

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники

Кафедра «Промышленная электроника»

27.03.04 Управление в технических системах

Системы и технические средства автоматизации и управления

ВЫПУСКНАЯ БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему:

Гибкий автоматизированный комплекс обработки вала ступенчатого

Студент

Д.В Беззубов

(И.О. Фамилия)

(подпись)

Руководитель

М. В. Позднов

(И.О. Фамилия)

(подпись)

Допустить к защите

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

(подпись)

« ____ » _____ 2018 г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

Тема: Гибкий автоматизированный комплекс обработки вала ступенчатого.

Бакалаврская работа состоит из пояснительной записки, четырех листов графического материала формата А1. – 57 с., ил.

В бакалаврской работе был разработан чертеж вала ступенчатого турбонасосного агрегата и разработан технологический процесс его изготовления. Была получена заготовка с расчетом припусков на обработку.

Выбраны технологические операции для организации гибкого автоматизированного комплекса, технологическое оборудование.

Разработана компоновка ГАК, его система управления, а также рассмотрены режимы работы.

В ходе выполнения работы спроектирован интерфейс АРМ оператора гибкого автоматизированного комплекса. Выполнен технологический анализ для интерфейса АРМ.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ	6
1.1 Назначение детали и ее описание.....	6
1.2 Заготовка детали размерного анализа в производственном процессе	8
2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГИБКОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ	10
2.1 Выбор операций для организации гибкого автоматизированного комплекса	10
2.2 Выбор технологического оборудования.....	10
2.3 Автоматизации загрузочно-разгрузочных работ	19
2.4 Выбор компоновки гибкого автоматизированного комплекса	23
2.5 Выбор автоматических устройств для удаления промышленных отходов.	32
2.6 Выбор системы ограждения и безопасности.....	32
3 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГИБКОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА	33
3.1 Структура ГАК	33
3.2 Управление гибкого автоматизированного комплекса.....	35
3.2.1 Направления разработки системы управления	35
3.2.2 Номинальные режимы работы локальных систем управления оборудованием	36
3.2.3 Внештатные ситуации локальных систем управления	37
3.3 Данные, необходимые для управления ГАК.....	37
4 РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ.....	41
4.1 Выбор программируемого логического контроллера	41
4.2 Выбор промышленных сетей.	43
4.3 Выбор датчиков и вспомогательного оборудования.....	44
5 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СИСТЕМ ЧПУ 16K20ФЗ	45

5.1 Разработка программ технологического процесса	45
5.1.1 Программа на операцию 2 (токарная черновая левого конца).....	45
5.1.2 Программа на операцию 3(токарная черновая правого конца).....	46
5.1.3 Операция 4 – токарная чистовая левого конца	47
5.1.4 Операция 5 – токарная чистовая правого конца	48
6 МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ В СРЕДЕ EMCO Win NC ..	49
6.1 Операция 1 – токарная черновая левого конца	49
6.2 Операция 2 – токарная черновая (правого конца)	50
6.3 Операция 4 – токарная чистовая (левого конца)	51
6.4 Операция 5 – токарная чистовая правого конца	52
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	55

ВВЕДЕНИЕ

Важной особенностью автоматизации является упрощенное и налаженное производство деталей. Машиностроение широко охватывает все отрасли управления. При появлении станков с ЧПУ появилась возможность грамотно обеспечить автоматизированную линию производства для прогрессивного сочетания обеспечивающей автоматизированности и гибкости. Стали внедряться автоматизированные комплексы, чтобы повысить производительность, а также снизить себестоимость деталей. Главными факторами автоматизации технологических процессов являются уменьшение трудоемкости работы, уменьшение производственных площадок, численности рабочих, повышение качества и скорости производства, а также качество выпускаемой продукции. Станки с ЧПУ сокращают время изготовления деталей, и повышают качество деталей.

1 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

1.1 Назначение детали и ее описание

Выбранная для изготовления деталь является валом, который устанавливается в турбонасосном агрегате. Вал обеспечивает передачу крутящего момента на рабочее колесо турбины посредством шпоночного соединения, а на рабочее колесо насоса посредством посадки с натягом.

В качестве опор вала применяются два подшипника качения по посадке с небольшим натягом, чтобы исключить трение в подшипниках. Во время работы турбонасосного агрегата образуются тепловые деформации вала. Нагрузка на смятие воспринимается поверхностью шпонки.

На рисунке 1 показан фрагмент турбонасосного агрегата, в который входит данная деталь.

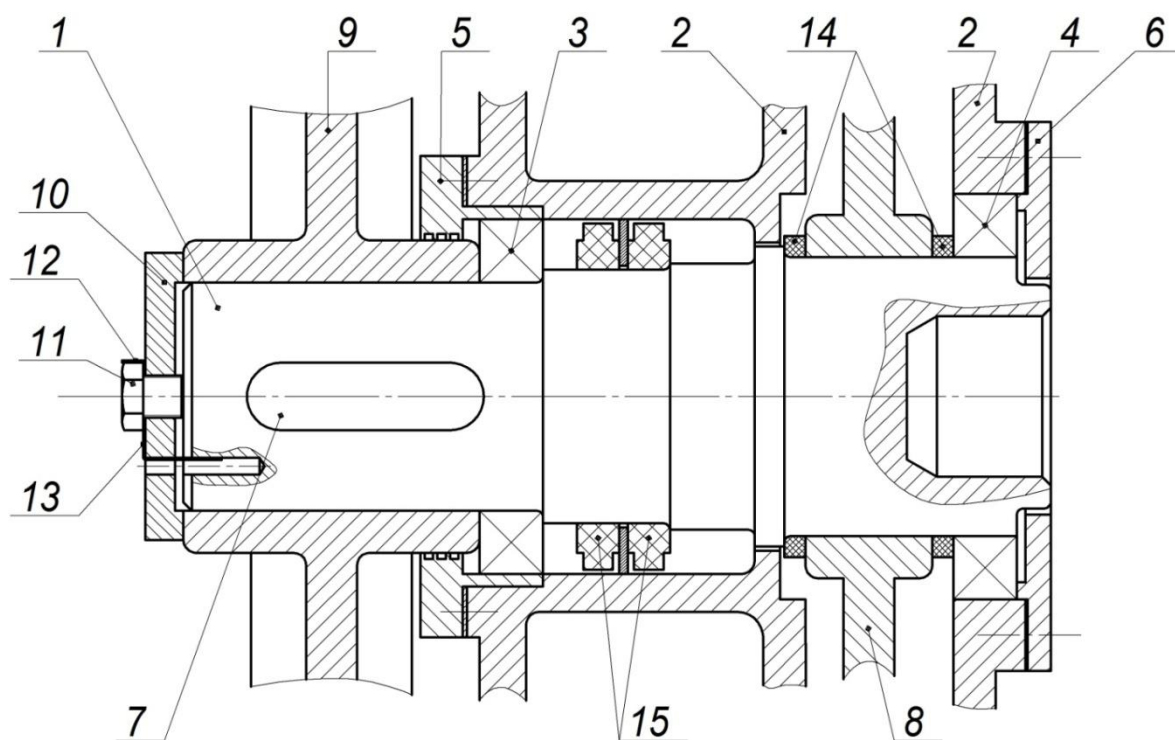


Рисунок 1– Фрагмент турбонасосного агрегата

На рисунке 1 показан вал, который устанавливается на подшипниках 3 и 4 в корпусе ТНА 2. Требуемое положение подшипника 3 осуществляется с помощью пояска вала и крышки с лабиринтными уплотнениями 5, которая

Проведём классификацию элементарных поверхностей вала по функциональному назначению для определения их влияния на служебное назначение вала. Нумерация элементарных поверхностей и их классификация представлены на рисунке 2 и в таблице 1.



Таблица 1 – Классификация элементарных поверхностей

Вид поверхностей	№ поверхностей
Исполнительные (ИП)	20
Базы конструкторские (ОКБ)	4, 5, 12
Базы конструкторские вспомогательные (ВКБ)	3, 11, 19
Свободные	Все оставшиеся

1.2 Заготовка детали размерного анализа в производственном процессе

В технологическом процессе зачастую используют штампованные заготовки. В качестве оборудования для получения заготовки применяется горячештамповочный пресс (ГШП). В одной из наших операций мы применяем термическую обработку: индукционный нагрев заготовки. Ниже приведен пример рисунок заготовки.

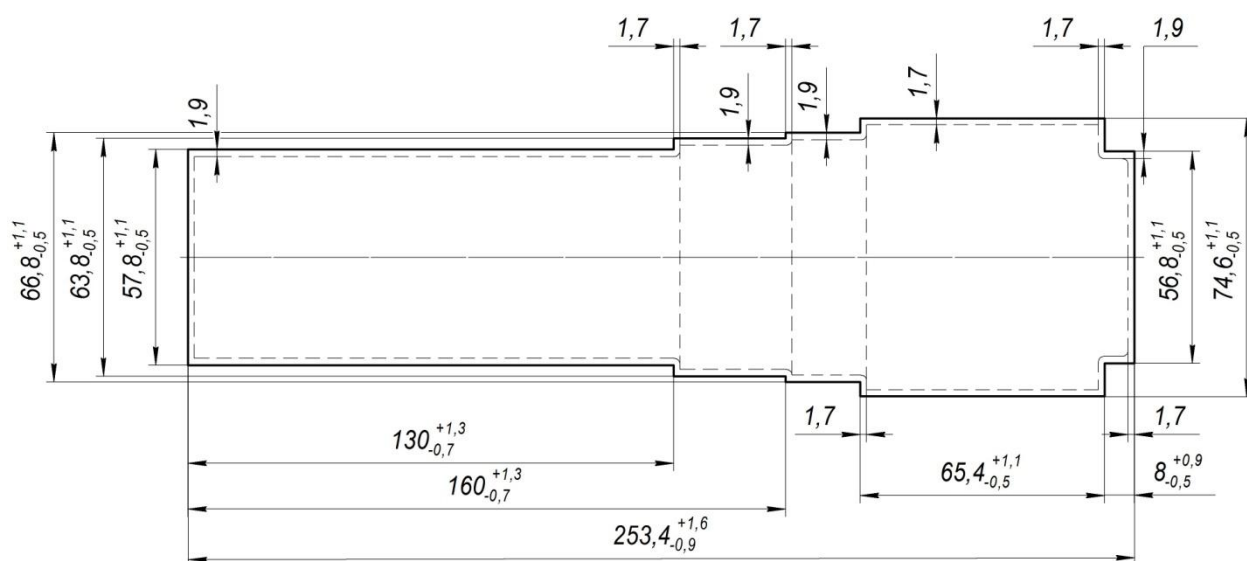


Рисунок 3 – Эскиз заготовки

Нормы времени обработки техпроцесса представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Применяемое время обработки детали

