

Аннотация

Название выпускной квалификационной работы «Гибкий автоматизированный комплекс обработки ступенчатого вала». Данная выпускная квалификационная работа состоит из 4 частей на 61 листе машинописного текста, а также графической части, выполненной на 6 листах формата А1.

Ключевым вопросом выпускной квалификационной работы является разработка автоматизированного производственного комплекса с обоснованием выбора типа производства, разработкой технологического процесса, выбором технологического оборудования, разработкой системы управления комплексом, моделированием процесса обработки изделия.

Бакалаврская работа разделена на следующие логически взаимосвязанные части: описание технологического процесса изготовления детали, проектирование гибкого автоматизированного комплекса механической обработки, разработка системы управления, программирование систем ЧПУ.

Первая глава выпускной квалификационной работы содержит описание детали и её служебное назначение. Особое внимание уделяется проектированию заготовки детали.

Вторая глава посвящена проектированию гибкого автоматизированного комплекса механической обработки. Произведен выбор автоматизированного оборудования, соответствующего материалу и геометрическим характеристикам обрабатываемой детали.

В третьей главе выпускной квалификационной работы подробно описывается разработка системы автоматического управления. Описываются задачи управления, нештатные ситуации, средства реализации управления.

Четвёртая глава посвящена программированию систем ЧПУ. В этой главе разрабатывается управляющая программа, а также представлена компьютерная визуализация процесса токарной обработки изделия. Результат представлен в графической части работы.

Таким образом, практическое значение разработанных в бакалаврской работе вопросов состоит в повышении производительности и эффективности процесса изготовления детали, а также повышения качества обработки. Полностью автоматизированное оборудование не требует постоянного присутствия обслуживающего персонала, но не исключает необходимости периодических проверок и проверок в соответствии с установленными правилами.

Abstract

The title of the graduation work is "Flexible Automated Processing Complex Stepped Shaft". This graduation work consists of 4 parts on 61 pages, also the graphic part executed on 7 sheets of the A1 format.

The main issue in the graduation work is the theory and calculation of the technological project with the rationale for choosing a type of production, the development of technological process and choice of a technological equipment.

The graduation may be divided into several logically connected parts: Description of the technological process of manufacturing the detail, design of a flexible automated machining complex, development of a management system, programming of CNC systems.

The first part of the graduation work contains part description and its official appointment. Attention of readers is accented on the workpiece parts.

The second chapter is devoted to design of a flexible automated complex machining. Much attention is given to the choice of equipment based on their characteristics.

In the third chapter of the final qualification paper describes in detail the development of automatic control systems. Describes management tasks, contingencies, management implementation tools.

The fourth chapter is devoted to the programming of CNC systems. In this chapter, a control program is developed, and at the end of the chapter, a model of the processing process is presented, which is presented in the graphical part of the work.

Thus, these developments lead us to the conclusion that the practical significance of the data obtained lies in the possibility of increasing the efficiency of production of parts and the quality of assembly. Fully automated equipment does not require the constant presence of maintenance personnel, but does not exclude the need for periodic inspections and inspections in accordance with established rules.

Содержание

Введение	10
1 Технологический процесс изготовления детали	11
1.1 Описание и служебное назначение детали	11
1.2 Заготовка детали	12
2 Проектирование гибкого автоматизированного комплекса (ГАК) механической обработки.....	14
2.1 Выбор операций для организации ГАК механической обработки	14
2.2 Выбор основного технологического оборудования	14
2.3 Выбор промышленного робота для обслуживания оборудования	16
2.3.1 Выбор промышленного робота для 1-го варианта планировки.	16
2.3.2 Выбор промышленного робота для 2-го варианта планировки	18
2.4 Разработка алгоритма работы ГАК	19
2.5 Выбор автоматических устройств для удаления промышленных отходов	30
2.6 Выбор системы ограждения и безопасности	30
3 Разработка системы управления гак.....	31
3.1 Структура ГАК.....	31
3.2 Задачи управления ГАК.....	33
3.2.1 Цель разработки системы управления	33
3.2.2 Штатные режимы работы локальных систем управления оборудованием	33
3.2.3 Нештатные ситуации локальных систем управления.....	35
3.3 Перечень данных, необходимых для управления.....	35
3.3.1 Входные сигналы системы управления второго уровня	35
3.3.2 Выходные сигналы системы управления второго уровня.....	37
3.4 Декомпозиция задачи и математическое описание команд управления	38
3.5 Разработка архитектуры системы управления.....	44
3.5.1 Выбор программируемого логического контроллера	44
3.5.2 Выбор промышленных сетей	47
3.5.3 Выбор датчиков и вспомогательного оборудования.....	47
4 Программирование систем ЧПУ SINUMERIK 802С.....	48
4.1 Разработка управляющих программ	48
4.1.1 Операция 010 – токарная черновая левого конца.....	48
4.1.2 Операция 015 – токарная черновая правого конца.....	49

4.1.3	Операция 020 – токарная чистовая левого конца	50
4.1.4	Операция 025 – токарная чистовая правого конца	51
4.2	Моделирование процесса обработки в среде EMCO Win NC	53
4.2.1	Операция 010 – токарная черновая левого конца	54
4.2.2	Операция 015 – токарная черновая правого конца	54
4.2.3	Операция 020 – токарная чистовая левого конца	55
4.2.4	Операция 025 – токарная чистовая правого конца	56
	Заключение	58
	Список использованных источников	59

Введение

Автоматизация производственных процессов и управление ими широко охватывает все отрасли машиностроения, вызывая в них глубокие качественные изменения. При появлении и последующем развитии технологического оборудования с системами числового программного управления стало возможным эффективно автоматизировать производство, создать новое прогрессивное оборудование, обеспечивающее сочетание автоматизированности и гибкости.

Внедрение автоматизированных комплексов позволяет существенно повысить производительность, снизить себестоимость изготовления деталей, резко уменьшить трудоемкость обработки, производственные площади, численность персонала, повысить скорость производства, качество продукции и ритмичности ее выпуска.

Станки с ЧПУ позволяют сократить длительность изготовления продукции за счёт интенсификации работы

1 Технологический процесс изготовления детали

1.1 Описание и служебное назначение детали

Данная деталь является валом, устанавливается в цилиндрическом редукторе. Она обеспечивает передачу крутящего момента зубчатым колесам, установленным посредством шпоночных соединений.

Вал установлен в подшипниках качения с натягом, поэтому трение в подшипниках отсутствует. При работе редуктора вал нагревается и претерпевает тепловые деформации. На поверхность шпоночных пазов действует нагрузка на смятие.

На рисунке 1.1 приведен фрагмент узла, в который входит данная деталь.

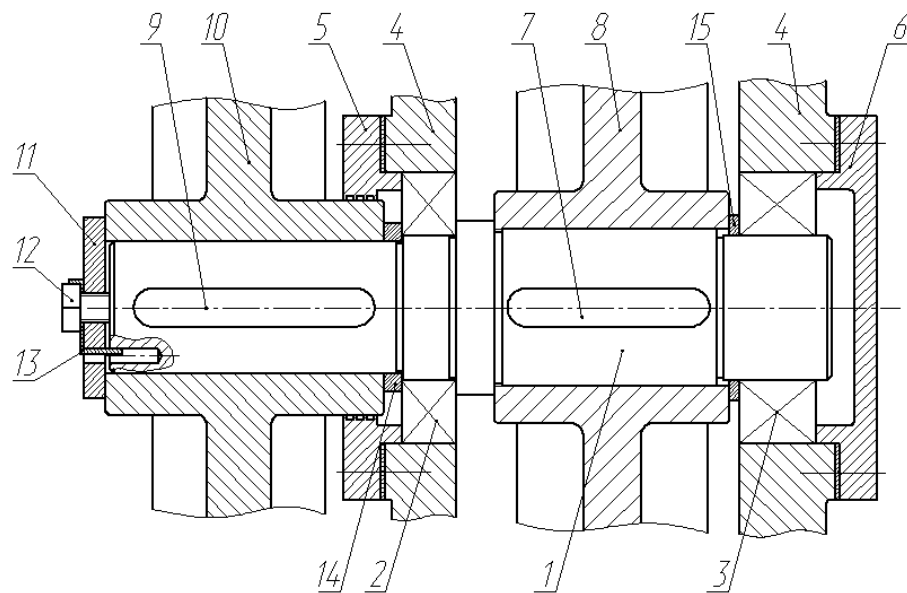


Рисунок 1.1– Фрагмент узла

Вал 1 устанавливается на подшипниках 2 и 3 в корпусе редуктора 4. Подшипник 2 фиксируется с помощью буртика крышки с жировыми канавками 5, которая крепится к корпусу 4. Подшипник 3 фиксируется с помощью буртика крышки 6, которая крепится к корпусу 4. На шейке вала 1 с помощью шпонки 7 установлено зубчатое колесо 8. На выходном конце вала 1 на шпонке 9 установлен шкив 10, который крепится концевой шайбой 11, болтом 12 со стопорной шайбой 13. Между внутренним кольцом подшипника 2 и ступицей шкива 10 установлено распорное кольцо 14. Между внутренним кольцом подшипника 3 и ступицей колеса зубчатого 8 установлено распорное кольцо 15.

Для определения поверхностей, которые влияют на служебное назначение детали, классифицируем их по функциональному назначению. Результаты представлены на рисунке 1.2 и в таблице 1.1.

В таблице 1.1 представлен результат анализа поверхностей, которые подразделяются на исполнительные поверхности для выполнения служебного назначения детали, основные и вспомогательные конструкторские базы.

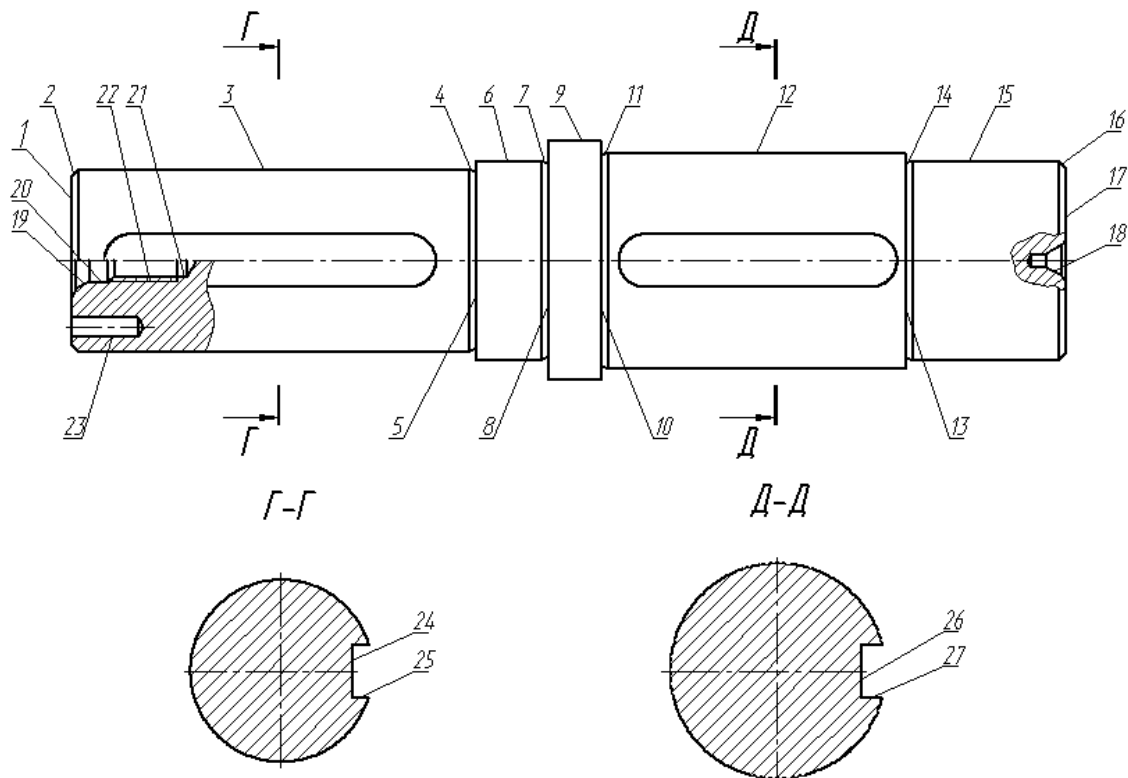


Рисунок 1.2 – Вал

Таблица 1.1 – Классификация поверхностей.

