_0$	-	
2-3	$L_x=1000, l_y=1200$	25	
3	X1000 Y0 Z1300 $\alpha_0 \beta_0 \gamma_0$	-	
3-4	$L_x=200$	3	
4	X1200 Y0 Z1300 $\alpha_0 \beta_0 \gamma_0$	-	
Зажим заготовки	-	2,5	Приспособление станка
Схват разжать		2	
4-5	$L_x=-200$	3	
5	X1000 Y0 Z1300 $\alpha_0 \beta_0 \gamma_0$	-	
5-6	$L_x=200$	3	
6	X1200 Y0 Z1300 $\alpha_0 \beta_0 \gamma_0$	-	
Схват сжать	-	2	Захват заготовки
Разжим заготовки	-	2,5	Отжать тески
6-7	$L_z=50, L \alpha=180^\circ$	5	
7	X1200 Y0 Z1350 $\alpha_{180} \beta_0 \gamma_0$	-	
Зажим заготовки	-	2,5	Приспособление станка
Схват разжать	-	3	
7-8	$L_x=-200$	5	
8	X1000 Y0 Z1300 $\alpha_0 \beta_0 \gamma_0$	-	
8-9	$L_x=-200$	5	
9	X1200 Y0 Z1300 $\alpha_0 \beta_0 \gamma_0$	-	
Схват сжать	-	3	Захват заготовки

Продолжение таблицы 3.4

Разжим заготовки	-	2,5	Отжечь тески
9-10	$L_z=50, L \alpha=90^\circ$	7,67	
10	X1200 Y0 Z1350 $\alpha 90 \beta 0 \gamma 0$	-	
Зажим заготовки	-	2,5	Приспособление станка
Схват разжать	-	3	
10-11	$L_x=100$	2,5	
11	X1000 Y0 Z1300 $\alpha 0 \beta 0 \gamma 0$	-	
11-12	$L_x=200$	5	
12	X1200 Y0 Z1300 $\alpha 0 \beta 0 \gamma 0$	-	
Схват сжать	-	3	Захват заготовки
Разжим заготовки	-	2,5	Отжечь тески
12-13	$L_z=50, L \beta =90^\circ$	6	
13	X1200 Y0 Z1350 $\alpha 0 \beta 90 \gamma 0$	-	
Зажим заготовки	-	2,5	Приспособление станка
Схват разжать	-	3	
13-14	$L_x=-200, L_z=-50$	5	
14	X1000 Y0 Z1300 $\alpha 0 \beta 0 \gamma 0$	-	
14-15	$L_x=200$	3	
15	X1200 Y0 Z1300 $\alpha 0 \beta 0 \gamma 0$	-	
Схват сжать	-	3	Захват заготовки
Разжим заготовки	-	2,5	Отжечь тески
15-16	$L_z=50, L \beta =180^\circ$	7,67	
16	X1200 Y0 Z1350 $\alpha 0 \beta 180 \gamma 0$	-	
Зажим заготовки	-	2,5	Приспособление станка
Схват разжать	-	3	
16-17	$L_x=200, L_z=-50$	7,7	
17	X1000 Y0 Z1300 $\alpha 0 \beta 0 \gamma 0$	-	
17-18	$L_x=200$	5	

Продолжение таблицы 3.4

18	X1200 Y0 Z1300 $\alpha 0 \beta 0 \gamma 0$	-	
Схват сжать	-	3	Захват заготовки
Разжим заготовки	-	2,5	Отжать тески
18-18'	$L_x=200$	5	
18'	X1000 Y0 Z1300 $\alpha 0 \beta 0 \gamma 0$	-	
18-19	$L_x=-1000, L_y=1000$	20	
19	X0 Y1000 Z1300 $\alpha 0 \beta 0 \gamma 0$	-	
19-20	$L_y=300$	5	
20	X0 Y1300 Z1300 $\alpha 0 \beta 0 \gamma 0$	-	
Зажим заготовки	-	2,5	Приспособление станка
Схват разжать	-	3	
20-21	$L_y=-300$	5	
21	X0 Y1000 Z1300 $\alpha 0 \beta 0 \gamma 0$	-	
21-22	$L_y=300$	5	
22	X0 Y1300 Z1300 $\alpha 0 \beta 0 \gamma 0$	-	
Схват сжать	-	3	Захват заготовки
Разжим заготовки	-	2,5	Отжать патрон
22-23	$L_z=50, L \beta =180^\circ$	5	
23	X0 Y1300 Z1350 $\alpha 0 \beta 180 \gamma 0$	-	
Зажим заготовки	-	2,5	Приспособление станка
Схват разжать	-	3	
23-24	$L_y=-300, L_z=-50$	6	
24	X0 Y1000 Z1300 $\alpha 0 \beta 0 \gamma 0$	-	
24-25	$L_y=300$	5	
25	X0 Y1300 Z1300 $\alpha 0 \beta 0 \gamma 0$	-	
Схват сжать	-	3	Захват заготовки
Разжим заготовки	-	2,5	Отжать патрон
25-26	$L_z=50, L \beta =90^\circ$	7	