№ операции	Наименование операции	$T_{шт}$, мин
1	Фрезерно-центровальная	2,416
2	Токарная черновая	1,615
3	Токарная черновая	0,852
4	Токарная чистовая	0,963
5	Токарная чистовая	0,745
6	Фрезерная	8,02
7	Сверлильная	1,030
8	Шлифовочная черновая	3,113
9	Шлифовочная чистовая	2,563

2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГИБКОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

2.1 Выбор операций для организации гибкого автоматизированного комплекса

Для организации гибкого автоматизированного комплекса (ГАК) выбираем операции механической обработки, следовательно, руководствуясь временем, которое идет на обработку детали технологического процесса, возможно избежать простоев оборудования. Следовательно, из технологического маршрута обработки детали мы видим, что технологический процесс прерывается на операции 50 – термическая, и включает операцию 30 – фрезерная в комплексе не является нужной, так как значение одной детали (5,94 мин) приведет к большому простоем оборудования на других операциях и, резкому уменьшению выработки коэффициента загрузки оборудования. Для последующих операций и организации ГАК мы выбираем следующие операции:

1. Фрезерно-центровальная операция №1
2. Токарная черновая операция №2
3. Токарная черновая операция №3
4. Токарная чистовая операция № 4
5. Токарная чистовая операция № 5
6. Шлифовальная черновая операция № 6
7. Шлифовальная чистовая операция № 7

2.2 Выбор технологического оборудования

Для изготовления первой операции (фрезерно-центровальная) нам понадобится станок – 24К40СФ4. Этот станок является полуавтоматом, служит он для центrovания, а также для подрезания торцов в разных типах заготовок в автоматическом цикле, массового и серийного производства. Данный станок

оборудован буферным запоминающим устройством (БЗУ), принцип его работы выглядит так: комплект заготовок укладывается в бункер так, чтобы их хватило на 8 часов работы. Наклонный транспортер располагается в задней части бункера элеваторного типа с попарно наклонными крючкообразными захватами. Представляющие собой оба устройства независимые модули, что облегчает обслуживание и предоставляет возможным заменить неисправные блоки. При неисправности какого либо из блоков, требуется замена на новый блок, что снижает выработку изготовления деталей из-за ее поломки. Захватывая заготовку и передвигаясь выше, под действием силы тяжести, робот передвигается вверх при оборудованной конфигурации крюка, который занимает одно из положений. Когда достигнута верхняя точка, заготовка оказывается на полозе, который расположен под углом, тем самым обеспечивается безопасное перемещение заготовок. Когда срабатывает концевой выключатель, при падении заготовки, подается сигнал к возвратному желобу. Далее заготовка скатывается на накопитель. После этого открывается возвратный желоб, когда заготовка находится на накопителе. Данный накопитель является и клапаном возвратного желоба. При готовности станка к обработке, накопитель, должен повернуться на 60° , тем самым отправляет заготовку к станку на лоток, которая идет на призматическую опору шагового транспортера.

Данный станок оснащается системой ЧПУ Siemens Sinumerik NS 210.

Одностоечный вертикальный координатно-расточной станок с ЧПУ 24K40СФ4 предназначен для комплексной обработки корпусных деталей, штампов и пресс-форм высокой точности в условиях мелкосерийного и серийного производства.

Данный станок применяется для обработки отверстий, а также сверления и других функций с точным расположением осей, для чистового и чернового фрезерования, для того чтобы разметить и проверить размеры деталей с управлением по трем координатам X, Y, Z.

Простота обслуживания и управления станком, большой комплект разнообразного инструмента и принадлежностей в сочетании с высокой точностью и производительностью позволяют использовать его в различных условиях производства.

Станок является программной управляющей машиной, которая обеспечивает высокоточную, рентабельную обработку резанием и сверлением деталей средних и малых размеров и дает возможность исключить проблемы точных изделий в производстве, а также производства мерительного инструмента и эталонных образцов, выполнения точных измерений.

Станок имеет одностоечную компоновку.

Шпиндельная бабка перемещается по направляющим стойки, по направляющим станины перемещается крестовый стол. На всех направляющих применены фторопластовые накладки.

В качестве приводов подач используются шариковые винтовые передачи в сочетании с электродвигателями постоянного тока.

Приводом главного движения служит электродвигатель постоянного тока с тиристорным преобразователем, соединенный через двухскоростную коробку передач со шпиндельным устройством.

Станок оснащен фотоимпульсными преобразователями линейных перемещений с дискретностью отсчета 0,001 мм.

Инструментальные оправки зажимаются в конусе шпинделя цанговым зажимом.

С помощью универсального поворотного стола, входящего в комплект станка, возможна обработка отверстий, имеющих полярные координаты в разных плоскостях стола станка.

Станок оснащен устройством ЧПУ 2C42-65 с управлением одновременно четырьмя координатами, что позволяет производить обработку деталей сложной конфигурации с использованием круговой и линейно-круговой интерполяции.

Инструментальный магазин – дискового типа с вертикальной осью вращения. Инструментальный магазин устанавливается и крепится к фундаменту слева от станка.

Приводы вращения магазина и выдвижения автооператора электромеханические.

Высокая точность обеспечивается за счет жесткости корпусных деталей, образующих несущую систему станка, и измерительных систем линейных перемещений на основе фотоимпульсных датчиков.



Рисунок 4 – Вертикальный координатно-расточной станок с ЧПУ
24K40CF4

Таблица 3 – Технические характеристики координатно-расточного станка
24K40СФ4

Наименование параметра	24K40СФ4
Точность станка (Н, П, В, А, С)	С (особо точный)
Габариты стола, мм	400×800
Максимальное значение сверления стали, мм	30
Максимально возможное растачивание стали, мм	45
От торца стола до шпинделя, мм	130...630
Вылет шпинделя, мм	450
Допуска станка, мм	0,001
Точность стола, мм	±0,01
Биение шпиндельной бабки, мм	±0,01
Биение межосевых расстояний, мм	±0,01
Размеры стола и салазок станка	
Вес обрабатываемой детали с учетом сил резания, кг	800
Ограничитель оси X (поперечное X), салазок Ограничитель Y (продольное Y) Ограничитель Z (вертикальное Z), мм	640×400×500
Величина ускоренного перемещения стола и шпиндельной бабки, мм/мин	7000

Продолжение таблицы 3

Наименование параметров	24K40СФ4
Рабочие подачи станка X, Y, Z (бесступенчатое), мм/мин	1...6000
Шпиндель.	
Обороты шпинделя. об/мин	3950
Количество ступеней вращения шпинделя	60
Магазин инструмента	
Максимальное количество гнёзд в инструментальном магазине	25
Смена режущего инструмента "от реза до реза", с	15...25
Максимальный вес оправки инструмента, кг	12
Вылет режущего инструмента, мм	275
Габариты станка	
Высота, ширина, длина мм	2615 × 2366 × 3080
Станок весит	6890

Для выполнения операций – Шлифовальная черновая и чистовая (левого и правого конца вала) берем станок центровой круглошлифовальный с ЧПУ BUA25B Profi (2шт). Данный станок оснащен системой Sinumerik 802с. Данный станок предоставлен на рисунке 5, а его характеристики – в таблице 4.



Рисунок 5 – Станок центровой круглошлифовальный
с ЧПУ BUA25B Profi

Таблица 4 – Технические характеристики станка

Технические характеристики	Ед. изм.	BUA25B Profi
Макс. рабочий диаметр заготовки в открытой опоре	мм	250, 315
Расстояние между центрами	мм	500, 750, 1250
Макс. вес заготовки закрепленной между центрами	кг	250
Макс. вес заготовки закрепленной консолью на передней бабке, включая защитное устройство	кг	50
Диапазон поворота шлифовальной бабки	°	+45... +15
Скорость вращения детали	Об/мин	20...4500
Вес станка	кг	3600-4500

Для изготовления второй операции – Черновая токарная обработка (обеих сторон детали), – Чистовая токарная (обеих сторон вала) используем для обработки станок типа 16K20Ф3 (2 шт). Общий вид станка показан на изображении 6.



Рисунок 6 – Станок токарный 16K20Ф3

Токарный станок 16K20Ф3 сделан на одной основе с токарно-винторезным станком 16K20, в связи с этим его компоновка, и составные части очень схожи и идентичны. Во многом усовершенствована также вся его конструкция. Данный станок оснащен системой Маяк-600.

Станки ЧПУ оснащаются разными типами систем, которые располагают формообразующим движением, количество которых обеспечивает движение (управляемые координаты), меняет подачи и переключение вращения шпинделя. Станки могут оснащаться различными видами устройств ЧПУ (УЧПУ) для монтажа в производственные модули (ГПМ), а также в специализированном исполнении по согласованию с заказчиком.

Технические характеристики представлены в таблице 5

Таблица 5 – Характеристики станка 16K20Ф3

Параметр	16K20Ф3
ЧПУ	2P22
Максимальная высота детали, мм	520
От шпинделя до детали, мм	420
Шпиндель диаметр, мм	55
Длинна детали на станке, мм	1250
Предельный размер сверления в стали, мм	3,5
Предельный размер сверления в чугуне, мм	30
Шпиндель	
Мощность двигателя , кВт	12
Скоростей шпинделя	24
Предельные числа оборота шпинделя, об/мин	12,3...2200
Подачи	
Продольное/поперечное,мм ,перемещение суппорта	950/350
Скорость продольной подачи при нарезании резьбы, мм/мин	2500

2.3 Автоматизации загрузочно-разгрузочных работ

При помощи робототехники, применяемой в различных направлениях производства, можно обеспечить решение многих задач, которые есть в техпроцессах. Роботизация преподносит большую помощь в промышленном производстве, заменяя и увеличивая технологические процессы, тем самым повышая производительность труда, роботизацией в наше время заменяют человеческий труд для выполнения тяжелых работ.

