

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

Институт энергетики и электротехники
(наименования 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
ВАЛА

Студент	<u>Х.К. Абдурамонова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Д.Г. Токарев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультант	<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

Тема бакалаврской работы: Гибкий автоматизированный комплекс обработки вал.

В бакалаврской работе подробно изложены цель и задачи работы, решение которых достигнуто в процессе выполнения работы.

Цель данной работы: разработать автоматизированный процесс изготовления вала, базируясь на современных достижениях автоматизации и управления.

Подробно описаны функции и технологические особенности детали, для автоматизированного производства которой разработан модернизированный технологический маршрут обработки детали. Подобрано основное и вспомогательное технологическое оборудование, реализующее данный технологический процесс в составе гибкого автоматизированного комплекса. Разработано автоматическое станочное приспособление для точного базирования детали при обработке. Рассмотрен вопрос структуры системы управления гибким автоматизированным комплексом, подобрано управляющее оборудование. Разработана структура управляющей программы, реализующей управление гибким автоматизированным комплексом

ABSTRACT

The title of the graduation work is The Flexible Automated Complex Processing Shaft.

The title of the graduation work provides a detailed outline of the aim and tasks the work, which were solved in the process of completing the work.

The aim of this work is the development of automated process of the shaft manufacturing, based on modern achievements of automation and management.

The task of this graduation work includes:

1. The development to design of the work piece, reducing the expenditure material.
2. The development of automated manufacturing process technology details.
3. Projecting the flexible automated complex processing shaft.
4. The development a management system of the flexible automated complex processing shaft.

The function and technological specificities of the thing are fully described for an automatic production, which was developed by the upgraded route. The main and additional technical equipment which realizes that technological process within flexible automatic process is reviewed. An automatic machine tool for an exact basing of the thing during production is described. The system for managing flexible automatic complex is developed and regulating equipment is selected. The result of the work and the main conclusions are given.

The graduation work consists of 64 pages, an introduction, 5 figures and the list of references including foreign sources.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ВАЛА.....	7
1.1 ФУНКЦИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДЕТАЛИ.....	7
1.2 ВЫБОР И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВКИ.....	9
1.3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МАРШРУТА ОБРАБОТКИ ВАЛА.....	12
1.4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ.....	14
1.5 РАСЧЕТ НОРМ ВРЕМЕНИ.....	15
2 РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОГО СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ.....	19
2.1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ. ВЫБОР УСТАНОВОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	19
2.2 РАСЧЕТ СИЛ РЕЗАНИЯ.....	19
2.3 РАСЧЁТ СИЛЫ ЗАЖИМА.....	20
2.4 РАСЧЕТ ЗАЖИМНОГО МЕХАНИЗМА.....	21
2.5 РАСЧЕТ СИЛОВОГО ПРИВОДА.....	21
2.6 РАЗРАБОТКА КОРПУСА ПРИСПОСОБЛЕНИЯ.....	22
2.7 РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ ЦЕНТРИРОВАНИЯ.....	22
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГИБКОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА.....	24
3.1 ВЫБОР ОПЕРАЦИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ.....	24
3.2 ВЫБОР ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	24
3.3 ВЫБОР ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ.....	27
3.4 ВЫБОР ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ.....	28
3.5. СИСТЕМА ОТВЕДЕНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА.....	29
3.6 ВЫБОР СИСТЕМЫ ОГРАЖДЕНИЯ И БЕЗОПАСНОСТИ.....	29
3.7 РАЗРАБОТКА ПЕРВОГО ВАРИАНТА КОМПОНОВКИ ГАК.....	30
3.8 РАЗРАБОТКА ВТОРОГО ВАРИАНТА КОМПОНОВКИ ГАК.....	35
3.9 РАЗРАБОТКА ТРЕТЬЕГО ВАРИАНТА КОМПОНОВКИ ГАК.....	39
3.10 ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ КОМПОНОВКИ ГАК.....	43
4 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГИБКИМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ КОМПЛЕКСОМ.....	44
4.1 СЕТЬ AS-INTERFACE.....	44
4.2 СЕТЬ PROFIBUS-DP.....	46
4.3 СТРУКТУРА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ.....	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	57
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	58

Введение

Управление техническими средствами широко охватывает все отрасли автоматизированного производства, вызывая в них глубокие качественные изменения. С появлением и развитием автоматизированного технологического оборудования с системами управления на электронной основе стали возможными эффективная автоматизация производства, создание оборудования, сочетающего производственные возможности автоматов с мобильностью универсального оборудования. Однако сама автоматизация производства – это не только внедрение систем и средств управления и автоматики, но, прежде всего, разработка прогрессивных автоматизированных технологий, технологического оборудования и систем управления и мониторинга производственных процессов.

Особое место в современном обрабатывающем производстве занимает обработка тел вращения, в частности валов, которые применяются, прежде всего, для передачи вращения и конструктивного размещения приводных деталей, например зубчатых колес, шестерен и т.п. Изготовление деталей данной группы представляется сложным и трудоёмким процессом.

Технология изготовления вала должна предусматривать следующее:

1. Высокое качество исполнения (высокую точность геометрических форм).
2. Оптимальную организацию технологического процесса с целью максимального снижения затрат на изготовление и повышения производительности труда.

Для возможности обеспечения достижения вышеобозначенных условий необходимы:

- использование современного технологического оборудования, оснастки и приспособлений,
- автоматизация всех циклов технологического процесса,
- обеспечение управления всеми этапами обработки.

Цель данной работы: разработать автоматизированный процесс

изготовления вала, базируясь на современных достижениях автоматизации и управления.

Задачи проекта:

1. Разработать конструкцию заготовки, минимизирующую затраты материала.
2. Разработать автоматизированный техпроцесс изготовления детали.
3. Спроектировать гибкий автоматизированный комплекс (ГАК) обработки вала.
4. Разработать систему управления ГАК.

1 Автоматизация технологического процесса обработки вала

1.1 Функции и технологические особенности детали

Вал, рассматриваемый в данной выпускной работе, выполняет функции передачи вращения в системе механизмов автомобиля. Функционирование этого вала влияет на моменты работы отдельных узлов и, в целом, на автомобиль. От качества обработки детали зависят параметры узлов, в которые входит данная деталь, в частности надежность и долговечность.

Работа вала отличается неравномерностью и внешним импульсным воздействием изменяющихся силовых факторов. Результатом этого являются повышенное влияние на деталь износа, усталости и переменных механических напряжений.

Поэтому материалом детали является сталь 38 ХГМ, после обработки которой деталь подвергается закалке и подвергается химическому покрытию.

Для автоматизированной обработки вала необходимо классифицировать его поверхности (таблица 1.1), номера которых соответствуют чертежу детали.

Таблица 1.1 – Классификация поверхностей детали

Вид поверхности	Номер поверхности
Основная конструкторская база	2,12
Вспомогательная конструкторская база	3,4,5,6,7,8,9,10,11
Технологические базы	1,13
Свободные поверхности	остальные

Обрабатываемый вал имеет эвольвентные шлицы, которые должны обрабатываться с учетом повышенной точности.

Остальные поверхности должны быть подвергнуты различной механической обработке для обеспечения уравнивания детали и исключения ее вибраций при функционировании.

Эвольвентные шлицы являются основными элементами для выполнения служебных функций детали, которые выбраны в качестве

основной конструкторской базы (ОКБ).

Функции вспомогательных конструкторских баз осуществляют поверхности 3,4,5,6,7,8,9,10,11.

При технологической обработке вала деталь базируется с учетом технологической, совмещенной с измерительной, базы (1,13).

Чертеж вала обеспечивает минимизацию погрешностей обработки поверхностей за счет высоких допусков на обрабатываемые поверхности.

Обрабатываемый вал работает во взаимодействии с другими деталями сборочного узла, поэтому необходимо обеспечить соответствующую шероховатость обработанных поверхностей для эффективного взаимодействия с сопрягаемыми деталями и реализации заданных технологических функций.

Вспомогательные поверхности имеют неопределенную шероховатость, которая может обеспечиваться, например, точностью получения заготовки.

Рабочий чертеж вала содержит необходимую графическую информацию, в том числе с отклонениями размеров от номинальной величины, обеспечивающими необходимую шероховатость и требуемую геометрию поверхностей.

Производство детали с учетом рабочих требований позволяет обеспечивать высокую производительность обработки с учетом надежного базирования поверхностей вала.

Проектируемый технологический процесс учитывает принцип единства баз, поэтому основной и измерительной базой вала является ось детали.

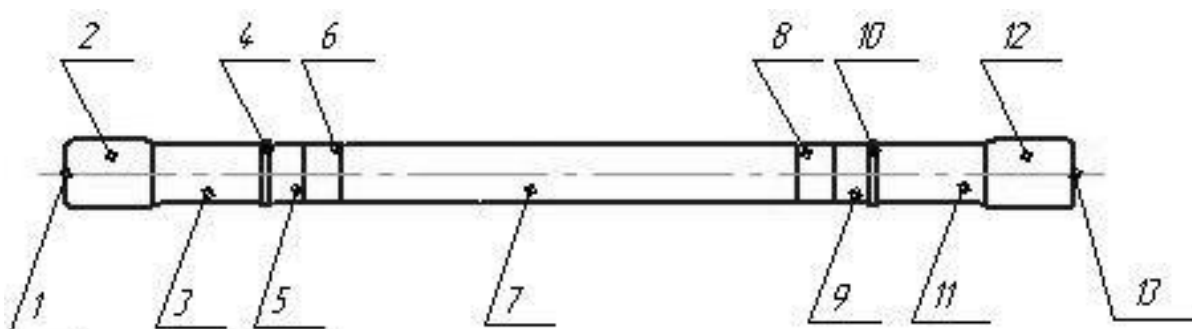


Рисунок 1.1 – Классификация поверхностей вала

1.2 Выбор и проектирование заготовки

Для обработки выбираем заготовку, ориентируясь на два варианта:

- штамповку;
- калиброванный круглый прокат диаметром 25мм.

Исходными данными для выбора заготовки являются:

- деталь – вал;
- годовая программа выпуска – 128000 шт;
- масса детали – 1,33 кг;
- материал – сталь 38ХГМ;
- класс точности – Т2;
- группа стали – М2.

Эффективнее и экономичнее с точки зрения производительности и точности в качестве заготовки использовать штамповку.

При использовании штамповки учитываем, что радиусы внешних поверхностей больше внутренних в 3 раза, поэтому назначаем внутренние радиусы закруглений $r=3$ мм, наружные – $R=9$ мм. При этом уклоны поверхностей штамповки $\alpha=7^\circ$.

Припуски для последующей обработки заготовки зависят от массы заготовки, размеров вала и технических требований, указанных на его чертеже.

С учетом этих требований назначенные припуски указаны в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Штамповочные припуски заготовки вала

Размер детали	Ra, мкм	Припуск на сторону, мм	Допуск, мм	
			Верхнее отклонение	Нижнее отклонение
Ø25	3	$1,5+0,2=1,7$	1,45	-0,85
Ø23	3	$1,5+0,2=1,7$	1,45	-0,85
30	7	$1,3+0,4=1,7$	1,28	-1,11
45	7	$1,3+0,4=1,7$	1,28	-1,11
12	7	$1,3+0,4=1,7$	1,28	-1,11
180	3	$1,9+0,4=2,3$	1,72	-1,49
15	7	$1,3+0,4=1,7$	1,28	-1,11
7	7	$1,3+0,4=1,7$	1,28	-1,11

Масса штамповки:

$$M_{\text{заг}} = \rho \cdot V_{\text{заг}}, \quad (1.1)$$

где ρ – плотность материала,

V – объём штамповки, где

$$V_{\text{заг}} = \frac{\pi d^2}{4} * H \quad (1.2)$$

Тогда $\rho = 7,85 * 10^3 \text{ кг/м}^3$

$$V_{\text{заг}} = 2,48 * 10^{-4} \text{ м}^3$$

$$M_{\text{заг}} = 2,48 * 10^{-4} * 7,85 * 10^3 = 1,94 \text{ кг}$$

Теперь определяем коэффициент использования материала K_m по формуле:

$$K_m = \frac{M_d}{M_z} \quad (1.3)$$

где M_d – масса детали,

M_z – масса заготовки.

В результате получим: $K_m = \frac{1,33}{1,94} = 0,69$

Таким образом K_m при штамповке составляет 0,69.

Принимаем степень сложности С2.

Проведем анализ применения для заготовки проката.

Выбираем заготовку диаметром 25 мм. Предельные отклонения по диаметру при обычной точности составляют: верхнее – 0,5 нижнее – минус 1,5.

По формулам (2.1), (2.3) подсчитываем $m_{\text{заг}}$ и K_m . В результате получим:

$$m_{\text{заг}} = 1,54 \text{ кг},$$

$$K_m = \frac{1,33}{1,54} = 0,86$$

Теперь для окончательного решения по выбору метода получения заготовки проведем сравнительный анализ технологической себестоимости.

Стоимость заготовки, получаемой горячей штамповкой на прессах, определяется по формуле:

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_n \right) - \left(Q - q \right) \cdot \frac{S_{отх}}{1000} \quad (1.4)$$

где C_i – базовая стоимость 1 т заготовок, руб.

По данным, для штамповок $C_i = 100000$ руб/т;

Q – масса заготовки, кг.

В данном случае:

- масса штамповки $Q = 1,94$ кг;

- масса проката $Q = 1,54$ кг.