Вид поверхностей	№ пов.
Исполнительные (ИП)	25,27
Основные конструкторские базы (ОКБ)	6,8,15
Вспомогательные конструкторские базы (ВКБ)	3,10,12,24,26,23,22
Свободные	Остальные

1.2 Заготовка детали

По результатам размерного анализа в производственном процессе используется штампованная заготовка.

Штамповочное оборудование: кривошипный горячештамповочный пресс (КГШП).

На одной из операций применяется термическая обработка: Нагрев заготовки: индукционный.

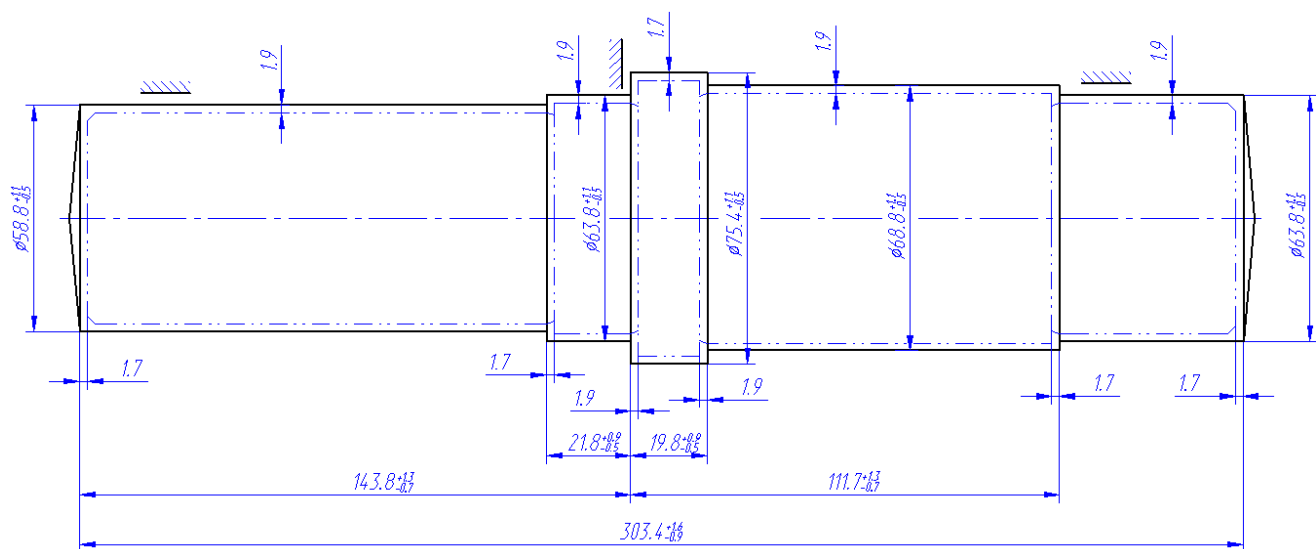


Рисунок 1.3 – Эскиз заготовки.

По результатам автоматизируемого технологического процесса нормы времени обработки сведены в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 - Нормы времени обработки

№ оп	Наименование оп	Тшт мин
05	Фрезерно-центровальная	1,116
10	Токарная (черновая)	0,803
15	Токарная (черновая)	0,845
20	Токарная (чистовая)	0,837
25	Токарная (чистовая)	0,747
30	Шлифовальная (черновая)	1,766
35	Шлифовальная (черновая)	1,931
40	Фрезерная	11,880
45	Сверлильная	0,808
70	Центрошлифовальная	0,517
75	Шлифовальная (чистовая)	1,621
80	Шлифовальная (чистовая)	2,164

2 Проектирование гибкого автоматизированного комплекса (гак) механической обработки

2.1 Выбор операций для организации ГАК механической обработки

Для организации гибкого автоматизированного комплекса выбираем операции мехобработки, руководствуясь временем, затрачиваемым на обработку, непрерывностью технологического процесса, возможностью минимизации простоев оборудования.

Исходя из технологического маршрута обработки видим, что техпроцесс прерывается на операции 055 – термическая, кроме того включение операции 040 – фрезерная в автоматизированный комплекс не является целесообразным, так как большое значение штучного времени (11.9 мин) приведет к длительному простоям оборудования на других операциях и, как следствие, резко уменьшению значения коэффициента загрузки оборудования.

На основании вышесказанного для организации ГАК выбираем следующие операции:

- 005 – Фрезерно-центровальная
- 010 – Токарная черновая
- 015 – Токарная черновая
- 020 – Токарная чистовая
- 025 – Токарная чистовая
- 030 – Шлифовальная черновая
- 035 – Шлифовальная черновая

2.2 Выбор основного технологического оборудования

Для выполнения операции 005 (фрезерно-центровальная) выбираем станок – МР-71М. Данный полуавтомат предназначен для центrovания и подрезки торцов цилиндрических штучных заготовок в автоматическом цикле в условиях серийного и массового производства.

Станок укомплектован БЗУ, которое работает следующим образом:

В бункер закладываются 184 заготовки, которых хватает на 7.5 часов работы. В задней части бункера располагается наклонный транспортер элеваторного типа с прикрученными попарно наклонными крючкообразными захватами. Оба устройства представляют собой независимые модули, что облегчает монтаж и дает возможность замены одного из блоков аналогичным. При выходе из строя одного из блоков, необходима замена только его, что снижает простои из-за поломки.

Захват, перемещаясь вверх, поднимает заготовку, которая под действием силы тяжести, благодаря специальной конфигурации крюка, занимает одно из двух возможных ориентированных положений. По достижении верхней точки, заготовка падает на два полоза, расположенными под углом, обеспечивающим беспрепятственное скатывание штамповки. Концевой выключатель, сра-

батывая при неправильно ориентированной заготовке, подает сигнал к открытию возвратного желоба. Иначе заготовка катится дальше на накопитель. Также возвратный желоб открывается, если на накопителе уже находится штамповка. Кстати, накопитель является одновременно и клапаном возвратного желоба. Если станок готов к обработке, то накопитель, поворачиваясь на шестьдесят градусов, посылает заготовку по лотку на станок, а конкретно – на призматическую опору шагового транспортера.

Станок оснащен оперативной системой ЧПУ Siemens Sinumerik 802d-sl.

Основные технические характеристики приведены в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Основные технические характеристики станка МР71-М

Диаметр обработанных заготовок,мм	15-70
Длина обработанных заготовок,мм	95-350
Количество шпинделей	2
Скорость шпинделя, об/мин левого	700
правого	700
Мощность приводов главного движения , кВт левого	7,5
правого	7,5
Ход пинолей силовых головок, мм левой	80
правой	80
Производительность при коэффициенте Использования 80%, дет/ч	100
Габариты станка (с БЗУ),мм Длина	5225
Ширина	3250
Высота	2625

Для выполнения операций 010 и 015 – Токарная черновая (левого и правого концов вала), а также 020 и 025 – Токарная чистовая (левого и правого концов вала) выбираем станок 16А20Ф3 (2 шт). общий вид станка представлен на рисунке 2.1.

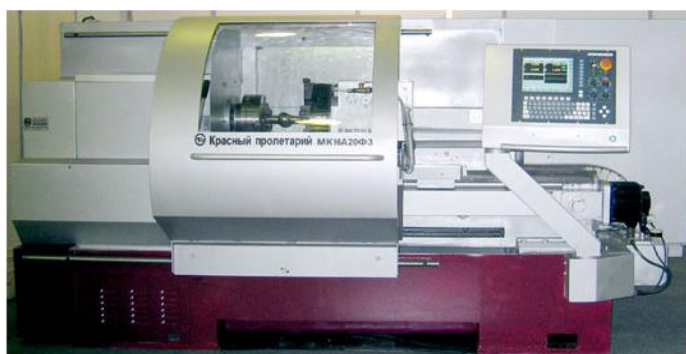


Рисунок 2.1 – Токарный станок 16А20Ф3

Станок используется для токарной обработки деталей с внутренней и наружной стороны. По умолчанию используется полуавтоматический режим обработки поверхностей вращения.

Станок применяется в мелкосерийном и серийном производствах.

Станок оснащен системой ЧПУ Sinumerik 802D-sl фирмы SIEMENS и комплектным электроприводом SIMODRIVE 611UE фирмы SIEMENS.

Для выполнения операций 030 и 035 – Шлифовальная черновая (левого и правого концов вала) выбираем станок 3В130Ф3 (2 шт). Общий вид станка представлен на рисунке 2.2, технические характеристики приведены в таблице 2.3.



Рисунок 2.2 - Станок круглошлифовальный с ЧПУ 3В130Ф3

Таблица 2.3 – Основные технические характеристики станка 3В130Ф3

Максимальный диаметр обрабатываемой детали, мм	300
Максимальная длина обрабатываемой детали, мм	750
Максимальный вес обрабатываемой детали, кг	75
Наибольшие размеры шлифовального круга, мм	наружный диаметр / высота 500/80
Окружная скорость шлифовального круга, м/с	50
Круглость цилиндра при обработке в центрах и в патроне, мкм	1,6
Постоянство диаметра цилиндра в продольном сечении, мкм	5
Класс точности	Н
Система ЧПУ	Sinumeric-802D-sl
Габаритные размеры станка: длина_ ширина_ высота, мм	4000_1900_2300
Масса станка, кг	5300

2.3 Выбор промышленного робота для обслуживания оборудования

2.3.1 Выбор промышленного робота для 1-го варианта планировки.

Для обслуживания станков в первом варианте планировки выберем два промышленных робота KUKA KR16, показанного на рисунке 2.3, его технические характеристики приведены в таблице 2.4, геометрия рабочей зоны показана на рисунке 2.4.



Рисунок 2.3 – ПР КУКА KR16.