Продолжение таблицы 3.4

26	X0 Y1300 Z1350 $\alpha 0 \beta 90 \gamma 0$	-	
Зажим заготовки	-	2,5	Приспособление станка
Схват разжать	-	3	
26-27	$L_y = -300, L_z = -50$	6	
27	X0 Y1000 Z1300 $\alpha 0 \beta 0 \gamma 0$	-	
27-28	$L_y = 300$	5	
28	X0 Y1300 Z1300 $\alpha 0 \beta 0 \gamma 0$	-	
Схват сжать	-	3	Захват заготовки
Разжим заготовки	-	2,5	Отжать патрон
28-29	$L_z = 50, L \alpha = 90^\circ$	5	
29	X0 Y1300 Z1350 $\alpha 90 \beta 0 \gamma 0$	-	
Зажим заготовки	-	2,5	Приспособление станка
Схват разжать	-	3	
29-30	$L_y = -300, L_z = -50$	6	
30	X0 Y1000 Z1300 $\alpha 0 \beta 0 \gamma 0$	-	
30-31	$L_y = 300$	5	
31	X0 Y1300 Z1300 $\alpha 0 \beta 0 \gamma 0$	-	
Схват сжать	-	3	Захват заготовки
Разжим заготовки	-	2,5	Отжать патрон
31-32	$L_y = -300$	5	
32	X0 Y1000 Z1300 $\alpha 0 \beta 0 \gamma 0$	-	
32-33	$L_y = -2000$	15	
33	X0 Y-1000 Z1300 $\alpha 0 \beta 0 \gamma 0$	-	
33-34	$L_y = -200$	3	
34	X0 Y-1200 Z1300 $\alpha 0 \beta 0 \gamma 0$	-	
34-35	$L_z = -100$	2,5	
35	X0 Y-1200 Z1200 $\alpha 0 \beta 0 \gamma 0$	-	

Продолжение таблицы 3.4

Схват разжать	-	3	-
35-0	$L_y=200$	5	
0	X0 Y-1000 Z1200 $\alpha 0 \beta 0 \gamma 0$	-	Завершение цикла

В итоге получили: $t_i = 300 \text{ с}$.

Максимально-допустимая скорость линейного позиционирования V_x , м/с, в рабочей зоне вылета руки ПР рассчитывается по формуле:

$$V_x = \frac{2 \cdot L_x \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, \quad (3.1)$$

Где L_x – вылет руки ПР, м;

Δl – погрешность позиционирования, мм;

M – масса объекта манипулирования, кг.

До тактового стола:

$$V_x = \frac{2 \cdot 0,2 \cdot \sqrt[4]{0,05}}{\sqrt[3]{12,8}} = 0,04 \text{ м/с.}$$

До фрезерного станка:

$$V_x = \frac{2 \cdot 0,2 \cdot \sqrt[4]{0,05}}{\sqrt[3]{12,8}} = 0,04 \text{ м/с.}$$

До расточного станка:

$$V_x = \frac{2 \cdot 0,3 \cdot \sqrt[4]{0,05}}{\sqrt[3]{12,8}} = 0,06 \text{ м/с.}$$

Скорость перемещения ПР по вертикали V_z м/с, находится по следующей формуле:

$$V_z = \frac{\alpha_z \cdot \sqrt{L_z} \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, \quad (3.2)$$

где α_z – коэффициент, обусловленный конструкцией привода;

L_z – Расстояние вертикального перемещения, м.

$$V_z = \frac{3 \cdot \sqrt{0,1} \cdot \sqrt[4]{0,05}}{\sqrt[3]{12,8}} = 0,19 \text{ м/с.}$$

Принятая угловая скорость ω , рад/с роботизированной руки ПР при вертикальном повороте находится по следующей формуле:

$$\omega = \frac{0,5 \cdot \sqrt{\varphi} \cdot \sqrt[4]{\delta}}{\sqrt[3]{e \cdot L_x^4}}, \quad (3.3)$$

где ω – угловая скорость, рад/с;

φ – угол поворота руки ПР, рад;

δ – погрешность углового позиции.

$$\omega = \frac{0,5 \cdot \sqrt{3,14/2} \cdot \sqrt[4]{0,05}}{\sqrt[3]{(2 \cdot 1,85)^4}} = 0,025 \text{ рад/с.}$$

3.5 Построение граф-схемы переходов ГПС

Граф-схема (циклограмма) ГПС обозначает последовательность всех выполняемых действий, как основным, так и вспомогательным оборудованием, а также ПР, необходимые для полного цикла изготовления детали.

После определения последовательности выполнения всех видов движений ПР, необходимо определить время каждого действия выполняемое ПР по следующим формулам:

$$t_i = \frac{\varphi_i}{\omega_i}, \quad (3.4)$$

$$t_i = \frac{l_i}{V_i}, \quad (3.5)$$

где φ_i – угол поворота механизмом робота, град; l_i – линейные перемещения механизмов робота, м; $V_i \omega_i$, – Скорость линейного и углового перемещения.

По полученным данным строим циклограмму, представленную в графической части бакалаврской работы, откладывая по горизонтали, в выбранном масштабе длительности переходов используя расчеты.