K_T – коэффициент класса точности. Для штамповок повышенной точности $K_T = 1$;

K_M – коэффициент материала: $K_M = 1,18$ (углеродистая сталь);

K_B – коэффициент массы. Для высоколегированной стальной штампованной заготовки $K_B = 1,14$;

K_C – коэффициент сложности отливок. Для углеродистой стали 2 группы сложности $K_C = 0,87$;

K_n – коэффициент объема производства; $K_n = 1$.

q – масса детали: $q = 1,33$ кг;

$S_{отх}$ – цена отходов, руб/т. $S_{отх} = 10000$ руб/т (стальная стружка).

После подстановки необходимых значений получаем:

- для штамповки:

$$S_{заг}^{штам} = \left(\frac{100000}{1000} \cdot 1,94 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1,14 \cdot 1,18 \cdot 1 \right) - \left(1,94 - 1,33 \right) \cdot \frac{10000}{1000} = 220,94 \text{ руб/шт}$$

- для проката:

$$S_{заг}^{прок} = \left(\frac{60000}{1000} \cdot 1,54 \cdot 1,2 \cdot 0,87 \cdot 1,14 \cdot 1,18 \cdot 1 \right) - \left(1,54 - 1,33 \right) \cdot \frac{10000}{1000} = 127,67 \text{ руб/шт}$$

Окончательно принимаем способ получения заготовки вала прокатом, что дает экономию по сравнению со штамповкой в размере:

$$\Delta_{заг} = \left(S_{заг}^{КГШП} - S_{заг}^{ПРОК} \right) \cdot N \quad (1.5)$$

Подставляя значения, получаем

$$\mathcal{E}_{заг} = \left(S_{заг}^{КГШП} - S_{заг}^{ПРОК} \right) \cdot N = (27,04 - 127,67) \cdot 128000 = 12719360 \text{ руб}$$

1.3. Разработка технологического маршрута обработки вала

На выбор видов обрабатывающего оборудования влияют форма, точность и шероховатость поверхностей рассматриваемого вала.

Таблица 1.3 – Значения припусков поверхностей вала

Номер поверхности	Квалитет точности	Заданная шероховатость, мкм	Методы обработки
1,13	8	3	Ф,
2,12	7	3	Т _ч , Ф, Ш _{пред} , Ш _{чист}
3,5,7,9,11	10	7	Тп, Тч
4,6,8,10	9	7	Тч, Ш

Операция 010: токарно-центровальная

Оборудование: автомат центровально-подрезной

Инструмент: сверло центровочное Р6М5; пластина фрезерная

Содержание операции: торцовка и центровка с обеих сторон

Заготовка фиксируется на станке посредством самоцентрирующих тисков. Точное позиционирование инструмента обеспечивается приспособлением для настройки головки (суппорта). Рабочая часть фрезы представляет собой центровочное сверло, на которое посажен диск с ножами. Таким образом, в процессе обработки происходит одновременное сверление центров и подрезка торцов. С помощью устройства контроля обработки можно получать информацию о качестве работы станка, что дает возможность последующей корректировки наладки.

Операция 020: токарная

Оборудование: станок токарный с ЧПУ модели NDM16-4/80

Инструмент: резец контурный ГОСТ 19795-84 Т15К6 по ГОСТ 20872-

80

Содержание операции: полная токарная обработка вала. Заготовка

устанавливается на вращающиеся центра и закрепляется поводковым клиновым патроном. Обработка происходит согласно программе.

Операция 030: накатная

Оборудование: накатной станок EX-CELL-0 модели ХК225

Инструмент: рейки для накатки шлиц (набор)

Содержание операции: накатка шлицов эвольвентных. Заготовка устанавливается в плавающих центрах и закрепляется в подъемно поворотном устройстве. Накатка канавок происходит с двух сторон. Поворот заготовки осуществляется с помощью подъемно-поворотного приспособления.

Операция 040: правка

Оборудование: правильный станок, специальный фирмы Galdobini

Инструмент: щупы для измерения кривизны вала, правильный пресс

Содержание операции: после механической обработки необходимо выпрямить вал. Деталь загружается на правильный стол, осуществляется поворот детали на 360° вокруг своей оси, чем определяется кривизна вала, затем с помощью прессы осуществляется правка вала.

Операция 050: промывка

Оборудование: проходная моечная машина

Инструмент: применяемый раствор Розол-2 или Триолин (0,5...1,5%).

Содержание операции: промывка раствором, обдувка воздухом, сушка(60-80°C).

Операция 060: термическая

Оборудование: специальная автоматическая установка с трехпозиционным станком индукционной закалки барабанного типа и конвейерной отпускной печью.

Инструмент: индуктор петлевой; центр упорный; кассета.

Содержание операции: закалка до температуры 900°C. Отпуск для снятия внутренних напряжений в печи при температуре 160-180°C.

Операция 070: контрольная

Оборудование: пресс гидравлический с автоматической загрузкой и выгрузкой с ЧПУ.

Инструмент: пуансон, опоры, центр, щуп контроля детали

Содержание операции: контроль согласно контрольной карте

1.4 Автоматизация технологической операции

Рассмотрим автоматизацию токарной операции.

Для токарной 020 операции предполагается согласно технологическому маршруту использовать автомат токарно-револьверный с ЧПУ модели NDM 16-4/80.

Токарная операции 020 предполагает использование контурного резца Т15К6.

Для закрепления заготовки предлагается использовать разрабатываемый автоматический патрон поводковый клиновой.

Проведем расчёт режимов резания для токарной операции 020.

Черновое точение:

Глубина резания:

$$t_{\text{черн}} = d_{\text{заг}} - d_{\text{он}} = 25,0 - 22,8 = 2,2 \text{ мм.} \quad (1.6)$$

На поверхности оставлен припуск на шлифование 0,266 мм.

Подача S при $d=15-60$ мм, державке резца 16x25 и данной глубине резания рекомендуется равной 0,6 ... 1,2 мм/об. Принимаем $s_{\text{черн}} = 0,6$ мм/об.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}, \text{ где} \quad (1.7)$$

C_V – поправочный коэффициент, равный для наружного точения проходными резцами. При $s=0,3 \dots 0,7$ мм/об. $C_V = 350$;

T – стойкость инструмента (принимаем $T=120$ мин.);

m, x, y – показатели степени, равные соответственно 0,2; 0,15; 0,35;

K_V – коэффициент, являющийся произведением коэффициентов,

учитывающих

- влияние материала заготовки, состояние поверхности заготовки $K_{nv} = 0,8$ (для поковки),

- качество материала инструмента $K_{uv} = 0,65$ (для сплавов Т5К10).

Тогда

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_V} \quad (1.8)$$

Или

$$K_{MV} = 0,7 \cdot \left(\frac{750}{700} \right)^{1,25} = 0,76$$

Тогда

$$K_V = 0,76 \cdot 0,8 \cdot 0,65 = 0,40 .$$

После вычислений по формуле (2.7) получаем:

$$V = \frac{350}{120^{0,2} \cdot 2,7^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} \cdot 0,40 = 55 \text{ м / мин}$$

Ориентировочно определим частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 55}{3,14 \cdot 16} = 2295 \text{ об / мин} \quad (1.9)$$

Из соображений удобства наладки примем частоту вращения 2300 об/мин.

Таким образом, скорость резания при растачивании будет:

$$V_\delta = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{cm}}{2300} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 2300}{1000} = 185,5 \text{ м / мин.} \quad (1.10)$$

Аналогично проводится расчёт для остальных позиций этой операции.

1.5 Расчет норм времени

Штучное время операции определяет время ее выполнения:

$$T_{шт} = T_O + T_{BC} + T_{OB} + T_{OT}, \quad (1.11)$$

где T_O – основное время, мин;

T_{BC} – вспомогательное время, мин;

T_{OB} – время обслуживания рабочего места, мин;

T_{OT} – время перерыва (отдых и личные надобности), мин.

Основное время рассчитываем по формуле:

$$T_O = \frac{L_{PX} \cdot i}{s_M}, \quad (1.12)$$

где L_{PX} – длина рабочего хода, мм;

i – число рабочих ходов, $i=1$;

s_M – минутная подача инструмента, мм/мин.

Минутная подача рассчитывается по формуле:

$$S_{MI} = S_0 \cdot n, \quad (1.13)$$

где S_0 – подача, мм/об;

n – скорость вращения шпинделя, об/мин.

Для операции 010:

$$T_{O1} = 0,29 \text{ мин.}$$

$$T_{O2} = 0,51 \text{ мин.}$$

$$T_{O3} = 0,54 \text{ мин.}$$

$$T_{O4} = 0,16 \text{ мин.}$$

Итого:

$$T_O = 1,5 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время:

$$T_{BC} = T_{У.С.} + T_{З.О.} + T_{УП} + T_{ИЗ}, \quad (1.14)$$

где $T_{У.С.}$ – время установки/снятия вала, мин;

$T_{З.О.}$ – время закрепления/открепления вала, мин;

$T_{УП}$ – время управления, мин;

$T_{ИЗ}$ – время измерения вала, мин.

Время установка/снятия, закрепления/открепления вала:

$$T_{в.с.} + T_{з.о.} = 0,1 \text{ мин.} \quad (1.15)$$

Время управления: $T_{уп} = 0,06 \text{ мин.}$

Время на измерения вала: $T_{из} = 0,024 \text{ мин.}$

Подставив данные в формулу (2.14), получаем:

$$T_{вс} = 0,1 + 0,06 + 0,024 = 0,184 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание рабочего места рассчитаем по формуле:

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг}, \quad (1.16)$$

где $T_{тех}$ – время техобслуживания рабочего места, мин;

$T_{орг}$ – время организационного обслуживания, мин.

Время на технического обслуживания для токарных операций:

$$T_{тех} = \frac{T_o \cdot t_{см}}{T}, \quad (1.17)$$

где $t_{см}$ – время подналадки станка, мин;

T – период стойкости инструмента, мин.

Принимаем $t_{см} = 2 \text{ мин.}$

Тогда

$$T_{тех} = \frac{0,83 \cdot 2}{50} = 0,033 \text{ мин.}$$

Время организационного обслуживания:

$$T_{орг} = \frac{T_{оп} \cdot П_{орг}}{100}, \quad (1.18)$$

где $T_{оп}$ – оперативное время, мин.

$$T_{оп} = T_o + T_{вс}. \quad (1.19)$$

$$T_{оп} = 0,83 + 0,184 = 1,01 \text{ мин.}$$

$П_{орг}$ – затраты на организационное обслуживание рабочего места, %.

По данным принимаем $П_{орг} = 1,7\%$.

$$T_{ОРГ} = \frac{1,01 \cdot 1,7}{100} = 0,02 \text{ мин.}$$

Вычисляем время обслуживания рабочего места:

$$T_{ОБ} = 0,033 + 0,02 = 0,053 \text{ мин.}$$

Время отдыха/личных надобностей – 6% суммы времен основного и вспомогательного:

$$T_{ОТ} = 0,06 \cdot (T_{О} + T_{ВС}) = 0,06 \cdot 1,01 = 0,06 \text{ мин.} \quad (1.20)$$

Тогда по формуле (2.11) штучное время операции 0210:

$$T_{шт} = 1,5 + 0,184 + 0,053 + 0,06 = 1,797 \text{ мин.}$$

Аналогично проводится расчёт норм времени для остальных операций.

2 Разработка автоматического станочного приспособления

2.1 Исходные данные. Выбор установочных элементов

В выпускной работе будет разработан автоматический самоцентрирующий трехкулачковый патрон со встроенным пневматическим приводом для детали вал.

Диапазон изменения диаметров захватываемой детали:

$$D_{\min} = 23 \text{ мм},$$

$$D_{\max} = 26 \text{ мм}$$

В качестве установочных элементов выбираем три сменных кулачка с базированием по диаметру.

Двигательное усилие создается под действием сжатого воздуха.

2.2 Расчет сил резания

При чистовом точении детали резцом сила P_z направлена по касательной к обрабатываемой поверхности и стремится повернуть заготовку в кулачках. Значение силы P_z определено при расчете режимов резания $P_z = 2600 \text{ Н}$. Момент стремящийся повернуть заготовку:

$$M_p = P_z \cdot d_{cp} \quad (2.1)$$

$$M_p = 2600 \cdot \frac{0,03}{2} = 39 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Сила P_y стремится вырвать заготовку из кулачков. Значение силы P_y равно 1287 Н .

$$M_m^{\ddot{}} = P_y \cdot l \quad (2.2)$$

$$M_m^{\ddot{}} = 1287 \cdot 0,035 = 45 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Окончательно принимаем, что на заготовку от сил резания действует крутящий момент $M_p^{сум} = 45 \text{ Н} \cdot \text{м}$

2.3 Расчёт силы зажима

Определим требуемое значение силы W , чтобы воспрепятствовать повороту заготовки в кулачках.

Момент сил зажима, препятствующий повороту заготовки:

$$M_3 = \frac{3 \cdot W \cdot f \cdot d}{2}, \quad (2.3)$$

где f – коэффициент трения скольжения в контакте заготовки с рабочей поверхностью кулачков

$$W = \frac{k \cdot M_P^{CYM}}{1,5 \cdot f \cdot d_3} \quad (2.4)$$

где k – коэффициент учета нестабильности нагрузки на заготовку:

$$k = k_0 k_1 k_2 \quad (2.5)$$

где $k_0 = 1,5$ – гарантированный коэффициент запаса;

$k_1 = 1,2$ – коэффициент увеличения сил резания при случайных неровностях обрабатываемых поверхностей заготовки (черновая обработка);

$k_2 = 1,2$ – учитывает увеличение сил резания из-за затупления инструмента.

$$\text{Тогда} \quad k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 = 2,2$$

d_3 – диаметр заготовки

Тогда усилие зажима определим по формуле (2.4):

$$W = \frac{2,2 \cdot 45}{1,5 \cdot 0,4 \cdot 0,03} = 5500 \text{ Н}$$

$$M_3 = \frac{3 \cdot 5500 \cdot 0,4 \cdot 0,03}{2} = 99 \text{ Н}$$

Для расчета зажимного механизма принимаем значение $W=5500\text{Н}$.