Из выше перечисленных факторов, для загрузочно-разгрузочных работ мы внедрим промышленного робота.

Определим группу проектируемого промышленного робота. В настоящее время существует пять групп промышленных роботов, которые сведены в таблицу 6.

Таблица 6 – Существующие промышленные роботы

Группа	Назначение
А	Литейное производство
Б	Кузнечнопрессовое оборудование
В	Обслуживание металлорежущих станков
Г	Оборудование гальванических цехов
Д	Сборка

Исходя из приведённой таблицы, выбираем робота группы В.

В таблице 7 показаны показатели роботов из группы В, которые обслуживают станки с горизонтальной осью шпинделя.

Таблица 7 – Роботы для обслуживания станков

№ в группе	Модель	Грузо-подъёмность (кг) на число рук	Исполнение промышленного робота
B1	M10П72.01	10 × 1	Промышленный робот встроен в станок
B3	M20П40.01	20 × 1	Промышленный робот напольной конструкции
B5	M40П08.01	20 × 2	Двурукое вертикальное перемещение руки
B7	M40П05.02	40 × 1	Перемещение руки, портаное вертикальное
B8	МП-254	0,5 × 1	Однурукая рука
B11	МА30Ц40.01	40 × 2	Напольная,, выдвижная рука
B12	УМ180Ф281.00	180 × 1	Шарнирная рука
B13	МА180П51.01	180 × 1	Шарнирная рука, порталная
B11	МА30Ц40.01	40 × 2	Выдвижная рука с механизмом подъема, поворота, напольная
B12	УМ180Ф281.00	180 × 1	Шарнирная рука
B13	МА180П51.01	180 × 1	Шарнирная рука, порталная

Если обрабатываемая заготовка не весит более 0,5 кг, то нам не нужна большая грузоподъёмность робота. При выполнении выше указанных работ, достаточно промышленного робота с одним схватом.

Рентабельным роботом из подгруппы будет робот B8 – МП-254. Он работает в цилиндрической системе координат. Робот МП-254 представлен на рисунке 7.

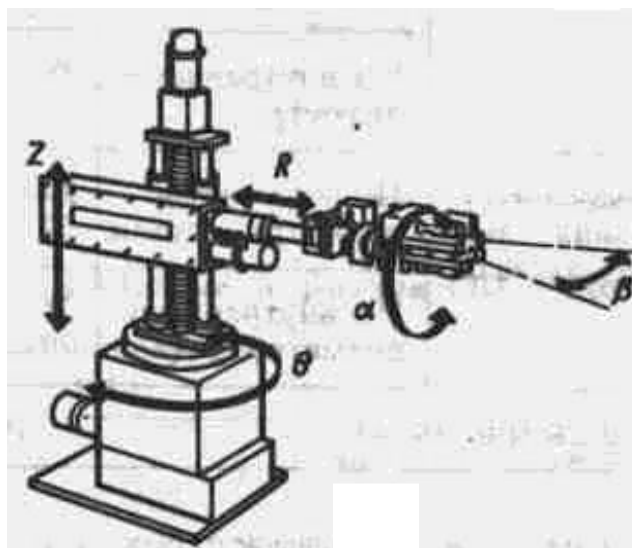


Рисунок 7 – Промышленный робот МП-254

В промышленный робот МП-254 входят следующие перемещения:

1. вертикальное – z (вверх и вниз) каретки;
2. горизонтальный поворот каретки;
3. горизонтальное перемещение штока;
4. угловое положение блока.

Таблица 8 – Технические характеристики промышленного робота МП-254

Параметры	Значение
Количество рук, шт.	1
Грузоподъёмность, кг	0,5
Рабочая зона: угол разворота, град; радиус захвата: $R_{\max}$, мм; $R_{\min}$, мм.	300 2140 1040
Число степеней подвижности (без захвата)	3
Погрешность позиционирования, мм	0,2

Продолжение таблицы 8

Параметры	Значение
Величина перемещений: <i>линейных руки по вертикали:</i> по вертикали, мм; по горизонтали, мм; <i>угловое звена руки:</i> по вертикальной оси, град; по горизонтальной оси, град; <i>угловое кисти руки:</i> продольное, град; поперечное, град.	200 500 300 180 3,5 3,5
Скорости перемещений: <i>линейное руки:</i> горизонтальное, м/с; вертикальное, м/с; <i>угловое звена руки:</i> по вертикальной оси, град/с; по горизонтальной оси, град/с; <i>угловое кисти руки:</i> продольное, град/с; поперечное, град/с.	0,6 0,4 60 60 30 30
Время зажима, с	2
Привод	Пневматический
Система управления	Цикловая
Габаритные размеры: Н × L × В, мм	420 × 450 × 260
Масса, кг	70

При автоматизировании загрузочно-разгрузочных работ необходимо, чтобы станок автоматически выполнял зажим и съём детали. Для этого обеспечим станок специальным зажимным приспособлением с пневматическим приводом зажима обрабатываемой детали.

Что бы детали попали в зону работы робота воспользуемся тактовым столом для эксплуатации и для размещения деталей, что обеспечит

длительную работу гибкого автоматизированного комплекса. Для управления робота применяется не сложная система управления, для простоты захвата деталей. Обрабатываемый вал достаточно короткий и устойчивый, поэтому не нужно применять специальные ориентирующие приспособления на тактовом столе.

2.4 Выбор компоновки гибкого автоматизированного комплекса

В данной компоновке ГАК всё зависит от его структуры. Для однопредметных комплексов с одним роботом применяют две компоновки, линейную и кольцевую. При внедрении линейной планировки ПР применяют и устанавливают в один ряд. При такой компоновке используют напольную или подвесную промышленную роботы. Если применяется кольцевая планировка, то оборудование устанавливают в дугообразный ряд вокруг промышленного робота для его удобного обслуживания. Рассмотрим последовательность работы робота. Предположим, что роботизированная технологическая линия работает в установившемся режиме – всё её оборудование загружено.

Робот будет работать по следующему алгоритму:

1. подход к тактовому столу для загрузки;
2. захват изделия схватом;
3. уход от тактового стола к станку;
4. вход в рабочую зону станка;
5. разжим схвата;
6. станок уходит из рабочей зоны
7. станок ожидает окончание работы;
8. станок входит в рабочую зону;
9. зажим изделия схватом;
10. уход из рабочей зоны станка;
11. подход к тактовому столу для разгрузки;
12. разжим схвата;

13. отход от тактового стола;
14. ожидания окончания работы тактового стола.

Модель функционирования ГАК можно представить в виде циклограммы.

Циклограммой является наглядное изображение последовательности работы технологического оборудования во времени, и она может быть отнесена к технологическому комплексу, и отдельным агрегатам, механизмам и системам управления.

Для того чтобы составить циклограмму, необходимо знать время обслуживания роботом оборудования. Для этого выберем скорости линейных и угловых перемещений робота:

- линейная скорость перемещений по вертикали: $V_v = 0,4$ м/с;
- линейная скорость перемещений по горизонтали: $V_r = 0,5$ м/с;
- угловая скорость перемещений руки относительно вертикальной оси:

$$\psi_v = 60 \text{ град/с};$$

- скорость перемещений кисти руки относительно продольной оси:

$$\psi_k = 60 \text{ град/с}.$$

Исходное положение руки робота – рука в исходном положении, схват разжат. Подробное описание перемещений робота с расчётом их времени приведено в таблице 9.

Таблица 9 – Представлен алгоритм работы промышленного робота

№	Наименование операции	Параметры	Время, с
1	Перемещение стола		2
2	Выдвижение руки ПР	$H = 350 \text{ мм}; V = 0,5 \text{ м/с}$	0,7
3	Опускание руки ПР	$H = 100 \text{ мм}; V = 0,4 \text{ м/с}$	0,4
4	Зажимаем деталь схватом		2
5	Подъём руки ПР	$H = 100 \text{ мм}; V = 0,4 \text{ м/с}$	0,4
6	Втягивание руки ПР	$H = 350 \text{ мм}; V=0,5 \text{ м/с}$	0,7
7	Поворот руки ПР	$\varphi = 180^\circ; \psi_B = 60 \text{ град/с}$	3
8	Поворот схвата ПР	$\varphi = 90^\circ; \psi_K = 60 \text{ град/с}$	1,5
9	Выдвижение руки ПР	$H=350 \text{ мм}; V=0,5 \text{ м/с}$	0,7
10	Довод руки ПР до патрона	$\varphi = 30^\circ; \psi_B = 60 \text{ град/с}$	0,5
11	Разжим схвата		2
12	Отвод руки ПР от патрона	$\varphi = 30^\circ; \psi_B = 60 \text{ град/с}$	0,5
13	Втягивание руки ПР	$H=350 \text{ мм}; V=0,5 \text{ м/с}$	0,7
14	Ожидание выполнения управляющей программы		420
15	Выдвижение руки ПР	$H=350 \text{ мм}; V=0,5 \text{ м/с}$	0,7
16	Довод руки ПР до патрона	$\varphi = 30^\circ; \psi_B = 60 \text{ град/с}$	0,5
17	Зажим детали схватом	$\varphi = 30^\circ; \psi_B = 60 \text{ град/с}$	0,5
18	Отвод руки ПР от патрона		0,4
19	Втягивание руки ПР	$H=350 \text{ мм}; V=0,5 \text{ м/с}$	0,7
20	Поворот схвата ПР	$\varphi = 90^\circ; \psi_K = 60 \text{ град/с}$	1,5
21	Поворот руки ПР	$\varphi = 180^\circ; \psi_B = 60 \text{ град/с}$	3
22	Выдвижение руки ПР	$H=350 \text{ мм}; V=0,5 \text{ м/с}$	0,7
23	Опускание руки ПР	$H=100 \text{ мм}; V=0,4 \text{ м/с}$	0,4
24	Разжим схвата		2
25	Подъём руки ПР	$H=100 \text{ мм}; V=0,4 \text{ м/с}$	0,4
26	Втягивание руки ПР	$H=350 \text{ мм}; V=0,5 \text{ м/с}$	0,7

[illegible]

1 – представлен фрезерно-центровальный станок 24K40Ф3; 2 – представлен токарный станок 16K20Ф3; 3 – представлен токарный станок 16K20Ф3; 4 – представлен промежуточный стол; 5 – представлен

Составим алгоритм работы ГАК для планировки робота.