Таблица 2.4 – Технические характеристики ПР КУКА KR16

Грузоподъемность, кг	16
Число степеней свободы	6
Ось 1 - $\pm 185^\circ$	156°/с
Ось 2 - $+35^\circ$ до -155°	156°/с
Ось 3 - $+154^\circ$ до -130°	156°/с
Ось 4 - $\pm 350^\circ$	330°/с
Ось 5 - $\pm 130^\circ$	330°/с
Ось 6 - $\pm 350^\circ$	615°/с
Погрешность позиционирования, мм	$\pm 0,1$
Расположение	Напольное
Рекомендуемая температура внеш. среды во время работы, °C	+5 до +55
Вес, кг	235
Объем рабочей зоны, м ³	14,5
Центр тяжести по горизонтали, по вертикали, мм	150,120
Стандарт фланца	DIN/ISO 9409-1-A50
Мощность двигателя, кВт	8,8
Класс защиты	IP65 (EN 60529)

KR 16

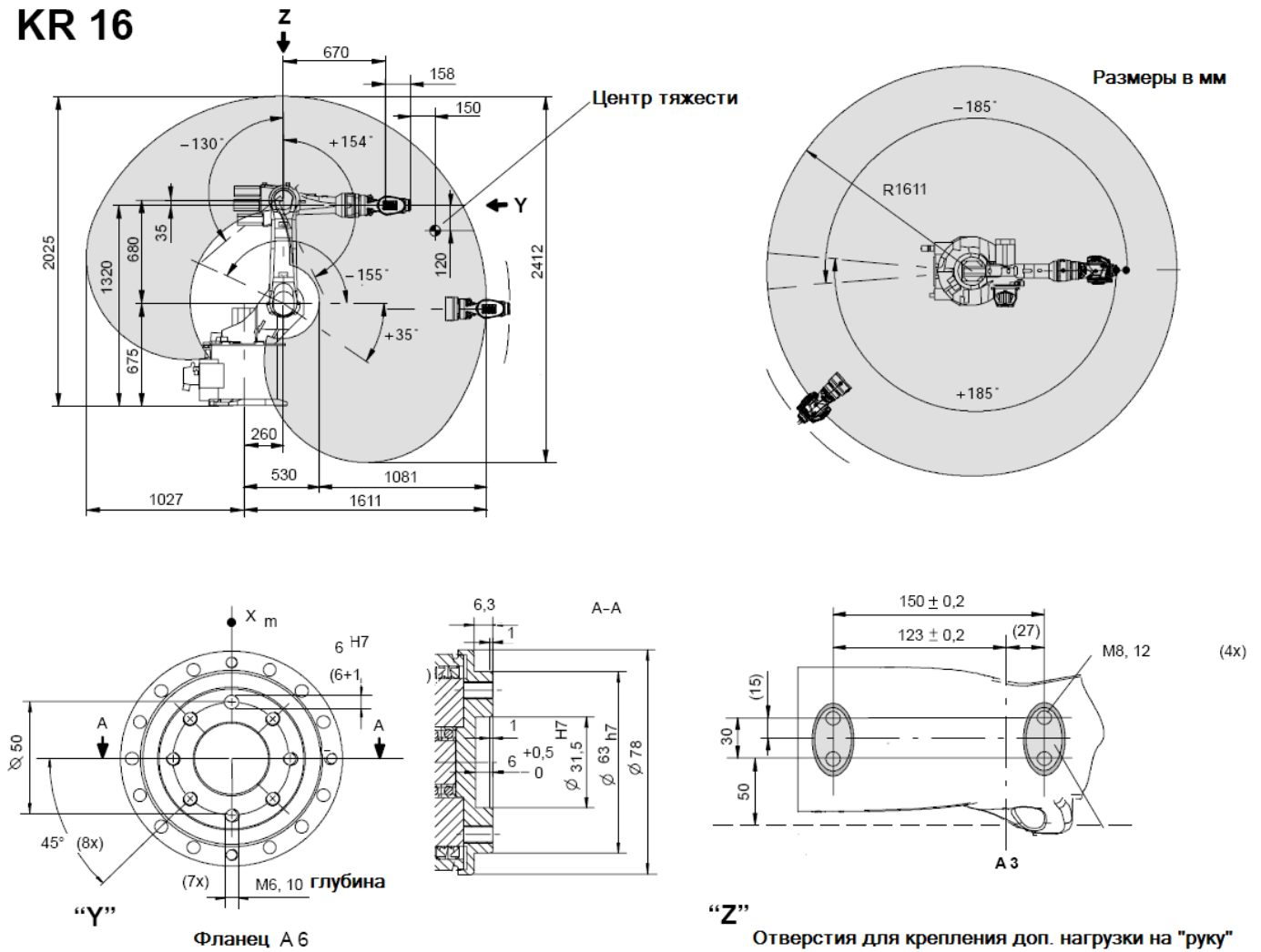


Рисунок 2.4 - Геометрия рабочей зоны и монтажные размеры ПР КУКА KR16

2.3.2 Выбор промышленного робота для 2-го варианта планировки

Для второго варианта планировки выбираем промышленный робот портального типа CM40.80.01, который изображен на рисунке 2.5. Основные технические характеристики сведены в таблицу 2.5.

Таблица 2.5 – Технические характеристики промышленного робота CM40.80.01

Грузоподъемность суммарная, кг	40
Число степеней подвижности	4
Тип привода	Электрогидравлический
Погрешность позиционирования, мм	±1
Наибольший вылет руки, мм	1900
Линейные перемещения: горизонтальные (v=1.2 м/с), мм вертикальные	10000 -
Угловые перемещения	90 ⁰ ; 90 ⁰ ; 180 ⁰
Скорость угловых перемещений, ⁰ /сек	30; 30; 90
Скорость линейных перемещений, м/с	0,8
Масса, кг	3400

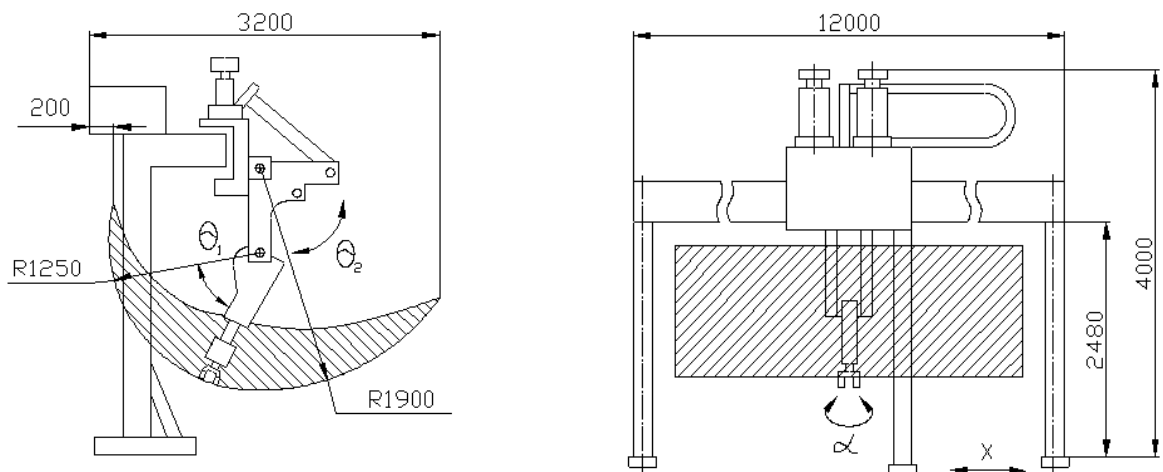


Рисунок 2.5 – ПР СМ40.80.01, общий вид и геометрия рабочей зоны

2.4 Разработка алгоритма работы ГАК

Составим алгоритм работы ГАК для первого варианта планировки, показанного на рисунке

2.6.

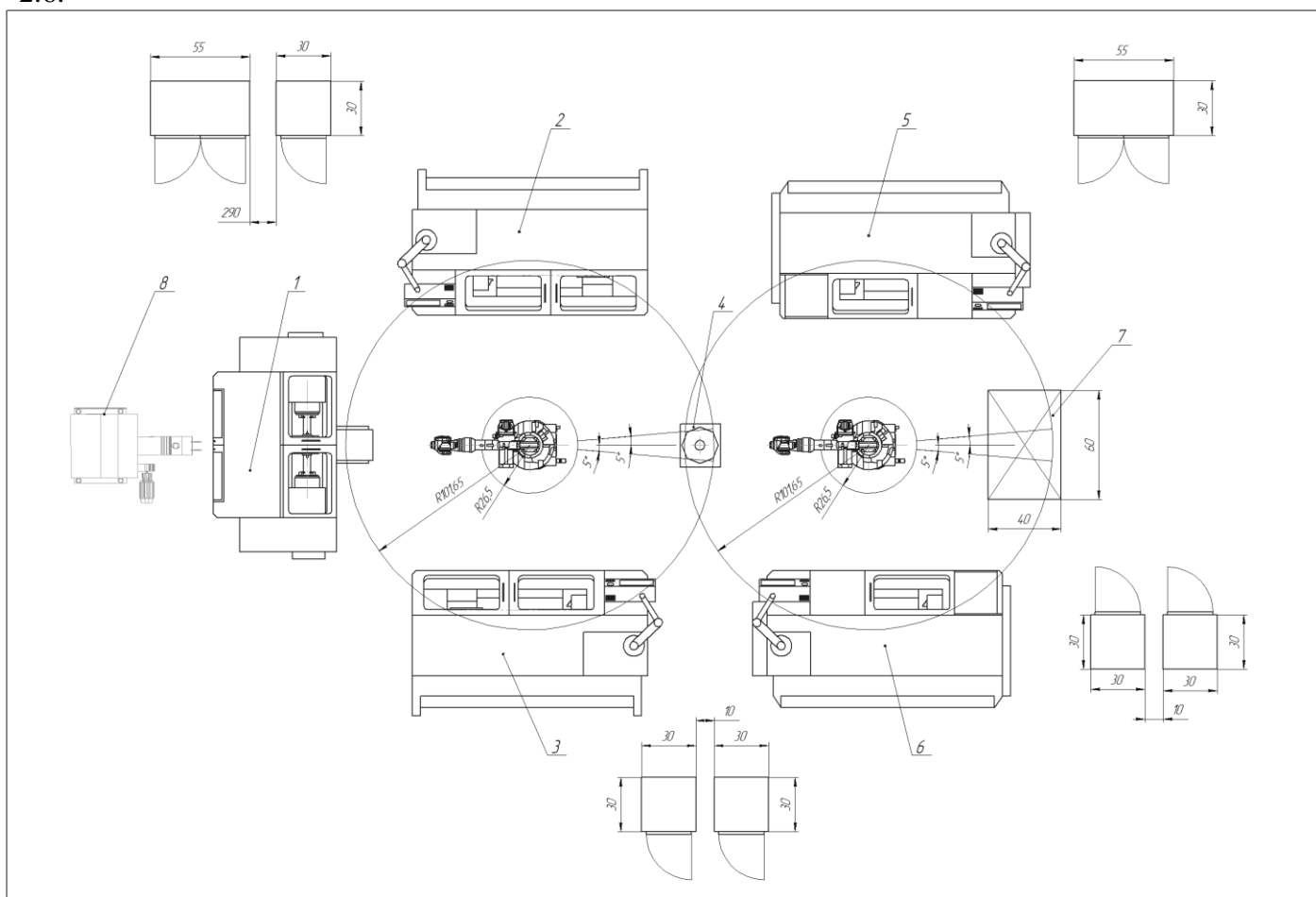


Рисунок 2.6 – Первый вариант планировки

1-Фрезерно-центровальный станок; 2-токарный станок 1; 3-токарный станок 2; 4-Промежуточный стол; 5-шлифовальный станок 1; 6-шлифовальный станок 2; 7-Тара для готовых деталей; 8-Бункерно-загрузочное устройство; 10-1й ПР KUKA CR2; 11-2й ПР KUKA CR2