2.4 Расчет зажимного механизма

Усилие W на ведомом звене зажимного механизма определим по формуле

$$W = W \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot l_2}{l_3} \cdot f_1 \right) \quad (2.6)$$

где

l_2 – вылет кулачка

l_3 – длина направляющих кулачка

f_1 – коэффициент трения в контакте направляющих

Тогда

$$W = 5500 \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 110}{85} \cdot 0,1 \right) = 5500 \cdot 1,39 = 7635 \text{ Н}$$

2.5 Расчет силового привода

Определим необходимое давление сжатого воздуха для надёжного закрепления заготовки.

$$Q = \frac{W}{S_{\text{ц}}} \quad (2.7)$$

где

W – усилие на ведомом звене зажимного механизма

$S_{\text{ц}}$ – площадь пневмоцилиндра:

$$S_{\text{ц}} = \pi R^2 - \pi r^2 \quad (2.8)$$

где

R – наружный диаметр пневмоцилиндра,

r – внутренний диаметр пневмоцилиндра.

Тогда

$$S_{\text{ц}} = \pi(0,208)^2 - \pi(0,063)^2 = 0,12 \text{ м}^2$$

В результате

$$Q = \frac{7635}{0,12} = 0,06 \text{ МПа}$$

Полученное давление сжатого воздуха для надёжного закрепления заготовки полностью удовлетворяет стандартному давлению пневмосети цеха.

2.6 Разработка корпуса приспособления

Корпус патрона выполним цельным из заготовки, получаемой методом штамповки, т.к. в процессе работы он испытывает значительные динамические нагрузки. Для установки патрона на шпиндель станка в его конструкцию включим точное шлицевое соединение диаметром 63Н6 и шесть отверстий под болты для его крепления к шпинделю.

2.7 Расчет погрешности центрирования

Определим суммарную погрешность обработки детали на операции 10.

Точность центрирования в кулачковом самоцентрирующем патроне определяется колебанием размера, равного расстоянию от рабочей поверхности сменного кулачка до оси вращения патрона.

$$E_Y = \sqrt{E_{A1}^2 + E_{A2}^2 + E_{A3}^2 + E_{S1}^2} \quad (2.9)$$

где

E_{A1} – погрешность размера от рабочей поверхности сменного кулачка до рабочей поверхности постоянного кулачка,

E_{A2} – погрешность изготовления сменного кулачка,

E_{A3} – погрешность размера от рабочей поверхности постоянного кулачка до клинового паза,

E_{S1} – погрешность изготовления клинового паза.

Суммарная погрешность для диаметральных размеров:

$$\Delta_{\Sigma} = 2\sqrt{\Delta_Y^2 + \Delta_H^2 + (1,73 \Delta_{И})^2 + (1,73 \Sigma_{CT})^2 + (1,73 \Sigma_T)^2} \quad (2.10)$$

где

Δ_Y – погрешность упругих деформаций,

Δ_H – точность настройки станка,

$\Delta_{И}$ – погрешность размерного износа

$\Sigma\Delta_{CT}$ – погрешность от геометрической неточности станка,

$\Sigma\Delta_T$ – погрешность от температурных деформаций.

Тогда

$$E_Y = \sqrt{0,016^2 + 0,022^2 + 0,012^2 + 0,014^2} = 0,031 \text{ мм}$$

$$\Delta_{\Sigma} = 2\sqrt{0,001^2 + 0,0034^2 + (1,73 \cdot 0,009)^2 + (1,73 \cdot 0,004)^2 + (1,73 \cdot 0,007)^2} = 0,039$$

Допустимая погрешность равна:

$$E_Y^{III} = 0,3Td \quad (2.11)$$

где

Td – операционный допуск наиболее точного размера, выполняемого на данной операции.

Тогда

$$E_Y^{III} = 0,05$$

Разработанный патрон удовлетворяет по точностным требованиям, т.к.

$$E_Y < E_Y^{III}, \text{ т.е. } 0,031 < 0,039 < 0,05.$$

3 Проектирование гибкого автоматизированного комплекса

3.1 Выбор операций для автоматизации

Таблица 3.1 – Время выполнения технологических операций

Операция	Время, с
010 Центровально-подрезная	41,4
020 Токарная	71,4
030 Шлиценакатная	30
040 Правка	36
050 Шлифовка	42

Для автоматизации выбраны все операции, кроме операции 60 промывка, т.к. оборудование находится на другом участке. В связи с тем, что роботы осуществляют только загрузку/разгрузку автоматизированного оборудования особых требований к вспомогательным роботам предъявляться не будет. Количество роботов гибкого автоматизированного комплекса (ГАК), время обработки детали, стоимость оборудования для модернизации должно быть минимальным. Это обеспечивает целесообразность выполнения модернизации производства вала.

3.2 Выбор основного технологического оборудования

Операция 10 Центровально-подрезная

Центровально-подрезной автомат применяется для подрезания торцов и сверления центров.

Технические характеристики станка:

масса:	6000 кг
мощность, напряжение, частота:	36,84 кВт; 380 В; 50 Гц;
общее количество электродвигателей:	11 шт.
максимальная мощность электродвигателей:	7,5 кВт.

Сжатый воздух:

давление макс, Мпа 0,6

расход м³/час 100

Эмульсия 3-5%: расход макс. л/мин 200

Вид системы охлаждения инструмента: централизованная

Система уборки стружки: централизованная

Габаритные размеры:

длина 3 м

ширина 1,8 м

высота 2 м

Операция 20 Токарная

GEORG FISCHER NDM-16-4/80

Токарный автомат, используется для первичной обработки заготовки, для нарезания канавок и формообразования детали.

Технические характеристики станка:

максимальный диаметр обрабатываемого изделия 160 мм

количество управляемых осей 4

максимальная длина обрабатываемого изделия 800 мм

мощность привода главного движения 38 кВт

габариты станка:

длина 4 м

ширина 1,8 м

высота 2,5 м

Операция 30 Шлиценакатная

EX-CELL-O мод. ХК225

Габаритные размеры станка:

длина x ширина x высота, мм 4200 x 2000x2500;

вес 11000 кг;

установленная общая мощность 22 кВт;

количество электродвигателей	7;
общая мощность электродвигателей	19,2 кВт;
расход промышленной воды	30л/мин;
мощность главного привода	15 кВт;
пусковой ток	46 А.

Операция 40 Правка

После механической обработки обязательной процедурой является правка вала, т.к. из-за длины детали после обработки возможно ее искривление.

Galdabini, станок для правки

Развиваемое давление	max 12 атм
Скорость вакуумного снижения	3 м/мин
Скорость возврата к вакууму	9,6 м/мин
Полезная высота	168 мм
Ход приближения	48 мм
Ход блокировки	50 мм
Амплитуда колебаний	15 мм
габариты станка	3 x 3 x 2,5 м

Операция 50 Шлифовальная

HEID мод. S-228DK/A

Высота центров:	165 мм
Мах длина зажима деталей	420 мм
Размер шлифовального круга, мм	750 x 35 x 304,8мм
Окружная скорость шлифовального круга	50м/сек
Приводная мощность шлифовального круга	15 кВт
Общая установленная мощность	70 кВА
Вес станка (в полном комплекте)	10000 кг
Габариты станка (длина x ширину), мм	2500 x 2000 x 2200

3.3 Выбор промышленных роботов

Модель «Transfer System E»

Таблица 3.2 – Технические характеристики

Номинальная грузоподъемность	30
Количество звеньев	3
Количество рук/захватов	1/1
Привод	Электрический
Устройство управления	Позиционное
Количество координат для программирования	2
Точность позиционирования, мм	±0,5
Величина перемещений, мм	
X	$18 \cdot 10^3$
Z	$2 \cdot 10^3$

Модель «Пирин» серии 510

Таблица 3.3 – Технические характеристики

Грузоподъемность: на две руки, кг	60
Количество подвижностей	3-6
Количество: рук	2
захватов на одной руке	1
Привод	гидравлический
Управление	позиционное
Точность позиционирования, мм	±0,25
Линейные перемещения (0,6 м/с), мм	
X	18500
Z	2500
Угловые перемещения, °	
α	180
θ	20

Модель «Fanuc-2»

Таблица 3.4 – Технические характеристики

Грузоподъемность, кг	20
Количество подвижностей	5
Количество: рук захватов	1 1
Привод	Пневматический
Управление	Позиционное
Количество координат программирования	5
Количество координатных точек	704
Точность позиционирования, мм	$\pm 1,0$
Радиус рабочей зоны, мм	2290
Величина перемещений по координатам R Z	1200 700
Угловые перемещения ($60^\circ/\text{с}$) α β	270 120

Модель УМ160Ф2.81.01

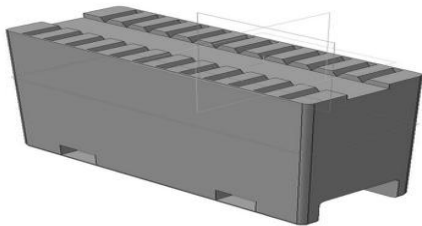
Таблица 3.5 – Технические характеристики

Грузоподъемность, кг	20
Количество подвижностей	4
Количество: рук захватов	1 1
Привод	электрический
Количество координат для программирования	4
Точность позиционирования, мм	$\pm 0,5$
Линейное перемещение x (1,2 м/с)	$18 \cdot 10^3$

3.4 Выбор транспортной системы

Транспортирование заготовок, полуфабрикатов и деталей осуществляется с помощью транспортных роботов и накопителей, находящихся между группами станков.

Таблица 3.6 – Технические характеристики накопителя

	Высота, мм	900
	Ширина, мм	420
	Длина, мм	1120
	Масса накопителя, кг	50
	Количество деталей/заготовок, шт	12
	Масса полного накопителя, кг	66

3.5. Система отведения отходов производства

При механической обработке заготовок и производстве валов снимаемый слой материала превращается в стружку. Большой объем стружки вызывает необходимость разработки системы ее отведения.

Наибольший объем стружки образуется на токарных операциях. В результате обработки деталей на токарных станках образуется сливная и спиральная стружка. Такие виды стружки представляют сложность для удаления из зоны обработки обрабатывающего оборудования и транспортировки за пределы оборудования и ГАК в целом.

Стружка на токарных операциях удаляется ленточными транспортерами, после чего по каналу поступает в специальный канал под фундаментом ГАК и шнековым транспортером централизованно доставляется в бункер, находящийся за пределами ГАК, откуда вывозится цеховым транспортом с целью дальнейшей утилизации.

3.6 Выбор системы ограждения и безопасности

При проектировании ГАК его планировка должна обеспечить минимальную площадь опасных зон с конфигурацией, удобной для обеспечения безопасности работы оборудования и обслуживающего персонала.

Планировка ГАК должна исключать возможность появления обслуживающего персонала в рабочих зонах роботов при работе ГАК в автоматическом режиме. Для этого предусматривается круговое

ограждение, при раскрытии створок которого посылается командный сигнал на останов ГАК и промышленных роботов, в частности, т.е. предусматривается автоматическая блокировка работы роботов при появлении человека в опасной зоне.

Группу станков целесообразнее будет оградить швеллерами и балками для предотвращения возможного заезда на территорию погрузчиков. Расстояние между станками составляет 0,6 м. Рабочую зону целесообразно оградить. Ограждение располагается от станков на расстоянии 2 м.

3.7 Разработка первого варианта компоновки ГАК

Первый вариант компоновки представлен на рисунке 4.1. Данная компоновка состоит из шести станков и двух роботов:

- центральное-подрезной станок (поз. 1) – 1 шт.,
- Georg Fischer NDM-16-4/80, токарный автомат (поз. 2) – 2 шт.,
- EX-CELL-O мод. XK225, шлиценакатной автомат (поз. 3) – 1 шт.,
- Galdabini, правильный станок (поз. 4) – 1 шт.,
- HEID мод. S-228DK/A, шлифовальный станок (поз. 5) – 1 шт.,
- накопитель (поз. 6) – 3 шт.,
- робот мод. «Transfer System E» (поз. 7) – 1 шт.,
- робот мод. «Fanuc-2» (поз. 8) – 1 шт.

Обрабатываемое оборудование, разделено на группы, каждую из которых обслуживает свой робот.

Первый робот, после обработки детали, производит выгрузку в межоперационный накопитель. Второй робот выгружает этот накопитель и перемещает заготовку к следующим станкам. После окончания обработки на втором этапе, вторым роботом производится выгрузка полученной детали в выходной накопитель.