В результате построения граф-схемы были получены следующие характеристики:

-время цикла	$T_{ц} = 1311$ с;
-время входа в цикл	$T_{вх} = 1920$ с;
-время выхода из цикла	$T_{вых} = 1835$ с;

Согласно показателям времени в циклограмме получили:

1) Коэффициенты загрузки станков

$$K_3 C1 = 0.87;$$

$$K_3 C2 = 0.62;$$

2) Коэффициенты загрузки ПР

$$K_3 ПР1 = 0.93;$$

$$K_3 ПР2 = 0.21.$$

4 Система управления ГПС

4.1 Назначения системы управления ГПС

Система автоматизированного управления ГПС разрабатывается с целью:

1. Сложенное управления всеми технологическими объектами в автоматизированном комплексе
2. Соблюдения заданных параметров технологического процесса при возникновении различных производственных ситуаций путем воздействия управляющими сигналами на системы управления основного и вспомогательного технологического оборудования.
3. Организация сигналов о возникновении аварийной ситуации на производстве и возобновлении нормального процесса.

4.2 Структура сетевого управления ГПС

Для организации структуры сетевого управления необходимо, чтобы станки с системой ЧПУ и промышленные роботы получали входные сигналы с датчиков, отвечающих за положение всех механизмов в станках и промышленных роботах, а также оснащены развитой системой программного обеспечения проверки механизмов промышленного робота и станочного оборудования. Проверочные сигналы обеспечивают формирование оценки состояния оборудования для контроллера 2-го уровня.

Исходя из условий, необходимо использовать следующие датчики для обслуживания контроллера 2-го уровня: состояния зажимного приспособления у промышленного робота и зажима в промышленных станков, наличие или отсутствие заготовок или готовых изделий на позициях подхода транспортной тележки с поддоном. Для достижения данных целей используются специальные, интеллектуальные датчики, подключаемые к сети ProfibusDP,

постпредством небольших по размеру станций для распределения ввода и вывода SimaticET200eco.

4.2.1 Выбор программируемого логического контроллера

В качестве устройства управления был выбран программируемый логический контроллер SIMATIC S7-400 представленный на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 – программируемый логический контроллер SIMATIC S7-400

S7-400 является одним из самых мощных ПЛК в семействе контроллеров SIMATIC. Эта автоматизированная платформа для множества системных решений в области технологического проектирования и производства. Данный ПЛК является модульным, что также говорит о его положительной тенденции использования в автоматизированной системе управления.

S7-400 обладает широким ассортиментом модулей и высокопроизводительными процессорами для оптимальной адаптации к задачам автоматизации. Может быть дополнен другими модулями, в случае

когда количество задач увеличивается и необходимо увеличить производительность. Удобное управление и простой дизайн с оптимальными параметрами связи и сети.

Выбор основного центрального процессора для ПЛК SIMATIC S7-400

Для решения ряда простых и средних по уровню задач, подойдёт центральный процессор CPU 414-3. Данный процессор обладает высокой производительностью и гибким расширением аналоговых и дискретных входов-выходов. Так как наша система является гибкой и возможна переналадка и расширения оборудования под производство другой номенклатуры изделия, то для такой системы необходим большой запас вычислительных мощностей, с чем и справляется данный центральный процессор.

Выбор коммуникационных процессоров

Для того чтобы нам подключить контроллер к сети Industrial Ethernet, следует выбрать коммуникационный процессор CP 443-1, который позволяет равномерно разгрузить центральный процессор от выполнения коммуникационных задач.

Для сети PROFIBUS-DP необходимо выбрать такой коммуникационный процессор, который позволяет также разгрузить центральный процессор от выполнения коммуникационных задач и таким коммуникационным процессором является CP 443-5.

Чтобы подключиться к сети AS-I, выбираем коммуникационный процессор CP 440

Для того, чтобы оператор мог видеть всю информацию в режиме онлайн, необходимо подключить графическую панель Simatic Panel PC 670. Данная графическая панель подключается к контроллеру по интерфейсу RJ-45.

4.2.2 Интеллектуальные датчики

В качестве датчика технического зрения был выбран SIMATIC VS720 представленный на рисунке 4.2. Датчик технического зрения необходим для контроля наличия и правильного положения готового изделия и заготовки.



Рисунок 4.2 – Датчик технического зрения SIMATIC VS720

В качестве ультразвукового датчика, который позволит нам обнаруживать объекты посредством отражателя, выбираем SimaticPX400 (Рисунок 4.3).



Рисунок 4.3 – Ультразвуковой датчик SIMATIC PXS400

Для осуществления связи между датчиками и логическим контроллером используется станция распределенного ввода-вывода ET 200eso (Рисунок 4.4), подключенная к сети PROFIBUS-DP.



Рисунок 4.4 – Распределительная станция ввода-вывода ET 200eco

4.3 Структурно-функциональные элементы системы управления ГПС.

Для взаимодействия оператора ГПС с ходом тех. процесса в качестве человеко-машинного интерфейса используется панели оператора Simatic Panel PC 670 и программатор PG 720.

В качестве физического подключения ЛСУ к Profibus-DP, используется активный терминальный элемент RS 485 (Рисунок 4.5), к Ethernet - коммутатор ESM TP80 6GK1102 (Рисунок 4.6).

Коммутатор SCALANCE X105 (Рисунок 4.7), является связующим звеном элементов сети.