Алгоритмы первого уровня работы ГАК для первого робота приведен в таблице 2.6, для второго робота в таблице 2.7, где: Схв – состояние схвата ПР (1 – полный, 0 – пустой)

C1 – состояние станка 1 (1 – работает, 0 – простаивает)

C2 – состояние станка 2 (1 – работает, 0 – простаивает)

C3 – состояние станка 3 (1 – работает, 0 – простаивает)

C5 – состояние станка 5 (1 – работает, 0 – простаивает)

C6 – состояние станка 6 (1 – работает, 0 – простаивает)

t – время выполнения перехода

l – протяженность траектории (угол поворота)

Таблица 2.6 – Алгоритм работы 1-го робота в цикле

№	Содержание алгоритма	Схв	C1	C2	C3	t, сек	l, мм/
1	Разгрузка станка 1	1	0	0	1	5	
2	Поворот к станку 2	1	1	0	1	2	90
3	Загрузка станка 2	1	1	0	1	5	
4	Поворот к станку 3	0	1	1	1	2	180
5	Ожидание окончания обработки	0	1	1	1	28	
6	Переустанов детали на станке 3	1	1	1	0	8	
7	Поворот к станку 2	0	1	1	1	2	180
8	Ожидание окончания обработки	0	1	1	1	10	
9	Переустанов детали на станке 2	1	1	0	1	8	
10	Поворот к станку 3	0	1	1	1	2	180
11	Ожидание окончания обработки	0	0	1	1	25	
12	Разгрузка станка 3	1	0	1	0	5	
13	Поворот к промежуточному столу 4	1	0	1	0	2	90
14	Загрузка промежуточного стола 4	1	0	1	0	5	
15	Поворот к станку 2	0	0	1	0	2	90
16	Ожидание окончания обработки	0	0	1	0	11	
17	Разгрузка станка 2	1	0	0	0	5	
18	Поворот к станку 3	1	0	0	0	2	180
19	Загрузка станка 3	1	0	0	0	5	
20	Поворот к станку 1	0	0	0	1	10	90

Таблица 2.7 – Алгоритм работы 2-го робота в цикле

№	Содержание алгоритма	Схв	C5	C6	t, сек	l, мм/
1	2	3	4	5	6	7
1	Разгрузка промежуточного стола	1	0	1	5	
2	Поворот к станку 5	1	0	1	2	90
3	Загрузка станка 5	1	0	1	5	

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6	7
4	Поворот к станку 6	0	1	1	2	180
5	Ожидание окончания обработки	0	1	1	92	
6	Разгрузка станка 6	1	1	1	5	
7	Поворот к таре	1	1	0	2	90
8	Загрузка детали в тару	1	1	0	5	
9	Поворот к станку 5	0	1	0	2	90
10	Разгрузка станка 5	1	0	0	5	
11	Поворот к станку 6	1	0	0	2	180
12	Загрузка станка 6	1	0	0	5	
13	Поворот к промежуточному столу 4	0	0	0	12	90

Алгоритмы второго уровня – входящие в состав алгоритмов первого уровня представлены в таблицах 2.8, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12, 2.13.

Таблица 2.8 – Алгоритм «Разгрузка станка»

№	Содержание алгоритма	Схв	С1	t, сек	l, мм/
1	Вход в рабочую зону станка	0	0	1	600
2	Заведение схвата на деталь	0	0	0,5	50
3	Зажим схвата робота	1	0	0,5	
4	Вывод детали из патрона	1	0	1	50
5	отвод схвата от шпиндельного узла	1	0	1	100
6	Выход из рабочей зоны станка	1	0	1	600

Таблица 2.9 – Алгоритм «Загрузка станка»

№	Содержание алгоритма	Схв	С1	t, сек	l, мм/
1	Вход в рабочую зону станка	1	0	1	570
2	Заведение заготовки на линию шпинделя	1	0	1	50
3	Заведение заготовки в патрон	1	0	0,5	50
4	разжим схвата робота	0	0	0,5	
5	отвод схвата от патрона	0	0	1	100
6	Выход из рабочей зоны станка	0	0	1	570

Таблица 2.10 – Алгоритм «Переустанов детали»

№	Содержание алгоритма	Схв	С1	t, сек	l, мм/
1	2	3	4	5	6
1	Вход в рабочую зону станка	0	0	1	570
2	Заведение схвата на деталь	0	0	0,5	50
3	Зажим схвата робота	1	0	0,5	
4	Вывод детали из патрона	1	0	1	50
5	отвод схвата от шпиндельного узла	1	0	1	100
6	Ротация схвата	1	0	0,5	570
7	Заведение заготовки на линию шпинделя	1	0	0,5	
8	Заведение заготовки в патрон	1	0	0,5	50

Продолжение таблицы 2.10

1	2	3	4	5	6
9	разжим схвата робота	0	0	0,5	
10	отвод схвата от патрона	0	0	1	100
11	Выход из рабочей зоны станка	0	0	1	560

Таблица 2.11 – Алгоритм «Загрузка промежуточного стола»

№	Содержание алгоритма	Схв	t, сек	l, мм/
1	Вход в рабочую зону ПС	1	1	400
2	Заведение заготовки на ложемент	1	1	50
3	Опускание заготовки на ложемент	1	0,5	
4	Разжим схвата робота	0	0,5	50
5	Отвод схвата от ложемента	0	1	100
6	Выход из рабочей зоны ПС	0	1	400

Таблица 2.12 – Алгоритм «Разгрузка промежуточного стола»

№	Содержание алгоритма	Схв	t, сек	l, мм/
1	Вход в рабочую зону ПС	1	1	400
2	Подвод схвата к ложементу	1	1	50
3	Заведение схвата на заготовку	1	0,5	
4	Зажим схвата робота	0	0,5	50
5	Отвод схвата от ложемента	0	1	100
6	Выход из рабочей зоны ПС	0	1	400

Таблица 2.13 – Алгоритм «Загрузка тары»

№	Содержание алгоритма	Схв	t, сек	l, мм/
1	Вход в рабочую зону тары	1	1	400
2	Заведение заготовки на ложемент	1	1	50
3	Опускание заготовки на ложемент	1	0,5	50
4	Разжим схвата робота	0	0,5	50
5	Отвод схвата от ложемента	0	1	100
6	Выход из рабочей зоны тары	0	1	400

По данному алгоритму работы построена циклограмма функционирования ГАК, представленная на рисунке 2.7. С помощью циклограммы были рассчитаны коэффициенты загрузки оборудования, приведенные в таблице 2.14.

Таблица 2.14 – Коэффициенты загрузки оборудования для 1-го варианта планировки

Наименование единицы оборудования	Кзаг
1	2
Фрезерно-центровальный станок МР-71М	0,53
1й Токарный станок 16А20Ф3	0,73
2й Токарный станок 16А20Ф3	0,71
1й Шлифовальный станок 3В130Ф3	0,83

Продолжение таблицы 2.14

1	2
2й Шлифовальный станок 3В130Ф3	0,77
1й ПР KUKA KR16	0,51
2й ПР KUKA KR16	0,5

Работа в цикле

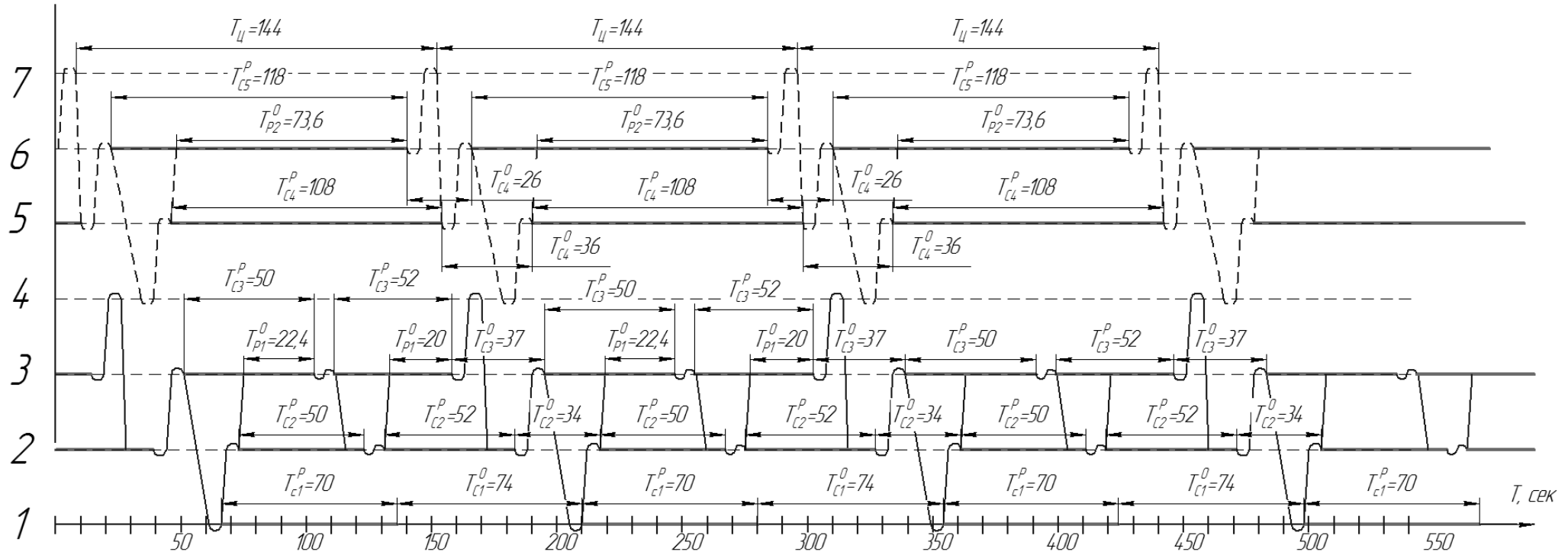


Рисунок 2.7 – Циклограмма работы для первого варианта компоновки

Составим алгоритм работы ГАК для второго варианта планировки, показанного на рисунке 2.8.