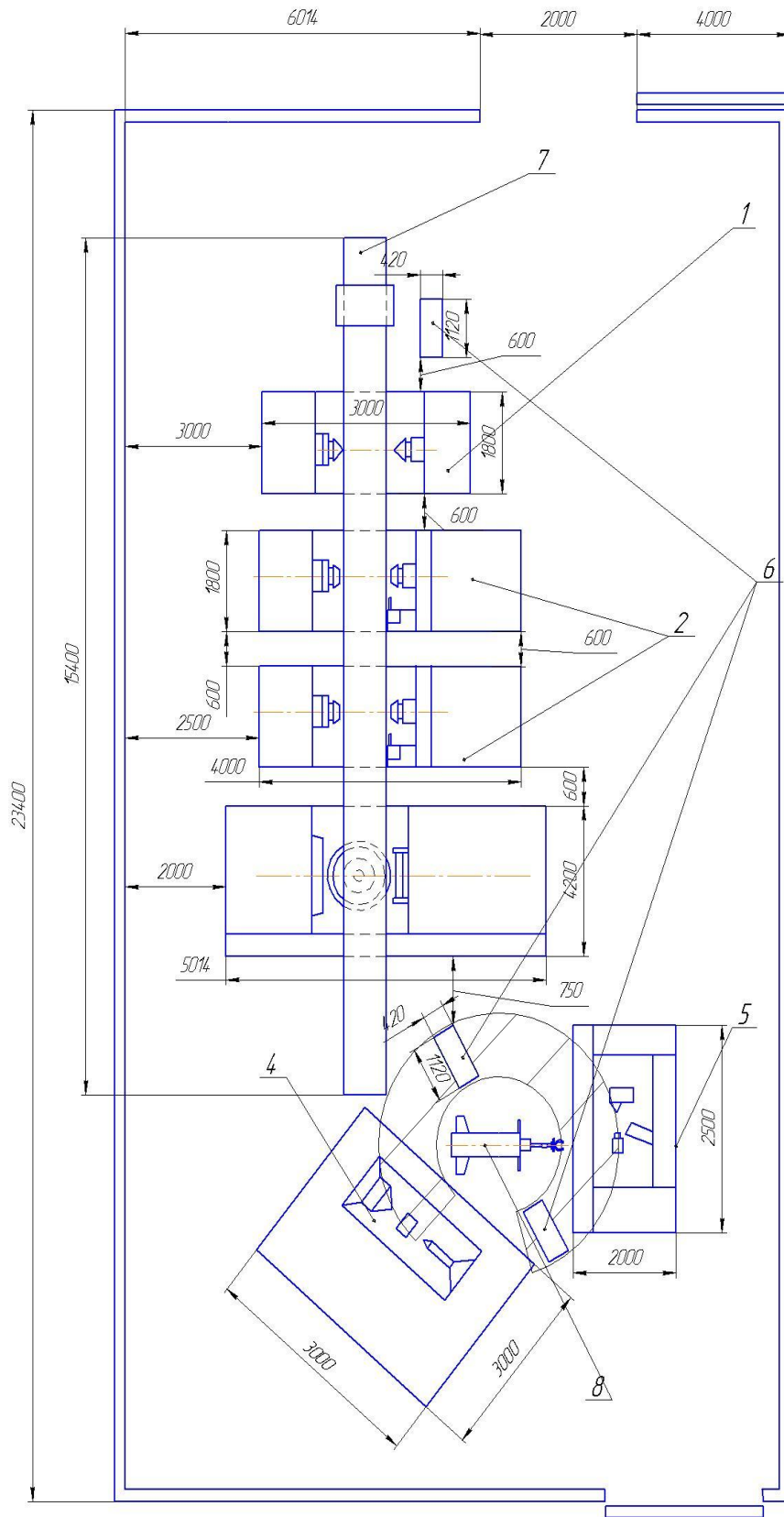


Рисунок 3.1 – Первая компоновка ГАЗ

Составим алгоритм работы первого варианта компоновки ГАК.

Таблица 3.7 – Алгоритм работы первого робота

№	Содержание алгоритмов	Сост-е системы	Положение схвата	Сост-е схвата	Сос-е оборота С1	Сос-е оборота С2.1	Сос-е оборота С2.2	Сос-е оборота С3	Длина траектории, м	Дли-ть переходов, с	Общее время
1	Выгр. В'	Gj1	J1	1	0	0	0	0	0	5	5
2	Дв-е к С1	Gj2	J2	1	0	0	0	0	1,9	1,9	6,9
3	Загр. С1	Gj3	J3	0	1	0	0	0	0	5	11,9
4	Ож-е С1	Gj4	J3	0	1	0	0	0	0	41	52,9
5	Выгр. С1	Gj5	J3	1	0	0	0	0	0	5	57,9
6	Дв-е к С2.1	Gj6	J4	1	0	0	0	0	2,4	2,4	60,3
7	Загр. С2.1	Gj7	J5	0	0	1	0	0	0	5	65,3
8	Дв-е к В'	Gj8	J6	0	0	1	0	0	4,4	4,4	69,7
9	Выгр. В'	Gj9	J7	1	0	1	0	0	0	5	74,7
10	Дв-е к С1	Gj10	J8	1	0	1	0	0	1,9	1,9	76,6
11	Загр. С1	Gj11	J9	0	1	1	0	0	0	5	81,6
12	Ож-е С1	Gj12	J9	0	1	1	0	0	0	41	122,6
13	Выгр. С1	Gj13	J9	1	0	1	0	0	0	5	127,6
14	Дв-е к С2.2	Gj14	J10	1	0	1	0	0	4,8	4,8	132,4
15	Загр. С2.2	Gj15	J11	0	0	1	1	0	0	5	137,4
16	Дв-е к В'	Gj16	J12	0	0	1	1	0	6,9	6,9	144,3
17	Выгр. В'	Gj17	J13	1	0	1	1	0	0	5	149,3
18	Дв-е к С1	Gj18	J14	1	0	1	1	0	1,9	1,9	151,2
19	Загр. С1	Gj19	J15	0	1	1	1	0	0	5	156,2
20	Дв-е к С2.1	Gj20	J16	0	1	1	1	0	2,4	2,4	158,6
21	Выгр. С2.1	Gj21	J17	1	1	0	1	0	0	5	163,6
22	Дв-е к С3	Gj22	J18	1	1	0	1	0	6	6	169,6
23	Загр. С3	Gj23	J19	0	1	0	1	1	0	5	174,6
24	Дв-е к С1	Gj24	J20	0	1	0	1	1	8,4	8,4	183
25	Ож-е С1	Gj25	J21	0	1	0	1	1	0	15	198
26	Выгр. С1	Gj26	J21	1	0	0	1	1	0	5	203
27	Дв-е к С2.1	Gj27	J22	1	0	0	1	1	2,4	2,4	205,4
28	Загр. С2.1	Gj28	J23	0	0	1	1	1	0	5	210,4
29	Дв-е к В'	Gj29	J24	0	0	1	1	1	4,4	4,4	214,8
30	Выгр. В'	Gj30	J25	1	0	1	1	1	0	5	219,8
31	Дв-е к С1	Gj31	J26	1	0	1	1	1	1,9	1,9	221,7

Таблица 3.7 – Алгоритм работы первого робота (продолжение)

№	Содержание алгоритмов	Сост-е системы	Положение схвата	Сост-е схвата	Сос-е оборота С1	Сос-е оборота С2.1	Сос-е оборота С2.2	Сос-е оборота С3	Длина траекторий, м	Дли-ть переходов, с	Общее время
32	Загр. С1	Gj32	J27	0	1	1	1	1	0	5	226,7
33	Дв-е к С3	Gj33	J28	0	1	1	1	1	8,4	8,4	235,1
34	Выгр. С3	Gj34	J29	1	1	1	1	0	0	5	240,5
35	Дв-е к В''	Gj35	J30	1	1	1	1	0	3,1	3,1	243,6
36	Загр. В''	Gj36	J31	0	1	1	1	0	0	5	248,6
37	Дв-е к С2.2	Gj37	J32	0	1	1	1	0	6,7	6,7	255,3
38	Выгр. С2.2	Gj38	J33	1	1	1	0	0	0	5	260,3
39	Дв-е к С3	Gj39	J34	1	1	1	0	0	3,6	3,6	263,9
40	Загр. С3	Gj40	J35	0	1	1	0	1	0	5	268,9
41	Дв-е к С1	Gj41	J36	0	1	1	0	1	8,4	8,4	277,3
42	Выгр. С1	Gj42	J37	1	0	1	0	1	0	5	282,3
43	Дв-е к С2.2	Gj43	J38	1	0	1	0	1	4,8	4,8	287,1
44	Загр. С2.2	Gj44	J39	0	0	1	1	1	0	5	292,1
45	Дв-е к В'	Gj45	J40	0	0	1	1	1	4,4	4,4	296,5
46	Выгр. В'	Gj46	J41	1	0	1	1	1	0	5	301,5
47	Дв-е к С1	Gj47	J42	1	0	1	1	1	1,9	1,9	303,4
48	Загр. С1	Gj48	J43	0	1	1	1	1	0	5	308,4
49	Дв-е к С3	Gj49	J44	0	1	1	1	1	8,4	8,4	316,8
50	Выгр. С3	Gj50	J45	1	1	1	1	0	0	5	321,8
51	Дв-е к В''	Gj51	J46	1	1	1	1	0	3,1	3,1	324,9
52	Загр. В''	Gj52	J47	0	1	1	1	0	0	5	329,9
53	Дв-е к С2.1	Gj53	J48	0	1	1	1	0	9,1	9,1	339
54	Выгр. С2.1	Gj54	J49	1	1	0	1	0	0	5	344
55	Дв-е к С3	Gj55	J50	1	1	0	1	0	6	6	350
56	Загр. С3	Gj56	J51	0	1	0	1	1	0	5	355
57	Дв-е к С1	Gj57	J52	0	1	0	1	1	8,4	8,4	363,4

Таблица 3.8 – Алгоритм работы второго робота

№	Содержание алгоритмов	Сост-е сис-мы	Полож-е схвата	Сост-е схвата	Сос-е обору-я С4	Сос-е обору-я С5	Длина траекторий, м	Дли-ть перех-ов, с	Общее время
1	Выгр. В"	Gj1	J1	1	0	0	0	4,4	
2	Дв-е к С4	Gj2	J2	1	0	0	3,949	1,65	6,05
3	Загр. С4	Gj3	J3	0	1	0	0	4,4	10,45
4	Ож-е С4	Gj4	J3	0	1	0	0	36	46,45
5	Выгр. С4	Gj5	J4	1	0	0	0	4,4	50,85
6	Дв-е к С5	Gj6	J5	1	0	0	7,18	3	53,85
7	Загр. С5	Gj7	J6	0	0	1	0	4,4	58,25
8	Дв-е к В"	Gj8	J7	0	0	1	3,509	1,464	59,71
9	Выгр. В"	Gj9	J8	1	0	1	0	4,4	64,2
10	Дв-е к С4	Gj10	J9	1	0	1	3,949	1,65	65,85
11	Загр. С4	Gj11	J10	0	1	1	0	4,4	70,25
12	Дв-е к С5	Gj12	J11	0	1	1	7,18	3	73,25
13	Ож-е С5	Gj13	J12	0	1	1	0	28	101,25
14	Выгр. С5	Gj14	J12	1	1	0	0	4,4	105,65
15	Дв-е к В"	Gj15	J13	1	1	0	3,232	1,35	107
16	Загр. В"	Gj16	J14	0	1	0	0	4,4	111,4
17	Дв-е к С4	Gj17	J15	0	1	0	3,95	1,65	113,05
18	Выгр. С4	Gj18	J16	1	0	0	0	4,4	117,45
19	Дв-е к С5	Gj19	J17	1	0	0	7,18	3	120,45
20	Загр. С5	Gj20	J18	0	0	1	0	4,4	124,85
21	Дв-е к В"	Gj21	J19	0	0	1	3,509	1,464	126,4
22	Выгр. В"	Gj22	J20	1	0	1	0	4,4	130,8
23	Дв-е к С4	Gj23	J21	1	0	1	3,949	1,65	132,45
24	Загр. С4	Gj24	J22	0	1	1	0	4,4	136,85
25	Дв-е к С5	Gj25	J23	0	1	1	7,18	3	139,85
26	Ож-е С5	Gj26	J24	0	1	1	0	28	167,85

Площадь ГАК $S=281,1276 \text{ м}^2$

Время цикла первого робота $T_{ц1}=165,4\text{с}$

Время цикла второго робота $T_{ц2}=66,6\text{с}$

Время такта $T=232\text{с}$

3.8 Разработка второго варианта компоновки ГАК

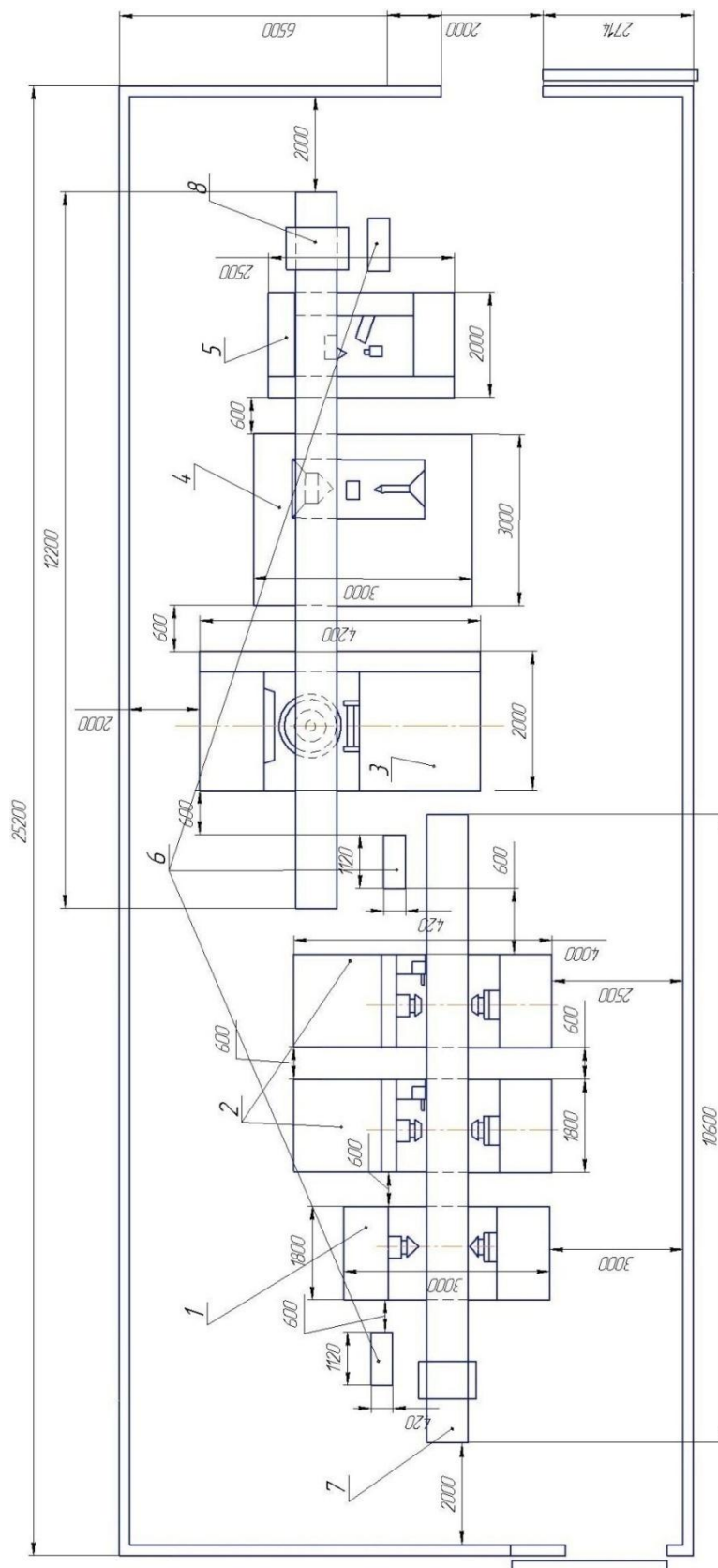


Рисунок 3.2 – Вторая компоновка ГАК

Данная компоновка (рисунок 3.2) состоит из группы станков в количестве шести единиц и двух роботов различных моделей:

- центrovально-подрезной станок (поз. 1) – 1 шт.,
- Georg Fischer NDM-16-4/80, токарный автомат (поз. 2) – 2 шт.,
- EX-CELL-O мод. ХК225, шлиценакатной автомат (поз. 3) – 1 шт.,
- Galdabini, станок для правки (поз. 4) – 1 шт.,
- HEID мод. S-228DK/A, шлифовальный станок (поз. 5) – 1 шт.,
- накопитель (поз. 6) – 3 шт.,
- робот мод. «Transfer System E» (поз. 7) – 1 шт.,
- робот мод. «Пирин» серии 510 (поз. № 8) – 1 шт.

Составим алгоритм работы второго варианта ГАК.

Таблица 3.9 – Алгоритм работы первого робота

№	Содержание алгоритмов	Сост-е системы	Положение схвата	Сост-е схвата	Сос-е обору-я С1	Сос-е обору-я С2.1	Сос-е обору-я С2.2	Длина траекторий, м	Дли-ть перех-ов, с	Общее время
1	Выгр. В'	Gj1	J1	1	0	0	0	0	5	
2	Дв-е к С1	Gj2	J2	1	0	0	0	1,9	1,9	6,9
3	Загр. С1	Gj3	J3	0	1	0	0	0	5	11,9
4	Ож-е С1	Gj4	J3	0	1	0	0	0	45	56,9
5	Выгр. С1	Gj5	J3	1	0	0	0	0	5	61,9
6	Дв-е к С2.1	Gj6	J4	1	0	0	0	2,4	2,4	64,3
7	Загр. С2.1	Gj7	J5	0	0	1	0	0	5	69,3
8	Дв-е к В'	Gj8	J6	0	0	1	0	3,3	3,3	72,6
9	Выгр. В'	Gj9	J7	1	0	1	0	0	5	77,6
10	Дв-е к С1	Gj10	J8	1	0	1	0	1,9	1,9	79,5
11	Загр. С1	Gj11	J9	0	1	1	0	0	5	84,5
12	Ож-е С1	Gj12	J9	0	1	1	0	0	45	129,5
13	Выгр. С1	Gj13	J9	1	0	1	0	0	5	134,5
14	Дв-е к С2.2	Gj14	J10	1	0	1	0	4,8	4,8	139,3
15	Загр. С2.2	Gj15	J11	0	0	1	1	0	5	144,3
16	Дв-е к В'	Gj16	J12	0	0	1	1	6,7	6,7	151

Таблица 3.9 – Алгоритм работы первого робота (продолжение)

№	Содержание алгоритмов	Сост-е системы	Положение схвата	Сост-е схвата	Сос-е обору-я С1	Сос-е обору-я С2.1	Сос-е обору-я С2.2	Длина траекторий, м	Дли-ть перех-ов, с	Общее время
17	Выгр. В'	Gj17	J13	1	0	1	1	0	5	156
18	Дв-е к С1	Gj18	J14	1	0	1	1	1,9	1,9	157,9
19	Загр. С1	Gj19	J15	0	1	1	1	0	5	162,9
20	Дв-е к С2.1	Gj20	J16	0	1	1	1	2,4	2,4	164,3
21	Выгр. С2.1	Gj21	J17	1	1	0	1	0	5	169,3
22	Дв-е к В"	Gj22	J18	1	1	0	1	4,3	4,3	173,6
23	Загр. В"	Gj23	J19	0	1	0	1	0	5	178,6
24	Дв-е к С1	Gj24	J20	0	1	0	1	6,7	6,7	185,3
25	Ож-е С1	Gj25	j21	1	0	1	1	0	14,6	199,9
26	Выгр. С1	Gj26	J22	1	0	0	1	0	5	204,9
27	Дв-е к С2.1	Gj27	J23	1	0	0	1	2,4	2,4	207,3
28	Загр. С2.1	Gj28	J24	0	0	1	1	0	5	212,3
29	Дв-е к В'	Gj29	J25	0	0	1	1	3,3	3,3	215,6
30	Выгр. В'	Gj30	J26	1	0	1	1	0	5	220,6
31	Дв-е к С1	Gj31	J27	1	0	1	1	1,9	1,9	222,5
32	Загр. С1	Gj32	J28	0	1	1	1	0	5	227,5
33	Дв-е к С2.2	Gj33	J29	0	1	1	1	4,8	4,8	232,3
34	Выгр. С2.2	Gj34	J30	1	1	1	0	0	5	237,3
35	Дв-е к В"	Gj35	J31	1	1	1	0	1,9	1,9	239,2
36	Загр. В"	Gj36	J32	0	1	1	0	0	5	244,2
37	Дв-е к С1	Gj37	J33	0	1	1	0	6,7	6,7	250,9
38	Ож-е С1	Gj38	J33	0	1	1	0	0	28	278,9
39	Выгр. С1	Gj39	J34	1	1	1	0	0	5	283,9
40	Дв-е к С2.2	Gj40	J35	1	1	1	0	4,8	4,8	288,7

Таблица 3.10 – Алгоритм работы второго робота

№	Содержание алгоритмов	Сост-е системы	Положение схвата	Сост-е схвата 1	Сост-е схвата 2	Сос-е обору-я С3	Сос-е обору-я С4	Сос-е обору-я С5	Длина траекторий, м	Дли-ть перех-ов	Общее время
1	Выгр. В"	Gj1	J1	1	0	0	0	0	0	4	
2	Дв-е к С3	Gj2	J2	1	0	0	0	0	2	4	8
3	Загр. С3	Gj3	J3	0	0	1	0	0	0	4	12

Таблица 3.10 – Алгоритм работы второго робота (продолжение)

№	Содержание алгоритмов	Сост-е сис-мы	Положение схвата	Сост-е схвата 1	Сост-е схвата 2	Сос-е обору-я С3	Сос-е обору-я С4	Сос-е обору-я С5	Длина траекторий, м	Дли-ть перехов	Общее время
4	Дв-е к В"	Gj4	J4	0	0	1	0	0	2	4	16
5	Выгр. В"	Gj5	J5	1	0	1	0	0	0	4	20
6	Дв-е к С3	Gj6	J6	1	0	1	0	0	2	4	24
7	Ож-е С3	Gj7	J7	1	0	1	0	0	0	6	30
8	Выгр. С3	Gj8	J7	1	1	0	0	0	0	4	34
9	Загр. С3	Gj9	J7	0	1	1	0	0	0	4	38
10	Дв-е к С4	Gj10	J8	0	1	1	0	0	3,6	7,2	45,2
11	Загр. С4	Gj11	J9	0	0	1	1	0	0	4	49,2
12	Дв-е к В"	Gj12	J10	0	0	1	1	0	5,6	11,2	60,4
13	Выгр. В"	Gj13	J11	1	0	1	1	0	0	4	64,4
14	Дв-е к С3	Gj14	J12	1	0	1	1	0	2	4	68,4
15	Выгр. С3	Gj15	J13	1	1	0	1	0	0	4	72,4
16	Загр. С3	Gj16	J13	0	1	1	1	0	0	4	76,4
17	Дв-е к С4	Gj17	J14	0	1	1	0	0	3,6	7,2	83,6
18	Ож-е С4	Gj18	J15	0	1	1	0	0	0	2	85,6
19	Выгр. С4	Gj19	J15	1	1	1	1	0	0	4	87,6
20	Загр. С4	Gj20	J15	1	0	1	1	0	0	4	91,6
21	Дв-е к С5	Gj21	J16	1	0	1	1	0	2,6	5,2	96,8
22	Загр. С5	Gj22	J17	0	0	1	1	1	0	4	100,8
23	Дв-е к В"	Gj23	J18	0	0	1	1	1	8,2	16,4	117,2
24	Выгр. В"	Gj24	J19	1	0	1	1	1	0	4	121,2
25	Дв-е к С3	Gj25	J20	1	0	1	1	1	2	4	125,2
26	Выгр. С3	Gj26	J21	1	1	0	1	1	0	4	129,2
27	Загр. С3	Gj27	J21	0	1	1	1	1	0	4	133,2
28	Дв-е к С4	Gj28	J22	0	1	1	1	1	3,6	7,2	140,4
29	Выгр. С4	Gj29	J23	1	1	1	0	1	0	4	144,4
30	Загр. С4	Gj30	J23	1	0	1	1	1	0	4	148,4
31	Дв-е к С5	Gj31	J24	1	0	1	1	1	2,6	5,2	153,6
32	Выгр. С5	Gj32	J25	1	1	1	1	0	0	4	157,6
33	Загр. С5	Gj33	J25	0	1	1	1	1	0	4	161,6
34	Дв-е к В""	Gj34	J26	0	1	1	1	1	2	4	165,6
35	Загр. В""	Gj35	J27	0	0	1	1	1	0	4	169,6
36	Дв-е к В"	Gj36	J28	0	0	1	1	1	10,2	20,4	189,6
37	Выгр. В"	Gj37	J29	1	0	1	1	1	0	4	193,6
38	Дв-е к С3	Gj38	J30	1	0	1	1	1	2	4	197,6
39	Выгр. С3	Gj39	J31	1	1	0	1	1	0	4	201,6
40	Загр. С3	Gj40	J32	0	1	1	1	1	0	4	205,6

Площадь ГАК $S=282,6 \text{ м}^2$

Время циклов $T_{ц1} = 144,6 \text{ с}$, $T_{ц2} = 68,4 \text{ с}$

Время такта $T = 213 \text{ с}$.

3.9 Разработка третьего варианта компоновки ГАК

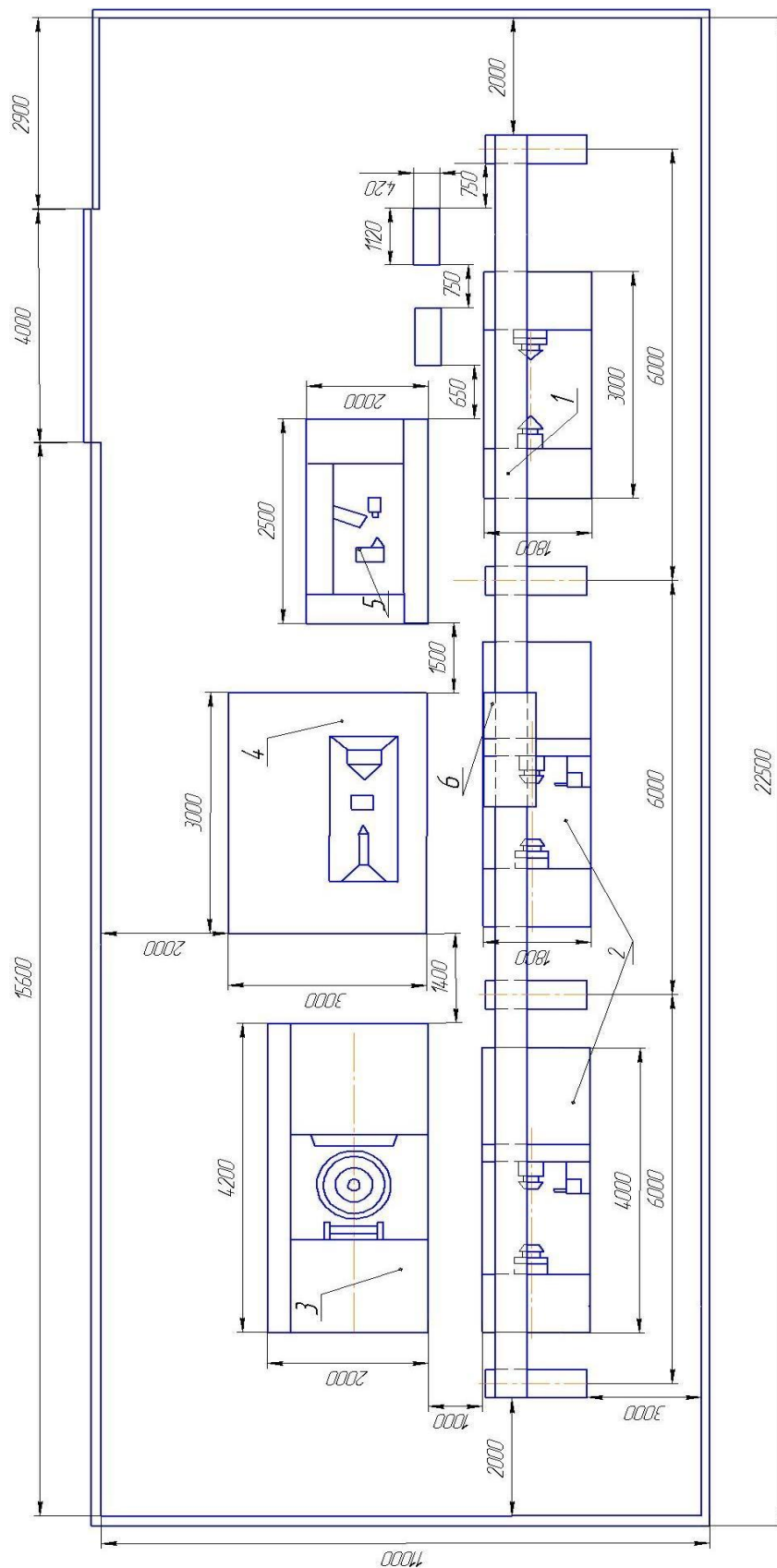


Рисунок 3.3 – Третья компоновка ГАК

Данная компоновка (рисунок 3.3) состоит из группы станков в количестве шести единиц и двух роботов различных моделей:

- центrovально-подрезной станок (поз. 1) – 1 шт.,
- Georg Fischer NDM-16-4/80, токарный автомат (поз. 2) – 2 шт.,
- EX-CELL-O мод. ХК225, шлиценакатной автомат (поз. 3) – 1 шт.,
- Galdabini, станок для правки детали (поз. 4) – 1 шт.,
- HEID мод. S-228DK/A, шлифовальный станок (поз. 5) – 1 шт.,
- Накопитель (поз. 6) – 1 шт.,
- робот мод. «Transfer System E» (поз. 7) – 1 шт.,
- робот мод. УМ160Ф2.81.01 (поз. № 8) – 1 шт.

Составим алгоритм работы третьего варианта ГАК.

Таблица 3.11 – Алгоритм работы первого робота

№	Содержание алгоритмов	Сост-е системы	Положение схвата	Сост-е схвата	Сос-е обору-я С1	Сос-е обору-я С2.1	Сос-е обору-я С2.2	Длина траекторий, м	Дли-ть перех-ов, с	Общее время
1	Выгр. В'	Gj1	J1	1	0	0	0	0	5	
2	Дв-е к С1	Gj2	J2	1	0	0	0	1,9	1,9	6,9
3	Загр. С1	Gj3	J3	0	1	0	0	0	5	11,9
4	Ож-е С1	Gj4	J3	0	1	0	0	0	45	56,9
5	Выгр. С1	Gj5	J3	1	0	0	0	0	5	61,9
6	Дв-е к С2.1	Gj6	J4	1	0	0	0	2,4	2,4	64,3
7	Загр. С2.1	Gj7	J5	0	0	1	0	0	5	69,3
8	Дв-е к В'	Gj8	J6	0	0	1	0	3,3	3,3	72,6
9	Выгр. В'	Gj9	J7	1	0	1	0	0	5	77,6
10	Дв-е к С1	Gj10	J8	1	0	1	0	1,9	1,9	79,5
11	Загр. С1	Gj11	J9	0	1	1	0	0	5	84,5
12	Ож-е С1	Gj12	J9	0	1	1	0	0	45	129,5
13	Выгр. С1	Gj13	J9	1	0	1	0	0	5	134,5
14	Дв-е к С2.2	Gj14	J10	1	0	1	0	4,8	4,8	139,3
15	Загр. С2.2	Gj15	J11	0	0	1	1	0	5	144,3
16	Дв-е к В'	Gj16	J12	0	0	1	1	6,7	6,7	151
17	Выгр. В'	Gj17	J13	1	0	1	1	0	5	156
18	Дв-е к С1	Gj18	J14	1	0	1	1	1,9	1,9	157,9

Таблица 3.11 – Алгоритм работы первого робота (продолжение)

№	Содержание алгоритмов	Сост-е системы	Полож-е схвата	Сост-е схвата	Сос-е оборуд-я С1	Сос-е оборуд-я С2.1	Сос-е оборуд-я С2.2	Длина траекторий, м	Дли-ть перех-ов, с	Общее время
19	Загр. С1	Gj19	J15	0	1	1	1	0	5	162,9
20	Дв-е к С2.1	Gj20	J16	0	1	1	1	2,4	2,4	164,3
21	Выгр. С2.1	Gj21	J17	1	1	0	1	0	5	169,3
22	Дв-е к В"	Gj22	J18	1	1	0	1	4,3	4,3	173,6
23	Загр. В"	Gj23	J19	0	1	0	1	0	5	178,6
24	Дв-е к С1	Gj24	J20	0	1	0	1	6,7	6,7	185,3
25	Ож-е С1	Gj25	J21	1	0	1	1	0	14,6	199,9
26	Выгр. С1	Gj26	J22	1	0	0	1	0	5	204,9
27	Дв-е к С2.1	Gj27	J23	1	0	0	1	2,4	2,4	207,3
28	Загр. С2.1	Gj28	J24	0	0	1	1	0	5	212,3
29	Дв-е к В'	Gj29	J25	0	0	1	1	3,3	3,3	215,6
30	Выгр. В'	Gj30	J26	1	0	1	1	0	5	220,6
31	Дв-е к С1	Gj31	J27	1	0	1	1	1,9	1,9	222,5
32	Загр. С1	Gj32	J28	0	1	1	1	0	5	227,5
33	Дв-е к С2.2	Gj33	J29	0	1	1	1	4,8	4,8	232,3
34	Выгр. С2.2	Gj34	J30	1	1	1	0	0	5	237,3
35	Дв-е к В"	Gj35	J31	1	1	1	0	1,9	1,9	239,2
36	Загр. В"	Gj36	J32	0	1	1	0	0	5	244,2
37	Дв-е к С1	Gj37	J33	0	1	1	0	6,7	6,7	250,9
38	Ож-е С1	Gj38	J33	0	1	1	0	0	28	278,9
39	Выгр. С1	Gj39	J34	1	1	1	0	0	5	283,9
40	Дв-е к С2.2	Gj40	J35	1	1	1	0	4,8	4,8	288,7

Таблица 3.12 – Алгоритм работы второго робота

№	Содержание алгоритмов	Сост-е системы	Полож-е схвата	Сост-е схвата	Сос-е оборуд-я С3	Сос-е оборуд-я С4	Сос-е оборуд-я С5	Длина траекторий, м	Дли-ть перех-ов	Общее время
1	Выгр. В"	Gj1	J1	1	0	0	0	0	3	
2	Дв-е к С3	Gj2	J2	1	0	0	0	2,1	1,8	4,8
3	Загр. С3	Gj3	J3	0	1	0	0	0	3	7,8
4	Ож-е С3	Gj4	J3	0	1	0	0	0	30	37,8
5	Выгр. С3	Gj5	J3	1	0	0	0	0	3	40,8
6	Дв-е к С4	Gj6	J4	1	0	0	0	3,1	2,6	43,4
7	Загр. С4	Gj7	J5	0	0	1	0	0	3	46,4

Таблица 3.12 – Алгоритм работы второго робота (продолжение)

№	Содержание алгоритмов	Сост-е системы	Полож-е схвата	Сост-е схвата	Сос-е обор-у-я С3	Сос-е обор-у-я С4	Сос-е обор-у-я С5	Длина траекторий, м	Дли-ть пере-х-ов	Обще-е время
8	Дв-е к В"	Gj8	J6	0	0	1	0	5,2	4,2	50,6
9	Выгр. В"	Gj9	J7	1	0	1	0	0	3	53,6
10	Дв-е к С3	Gj10	J8	1	0	1	0	2,1	1,8	55,4
11	Загр. С3	Gj11	J9	0	1	1	0	0	3	58,4
12	Дв-е к С4	Gj12	J10	0	1	1	0	3,1	2,6	61
13	Ож-е С4	Gj13	J11	0	1	1	0	0	21,4	82,4
14	Выгр. С4	Gj14	J11	1	1	0	0	0	3	85,4
15	Дв-е к С5	Gj15	J12	1	1	0	0	3,1	2,6	88
16	Загр. С5	Gj16	J13	0	1	0	1	0	3	91
17	Дв-е к С3	Gj17	J14	0	1	0	1	6,2	5,2	96,2
18	Выгр. С3	Gj18	J15	1	0	0	1	0	3	99,2
19	Дв-е к С4	Gj19	J16	1	0	0	1	3,1	2,6	101,8
20	Загр. С4	Gj20	J17	0	0	1	1	0	3	104,8
21	Дв-е к В"	Gj21	J18	0	0	1	1	5,2	4,2	109
22	Выгр. В"	Gj22	J19	1	0	1	1	0	3	112
23	Дв-е к С3	Gj23	J20	1	0	1	1	2,1	1,8	113,8
24	Загр. С3	Gj24	J21	0	1	1	1	0	3	116,8
25	Дв-е к С5	Gj25	J22	0	1	1	1	6,2	5,2	122
26	Ож-е С5	Gj26	J23	0	1	1	1	0	11	133
27	Выгр. С5	Gj27	J23	1	1	1	0	0	3	136
28	Дв-е к В'''	Gj28	J24	1	1	1	0	1,6	1,5	137,5
29	Загр. В'''	Gj29	J25	0	1	1	0	0	3	140,5
30	Дв-е к С4	Gj30	J26	0	1	1	0	4,7	4	144,5
31	Выгр. С4	Gj31	J27	1	1	0	0	0	3	147,5
32	Дв-е к С5	Gj32	J28	1	1	0	0	3,1	2,6	150,1
33	Загр. С5	Gj33	J29	0	1	0	1	0	3	153,1
34	Дв-е к С3	Gj34	J30	0	1	0	1	6,2	5,2	158,3
35	Выгр. С3	Gj35	J31	1	0	0	1	0	3	161,3
36	Дв-е к С4	Gj36	J32	1	0	0	1	3,1	2,6	163,9
37	Загр. С4	Gj37	J33	0	0	1	1	0	3	166,9
38	Дв-е к В"	Gj38	J34	0	0	1	1	5,2	4,2	171,1
39	Выгр. В"	Gj39	J35	1	0	1	1	0	3	174,1
40	Дв-е к С3	Gj40	J35	1	0	1	1	2,1	1,8	175,9
41	Загр. С3	Gj41	J36	0	1	1	1	0	3	178,9
42	Дв-е к С5	Gj42	J37	0	1	1	1	6,2	5,2	184,1
43	Ож-е С5	Gj43	J38	0	1	1	1	0	11	195,1
44	Выгр. С5	Gj44	J38	1	1	1	0	0	3	198,1
45	Дв-е к В'''	Gj45	J39	1	1	1	0	1,6	1,5	199,6

Площадь ГАК $S=282,6 \text{ м}^2$, время циклов $T_{ц1} = 144,6 \text{ с}$, $T_{ц2} = 62,1 \text{ с}$

Время такта $T = 206,7 \text{ с}$.

3.10 Выбор рациональной компоновки ГАК

Для выбора рациональной компоновки следует провести анализ каждой из них. Для этого полученные значения времени и занимаемой площади каждой из компоновок в отдельности, сведем в таблицу 3.13.

Таблица 3.13 – Сравнительные характеристики компоновок ГАК

№ компоновки	Общая площадь	Время такта	Время цикла 1	Время цикла 2
1	281,2 м ²	232 с	165,4 с	66,6 с
2	282,6 м ²	213 с	144,6 с	68,4 с
3	282,6 м ²	206,7 с	144,6 с	62,1 с

В ходе проведенного сравнительного анализа трех различных компоновок приходим к выводу, что с точки зрения экономической выгоды и повышения производительности функционирования ГАК рациональной является третья компоновка, состоящая из 6 единиц оборудования и двух обслуживающих роботов модели УМ180Ф2.81.01 и Transfer System E.

4 Разработка системы управления гибким автоматизированным комплексом

В данной выпускной работе при проектировании систем управления предусматривается использовать следующие типы сетей:

- на нижнем уровне – AS-interface. По сети передаются сигналы от датчиков, а также сигналы управления технологическим оборудованием. Вся область входов/выходов размещена на AS-interface. Количество ведомых устройств – 14. К каждому ведомому устройству возможно подсоединить от 4 до 8 датчиков.

- на среднем уровне – Profibus-DP. Сеть используется для управления автоматизированным электроприводом. Также возможно использование Profibus-DP обслуживающим персоналом.

4.1 Сеть AS-interface

AS-интерфейс (AS-i) – коммуникационная система для нижнего уровня системы управления ГАК – физически представляет единственный кабель, что обеспечивает простоту и скорость прокладки. Ведущее устройство AS-i организует модульное подключение к полевым средствам управления бинарных датчиков и исполнительных устройств

В состав сети входят следующие аппаратные средства:

- ведущее устройство,
- ведомые устройства (модули, датчики, исполнительные механизмы),
- задатчик адресов,
- блок питания.

Для обеспечения функционирования аппаратных средств используется программное обеспечение (программа SCOPE).

Стандартные ведомые устройства (количеством до 31) имеют конкретные адреса.

Расширенное ведомое устройство поддерживает расширенный режим

адресации, который обеспечивает удвоение числа ведомых устройств за счет попарной адресации на один адрес. Для этого ведомые устройства параметризуются по типу (типа А и типа В). Причем тип А может взаимодействовать со стандартным ведущим устройством.