Рисунок 4.5 – Активный терминальный элемент RS 485

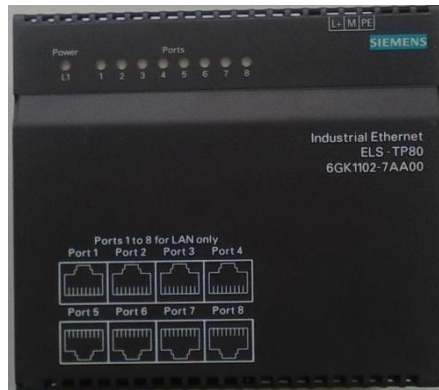


Рисунок 4.6 – Коммутатор ESM TP80 6GK1102



Рисунок 4.7 – Коммутатор SCALANCE X105

4.4 Разработка программного обеспечения ПЛК

Для разработки программного обеспечения ПЛК необходимо построить блок-схемы по управлению позиционером, алгоритма проверки готовности схвата к загрузке и проверки готовности станков к работе (Рисунки 4.9 - 4.11).

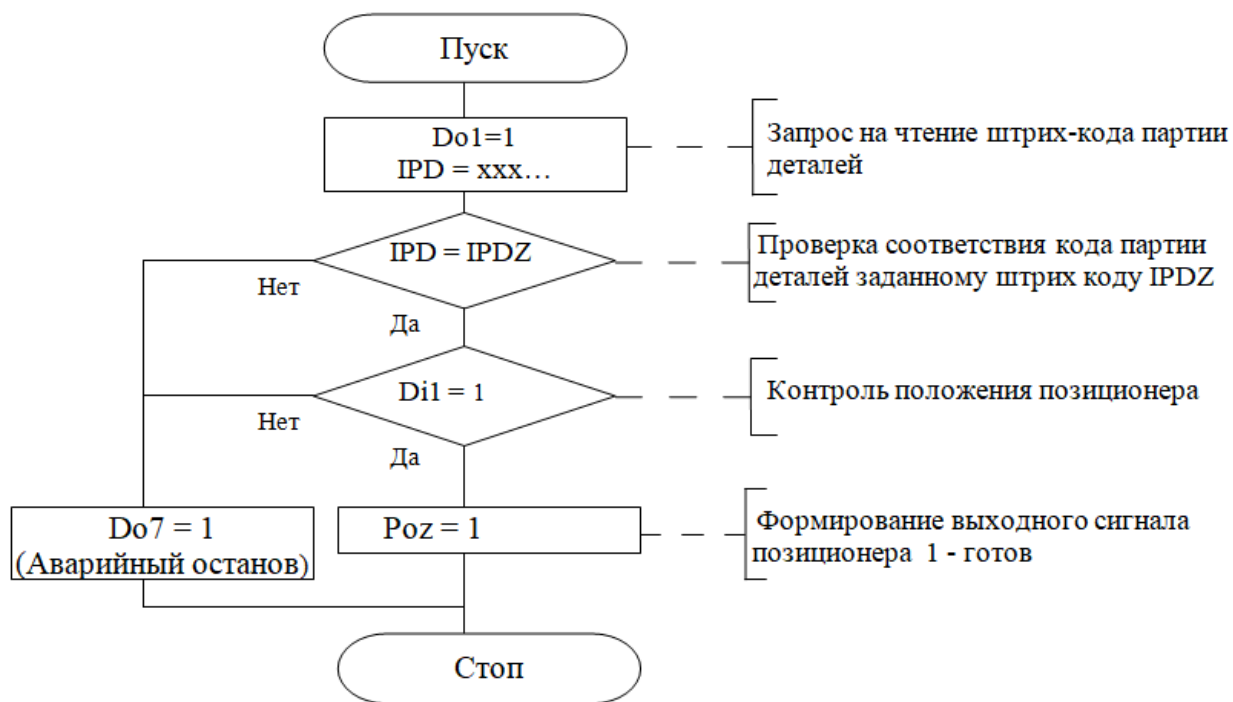


Рисунок 4.8 – Схема алгоритма управления позиционером

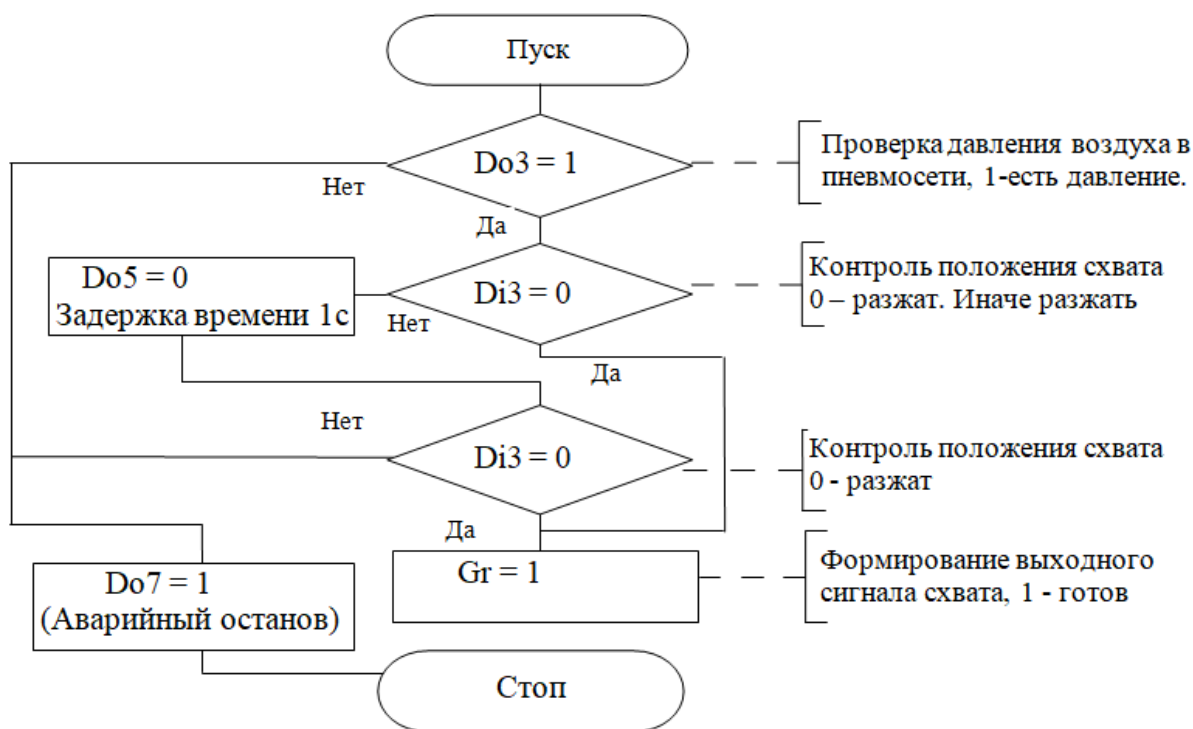


Рисунок 4.9 – Схема алгоритма проверки готовности схвата к загрузке

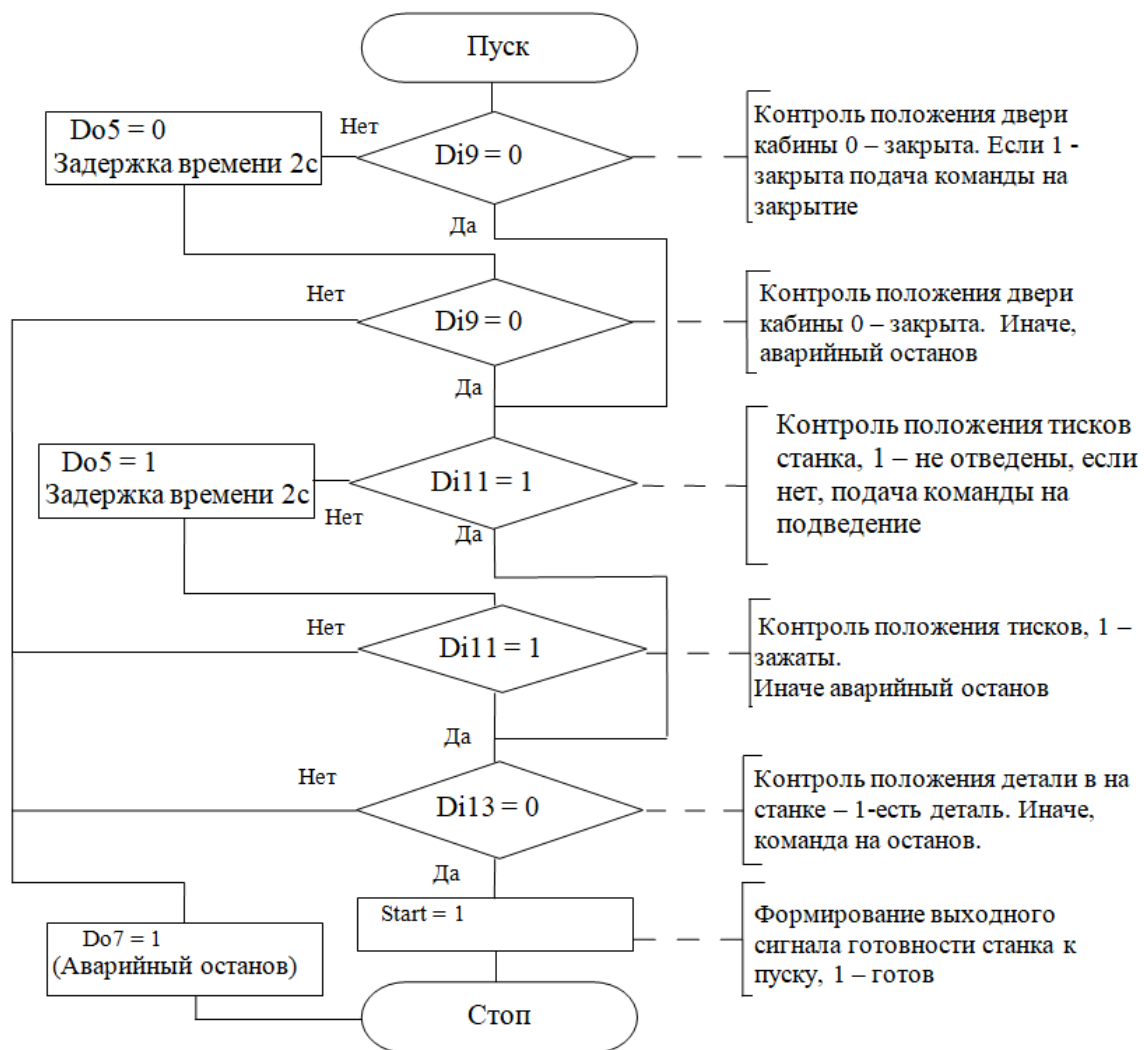


Рисунок 4.10 – Схема алгоритма проверки готовности станка к пуску

4.5. Назначение входных сигналов системы верхнего уровня управления.