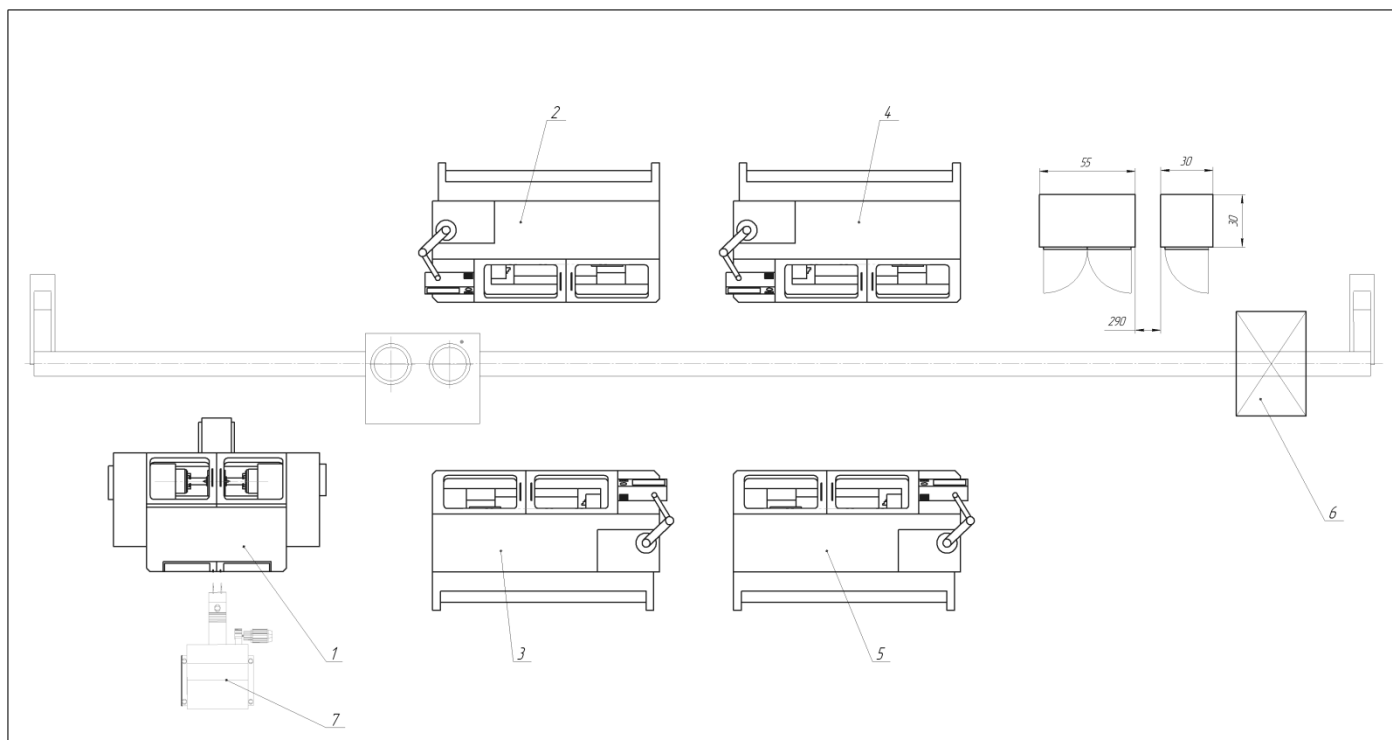


Рисунок 2.8 - Второй вариант планировки

1-Фрезерно-центровальный станок; 2-токарный станок 1; 3-токарный станок 2; 4-шлифовальный станок 1; 5-шлифовальный станок 2; 6-Тара для готовых деталей; 7-Бункерно-загрузочное устройство; 8-ПР УМ40Ф2.81.01

Алгоритм работы ГАК для промышленного робота УМ40Ф2.81.01 приведен в таблице 2.15.

Где Схв – состояние схвата ПР (1 – полный, 0 – пустой)

C1 – состояние станка 1 (1 – работает, 0 – простаивает)

C2 – состояние станка 2 (1 – работает, 0 – простаивает)

C3 – состояние станка 3 (1 – работает, 0 – простаивает)

C5 – состояние станка 5 (1 – работает, 0 – простаивает)

C6 – состояние станка 6 (1 – работает, 0 – простаивает)

t – время выполнения перехода

l – протяженность траектории (угол поворота)

Таблица 2.15 – Алгоритм работы ПР УМ40Ф2.81.01 в цикле

№	Содержание алгоритма	Схв	C1	C2	C3	C4	C5	t, сек	l, мм/
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Разгрузка станка 1	1	0	0	1	1	1	5	
2	Движение к станку 2	1	1	0	1	1	1	3	1200
3	Загрузка станка 2	1	1	0	1	1	1	5	
4	Движение к станку 3	0	1	1	1	1	1	3	1000

Продолжение таблицы 2.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	Ожидание окончания обработки	0	1	1	1	1	1	33	
6	Переустанов детали на станке	1	1	1	0	1	1	8	
7	Движение к станку 2	0	1	1	1	1	1	3	1000
8	Ожидание окончания обработки	0	1	1	1	1	1	3	
9	Переустанов детали на станке	1	1	0	1	1	1	8	
10	Движение к станку 5	0	1	1	1	1	1	3	3200
11	Ожидание окончания обработки	0	0	1	1	1	1	9	
12	Разгрузка станка 5	1	0	1	1	1	0	5	
13	Движение к таре	1	0	1	1	0	0	3	950
14	Загрузка детали в тару	1	0	1	1	0	0	5	
15	Движение к станку 4	0	0	1	1	0	0	3	950
16	Разгрузка станка 4	1	0	0	1	0	0	5	
17	Движение к станку 5	1	0	0	0	0	0	3	1000
18	Загрузка станка 5	1	0	0	0	0	0	5	
19	Движение к станку 3	0	0	0	0	0	1	3	3200
20	Разгрузка станка 3	1	0	0	0	0	1	5	
21	Движение к станку 4	1	0	0	0	0	1	3	3200
22	Загрузка станка 4	1	0	0	0	0	1	5	
23	Движение к станку 2	0	0	0	0	1	1	3	3200
24	Разгрузка станка 2	1	0	0	0	1	1	5	
25	Движение к станку 3	1	0	0	0	1	1	3	1000
26	Загрузка станка 3	1	0	0	0	1	1	5	
27	Движение к станку 1	0	0	0	1	1	1	3	1200

Алгоритмы второго уровня – входящие в состав алгоритмов первого уровня представлены в таблицах 2.16, 2.17, 2.18, 2.19.

Таблица 2.16 – Алгоритм «Разгрузка станка»

№	Содержание алгоритма	Схв	С1	t, сек	l, мм/
1	Вход в рабочую зону станка	0	0	1	600
2	Заведение схвата на деталь	0	0	0,5	50
3	Зажим схвата робота	1	0	0,5	
4	Вывод детали из патрона	1	0	1	50
5	отвод схвата от шпиндельного узла	1	0	1	100
6	Выход из рабочей зоны станка	1	0	1	600

Таблица 2.17 – Алгоритм «Загрузка станка»

№	Содержание алгоритма	Схв	С1	t, сек	l, мм/
1	2	3	4	5	6
1	Вход в рабочую зону станка	1	0	1	570

Продолжение таблицы 2.17

1	2	3	4	5	6
2	Заведение заготовки на линию шпинделя	1	0	1	50
3	Заведение заготовки в патрон	1	0	0,5	50
4	разжим схвата робота	0	0	0,5	
5	отвод схвата от патрона	0	0	1	100
6	Выход из рабочей зоны станка	0	0	1	570

Таблица 2.18 – Алгоритм «Переустанов детали»

№	Содержание алгоритма	Схв	С1	t, сек	l, мм/
1	Вход в рабочую зону станка	0	0	1	570
2	Заведение схвата на деталь	0	0	0,5	50
3	Зажим схвата робота	1	0	0,5	
4	Вывод детали из патрона	1	0	1	50
5	отвод схвата от шпиндельного узла	1	0	1	100
6	Ротация схвата	1	0	0,5	570
7	Заведение заготовки на линию шпинделя	1	0	0,5	
8	Заведение заготовки в патрон	1	0	0,5	50
9	разжим схвата робота	0	0	0,5	
10	отвод схвата от патрона	0	0	1	100
11	Выход из рабочей зоны станка	0	0	1	560

Таблица 2.19 – Алгоритм «Загрузка тары»

№	Содержание алгоритма	Схв	t, сек	l, мм/
1	Вход в рабочую зону тары	1	1	400
2	Заведение заготовки на ложемент	1	1	50
3	Опускание заготовки на ложемент	1	0,5	
4	Разжим схвата робота	0	0,5	50
5	Отвод схвата от ложемента	0	1	100
6	Выход из рабочей зоны тары	0	1	400

По данному алгоритму работы построена циклограмма функционирования ГАК, представленная на рисунке 2.9. С помощью циклограммы были рассчитаны коэффициенты загрузки оборудования, приведенные в таблице 2.20.

Таблица 2.20 – Коэффициенты загрузки оборудования для 2-го варианта планировки

Наименование единицы оборудования	Кзаг
Фрезерно-центровальный станок МР-71М	0,47
1й Токарный станок 16А20Ф3	0,69
2й Токарный станок 16А20Ф3	0,66
1й Шлифовальный станок 3В130Ф3	0,78
2й Шлифовальный станок 3В130Ф3	0,72
ПР УМ40Ф2.81.01	0,63

Для выбора оптимальной компоновки рассмотрим и сравним следующие характеристики:

- занимаемая площадь,
- время входа в цикл,
- такт выпуска изделия;
- коэффициенты загрузки оборудования.

Результаты сравнения сведем в таблицу 2.21.