Аналоговые ведомые устройства обмениваются аналоговой информацией с ведущим устройством интерфейса. В зависимости от профиля иногда для таких устройств необходимы специальные программные драйверы (функциональные блоки), обеспечивающие последовательную передачу.

Для взаимодействия с расширенными ведущими устройствами специальных драйверов не требуется.

Сетевые узлы кабеля AS-интерфейса питаются от блока питания AS-i. Если используются исполнительные механизмы сравнительно большой мощности питания, то возможно подключение дополнительного блока питания.

Сетевые адреса ведомых устройств задаются модулем установки адресов.

Контроль функционирования сети AS-i и ее устройств осуществляется программно с помощью программы SCOPE, работающей совместно с ведущим устройством (коммуникационным процессором).

Ведущее устройство AS-i осуществляет управление обменом данными и производит поочередный опрос всех ведомых устройств с определенным адресом с ожиданием ответа от каждого. Адрес устанавливается с помощью задатчика сетевых адресов или ведущим устройством сети, где и сохраняется.

Указанная технология передачи информации обеспечивает высокую надежность эксплуатации. Все процедуры (напряжение питания, состояние ведомых устройств, правильность передачи данных) контролирует ведущее устройство, которое информирует об этом программируемый логический контроллер (ПЛК). Такая информация доходит до пользователя.

Рассматриваемая топология позволяет использовать древовидную

технологии, которая обеспечивает подключение сегментов ветвей при условии предельной суммарной длины всех ветвей 100 м.

В итоге сеть максимально обеспечивает 248 дискретных входов и выходов для стандартных модулей и 248 входов/186 выходов для модулей расширенного режима адресации.

Для увеличения суммарной длины сети используется повторитель-удлинитель, обеспечивающий удлинение на два стометровых сегмента.

4.2 Сеть Profibus-DP

Указанная сеть для функционирования использует классические уровни модели OSI – физический (физическая передача), канальный (определение протокола доступа к шине) и уровень представления (прикладные функции сети).

Сеть обеспечивает последовательную передачу данных между устройствами с высокой скоростью. Ведущими устройствами могут являться контроллеры. Контроллер циклически считывает и записывает информацию, обслуживая ведомые устройства.

Сеть обеспечивает конфигурирование и диагностику системы. Диагностика обеспечивает локализацию сбоев в системе путем передачи диагностических сообщений по шине.

Сеть использует протокол RS 485 (полудуплексная асинхронная синхронизация).

Пользовательский интерфейс обеспечивает доступность пользовательских функций, а также необходимые действия системных и аппаратных сетевых устройств.

Сеть обеспечивает сетевое взаимодействие устройств разных производителей, благодаря открытости сетевого протокола.

4.3 Структура управляющей программы

Для формирования управляющих программ используется язык Step 7, применяемый для ПЛК серии S7.

По шине Profibus-DP контроллер S7-300 управляет двумя роботами посредством двух автоматизированных электроприводов Siemens Micromaster 440.

Сбор информации и управление исполнительными механизмами происходит при помощи AS-interface.

В вызываемых блоках присутствуют таймеры, которые отвечают за регистрацию времени движения роботов. Если это время превышено, то срабатывает аварийный сигнал.

Для корректной работы роботов перед началом цикла необходимо, чтобы оператор вывел роботы в положение между накопителями В' и С1 и В'' и С3 для роботов 1 и 2 соответственно.

Управляющая программа разбита на блоки для удобства вызова и сокращения объема программного кода.

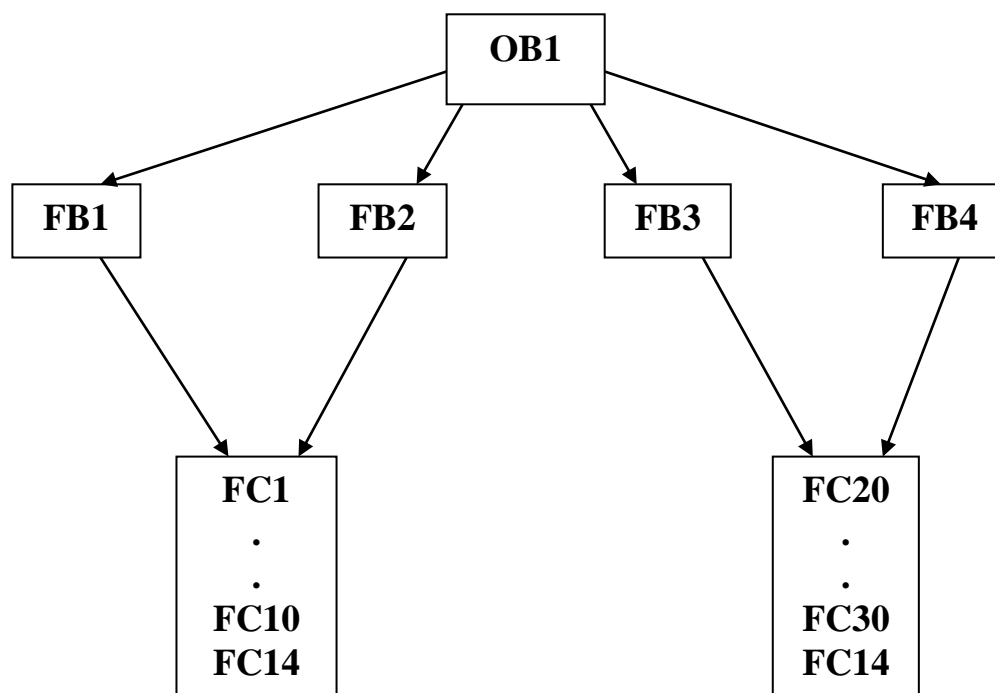


Рисунок 4.1 – Структура управляющей программы

Блок ОВ1 является основным блоком, и вызывает функциональные блоки FB1, FB2, FB3, FB4:

FB1 – процесс входа в цикл работа 1,

FB2 – основной цикл работа 1,

FB3 – процесс входа в цикл работа 2,

FB4 – основной цикл работа 1.

Если все граничные условия соблюдены, то вызывается блок FB1, после выполнения которого, вызывается FB2. По окончании работы FB2, происходит проверка, если FB1 уже выполнялся, то запускается FB3. По окончании работы FB3 вызывается FB4. После завершения работы FB4, происходит проверка на выполнение FB1, если выполнялся, то переход к FB2.

Блоки FB1, FB2, FB3, FB4 выполняют движения по алгоритму работы, рассмотренному в пункте 4.9. В них происходит вызов FC блоков и, в зависимости от условий, их правильное выполнение.

Блоки FC1-FC10 (FC21-FC30) по своей структуре практически идентичны, отличаются лишь установками граничных таймеров и регистрирующими датчиками.

Для работа 1:

FC1 (FC21) – процесс выгрузки заготовки из технологического оборудования,

FC10 (FC30) – процесс загрузки заготовки в технологическое оборудование,

FC2 – процесс движения от В' к С1,

FC3 – процесс движения от С1 к С2.1,

FC4 – процесс движения от С2.1 к В',

FC5 – процесс движения от С1 к С2.2,

FC6 – процесс движения от С2.2 к В',

FC7 – процесс движения от С2.1 к В'',

FC8 – процесс движения от С2.2 к В'',

FC9 – процесс движения от В'' к С1.

FC14 – блок управления электроприводом Micromaster с помощью Profibus.

В данном блоке указывается адрес управляемого модуля, скорость

вращения двигателя, реверс, включение/выключение двигателя. Также возможно отслеживание состояния электропривода, в том числе:

- проверка действительной скорости электропривода,
- определение ошибки достижения скорости электропривода.

Для работа 2:

FC22 – процесс движения от В'' к С3,

FC23 – процесс движения от С3 к С4,

FC24 – процесс движения от С4 к В'',

FC25 – процесс движения от С4 к С5,

FC26 – процесс движения от С5 к С3,

FC27 – процесс движения от С3 к С5,

FC28 – процесс движения от С5 к В''',

FC29 – процесс движения от В''' к С4.

Распределение входов и выходов контроллера показаны в таблицах 4.1, 4.2 соответственно.

Таблица 4.1 – Таблица входов контроллера

S7-300	Датчик	Символ
I 0.0	Индуктивный датчик накопителя В'	SQ1
I 0.1	Индуктивный датчик замедления портала 1 накопителя В'	SQ2
I 0.2	Индуктивный датчик замедления портала 1 станка 1 лев.	SQ3
I 0.3	Индуктивный датчик портала 1 станка 1 центр.	SQ4
I 0.4	Индуктивный датчик замедления портала 1 станка 1 прав.	SQ5
I 0.5	Индуктивный датчик замедления портала 1 станка 2.1 лев.	SQ6
I 0.6	Индуктивный датчик портала 1 станка 2.1 центр.	SQ7
I 0.7	Индуктивный датчик замедления портала 1 станка 2.1 прав.	SQ8
I 1.0	Индуктивный датчик замедления портала 1 станка 2.2 лев.	SQ9
I 1.1	Индуктивный датчик портала 1 станка 2.2 центр.	SQ10
I 1.2	Индуктивный датчик замедления портала 1 станка 2.2 прав.	SQ11
I 1.3	Индуктивный датчик замедления портала 1 накопителя В'' лев.	SQ12

Таблица 4.1 – Таблица входов контроллера (продолжение)

S7-300	Датчик	Символ
I 1.4	Индуктивный датчик портала 1 накопителя В" центр.	SQ13
I 1.5	Индуктивный датчик портала 2 накопителя В" центр.	SQ20
I 1.6	Индуктивный датчик замедления портала 2 накопителя В" прав.	SQ21
I 1.7	Индуктивный датчик замедления портала 2 станка 3 лев.	SQ22
I 2.0	Индуктивный датчик портала 2 станка 3 центр.	SQ23
I 2.1	Индуктивный датчик замедления портала 2 станка 3 прав.	SQ24
I 2.2	Индуктивный датчик замедления портала 2 станка 4 лев.	SQ25
I 2.3	Индуктивный датчик портала 2 станка 4 центр.	SQ26
I 2.4	Индуктивный датчик замедления портала 2 станка 4 прав.	SQ27
I 2.5	Индуктивный датчик замедления портала 2 станка 5 лев.	SQ28
I 2.6	Индуктивный датчик портала 2 станка 5 центр.	SQ29
I 2.7	Индуктивный датчик замедления портала 2 станка 5 прав.	SQ30
I 3.0	Индуктивный датчик замедления портала 2 накопителя В''' лев.	SQ31
I 3.1	Индуктивный датчик портала 2 накопителя В''' центр.	SQ32
I 3.2	Концевой выключатель двери	S11
I 3.3	Переключатель автоматический\ручной режимы (с ключем)	S1
I 3.4	Сигнал - обработка завершена С1	
I 3.5	Сигнал - ожидание загрузки С1	
I 3.6	Сигнал - обработка завершена С2.1	
I 3.7	Сигнал - ожидание загрузки С2.1	
I 4.0	Сигнал - обработка завершена С2.2	
I 4.1	Сигнал - ожидание загрузки С2.2	
I 4.2	Сигнал - обработка завершена С3	
I 4.3	Сигнал - ожидание загрузки С3	
I 4.4	Сигнал - обработка завершена С4	
I 4.5	Сигнал - ожидание загрузки С4	
I 4.6	Сигнал - обработка завершена С5	

Таблица 4.1 – Таблица входов контроллера (продолжение)

S7-300	Датчик	Символ
I 4.7	Сигнал - ожидание загрузки С5	
I 5.0	Переключатель выбора робота 1/ робота 2 (с ключем)	S2
I 5.1	Пуск цикла	SB1
I 5.2	Стоп цикла	SB2
I 5.3	Stop концевой выключатель робота 1 оси У вверху	SB3
I 5.4	Stop концевой выключатель робота 2 оси У вверху	SB4
I 5.5	Движение робота вверх (кнопка черн.)	SB5
I 5.6	Движение робота вниз (кнопка черн.)	SB6
I 5.7	Движение робота вперед (кнопка черн.)	SB7
I 6.0	Движение робота назад (кнопка черн.)	SB8
I 6.1	Концевой выключатель аварийный крайнего положения робота 1 лев.	SB9
I 6.2	Концевой выключатель аварийный крайнего положения робота 1 прав.	SB10
I 6.3	Концевой выключатель аварийный крайнего положения робота 2 лев.	SB11
I 6.4	Концевой выключатель аварийный крайнего положения робота 2 прав.	SB12
I 6.5	Свободен	
I 6.6	Свободен	
I 6.7	Переключатель разжать\зажать заготовку	S3
I 7.0	Концевой выключатель замедления робота 1 в нижнем положении	SB13
I 7.1	Концевой выключатель замедления робота 2 в нижнем положении	SB14
I 7.2	Stop концевой выключатель робота 1 в нижнем положении	SB15
I 7.3	Stop концевой выключатель робота 2 в нижнем положении	SB16
I 7.4	Индуктивный датчик, деталь зажата, робот 1	SQ33
I 7.5	Индуктивный датчик, деталь зажата, робот 2	SQ34
I 7.6	Концевой выключатель робота 1 замедления вверху	SB17
I 7.7	Концевой выключатель робота 2 замедления вверху	SB18