C02 – функциональность станка 2 (1 – в работе, 0 – простаивает)

С03 – функциональность станка 3 (1 – в работе, 0 – простаивает)

C05 – функциональность станка 5 (1 – в работе, 0 – простаивает)

С06 – функциональность 6 (1 – в работе, 0 – ожидает)

t – время перехода

l – расстояние траектории

Таблица 10 – Представлен алгоритм работы робота в цикле

№	Содержание алгоритма ПР	Схват	C1	C2	C3	t, сек	I, мм
1	Станок 1 разгружен	1	0	0	1	10	
2	Станок 2 поворот	1	1	0	1	4	80
3	Станок 2 загрузка	1	1	0	1	7	
4	Поворот к станку 3	0	1	1	1	4	160
5	Окончание обработки	0	1	1	1	35	
6	Станок 3 переустановка	1	1	1	0	15	
7	Поворот к станку 2	0	1	1	1	4	160
8	Окончание обработки	0	1	1	1	20	
9	Станок 2 переустановка детали	1	1	0	1	25	
10	Поворот к станку 3	0	1	1	1	4	160
11	Окончание обработки	0	0	1	1	30	
12	Станок 3 загрузка	1	0	1	0	7	
13	Поворот к промежуточному столу 4	1	0	1	0	4	70
14	Промежуточный стол 4 загрузка	1	0	1	0	10	
15	Поворот к станку 2	1	0	0	0	4	70
16	Окончание обработки	0	0	1	0	18	
17	Станок 2 загрузка	1	0	0	0	7	
18	Поворот к станку 3	1	0	0	0	4	160
19	Станок 3 загрузка	1	0	0	0	7	
20	Поворот к станку 1	0	0	0	1	15	70

Таблица 11 – Представлен алгоритм «Разгрузка станка»

№	Содержание алгоритма	Схват	C1	t, сек	I, мм
1	Рабочая зона станка – вход	0	0	1,5	800
2	Деталь схвачена	0	0	0,7	80
3	Робот зажимает деталь	1	0	0,7	
4	Деталь выходит из патрона	1	0	1,5	80
5	Схват отводится от шпиндельного узла	1	0	1,5	800
6	Рабочая зона станка – выход	1	0	1,5	800

Таблица 12 – Представлен алгоритм «Загрузка станка»

№	Содержание алгоритма	Схват	C1	t, сек	I, мм
1	Рабочая зона станка – вход	1	0	1,5	590
2	Заготовка заходит на линию шпинделя	1	0	1,5	80
3	Заготовка заходит в патрон	1	0	1,5	80
4	Робот отпускает заготовку	0	0	1,5	
5	Робот удаляется от патрона	0	0	2	120
6	Робот выходит из рабочей зоны станка	0	0	2	590

Таблица 13 – Представлен алгоритм «Переустановка детали»

№	Содержание алгоритма	Схват	C1	t, сек	I, мм
1	Робот входит в рабочую зону станка	0	0	2	590
2	Деталь схвачена роботом	0	0	3	60
3	Робот схватывает и зажимает деталь	1	0	2,5	
4	Робот выходит из патрона	1	0	2	60
5	Робот удаляется от шпиндельного узла	1	0	2	120
6	Замена схват робота	1	0	4	590
7	Заготовка заведена на линию шпинделя	1	0	3	
8	Заготовка в патроне	1	0	5	100
9	Робот отпускает заготовку	0	0	3	
10	Робот выходит из патрона	0	0	2	150
11	Робот покидает рабочую зону станка	0	0	4	590

Таблица 14 – Представлен алгоритм «Загрузка промежуточного стола»

№	Содержание алгоритма	Схват	t, сек	I, мм
1	Робот входит в рабочую зону	1	2	600
2	Заготовку завели на ложемент	1	2	100
3	Заготовку отпустили с ложемента	1	2,5	
4	Робот разжал деталь	0	2,5	50
5	Отвод робота от ложемента	0	3	120
6	Робот выходит из рабочей зоны	0	4	600

Таблица 15 – Представлен алгоритм «Разгрузка промежуточного стола»

№	Содержание алгоритма	Схват	t, сек	I, мм
1	Входим в рабочую зону ПС	1	1	400
2	Подводим схват к ложементу	1	1	50
3	Схват заготовки	1	0,5	
4	Робот зажимает заготовку	0	0,5	50
5	Отводим схват от ложемента	0	1	100
6	Выход из рабочей зоны стола	0	1	400

Таблица 16 – Представлен алгоритм «Загрузка тары»

№	Содержание алгоритма	Схват	t, сек	I, мм
1	Вход в рабочую зону тары	1	2	600
2	заготовку завели на ложемент	1	1,5	100
3	Заготовку отпускаем на ложемент	1	2,5	100
4	Робот разжимает схват	0	3,5	100
5	удаляемся от ложемента	0	4	120
6	Выход из рабочей зоны тары	0	1,5	600

В данном алгоритме представлен цикл работы по циклограмме для функционирования гибкого автоматизированного комплекса, которая представлена на рисунке 9. Для того что бы была построена и посчитана циклограмма, были посчитаны и коэффициенты разгрузки и загрузки оборудования

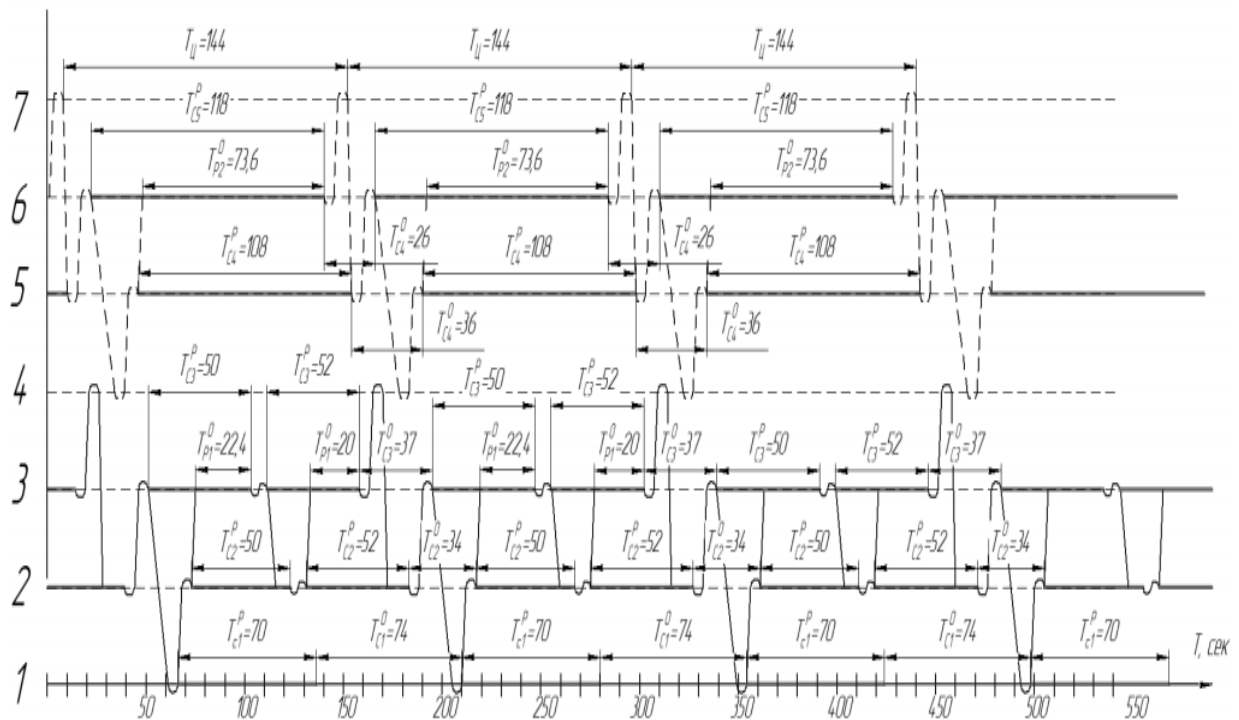


Рисунок 9 – Циклограмма работы для компоновки

2.5 Выбор автоматических устройств для удаления промышленных отходов.

При обработке деталей на производственном оборудовании образуются промышленные отходы, и стружка. В компоновке гибкого автоматизированного комплекса показана система удаления использованных отходов. Эта система удаления смазывающей охлаждающей жидкости позволяет вместе с тем убрать стружку. Использованная смазывающая охлаждающая жидкость поступает вместе со стружкой сначала в систему, где она расположена на участке, а потом отправляется в центральную систему отработанной смазывающей охлаждающей жидкости.

2.6 Выбор системы ограждения и безопасности

Данное оборудование ГАК расположено со всеми возможными требованиями техники безопасности (0,6 – 0,8 м.). Гибкий автоматизированный комплекс имеет два световых барьера типа Simatic FS330, которые расположены на въезде и выезде из рабочего участка. В случае возникновения пересечения световых лучей барьера, в обязательном порядке срабатывают аварийные остановки всего оборудования.

3 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГИБКОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА

3.1 Структура ГАК

Данный объект промышленного и производственного оборудования имеет сложную систему управления.

Структура ГАК изображена на рисунке 10.