Таблица 4.1 – Входные сигналы системы управления верхнего уровня

№	Входные данные	Сигнал			
Сигналы технологического оборудования					
1	Первый робот на технологической позиции первого станка	Да	1	Нет	0

Продолжение таблицы 4.2

2	Первый робот на технологической позиции второго станка	Да	1	Нет	0
3	Второй робот на загрузочной позиции с первой тары	Да	1	Нет	0
4	Второй робот на позиции разгрузки детали во вторую тару	Да	1	Нет	0
5	Первый робот на позиции взятия-выкладки детали на тактовый стол	Да	1	Нет	0
6	Второй робот на позиции взятия-выкладки детали с тактового стола	Да	1	Нет	0
7	Захват детали захватом первого робота	Есть	1	Нет	0
8	Возможность доступа в рабочее пространство каждого оборудования	Есть	1	Нет	0
9	Наличие в приспособлениях станков детали	Да	1	Нет	0
10	Окончание станочной обработки деталей	Да	1	Нет	0
11	Зажимные приспособления станков ослаблены для роботизированной разгрузки	Да	1	Нет	0
12	Захват-выгрузка заготовки вторым роботом	Есть	1	Нет	0
Аварийные сигналы					
13	Привод движения робота исправен	Да	0	Нет	1
14	Схват робота исправен	Да	0	Нет	1
15	Система инструмента станков исправна	Да	0	Нет	1
16	Система подачи смазочно-охлаждающей жидкости станков исправна	Да	0	Нет	1
17	Приводы станков исправны	Да	0	Нет	1
18	Система подачи сжатого воздуха исправна	Да	0	Нет	1
19	Транспортная система исправна	Да	0	Нет	1
20	Остановлен технологический процесс	Да	1	Нет	0
21	Аварийный останов ГПС (нарушение ограждения)	Есть	1	Нет	0

Таблица 4.2 – Выходные сигналы системы управления верхнего уровня

№	Выходные данные	Сигнал			
Сигналы управления					
1	Обслуживание первого станка	Да	1	Нет	0
2	Запуск обрабатывающей программы деталей на первом станке	Есть	1	Нет	0
3	Обслуживание второго станка	Да	1	Нет	0
4	Запуск обрабатывающей программы деталей на втором станке	Есть	1	Нет	0
5	Взятие детали вторым роботом из первой тары	Да	1	Нет	0
6	Выкладка детали на тактовый стол первым роботом	Да	1	Нет	0
7	Взятие детали с тактового стола первым роботом	Да	1	Нет	0
8	Выкладка детали вторым роботом во вторую тару	Да	1	Нет	0
Сигналы оповещения					
9	Технологический процесс остановлен оператором	Есть	0	Нет	1
10	Останов ГПС автоматически	Есть	0	Нет	1

4.6. Разработка модели управляющего процесса

Необходимо рассмотреть систему математических уравнений для корректной разработки управляющего процесса гибкой производственной системы.

Для этого определим входные и выходные сигналы управляющей системы гибкого производственного комплекса. И по составленным таблицам (таблицы 4.3, 4.4), определим переменные управления моделью управляющего процесса.

Таблица 4.3 – Определения входных данных

№	Сигнал	Данные	Сигнал	Данные
Действия первого робота при разгрузке-загрузке оборудования				
1	Робот 1 на позиции тары 1 для разгрузки	X1	Робот 1 на позиции тары 1 для разгрузки отсутствует	— X1
2	Робот 1 на позиции станка 1 для разгрузки-загрузки	X2	Робот 1 на позиции станка 1 для разгрузки-загрузки отсутствует	— X2
3	Робот 1 на позиции станка 2 для разгрузки-загрузки	X3	Робот 1 на позиции станка 2 для разгрузки-загрузки отсутствует	— X3
4	Робот 1 на позиции промежуточного стола для загрузки	X4	Робот 1 на позиции промежуточного стола для загрузки отсутствует	— X4
5	Заготовка в схвате робота 1	X5	Заготовка в схвате робота 1 отсутствует	— X5
6	Привод робота 1 исправен	X7	Привод робота 1 неисправен	— X7
7	Механизм захвата заготовок исправен	X8	Механизм захвата заготовок неисправен	— X8
8	Обслуживание ГАК возможно	X9	Обслуживание ГАК невозможно	— X8
Действия первого станка				
10	Инструментальная система станка 1 исправна	X10	Инструментальная система станка 1 неисправна	— X10