Таблица 2.21 – Сравнение двух вариантов планировки

Характеристики	Компоновка 1	Компоновка 2
Занимаемая площадь, м ²	140	195
Время входа в цикл, с	510	590
Такт выпуска изделия, с	144	147
Коэффициенты загрузки оборудования		
Фрезерно-центровальный станок МР-71М	0,53	0,47
1й Токарный станок 16А20Ф3	0,73	0,69
2й Токарный станок 16А20Ф3	0,71	0,66
1й Шлифовальный станок 3В130Ф3	0,83	0,78
2й Шлифовальный станок 3В130Ф3	0,77	0,72
1й ПР КУКА KR16	0,51	-
2й ПР КУКА KR16	0,5	-
ПР УМ40Ф2.81.01	-	0,64

Диаграмма работы в цикле

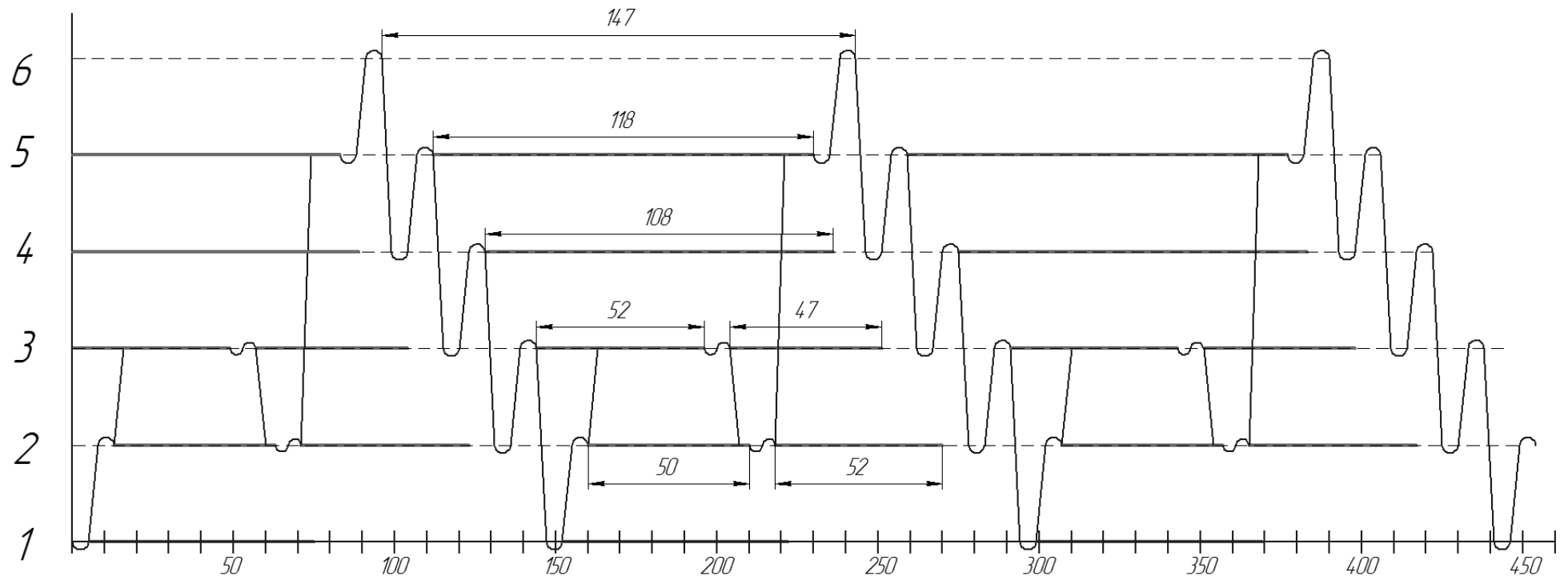


Рисунок 2.9 – Циклограмма работы для второго варианта планировки

2.5 Выбор автоматических устройств для удаления промышленных отходов

В результате обработки изделия на технологическом оборудовании образуются промышленные отходы, в том числе и стружка. В компоновке ГАК изображена система удаления использованной. Данная система удаления СОЖ позволяет вместе с тем также удаление и стружки. Отработанная СОЖ вместе со стружкой поступают сначала в систему, которая размещена на территории участка, а затем, в центральную систему сбора отработанной СОЖ.

2.6 Выбор системы ограждения и безопасности

Все оборудование ГАК расставлено со всеми необходимыми требованиями техники безопасности (0,6–0,8 м.).

ГАК оснащается двумя световыми барьерами Simatic FS200, которые располагаются на въезде и выезде из участка. В случае пересечения световых лучей барьера срабатывает аварийные останова всего оборудования.

3 Разработка системы управления гак

3.1 Структура ГАК

Исследуемый объект управления представляет собой сложную систему взаимосвязанного технологического оборудования. Структура ГАК приведена на рисунке 3.1.

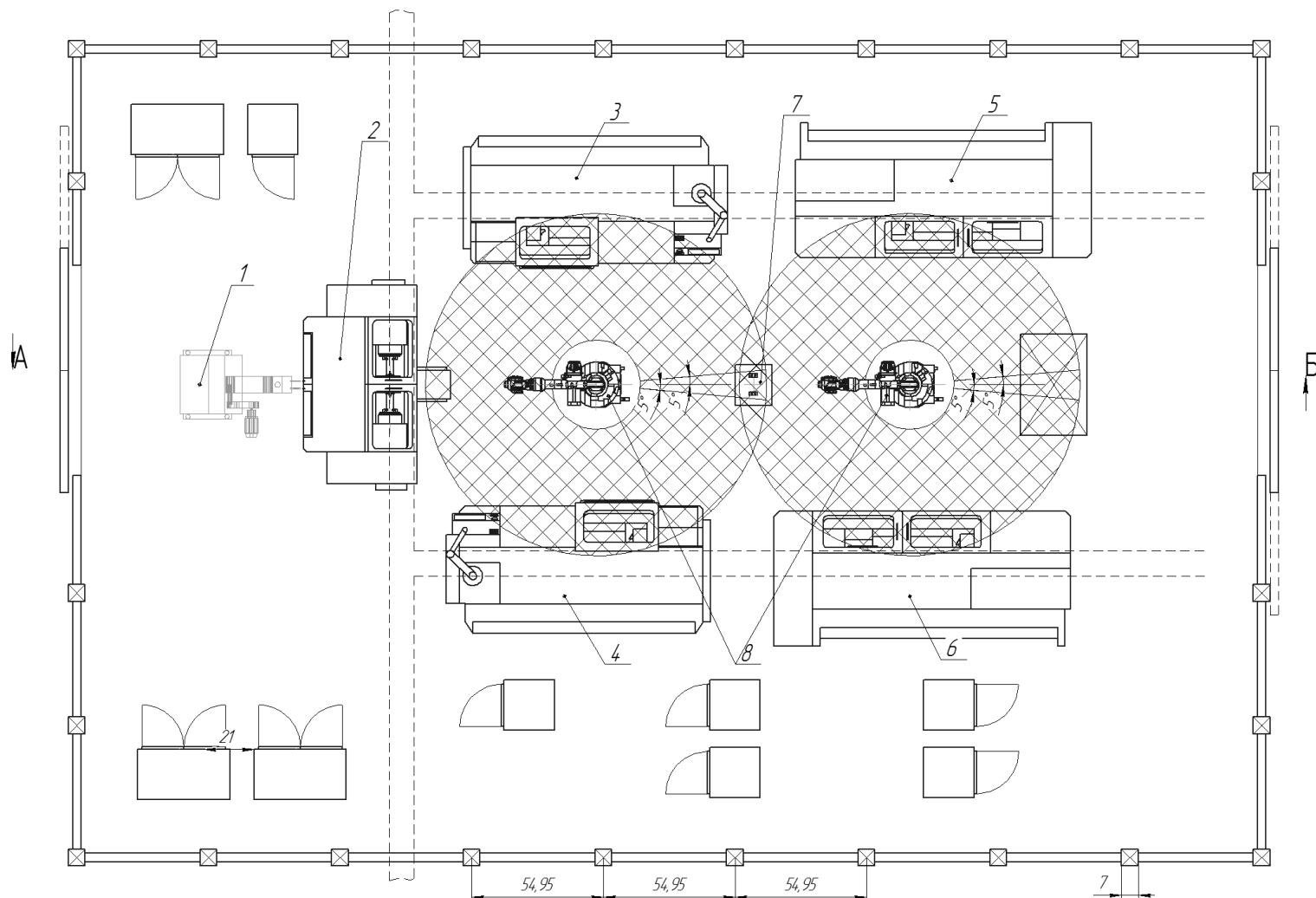


Рисунок 3.1 - Структура ГАК

Используемые обозначения:

- 1 - БЗУ – бункерно-загрузочное устройство, осуществляющее загрузку центрального станка
- 2 - С1 – Фрезерно-центральный станок МР-71М, выполняющий операцию 005 – фрезерно-центральный.
- 3, 4 - С2, С3– Токарный станок 16А20Ф3 (2 шт.) выполняющие операции 010, 015 – черновое точение и 020, 025 – чистовое точение.
- 5, 6 - С4, С5 – Круглошлифовальные станки 3В130Ф3, выполняющие операции 030 и 035 – черновое шлифование.
- 7 - ПС – промежуточный стол, служащий для передачи заготовок от первого ПР ко второму.

8 - ПР1, ПР2 – промышленные роботы KUKA CR2, 1-й ПР выполняет разгрузку фрезерно-центровального станка, загрузку промежуточного стола и загрузку/разгрузку токарных станков; 2-й ПР выполняет разгрузку промежуточного стола, загрузку/разгрузку шлифовальных станков и укладку готовых деталей в тару.

9 - Т – выходная тара.

Функционирование ГАК:

Описание работы 1-го ПР в цикле:

- в начале цикла ПР1 находится на исходной позиции у станка С1;
- по команде управления ПР1 захватывает заготовку, поворачивается к станку С2, устанавливает заготовку в патрон и выходит из рабочей зоны станка С2;
- ПР1 поворачивается к станку С3 и ожидает окончания обработки;
- ПР1 осуществляет переустанов детали на станке С3;
- ПР1 поворачивается к станку С2 и ожидает окончания обработки;
- ПР1 осуществляет переустанов детали на станке С2;
- ПР1 поворачивается к станку С3 и ожидает окончания обработки;
- ПР1 осуществляет разгрузку станка С3;
- ПР1 поворачивается к промежуточному столу и устанавливает заготовку на ложемент;
- ПР1 поворачивается к станку С2 и ожидает окончания обработки;
- ПР1 осуществляет разгрузку станка С2;
- ПР1 поворачивается к станку С3 и загружает заготовку в станок;
- ПР1 возвращается на исходную позицию к станку С1.

Описание работы 2-го ПР в цикле:

- в начале цикла ПР2 находится на исходной позиции у промежуточного стола;
- по команде управления ПР2 захватывает заготовку, поворачивается к станку С4 и загружает заготовку;
- ПР2 поворачивается к станку С5 и ожидает окончания обработки;
- ПР2 осуществляет разгрузку станка С5;
- ПР2 поворачивается к выходной таре и укладывает заготовку;
- ПР2 поворачивается к станку С4;
- ПР2 осуществляет разгрузку станка С4;
- ПР2 поворачивается к станку С5;
- ПР2 осуществляет загрузку станка С5;
- ПР2 возвращается на исходную позицию к промежуточному столу.

Циклограмма работы участка приведена на рисунке 3.2.

3.2 Задачи управления ГАК

3.2.1 Цель разработки системы управления

Целями разработки системы управления ГАК являются:

- организация управления технологическим процессом обработки вала ступенчатого в пределах проектируемого комплекса;
- обеспечение требуемого времени работы оборудования с учетом возможности возникновения различных ситуаций;
- поддержка функций взаимодействия оператора и промышленного контроллера;
- обработка нештатных ситуаций с последующим эффективным реагированием.

3.2.2 Штатные режимы работы локальных систем управления оборудованием

Для всех локальных систем управления (ЛСУ) оборудованием характерны следующие самостоятельные действия по команде контроллера верхнего уровня:

- включение оборудования;
- выполнение технологической операции;
- выключение оборудования;
- передача контроллеру сигнала об окончании технологической операции.

Для ЛСУ робота характерны следующие самостоятельные действия по команде контроллера верхнего уровня:

- разгрузка оборудования;
- загрузка оборудования;
- разгрузка входной тары;
- загрузка выходной тары;
- передвижение на заданные позиции после выполнения соответствующей операции.