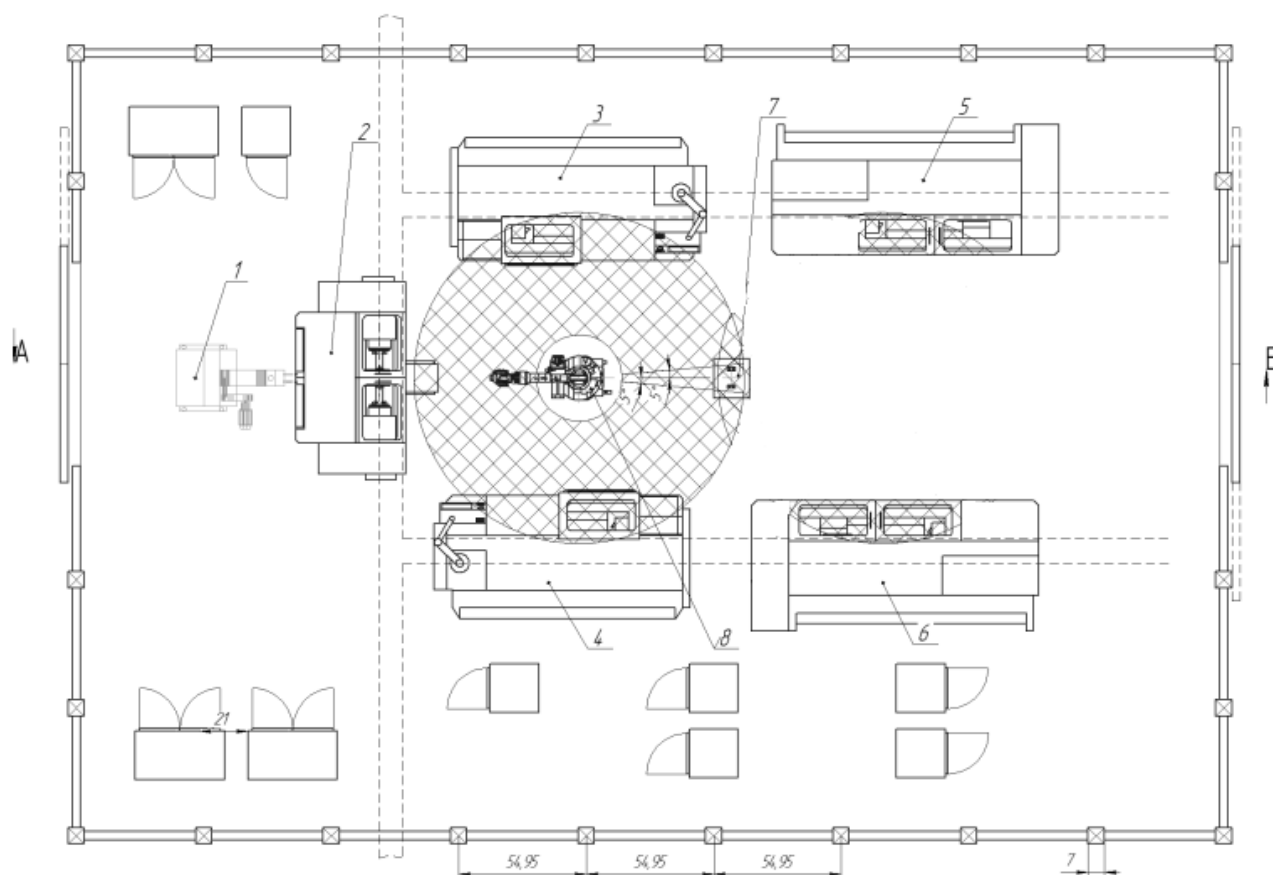


Рисунок 10 – Структура ГАЗ

Описание участка ГАЗ:

1 – представлен бункерно-загрузочное устройство(БЗУ),которое осуществляет загрузку центрального станка

2 – представлен – Фрезерно-координатно расточной станок 24К40СФ4, который выполняет операцию 1 – фрезерно- центровая.

3, 4 – представлен токарный станок типа 16K20Ф3 (2 шт.), который выполняет операции 2 и 3 – черновое точение и 4 и 5 – чистовое точение.

5, 6 – представлены круглошлифовальные станки ВUA25В Profi, которые выполняют операции 6 и 7 – черновое шлифование.

7 – представлен промежуточный стол (ПС), который служит для передачи заготовок

8 – представлен промышленный робот ПР МП-254, 1- который выполняет загрузку в фрезерно- координатно расточной станок, разгрузку промежуточного стола, рагрузку/загрузку шлифовальных станков и упаковывает готовые детали в тару.

9 – представлена выходная тара (Т).

Функционирование гибкого автоматизированного комплекса.

Рассмотрим работу робота в цикле:

- В самом начале рабочего цикла промышленный робот расположен в начальной позиции станка С1;

- Далее промышленный робот по команде захватывает заготовку, подходит к станку С2, и устанавливает в патрон заготовку и выходит из рабочей зоны станка С2;

- Промышленный робот поворачивается к станку С3 и ждет окончания обработки;

- Промышленный робот делает переустановку детали на станке С3;

- Промышленный робот поворачивается к станку С2 и ждет полного окончания обработки детали;

- Промышленный робот делает переустановку детали на станке С2;

- Промышленный робот поворачивается к станку С3 и ждет окончания обработки детали;

- Промышленный робот делает разгрузку станка С3;

- Промышленный робот делает разворот и подходит к столу и закрепляет заготовку;

- Промышленный робот поворачивается к станку С2 и ждет окончания обработки детали;
- Промышленный робот делает разгрузку станка С2;
- Промышленный робот поворачивается к станку С3 и заustавливает заготовку в станок;
- Промышленный робот едет на исходную позицию к станку С1.
- В начале цикла промышленный робот находится на начальной позиции у промежуточного стола;
- По команде системы промышленный робот захватывает заготовку, поворачивается к станку С4 и загружает заготовку;
- Промышленный робот поворачивается к станку С5 и ждет окончания обработки детали;
- Промышленный робот делает разгрузку станка С5;
- Промышленный робот поворачивается к выходной таре и кладет заготовку;
- Промышленный робот поворачивается к станку С4;
- Промышленный робот делает разгрузку станка С4;
- Промышленный робот поворачивается к станку С5;
- Промышленный робот делает загрузку станка С5;
- Промышленный робот возвращается на начальную позицию к промежуточному столу.

3.2 Управление гибкого автоматизированного комплекса

3.2.1 Направления разработки системы управления

Направлениями разработки СУ гибкого автоматизированного комплекса являются:

- координирование управления технологическим процессом обработки ступенчатого вала ТНА в пределах создаваемого комплекса;

- обеспечение требуемого времени работы оборудования, учитывая возможность возникновения нештатных ситуаций;
- регулирование функций взаимодействия промышленного контроллера и оператора;
- отслеживание не правильной работы, а также аварийных ситуаций которые возникли на во время работы, с дальнейшим их устранением.

3.2.2 Номинальные режимы работы локальных систем управления оборудованием

ЛСУ имеют следующие самостоятельные действия по команде контроллера:

- запуск оборудования;
 - проведение технологической операции;
 - остановка оборудования;
 - передача сигнала об окончании технологической операции на контроллер.
- выгрузка оборудования;
 - загрузка оборудования;
 - разгрузка входного ящика;
 - загрузка выходного ящика;
 - транспортировка после выполнения операции на определенное;

3.2.3 Внештатные ситуации локальных систем управления

Внештатными ситуациями, возникающими при работе гибкого автоматизированного комплекса, являются:

- появление посторонних на объекте;
- нахождение робота в зоне работы станка при выполнении операции обработки;
- аварийный останов работы комплекса.

3.3 Данные, необходимые для управления ГАК

Управление проектируемым гибким автоматизированным комплексом решается посредством применения двухуровневой системы управления. На локальные СУ влияет первый уровень, который сопровождается выполнением техпроцесса на современном и качественном оборудовании. Второй уровень влечет за собой совокупность программируемых логических контроллеров с набором датчиков, средствами связи с АРМ оператора и устройствами вывода-ввода данной информации. Для того чтобы решить нашу задачу управления, необходима информация которая поступает из систем управления и датчиков.

3.3.1 Входные сигналы системы управления второго уровня

Сигналы, которые мы получаем с датчиков оборудования и типов сигнала описания, которые представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Входные сигналы системы управления второго уровня

№	Характеристики входного сигнала	Тип сигнала	Идентификатор		
			4	5	6
1	2	3	4	5	6
1	Присутствует заготовка	есть	нет	X1	X1
2	Станок	Вкл	Выкл	X2	X2
3	Заготовка в станке	Есть	Нет	X3	X3
4	Заготовка в станке 1 присутствует	Сделана	Не сделана	X4	X4
5	Робот на позиции 1 позиционирует	Да	Нет	X5	X5
6	Робот ПР на позиции станка 2 позиционирует	Да	Нет	X6	X6
7	Робот ПР на позиции станка 3 позиционирует	Да	Нет	X7	X7
8	робот ПР на позиции промежуточного вала	Да	Нет	X8	X8
9	Заготовка присутствует в хвате робота	Да	Нет	X9	X9
10	Станок 2	Вкл	Выкл	X10	X10
11	Патрон 2	Зажат	Разжат	X11	X11
12	Деталь 2	Есть	Нет	X12	X12
13	Деталь 2	Сделана	Не Сделана	X13	X13

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4	5	6
14	Станок 3	Вкл	Выкл	X14	X14
15	Патрон 3	Зажат	Разжат	X15	X15
16	Заготовка в станке 3	Есть	Нет	X16	X16
17	Заготовка в станке 3	Обработана	Не обработана	X17	X17
18	Заготовка на столе	Есть	Нет	X18	X18
19	Все системы включены и готовы к работе	Да	Нет	X19	X19
20	Станок 1 исправен	Да	Нет	X20	X20
21	Станок 2 исправен	Да	Нет	X21	X21
22	Станок 3 исправен	Да	Нет	X22	X22
23	Робот на позиции промежуточного стола	Да	Нет	X23	X23
24	Робот возле оборудования С4	Да	Нет	X24	X24
25	Робота на позиции станка С5	Да	Нет	X25	X25
26	Робот возле выходной тары	Да	Нет	X26	X26
27	Заготовка присутствует в схвате робота	Да	Нет	X27	X27
28	Станок 4	Вкл	Выкл	X28	X28
29	Патрон станка 4	Зажат	Разжат	X29	X29

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4	5	6
30	Деталь в оборудование 4	Есть	Нет	X30	X30
31	Деталь в оборудование 4	Обработана	Не обработана	X31	X31
32	Станок 5	Вкл	Выкл	X32	X32
33	Патроон станка 5	Ражат	Зажат	X33	X33
34	Деталь в оборудование 5	Есть	Нет	X34	X34
35	Деталь в оборудование 5	Обработана	Не обработана	X35	X35
36	Обслуживающий персонал в рабочей зоне	Да	Нет	X36	X36
37	Прекращение работы	Да	Нет	X37	X37

4 РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Разработке системе управления во время анализа уделялось особое внимание для того, что должно было все грамотно организовано и отлажено. В данном этапе разработки системы решается вопрос, как достичь решения, принятые на этапе анализа.