Продолжение таблицы 4.3

11	Система СОЖ станка 1 исправна	X11	Система СОЖ станка 1 неисправна	$\overline{X11}$
12	Система оснастки станка 1 исправна	X12	Система оснастки станка 1 неисправна	$\overline{X12}$
13	Станок 1 исправен	X13	Станок 1 неисправен	$\overline{X13}$
14	Ограждение станка 1 разрешает обслуживание	X14	Ограждение станка 1 запрещает обслуживание	$\overline{X14}$
Состояние заготовки на станке 1				
15	Заготовка в патроне станка 1	X15	Заготовка в патроне станка 1 отсутствует	$\overline{X15}$
16	Ослабление заготовки в патроне станка 1 для разгрузки	X16	Разгрузка заготовки на станке 1 невозможна	$\overline{X16}$
17	Заготовка на станке 1 обработана	X17	Заготовка на станке 1 обрабатывается	$\overline{X17}$
Действия второго станка				
18	Инструментальная система станка 2 исправна	X18	Инструментальная система станка 2 неисправна	$\overline{X18}$
19	Система СОЖ станка 2 исправна	X19	Система СОЖ станка 2 неисправна	$\overline{X19}$
20	Система оснастки станка 2 исправна	X20	Система оснастки станка 2 неисправна	$\overline{X20}$
21	Станок 2 исправен	X21	Станок 2 неисправен	$\overline{X21}$
22	Ограждение станка 2 разрешает обслуживание	X22	Ограждение станка 2 запрещает обслуживание	$\overline{X22}$

Продолжение таблицы 4.3

Состояние заготовки на станке 2				
23	Заготовка в патроне станка 2	X23	Заготовка в патроне станка 2 отсутствует	— X23
24	Ослабление заготовки в патроне станка 2 для разгрузки	X24	Разгрузка заготовки на станке 2 невозможна	— X24
25	Заготовка на станке 2 обработана	X25	Заготовка на станке 2 обрабатывается	— X25
Аварийное состояние технологического процесса ГПС				
26	Общий останов технологического процесса оператором	X26	Отсутствие общего останова технологического процесса оператором	— X26
Действия второго робота при разгрузке-загрузке транспортных тележек с заготовками и готовыми деталями				
27	Робот 2 на позиции промежуточного стола для разгрузки	X27	Робот 2 на позиции промежуточного стола для разгрузки отсутствует	— X27
28	Робот 2 на позиции станка 3 для разгрузки-загрузки	X28	Робот 2 на позиции станка 3 для разгрузки-загрузки отсутствует	— X28
29	Робот 2 на позиции станка 4 для разгрузки-загрузки	X29	Робот 2 на позиции станка 4 для разгрузки-загрузки отсутствует	— X29
30	Робот 2 на позиции станка 5 для загрузки	X30	Робот 2 на позиции станка 5 для загрузки отсутствует	— X30
31	Робот 2 на позиции тары 2 для загрузки	X31	Робот 2 на позиции тары 2 отсутствует	— X31

Продолжение таблицы 4.3

32	Привод робота 2 исправен	X32	Привод робота 2 неисправен	— X32
33	Механизм захвата заготовок исправен	X33	Механизм захвата заготовок неисправен	— X33
34	Обслуживание ГПС возможно	X34	Обслуживание ГПС невозможно	— X34

Таблица 4.4 – Определение выходных данных

Сигнал	Действие
Y1	Запуск программы Инициализация запуска программы ЛСУ робота 1 по обслуживанию станка 1
Y11	Инициализация запуска программы ЛСУ станка 1 по обработке заготовок
Y2	Инициализация запуска программы ЛСУ робота 1 по обслуживанию станка 2
Y21	Инициализация запуска программы ЛСУ станка 2 по обработке заготовок

Интерпретируя мат. модель составим предусловий и постусловий выполнения нашей задачей по управлению гибкой производственной системы (таблица 4.5)

Таблица 4.5 – Условия выполнения задач управления

Сигнал	Условие	
	Предусловие	Постусловие
Y1	$\overline{X_{26}} \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_5 \cdot X_7 \cdot X_8 \cdot X_9$	$X_{10} \cdot X_{11} \cdot X_{12} \cdot X_{13} \cdot X_{14} \cdot X_{15} \cdot X_{16}$
Y11	$X_{10} \cdot X_{11} \cdot X_{12} \cdot X_{13} \cdot X_{14} \cdot X_{15} \cdot X_{16}$	X17
Y2	$X_2 \cdot X_3 \cdot X_5 \cdot X_7 \cdot X_8 \cdot \overline{X_{26}} \cdot X_9$	$X_{18} \cdot X_{19} \cdot X_{20} \cdot X_{21} \cdot X_{22} \cdot X_{23} \cdot X_{24}$
Y21	$X_{18} \cdot X_{19} \cdot X_{20} \cdot X_{21} \cdot X_{22} \cdot X_{23} \cdot X_{24}$	X25

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения бакалаврской работы был разработан современный и технологичный процесс по изготовлению корпусных деталей. Произведено значительное снижение трудоемкости по изготовлению детали.

Весь технологический процесс был выполнен с соблюдением современных достижений в области автоматизации и управлении производством. Определен целесообразный метод получения заготовки, а также произведен тщательный анализ и расчет для определенного типа производства, подобрано современное технологическое оборудование. На основе всех расчётов была построена схема размещения оснастки и блок-схема переходов промышленного робота на спроектированном участке.