Работа в цикле

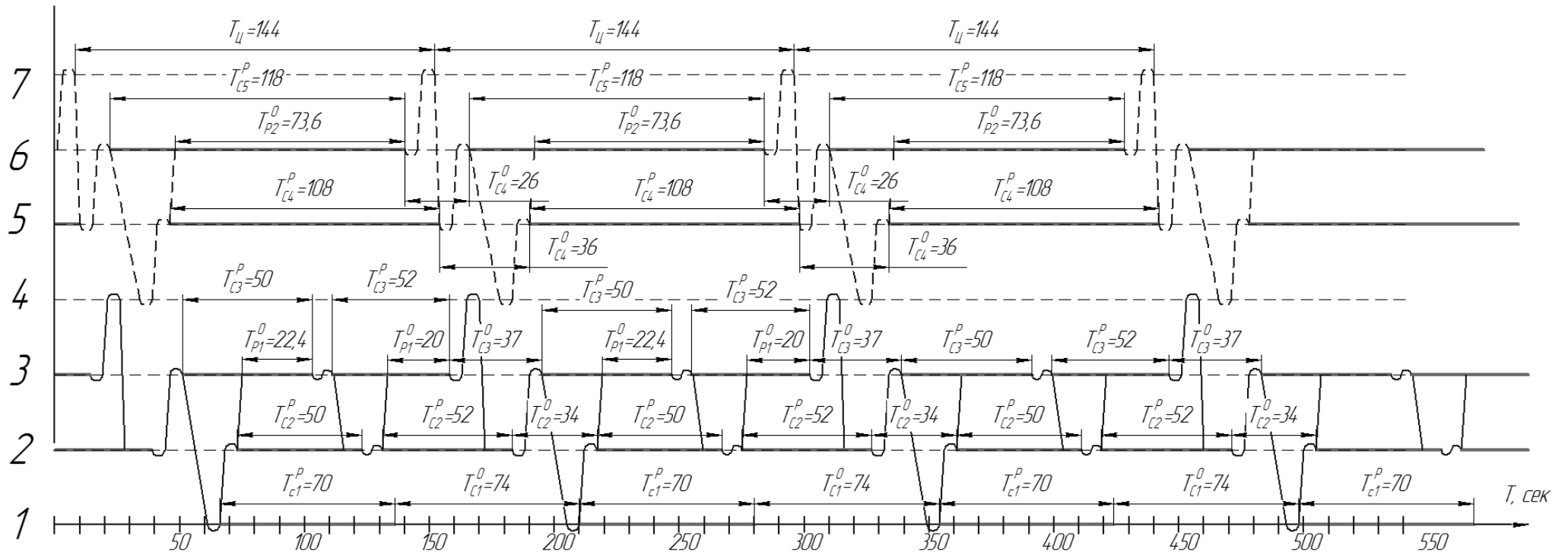


Рисунок 3.2 – Циклограмма работы участка.

3.2.3 Нештатные ситуации локальных систем управления

Таковыми ситуациями, возникающими при работе ГАК, являются:

- наличие посторонних объектов в рабочей зоне;
- робот находится в рабочей зоне станка во время обработки;
- аварийная остановка работы комплекса.

3.3 Перечень данных, необходимых для управления

Задача управления проектируемым ГАК решается с помощью двухуровневой системы управления. Первый уровень управления представляет совокупность локальных систем управления оборудованием, которые сопровождают выполнение технологического процесса соответствующем оборудовании. Второй уровень управления представлен программируемым логическим контроллером с системой датчиков, устройствами ввода-вывода и средствами связи с автоматизированным рабочим местом оператора.

Для обеспечения решения задачи управления необходима информация локальных систем управления оборудованием и системы датчиков. Такая информация представляет совокупность исходных данных

3.3.1 Входные сигналы системы управления второго уровня

Данные сигналы, получаемые с датчиков и от ЛСУ оборудования с указанием типа сигнала и идентификатором для математического описания представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Входные сигналы системы управления второго уровня

№	Характеристика входного сигнала	Тип сигнала		Идентификатор	
		3	4	5	6
1	Наличие заготовки на позиции входа	Есть	Нет	X1	$\overline{X1}$
2	Состояние станка C1	Вкл	Выкл	X2	$\overline{X2}$
3	Наличие заготовки в станке C1	Есть	Нет	X3	$\overline{X3}$
4	Состояние заготовки в станке C1	Обработана	Не обработана	X4	$\overline{X4}$
5	Позиционирование робота ПР1 на позиции станка C1	Да	Нет	X5	$\overline{X5}$
6	Позиционирование робота ПР1 на позиции станка C2	Да	Нет	X6	$\overline{X6}$
7	Позиционирование робота ПР1 на позиции станка C3	Да	Нет	X7	$\overline{X7}$
8	Позиционирование робота ПР1 на позиции промежуточного стола	Да	Нет	X8	$\overline{X8}$
9	Наличие заготовки в схвате робота ПР1	Да	Нет	X9	$\overline{X9}$
10	Состояние станка C2	Вкл	Выкл	X10	$\overline{X10}$
11	Состояние парона станка C2	Зажат	Разжат	X11	$\overline{X11}$
12	Наличие заготовки в станке C2	Есть	Нет	X12	$\overline{X12}$
13	Состояние заготовки в станке C2	Обработана	Не обработана	X13	$\overline{X13}$
14	Состояние станка C3	Вкл	Выкл	X14	$\overline{X14}$
15	Состояние патрона станка C3	Зажат	Разжат	X15	$\overline{X15}$

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6
16	Наличие заготовки в станке С3	Есть	Нет	X16	$\overline{X16}$
17	Состояние заготовки в станке С3	Обработана	Не обработана	X17	$\overline{X17}$
18	Наличие заготовки на промежуточном столе	Есть	Нет	X18	$\overline{X18}$
19	Исправность всех систем робота ПР1	Да	Нет	X19	$\overline{X19}$
20	Исправность всех систем станка С1	Да	Нет	X20	$\overline{X20}$
21	Исправность всех систем станка С2	Да	Нет	X21	$\overline{X21}$
22	Исправность всех систем станка С3	Да	Нет	X22	$\overline{X22}$
23	Позиционирование робота ПР2 на позиции промежуточного стола	Да	Нет	X23	$\overline{X23}$
24	Позиционирование робота ПР2 на позиции станка С4	Да	Нет	X24	$\overline{X24}$
25	Позиционирование робота ПР2 на позиции станка С5	Да	Нет	X25	$\overline{X25}$
26	Позиционирование робота ПР2 на позиции выходной тары	Да	Нет	X26	$\overline{X26}$
27	Наличие заготовки в схвате робота ПР2	Да	Нет	X27	$\overline{X27}$
28	Состояние станка С4	Вкл	Выкл	X28	$\overline{X28}$
29	Состояние парона станка С4	Зажат	Разжат	X29	$\overline{X29}$
30	Наличие заготовки в станке С4	Есть	Нет	X30	$\overline{X30}$
31	Состояние заготовки в станке С4	Обработана	Не обработана	X31	$\overline{X31}$
32	Состояние станка С5	Вкл	Выкл	X32	$\overline{X32}$
33	Состояние парона станка С5	Зажат	Разжат	X33	$\overline{X33}$
34	Наличие заготовки в станке С5	Есть	Нет	X34	$\overline{X34}$
35	Состояние заготовки в станке С5	Обработана	Не обработана	X35	$\overline{X35}$
36	Исправность всех систем робота ПР2	Да	Нет	X36	$\overline{X36}$
37	Исправность всех систем станка С4	Да	Нет	X37	$\overline{X37}$
38	Исправность всех систем станка С5	Да	Нет	X38	$\overline{X38}$
39	Наличие в рабочей зоне посторонних	Да	Нет	X39	$\overline{X39}$
40	Остановка технологического процесса оператором	Да	Нет	X40	$\overline{X40}$
				X=1	$\overline{X} = 0$

3.3.2 Выходные сигналы системы управления второго уровня

Выходные сигналы выдаваемые системой управления второго уровня для ЛСУ оборудования представлены в таблице 3.2

Таблица 3.2 – Выходные сигналы системы управления второго уровня

№	Характеристика выходного сигнала	Идентификатор
1	Загрузка станка С1	Y1
2	Разгрузка станка С1	Y2
3	Загрузка станка С2	Y3
4	Разгрузка станка С2	Y4
5	Загрузка станка С3	Y5
6	Разгрузка станка С3	Y6
7	Загрузка промежуточного стола	Y7
8	Обработка на станке С1	Y8
9	Обработка на станке С2	Y9
10	Обработка на станке С3	Y10
11	Разгрузка промежуточного стола	Y11
12	Загрузка станка С4	Y12
13	Загрузка станка С5	Y13
14	Загрузка станка выходной тары	Y14
15	Обработка на станке С4	Y15
16	Обработка на станке С5	Y16
17	Остановка процесса оператором	Y17
18	Остановка процесса в связи с возникновением нештатной ситуации	Y18
19	Разгрузка станка С4	Y19
20	Разгрузка станка С5	Y20

3.4 Декомпозиция задачи и математическое описание команд управления

Управление обеспечивается выдачей в соответствующие моменты времени управляющих команд ЛСУ оборудования в зависимости от существующих условий и состояния системы в целом.

Для организации работы ГАК решаются задачи:

- обработки заготовок на станках;
- загрузки/разгрузки станков роботом;
- разгрузки роботом входной тары;
- загрузки роботом выходной тары;
- перемещения робота между рабочими позициями.

Рассмотрим структуру команд управления и необходимые условия их выдачи.

1. Команда «Загрузка станка С1»

Условия:

- наличие заготовки на позиции входа;
- станок С1 отключен;
- в станке С1 отсутствует заготовка;

- исправность всех систем станка С1.

Мат. описание: $Y1 = X1 * \overline{X2} * \overline{X3} * X20$

2. Команда «Разгрузка станка С1»

Условия:

- позиционирование робота ПР1 на позиции станка С1;
- схват робота ПР1 пуст;
- заготовка в станке С1 обработана;
- станок С1 отключен;
- исправность всех систем ПР1.

Мат. описание: $Y2 = X5 * \overline{X9} * X4 * \overline{X2} * X19$

3. Сигнал «Загрузка станка С2»

Условия:

- позиционирование робота ПР1 на позиции станка С2;
- наличие заготовки в схвате ПР1;
- отсутствие заготовки в патроне станка С2;
- станок С2 отключен;
- патрон станка С2 разжат;
- исправность всех систем станка С2;
- исправность всех систем ПР1;

Мат. описание: $Y3 = X6 * X9 * \overline{X12} * \overline{X10} * \overline{X11} * X21 * X19$

4. Сигнал «Разгрузка станка С2»

Условия:

- позиционирование робота ПР1 на позиции станка С2
- отсутствие заготовки в схвате ПР1;
- заготовка обработана;
- станок С2 отключен;
- патрон станка С2 разжат;
- исправность всех систем ПР1.

Мат. описание: $Y4 = X6 * \overline{X9} * X13 * \overline{X10} * \overline{X11} * X19$

5. Сигнал «Загрузка станка С3»

Условия:

- позиционирование робота ПР1 на позиции станка С3;
- наличие заготовки в схвате ПР1;
- отсутствие заготовки в патроне станка С3;
- станок С3 отключен;
- патрон станка С3 разжат;
- исправность всех систем станка С3;
- исправность всех систем ПР1.