В самом начале была разработана структурная схема (архитектура) системы. Архитектура отвечает за модули, в которых принимаются проектные решения для следующих этапов разработки. После того как приняли решение о системе, разработчик разделяет ее на относительно независимые в реализации части (модули) и разделяет выделенные модули, чтобы была возможность подключить новых исполнителей к разработке работ.

4.1 Выбор программируемого логического контроллера

Для управления устройства второго уровня системы управления гибкого автоматизированного комплекса используют программируемого логического котроллера SIMATIC S7-300. Он оборудован структурой, которая производит гибкость разрабатываемой системы.

Производим программируемого логического контроллера, исходя из задач, которые он выполняет, для этого мы берем главные модули – блок питания, центральный процессор и другие вспомогательные устройства. А также используют промышленные сети. Для этого возьмем модуль HF-config программного пакета SIMATIC Managger:

- берем блок питания – PF 308 15A;
- берем модуль центрального процессора (CPU) – CPU 325-4;
- берем коммуникационные процессоры типа – CP 352-3 P – Asi-интерфейс;
- CP 343-1 – Inbustrial Eternet;
- CP 316-5 – Profbus DP.

Программируемый логический контроллер показан на рисунках 12 и 13.

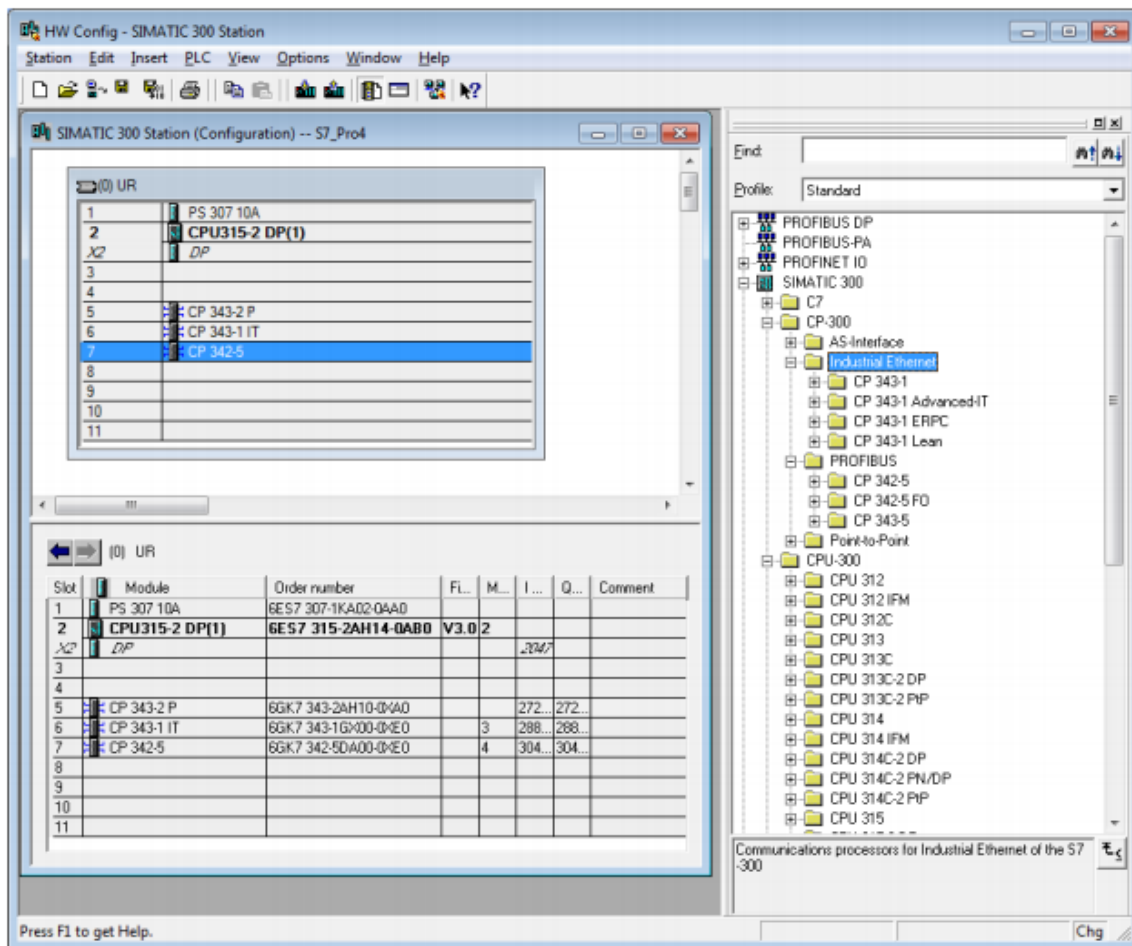


Рисунок 12 – Конфигурирование программируемого логического контроллера в среде SIMATIC Manager

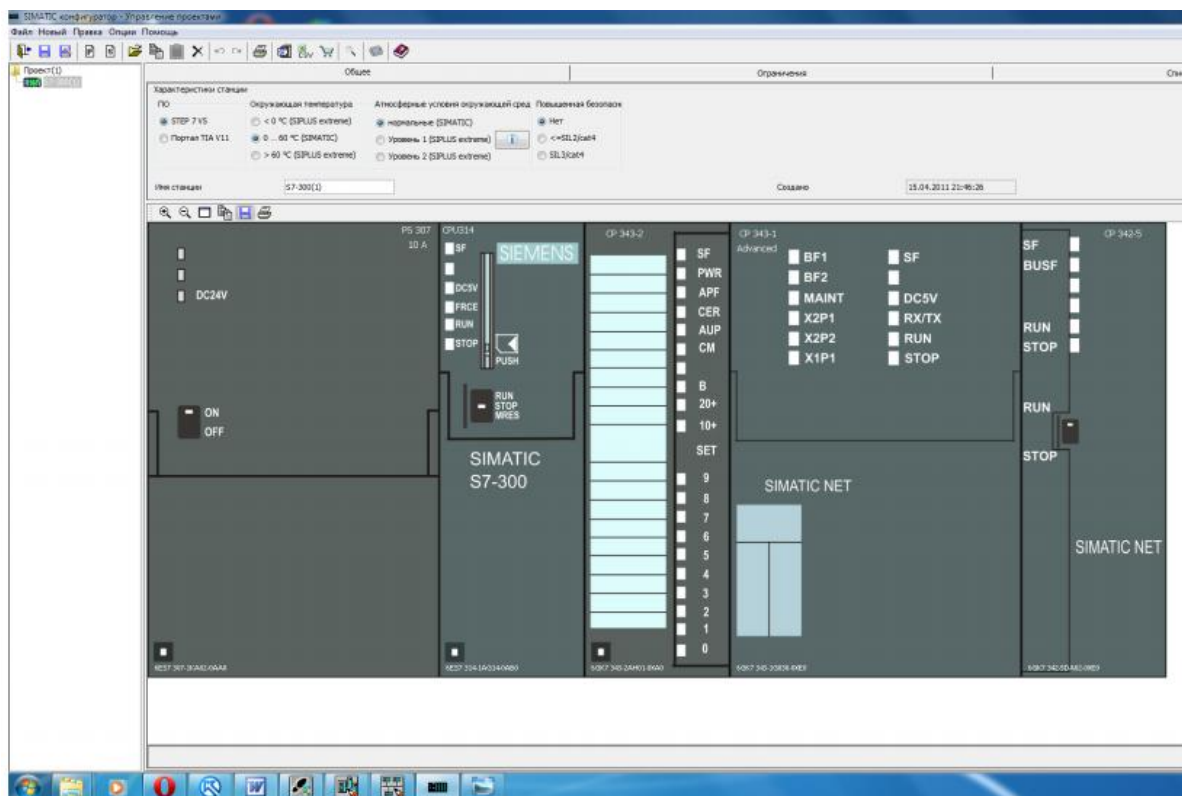


Рисунок 13 – Конфигурирование программируемого логического контроллера в среде SIMATIC конфигуратор

4.2 Выбор промышленных сетей.

Для работы систем управления второго уровня возьмем нижнего уровня возьмем интерфейс типа Industrial Ethernet.

Интерфейс Profibus DP используют для выполнения и сбора нужной системы управления нижнего уровня (СЧПУ станков и робота) и дальнейшего передачи её в запоминающее устройство.

ASi-интерфейс используется для передачи с сбора систем управления устройств полевых датчиков.

4.3 Выбор датчиков и вспомогательного оборудования

Для того чтобы работала вторая ступень управления для оборудования гибкого автоматизированного комплекса, применяются датчики разного назначения и типа.

Для ограждения рабочей зоны гибкого автоматизированного комплекса устанавливаем световые барьеры типа SIMATIC PS230 – это бесконтактные световые барьеры которые защищают доступе от опасных зон, опасных помещений и пунктов входа/выхода. Когда прерывается световой луч, мы получаем звуковой сигнал о его прекращении опасного передвижения оборудования.