Спроектировано захватное устройство для промышленного робота и произведен прочностной и силовой анализ.

Разработана двухуровневая система по управлению роботизированным участком и построена блок-схема алгоритмов управления ГПС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – 5-е изд., перераб. и доп. – Мн.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
2. Косилова А.Г. Справочник технолога – машиностроителя. Т.1/ А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
3. Режимы резания металлов: справочник / Под ред. Ю. Б. Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 408 с.
4. Технология машиностроения. Курсовое и дипломное проектирование: учеб. пособие/ М. Ф. Пашкевич [и др.]; под ред. М.Ф. Пашкевича. – Минск: Изд-во Гревцова, 2010. - 400с.
5. Справочник технолога – машиностроителя: в 2т. / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – Т.1.- 496 с.
6. Козырев Ю.Г. Промышленные роботы: справочник / Ю.Г. Козырев. – М.: Машиностроение, 1988. – 376с.
7. Бурдаков С.Ф. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов: учеб. пособие / С.Ф. Бурдаков, В.А. Дьяченко, А.Н. Тимофеев.- М.: Высш. Шк., 1987.-264с.2
8. Роботизированные производственные комплексы / Ю.Г. Козырев, А.А. Кудинова.-М.: Машиностроение, 1987.-272с.4
9. Кузнецов М.М. Проектирование автоматизированного производственного оборудования / М.М. Кузнецов, Б.А. Усов, В.С. Стародубов.- М.: Машиностроение, 1987.-288 с.6
10. Сердюк А. И., Радыгин А. Б., Шерстобитова В. Н. Инфоология процессов функционирования гибких производственных систем //Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2016. – №. 4. – С. 26-36.
11. Бабешко В. Н. Системы управления автоматизированным производством //Ответственный редактор. – 2016. – С. 10.

12. Левашкин Д. Г. Методологические аспекты обеспечения точности и жесткости реконфигурируемых производственных систем с применением автоматически сменных узлов // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2014. – №. 4 (30).
13. Кульга К. С. и др. Применение программного обеспечения САх-систем и виртуального моделирования для проектирования компоновок гибких производственных систем // СТИН. – 2015. – №. 12. – С. 6-14.
14. Алиев Р. А. и др. Создание инструмента автоматизированного проектирования нестандартных элементов гибкой производственной системы // Автоматизация. Современные технологии. – 2010. – №. 1. – С. 28-32.
15. Сердюк А. И., Хонг М. В. Компьютерное моделирование гибких производственных систем // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн. – 2016. – С. 50-55.
16. Алиев, И.И. Электротехника и электрооборудование: Справочник: Учебное пособие для вузов / И.И. Алиев. - М.: Высш. шк., 2010. - 1199 с.
17. 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.
18. Пуховский Е.С. Технологические основы гибкого автоматизированного производства. Учеб.пособие. — К.: Вицашк. Головное изд-во, 1989. — 240 с.: 87 ил.— Библиогр.: 35 назв. ISBN 5-11-001340-3.
19. Фельдштейн, Е.Э. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: Учебное пособие / Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. - М.: НИЦ ИНФРА-М, Нов. знание, 2013. - 266 с
20. Схиртладзе, А.Г. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: Учебник для машиностроительных вузов / Ю.З. Житников, Б.Ю. Житников, А.Г. Схиртладзе, Ю.З. Житников. - М.: ТНТ, 2011. – 658 с.
21. Клюев, А.С. Автоматизация настройки систем управления / А.С.Клюев, В.Я.Ротач, В.Ф.Кузищин– М.: Альянс. Москва 2015. – 272с.

22. Сибикин, М.Ю. Основы проектирования машиностроительных предприятий. Учебное пособие/ М.Ю. Сибикин, Ю.Д. Сибикин. – М.: ДиректМедиа, 2014. - 260 с.
23. Иванов, А.А. Автоматизация технологических процессов и производств: Учебное пособие / А.А. Иванов: - М.: Форум, 2012. – 225 с.
24. Селевцов, Л.И. Автоматизация технологических процессов / Л.И. Селевцов, А.Л. Селевцов. - М.: Инфра-Инженерия, 2014. - 353 с.
25. Схиртладзе, А.Г. Автоматизация технологических процессов и производств: Учебник для ВУЗов. / А.Г. Схиртладзе. - М.: Абрис, 2012. - 567 с
26. Servo signal processing for flying height control in hard disk drives, 2011, Uwe Boettcher, Christopher A. Lacey, Hui Li, Kensuke Amemiya, Raymond A. de Callafon, Frank E. Talke.
27. Simulation of multibody systems with servo constraints through optimal control, 2016, R. Altmann, J. Heiland.
28. Robust proprioceptive grasping with a soft robot hand, 2018, Bianca S. Homberg, Robert K. Katzschmann, Mehmet R. Dogar, Daniela Rus.
29. Sandra Mattsson, Asa AB Fasth, Fast-Berglund, Johan Stahre. Describing Human-Automation Interaction inProduction [Text] / Sandra M. // Conference Paper, 2012. – PP. 2-3.
30. Kwon S. Oh. New Adaptive Compensator Robust to Memoryless Nonlinear Distortion. / Intelligent Information Management, No 6, 2014. PP. 8-11.