Таблица 4.2 – Таблица выходов контроллера

S7-300	Исполнительное устройство	Символ
Q 0.0	Принудительный останов станка 1	
Q 0.1	Принудительный останов станка 2.1	
Q 0.2	Принудительный останов станка 2.2	
Q 0.3	Принудительный останов станка 3	
Q 0.4	Принудительный останов станка 4	
Q 0.5	Принудительный останов станка 5	
Q 0.6	Зажать деталь схватом робота 1	
Q 0.7	Зажать деталь схватом робота 2	
Q 1.0	Индикация движения робота вниз	HL9
Q 1.1	Индикация движения робота вверх	HL10
Q 1.2	Индикация движения робота влево	HL11
Q 1.3	Индикация движения робота вправо	HL12
Q 1.4	Цикл запущен (лампа зелен.)	HL1
Q 1.5	Сбой цикла робота 1 (лампа красн.)	HL2
Q 1.6	Сбой цикла робота 2 (лампа красн.)	HL3
Q 1.7	В зоне обработки человек (лампа красн.)	HL8
Q 2.0	портал 1 в нижнем положении (лампа)	HL4
Q 2.1	портал 1 в верхнем положении (лампа)	HL5
Q 2.2	портал 2 в нижнем положении (лампа)	HL6
Q 2.3	портал 2 в верхнем положении (лампа)	HL7
Q 2.4	Включение КМ1 (двигателя робота 1 оси X)	
Q 2.5	Включение КМ2 (двигателя робота 1 оси Y)	
Q 2.6	Включение КМ3 (двигателя робота 2 оси X)	
Q 2.7	Включение КМ4 (двигателя робота 2 оси Y)	
Q 3.0	Сигнал для Start C3	
Q 3.1	Сигнал для Start C4	
Q 3.2	Сигнал для Start C1	
Q 3.3	Сигнал для Start C2.1	
Q 3.4	Сигнал для Start C2.2	

Таблица 4.2 – Таблица выходов контроллера (продолжение)

S7-300	Исполнительное устройство	Символ
Q 3.5	Блокировка оси У робота 1	
Q 3.6	Блокировка оси У робота 2	
Q 3.7	Сигнал для Start C5	

Программные метки рассмотрены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Метки

М 1.2	Условие движения для робота 1 оси Х
М 1.3	Условие движения для робота 2 по оси Х
М 12.0	Для задания скорости ЭП на быстрых ходах по оси Х к С1 от В'
М 12.1	Для задания скорости ЭП на медленных ходах по оси Х к С1 от В' (SQ3)
М 12.2	Для задания скорости ЭП на быстрых ходах по оси Х от С1 к С2.1
М 12.3	Для задания скорости ЭП на медленных ходах по оси Х от С1 к С2.1 (SQ6)
М 12.4	Для задания скорости ЭП на быстрых ходах по оси Х от С2.1 к В'
М 12.5	Для задания скорости ЭП на медленных ходах по оси Х от С2,1 к В' (SQ2)
М 12.7	Для реверсирования ЭП при движении по оси Х
М 13.0	Для задания скорости ЭП на быстрых ходах по оси Х от С1 к С2.2
М 13.1	Для задания скорости ЭП на медленных ходах по оси Х от С1 к С2.2 (SQ5)
М 13.2	Для задания скорости ЭП на быстрых ходах по оси Х от С2.2 к В'
М 13.3	Для задания скорости ЭП на медленных ходах по оси Х от С2.2 к В' (SQ2)
М 13.4	Для задания скорости ЭП на быстрых ходах по оси Х от С2.1 к В''
М 13.5	Для задания скорости ЭП на медленных ходах по оси Х от С2.1 к В'' (SQ13)
М 13.6	Для задания скорости ЭП на быстрых ходах по оси Х от С2.2 к В''
М 13.7	Для задания скорости ЭП на медленных ходах по оси Х от С2.2 к В'' (SQ13)

Таблица 4.3 – Метки (продолжение)

М 14.0	Для задания скорости ЭП на быстрых ходах по оси Х от В" к С1
М 14.1	Для задания скорости ЭП на медленных ходах по оси Х от В" к С1 (SQ13)
М 14.2	Для задания скорости ЭП на быстрых ходах по оси У вниз
М 14.3	Для задания скорости ЭП на медленных ходах по оси У вниз
М 14.4	Запуск таймера, отслеживающего загрузку детали робота 1
М 14.5	Движение оси У робота 1 вверх на быстрых ходах
М 14.6	Для задания скорости ЭП на медленных ходах по оси У робота 1 вверх
М 14.7	Для задания скорости ЭП на быстрых ходах по оси У робота 2 вниз
М 15.0	Для задания скорости ЭП на медленных ходах по оси У робота 2 вниз
М 15.1	Запуск таймера, отслеживающего выгрузку детали робота 2
М 15.2	Движение оси У робота 2 вверх на быстрых ходах
М 15.3	Для задания скорости ЭП на медленных ходах по оси У робота 2 вверх
М 15.4	Реверсирование ЭП оси У робота 2
М 15.5	Для задания скорости ЭП на быстрых ходах по оси Х от В" к С3
М 15.6	Реверсирование ЭП 2 по оси Х
М 15.7	Если скорость достигнута, то взвести метку
М 16.0	Если скорость не достигнута роботом 2
М 16.1	Движение к С3 на медленных ходах робота 2
М 16.2	Движение к С4 на быстрых ходах робота 2
М 16.3	Движение к С4 на медленных ходах робота 2
М 16.4	Движение к В" на быстрых ходах робота 2
М 16.5	Движение к В" на медленных ходах робота 2
М 16.6	Стоп, если положение не достигнуто за заданное время для робота 2
М 16.7	Движение на быстрых ходах к С5 робота 2
М 17.0	Движение на медленных ходах к С5 робота 2
М 17.1	Движение на быстрых ходах к С3 робота 2
М 17.2	Движение на медленных ходах к С3 робота 2
М 17.3	Движение на быстрых ходах к С5 робота 2
М 17.4	Движение на медленных ходах к С5 робота 2

Таблица 4.3 – Метки (продолжение)

М 17.5	Движение на быстрых ходах к В''' робота 2
М 17.6	Движение на медленных ходах к В''' робота 2
М 17.7	Движение на быстрых ходах к С4 робота 2
М 18.0	Движение на медленных ходах к С4 робота 2
М 18.1	Для задания скорости ЭП на быстрых ходах по оси У робота 2 вниз
М 18.2	Для задания скорости ЭП на медленных ходах по оси У робота 2 вниз
М 18.3	Для запуска граничного таймера разжима схвата
М 18.4	Если срабатывает граничный таймер разжима схвата робота 2
М 18.5	Движение оси У вверх на быстрых ходах робота 2
М 18.6	Если срабатывает граничный таймер разжима схвата робота 1
М 18.7	Для задания скорости ЭП медленные хода по оси У робота 2 вверх
М 19.0	Для начала работы станков после загрузки робота 1
М 19.1	Для начала работы станков после загрузки робота 2
М 19.2	Метка завершения работы FC2
М 19.3	Метка завершения работы FC4
М 19.4	Если метка сработала, то движение разрешено
М 19.5	Метка завершения работы FC3
М 19.6	Метка завершения работы FC5
М 19.7	Метка завершения работы FC6
М 20.0	Метка, обозначающая выгрузку В'
М 20.1	Метка, обозначающая выгрузку из С2.1
М 20.2	Метка, обозначающая загрузку В''
М 20.3	Метка завершения работы FC9
М 20.4	Метка завершения работы FC1
М 20.5	Метка завершения работы FC24
М 20.6	Метка завершения работы FC22
М 20.7	Метка завершения работы FC30
М 21.0	Метка завершения работы FC23
М 21.1	Метка завершения работы FC21
М 21.2	Метка завершения работы FB3

Таблица 4.3 – Метки (продолжение)

М 21.3	Метка завершения работы FC27
М 21.3	Метка запуска таймера ожидания С5
М 21.4	Метка завершения работы FC28
М 21.5	Метка завершения работы FC29
М 21.6	Метка завершения работы FC25
М 21.7	Метка завершения работы FC26
М 22.0	Метка завершения работы FB1
М 22.1	Метка завершения работы FB2

Заключение

В бакалаврской работе были подробно описаны функции и технологические особенности детали, для автоматизированного производства которой разработан модернизированный технологический маршрут обработки детали. Подобрано основное и вспомогательное технологическое оборудование, реализующее данный технологический процесс в составе гибкого автоматизированного комплекса. Разработано автоматическое станочное приспособление для точного базирования детали при обработке. Рассмотрен вопрос структуры системы управления гибким автоматизированным комплексом, подобрано управляющее оборудование. Разработана структура управляющей программы, реализующей управление гибким автоматизированным комплексом.

Цель бакалаврской работы достигнута, задачи решены.

Список используемой литературы

1. Иванов, А.А. Автоматизация технологических процессов и производств: Учебное пособие / А.А. Иванов: – М.: Форум, 2013. – 225 с.
2. Селевцов, Л.И. Автоматизация технологических процессов / Л.И. Селевцов, А.Л. Селевцов. – М.: Инфра-Инженерия, 2014. – 353 с.
3. Схиртладзе, А.Г. Автоматизация технологических процессов и производств: Учебник для ВУЗов. / А.Г. Схиртладзе. – М.: Абрис, 2014. – 567с.
4. 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.
5. Фельдштейн, Е.Э. Автоматизация производственных процессов в машиностроении / Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. – М.: Инфра-Инженерия, 2016. – 264 с.
6. Пантелеев, В.Н. Основы автоматизации производства: Учебник для учреждений начального профессионального образования / В.Н. Пантелеев, В.М. Прошин. – М.: ИЦ Академия, 2013. – 209 с.
7. Бердышев, В.Ф. Основы автоматизации технологических процессов очистки газов и воды: Курс лекций / В.Ф. Бердышев, К.С. Шатохин. – М.: МИСиС, 2013. – 136 с.
8. Дастин, Э. Тестирование программного обеспечения. Внедрение, управление и автоматизация / Э. Дастин, Д. Рэшка, Д. Пол; Пер. с англ. М. Павлов. – М.: Лори, 2013. – 567 с.
9. Евтушенко, С.И. Автоматизация и роботизация строительства: Учебное пособие / С.И. Евтушенко, А.Г. Булгаков, В.А. Воробьев, Д.Я. Паршин. – М.: ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 452 с.
10. Егоров, Г.А. Управляющие вычислительные комплексы для промышленной автоматизации: Учебное пособие / Н.Л. Прохоров, Г.А. Егоров, В.Е. Красовский; Под ред. Н.Л. Прохоров, В.В. Сюзев. – М.: МГТУ

им. Баумана, 2012. – 372 с.

11. Ермоленко, А.Д. Автоматизация процессов нефтепереработки: Учебное пособие / А.Д. Ермоленко, О.Н. Кашин, Н.В. Лисицын; Под общ. ред. В.Г. Харазов. – СПб.: Профессия, 2012. – 304 с.

12. Иванов, А.А. Автоматизация технологических процессов и производств: Учебное пособие / А.А. Иванов. – М.: Форум, 2012. – 224 с.

13. Кангин, В.В. Промышленные контроллеры в системах автоматизации технологических процессов: Учебное пособие / В.В. Кангин. – Ст. Оскол: ТНТ, 2013. – 408 с.

14. Овчинников, В.В. Оборудование, механизация и автоматизация сварочных процессов: Практикум: Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования / В.В. Овчинников. – М.: ИЦ Академия, 2012. – 128 с.

15. Пантелеев, В.Н. Основы автоматизации производства. Лабораторные работы: Учебное пособие для начального профессионального образования / В.Н. Пантелеев, В.М. Прошин. – М.: ИЦ Академия, 2012. – 192с.

16. Пантелеев, В.Н. Основы автоматизации производства: Учебник для учреждений начального профессионального образования / В.Н. Пантелеев, В.М. Прошин. – М.: ИЦ Академия, 2013. – 208 с.

17. Пантелеев, В.Н. Основы автоматизации производства. Лабораторные работы: Учебное пособие для начального профессионального образования / В.Н. Пантелеев, В.М. Прошин. – М.: ИЦ Академия, 2012. – 192с.

18. Пантелеев, В.Н. Основы автоматизации производства: Учебник для учреждений начального профессионального образования / В.Н. Пантелеев, В.М. Прошин. – М.: ИЦ Академия, 2013. – 208 с.

19. Скворцов, А.В. Автоматизация управления жизненным циклом продукции: Учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / А.В. Скворцов, А.Г. Схиртладзе, Д.А. Чмырь. – М.: ИЦ

Академия, 2013. – 320 с.

20. Схиртладзе, А.Г. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: Учебник / А.Г. Схиртладзе, В.Н. Воронов, В.П. Борискин. – Ст. Оскол: ТНТ, 2012. – 600 с.

21. Схиртладзе, А.Г. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: Учебник / А.Г. Схиртладзе, В.Н. Воронов, В.П. Борискин. – Ст. Оскол: ТНТ, 2013. – 600 с.

22. M. Berenguel, F. R. Rubio, A. Valverde, P. J. Lara, M. R. Arahal, E. F. Camacho, and M. López, “An artificial vision-based control system for automatic heliostat positioning offset correction in a central receiver solar power plant,” *Sol. Energy*, vol. 76, no. 5, pp. 563 - 575, 2004.

23. Kefer, J.; Krichel, S., Modeling and Simulation of Pneumatic Systems with focus on Tubes, 8th International Fluid Power Conference , 2012, Dresden

24. S. Rahman, “Green power: what is it and where can we find it?” *IEEE Power and Energy Magazine*, vol. 1, no. 1, pp. 30 - 38, 2013.

25. Huang, Y. J. The Design and Implementation of a Solar Tracking Generating Power System/ Y. J. Huang, Member, T. C. Kuo, Member, C. Y. Chen, C. H. Chang, P. C. Wu, and T. H. Wu. 2012.

26. L. A. Zadeh, “Fuzzy Algorithms,” *Inform. and Contr.*, vol. 12, pp. 93 - 104, 2013.