Для четкого контроля заготовок на начальной позиции входа/выхода (загрузочно разгрузочное устройство), для изготовления деталей, для промежуточного стола установим концевые датчики типа PRD5SF3. Для обмена информацией датчиков организовываем так, чтобы состояния станков и работа с контроллером были стабильными, для этого возьмем станции распределенного ввода/вывода ET 300ес0, которые в свою очередь обеспечат нам ввод и вывод информации на основе PROFIBUS-DP.

5 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СИСТЕМ ЧПУ 16K20Ф3

5.1 Разработка программ технологического процесса

5.1.1 Программа на операцию 2 (токарная черновая левого конца)

Станок 16K20Ф3 с ЧПУ оснащен системой Маяк-600.

Исходные данные технологической операции для составления управляющей программы приняты из раздела 1.

Управляющая программа:

N1 G74 X1=0

Z1=0 N5 G54 X120 Z0

N10 G95 G18 T1 D1

N15 G96 S710 F0,5 M3 M8

N20 G90

N25 G0 X56 Z288.5

N30 G25 X-2.5 Z120

N35 G26 X 45 Z 300

N36 N40 G1 G42 X56 Z283.24

N45 Z162.24

N50 X61

N55 G450 Z140.24

N60 X73

N65 G450 Z121.24

N70 X80

N75 M9

N80 G40

N85 G75 F=100 X1=0 Z1=0

N90 M5 M9 M30

5.1.2 Программа на операцию 3(токарная черновая правого конца)

Применяемое оборудование – токарный станок 16К20ФЗ с ЧПУ Маяк-600

Исходные данные технологической операции для составления управляющей программы приняты из раздела 1.

Управляющая программа:

N1 G93G92 X0 Z0

N2 G58 X122.24 Z-1,5

N3 G92 G94 G88 T9D8

N4 G96 S1500 F0,7 M03 M08

N5 G91 G00 X35.7 Z-288.5

N6 G01 X-4,5 Z-150

N7 G001 X -47 Z -1,2

N8 G00 G42 X72 Z-283.24

N9 Z-238.25

N10 X78

N11 G48 Z-144.24

N12 X-85

N13 M09 G00

N14 G76 F=180 G00X0 Z0

M15 M05 M09 M30

5.1.3 Операция 4 – токарная чистовая левого конца

Станок – 16K20Ф3 с ЧПУ Маяк-600

Написана программа для технологического процесса.

Управляющая программа:

N01 G94 G90 G95G96 X0 Z0

N05 G58 X-125 Z-2.5

N010 G94 G92 G90 T10 D11

N015 G95 S1500 F0.47 M03 M08

N020 G90

N025 G01 X45 Z-284.42

N030 G01 X-2.5 Z-286

N035 G01 X -45 Z -412

N040 G01 G40 X63,5 Z-285.45

N045 G00 Z-238.27

N050 X-58

N055 G01 Z-160.46

N060 X-56,3

N065 G00 Z-145.35

N070 X-70

N075 M09

N080 G00

N085 G95 F=200 X0 Z0

N090 T3 D4N95 G00 X65 Z-190

N0100 G01 X-60 Z-162,35

N0105 X-65 Z -160

N0110 X-63 Z-150.05

N0115 X-65 Z-190

N0120 G00 F=150 X=0 Z=0

N090 M05 M09 M30

5.1.4 Операция 5 – токарная чистовая правого конца

Станок – 16K20Ф3 с ЧПУ Маяк-600

Написана программа для технологического процесса.

Управляющая программа:

N1 G74 X1=0 Z1=0

N5 G54 X120 Z0

N10 G90 G95 G18 T1 D1

N15 G96 S1800 F0.25 M3 M8

N20 G90

N25 G0 X46 Z288.54

N30 G25 X-2.5 Z120

N35 G26 X 45 Z 300

N36 N40 G1 G42 X60,3 Z281.24

N45 G450 Z236,24

N50 X65,3

N55 G450 Z144.24

N60 X80

N75 M9 53

N80 G40 N85 G75 FP=1 X1=0 Z1=0

N90 T2 D1

N95 G0 X70 Z245

N100 G1 X60 Z235,24

N105 X65 Z 180

110 G0 X70 Z150

N115 G1 X65 Z143.24

N120 X70 Z150

N125 G75 F=100 X1=0 Z1=0

N90 M5 M9 M30

6 МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ В СРЕДЕ EMCO Win NC

Выбираем для моделирования процесса обработки и проведения ее наглядной проверки рабочей программы пакет EMCO Wiin NC, который служит для разработки исполнительных и управляющих программ для систем ЧПУ Маяк-600. Его модель работает в двух режимах: 2D-simulation – который показывает весь его цикл передвижения инструмента при обработке, и 3D-simulation – который показывает нам, какой будет деталь после обработки. Разработаны управляющие команды, которые показаны далее.

6.1 Операция 1 – токарная черновая левая конца



Рисунок 14 – Операция 1, двумерная симуляция

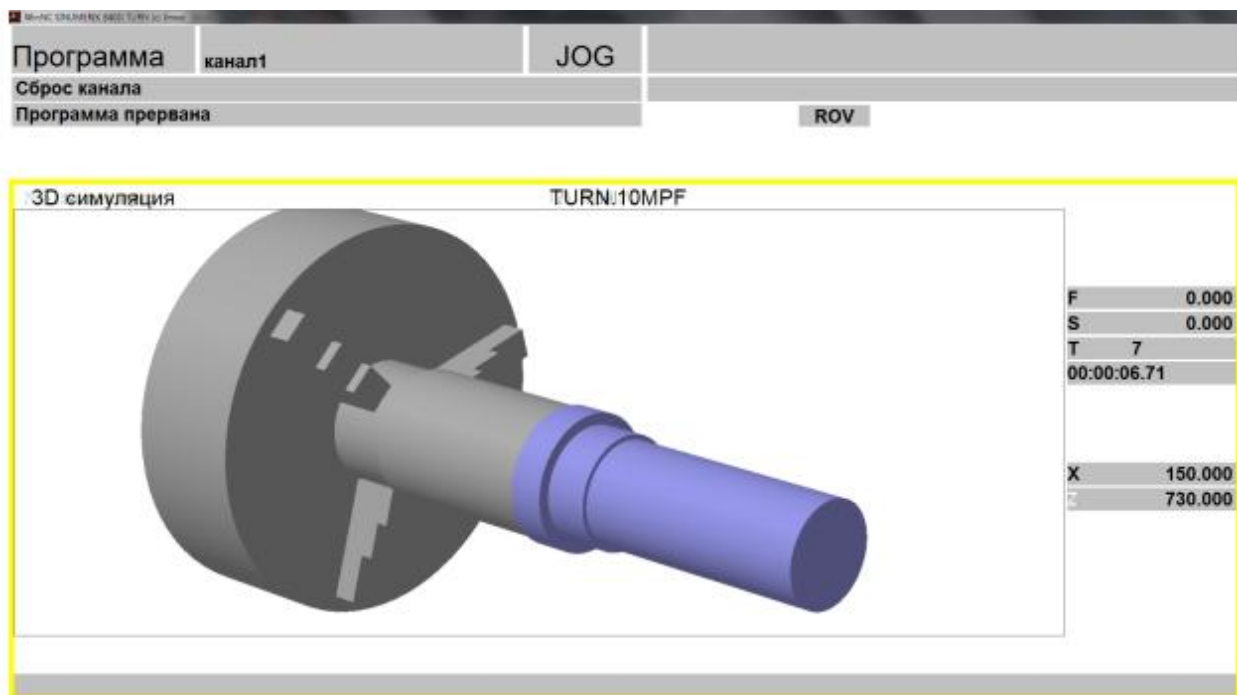


Рисунок 15 – Операция 1, трёхмерная симуляция

6.2 Операция 2 – токарная черновая (правого конца)



Рисунок 16 – Операция 2, двумерная симуляция

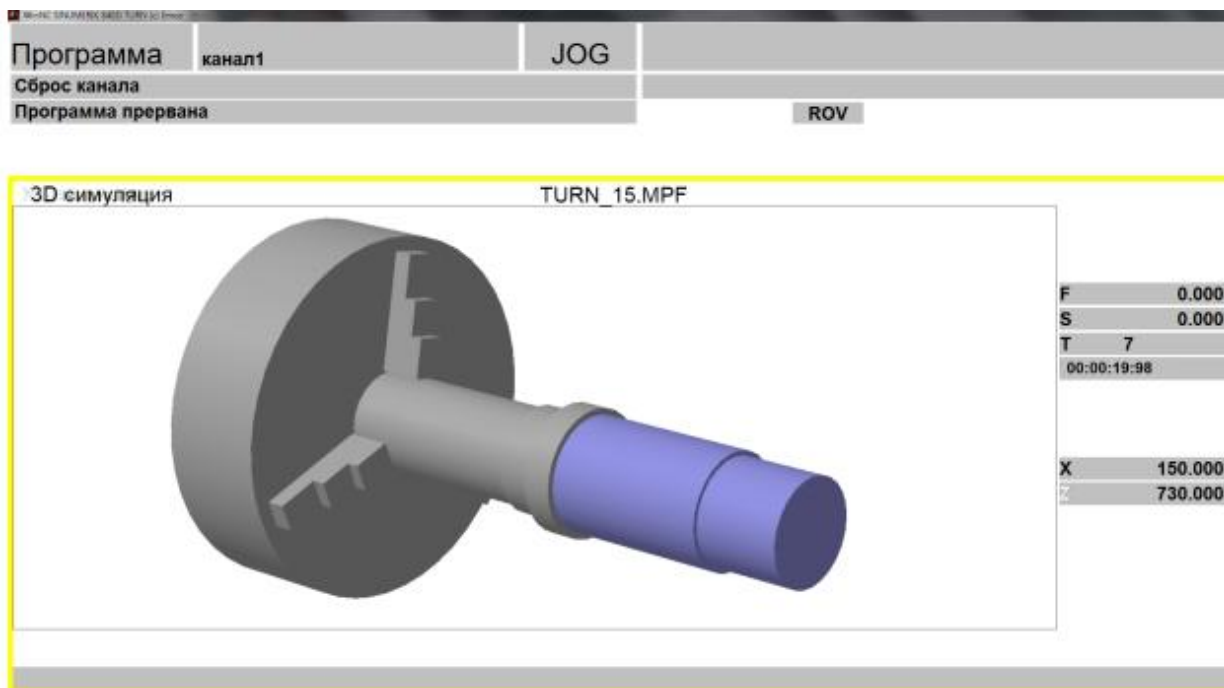


Рисунок 17 – Операция 2, трёхмерная симуляция

6.3 Операция 4 – токарная чистовая (левого конца)

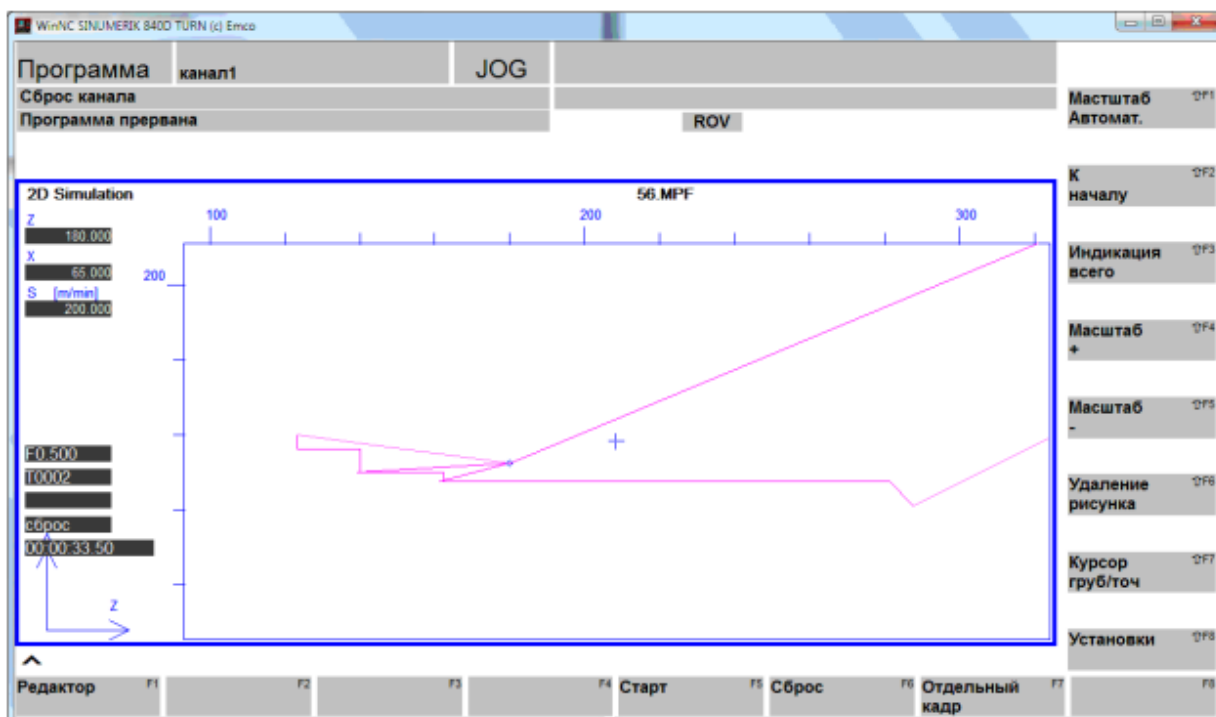


Рисунок 18 – Операция 4, двумерная симуляция

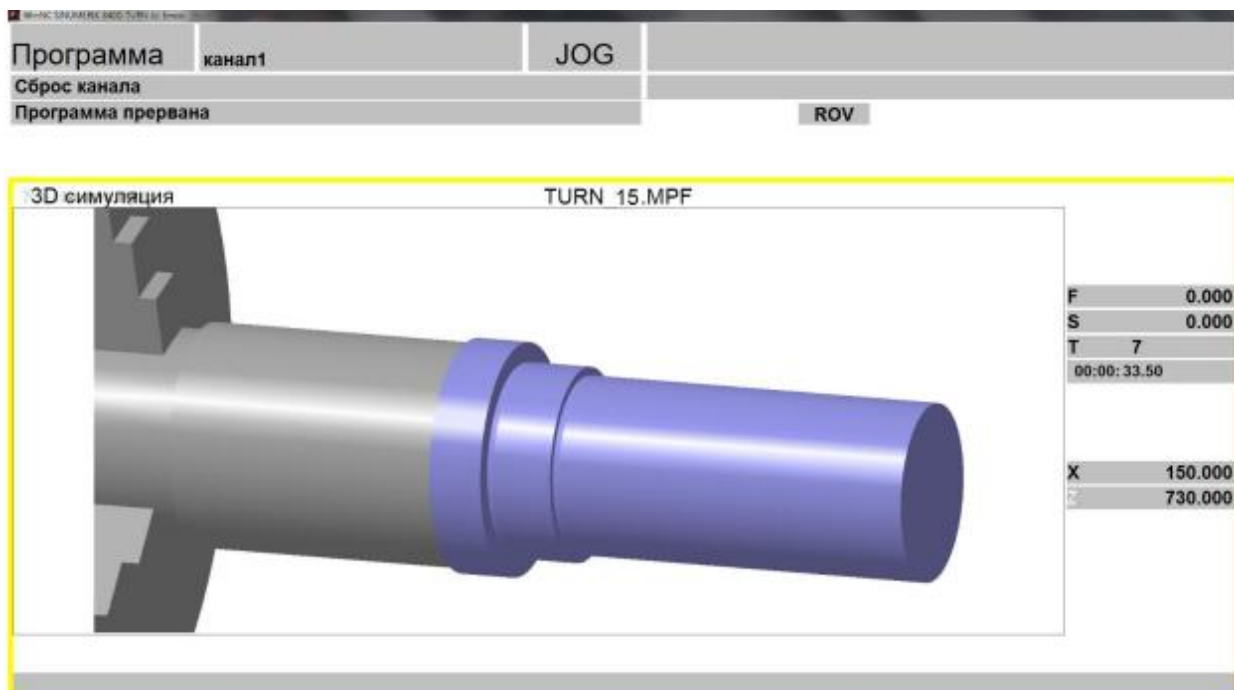


Рисунок 19 – Операция 4, трёхмерная симуляция

6.4 Операция 5 – токарная чистовая правого конца



Рисунок 20 – Операция 5, двумерная симуляция

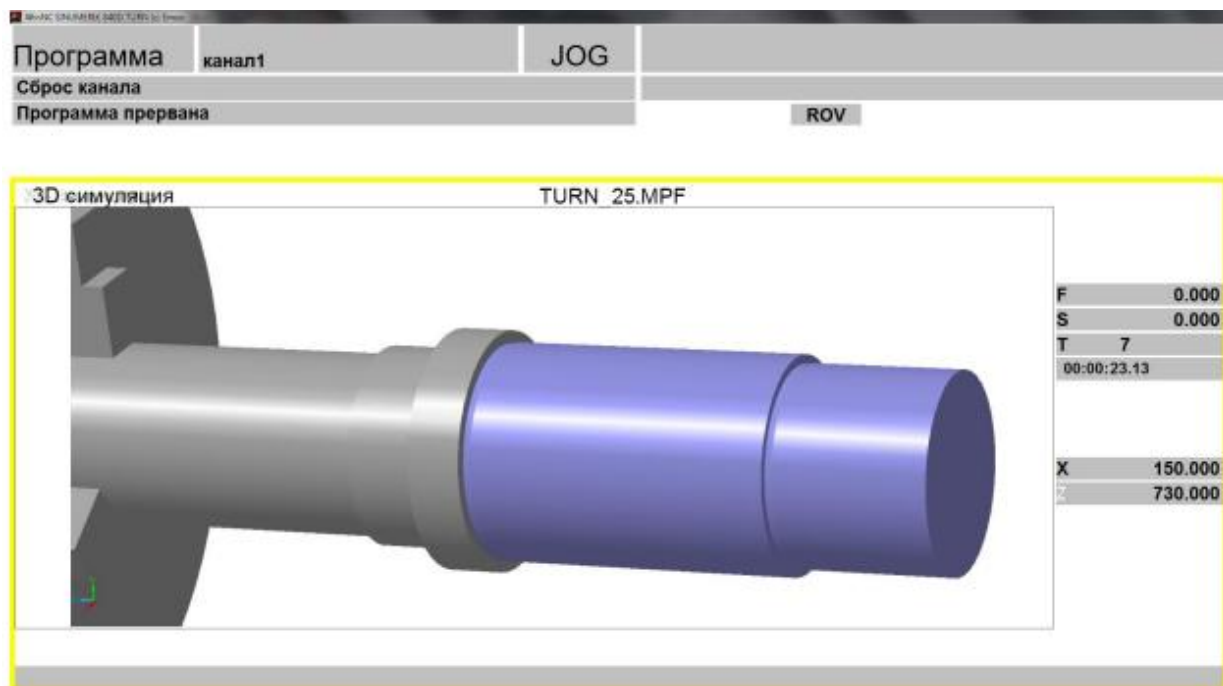


Рисунок 21 – Операция 5, трёхмерная симуляция

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении бакалаврской работы спроектирован гибкий автоматизированный комплекс обработки вала ступенчатого. Разработан технологический процесс, выбрано технологическое оборудование для выполнения обработки детали. Построена и разработана планировка гибкого автоматизированного комплекса (ГАК). Построена циклограмма компоновки участка обработки. Написаны программы для изготовления детали. Гибкий автоматизированный комплекс повышает уровень производимых работ, а также гибкость и производительность. При внедрении ГАК получаем повышение уровня автоматизации при изготовлении деталей, а также снижение себестоимости выпускаемой продукции. Положительный эффект сразу виден в улучшении условий труда рабочего персонала, рабочие освобождаются от физически тяжелых и вредных работ. В процессе выполнения бакалаврской работы выполнены поставленные цели и задачи.

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. – 567 с.
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. – 192 с
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. – 192 с.3.
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. Arahall, 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. 30. 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.