Мат. описание: $Y5 = X7 * X9 * \overline{X16} * \overline{X14} * \overline{X15} * X19 * X22$

6. Сигнал «Разгрузка станка С3»

Условия:

- позиционирование робота ПР1 на позиции станка С3;
- отсутствие заготовки в схвате ПР1;
- заготовка обработана;
- станок С3 отключен;
- патрон станка С3 разжат;
- исправность всех систем ПР1.

Мат. описание: $Y6 = X7 * \overline{X9} * X17 * \overline{X14} * \overline{X15} * X19$

7. Сигнал «Загрузка промежуточного стола»

Условия:

- позиционирование робота ПР1 на позиции промежуточного стола;
- наличие заготовки в схвате ПР1;
- отсутствие заготовки на промежуточном столе;
- исправность всех систем ПР1.

Мат. описание: $Y7 = X8 * X9 * \overline{X18} * X19$

8. Сигнал «Обработка на станке С1»

Условия:

- наличие заготовки в станке С1;
- заготовка в станке С1 не обработана.

Мат. описание: $Y8 = X3 * \overline{X4}$

9. Сигнал «Обработка на станке С2»

Условия:

- отсутствие ПР1 в рабочей зоне станка С2;
- наличие заготовки в станке С2;
- заготовка в станке С2 не обработана;
- патрон станка С2 зажат;
- исправность всех систем станка С2.

Мат. описание: $Y9 = \overline{X5} * X12 * \overline{X13} * X11 * X21$

10. Сигнал «Обработка на станке С3»

Условия:

- отсутствие ПР1 в рабочей зоне станка С3;
- наличие заготовки в станке С3;
- заготовка в станке С3 не обработана;
- патрон станка С3 зажат;
- исправность всех систем станка С3.

Мат. описание: $Y10 = \overline{X6} * X16 * \overline{X17} * X15 * X22$

11. Сигнал «Разгрузка промежуточного стола»

Условия:

- позиционирование ПР2 на позиции промежуточного стола;
- наличие заготовки на промежуточном столе;
- отсутствие заготовки в схвате ПР2;
- исправность всех систем ПР2.

Мат. описание: $Y11 = X23 * X18 * \overline{X27} * X36$

12. Сигнал «Загрузка станка С4»

Условия:

- позиционирование робота ПР2 на позиции станка С4;
- наличие заготовки в схвате ПР2;
- отсутствие заготовки в патроне станка С4;
- станок С4 отключен;
- патрон станка С4 разжат;
- исправность всех систем станка С4;

- исправность всех систем ПР2.

Мат. описание: $Y12 = X24 * X27 * \overline{X30} * \overline{X28} * \overline{X29} * X37 * X36$

13. Сигнал «Загрузка станка С5»

Условия:

- позиционирование робота ПР2 на позиции станка С5;
- наличие заготовки в схвате ПР2;
- отсутствие заготовки в патроне станка С5;
- станок С5 отключен;
- патрон станка С5 разжат;
- исправность всех систем станка С5;
- исправность всех систем ПР2.

Мат. описание: $Y13 = X25 * X27 * \overline{X34} * \overline{X32} * \overline{X33} * X38 * X36$

14. Сигнал «Загрузка выходной тары»

Условия:

- позиционирование робота ПР2 на позиции тары;
- наличие заготовки в схвате ПР2;
- исправность всех систем ПР2.

Мат. описание: $Y14 = X26 * X27 * X36$

15. Сигнал «Обработка на станке С4»

Условия:

- отсутствие ПР2 в рабочей зоне станка С4;
- наличие заготовки в станке С4;
- заготовка в станке С4 не обработана;
- патрон станка С4 зажат;
- исправность всех систем станка С4.

Мат. описание: $Y15 = \overline{X24} * X30 * \overline{X31} * X29 * X37$

16. Сигнал «Обработка на станке С5»

Условия:

- отсутствие ПР2 в рабочей зоне станка С5;
- наличие заготовки в станке С5;

- заготовка в станке С5 не обработана;
- патрон станка С5 зажат;
- исправность всех систем станка С5.

Мат. описание: $Y16 = \overline{X25} * X34 * \overline{X35} * X33 * X38$

17. Сигнал «Остановка процесса оператором»

Условия:

- остановка процесса с пульта оператора

Мат. описание: $Y15 = X40$

18. Сигнал «Возникновение нештатной ситуации»

Условия:

- наличие в рабочей зоне посторонних;
- неисправность систем технологического оборудования.

Мат. описание: $Y18 = X39 \cup \overline{X19} \cup \overline{X20} \cup \overline{X21} \cup \overline{X22} \cup \overline{X36} \cup \overline{X37} \cup \overline{X38}$

19. Сигнал «Разгрузка станка С4»

Условия:

- позиционирование робота ПР2 на позиции станка С4;
- отсутствие заготовки в схвате ПР2;
- заготовка обработана;
- станок С4 отключен;
- патрон станка С4 разжат;
- исправность всех систем ПР2.

Мат. описание: $Y19 = X24 * \overline{X27} * X31 * \overline{X28} * \overline{X29} * X36$

20. Сигнал «Разгрузка станка С5»

Условия:

- позиционирование робота ПР2 на позиции станка С5
- отсутствие заготовки в схвате ПР2;
- заготовка обработана;
- станок С5 отключен;
- патрон станка С5 разжат;
- исправность всех систем ПР2.

Мат. описание: $Y_{20} = X_{25} * \overline{X_{27}} * X_{35} * \overline{X_{32}} * \overline{X_{33}} * X_{36}$

3.5 Разработка архитектуры системы управления

Система управления ГАК является двухуровневой. На первом уровне управления обеспечивается локальное управление основным и вспомогательным технологическим оборудованием (станками и роботами), на втором уровне обеспечивается взаимодействие локальных систем управления нижнего уровня, а также диагностика состояния ГАК и взаимодействие с автоматизированным рабочим местом оператора.

На втором уровне управление обеспечивает программируемый логический контроллер.

Каждая единица оборудования имеет свою локальную систему управления, совокупность которых реализует систему управления первого уровня.

Диагностика состояния оборудования осуществляется посредством различных датчиков, расположенных на оборудовании.

3.5.1 Выбор программируемого логического контроллера

В качестве управляющего устройства второго уровня системы управления ГАК используется ПЛК SIMATIC S7-300. Он имеет модульную структуру, что обеспечивает гибкость разрабатываемой системы.

Конфигурируем ПЛК, исходя из выполняемых им задач, необходимо выбрать основные модули – блок питания, центральный процессор и вспомогательные – коммуникационные процессоры, модули ввода-вывода отсутствуют так как для организации приема данных используются промышленные сети. Для этого используем модуль HW-config программного пакета SIMATIC Manager:

- блок питания – PS 307 10A;
- модуль центрального процессора (CPU) – CPU 315-2;
- коммуникационные процессоры – CP 343-2 P – Asi-интерфейс;
- CP 343-1 IT – Industrial Ethernet;
- CP 342-5 – Profibus DP.

Конфигурация ПЛК представлена на рисунках 3.3 и 3.4.

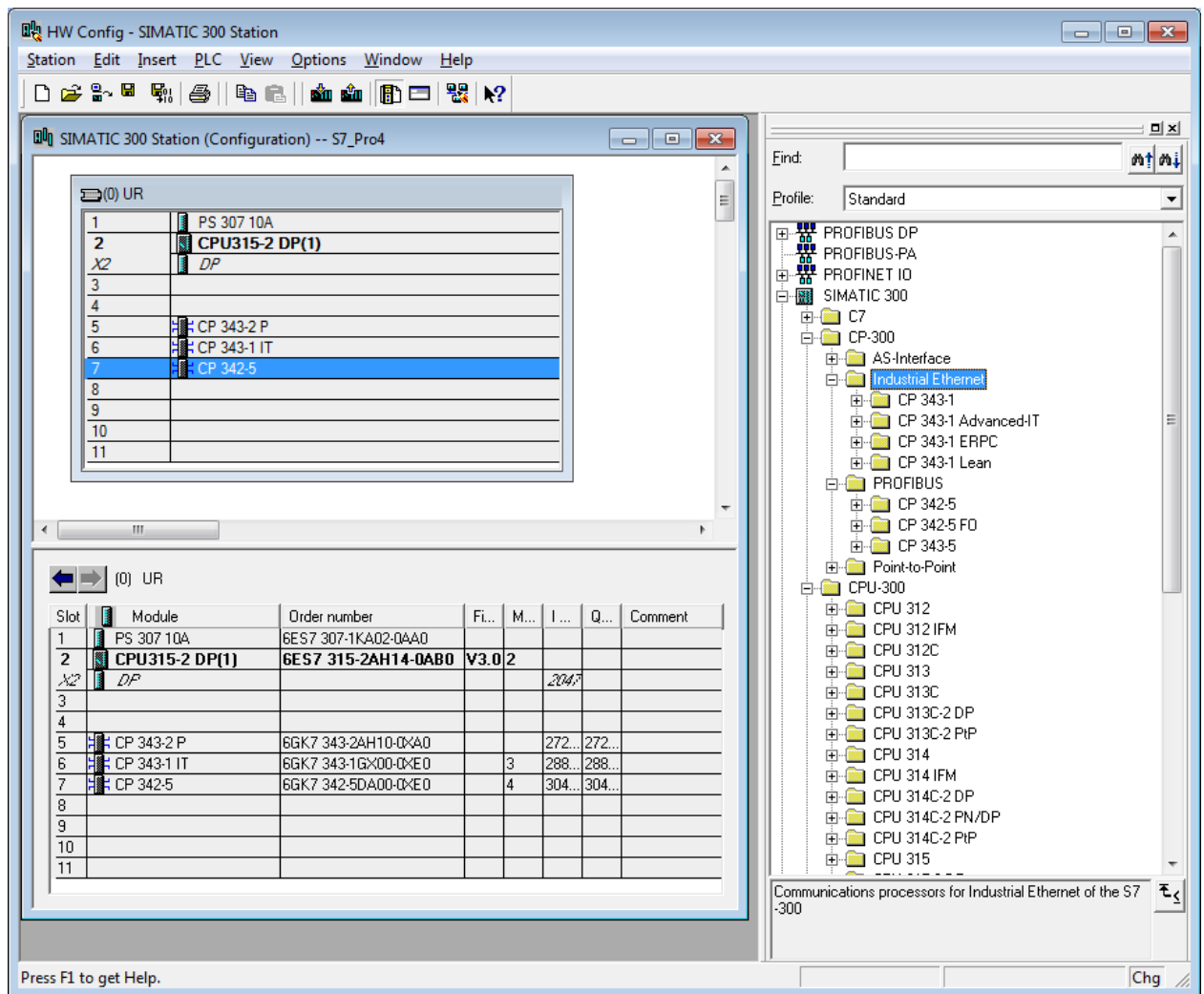


Рисунок 3.3 – Конфигурирование ПЛК в среде SIMATIC Manager

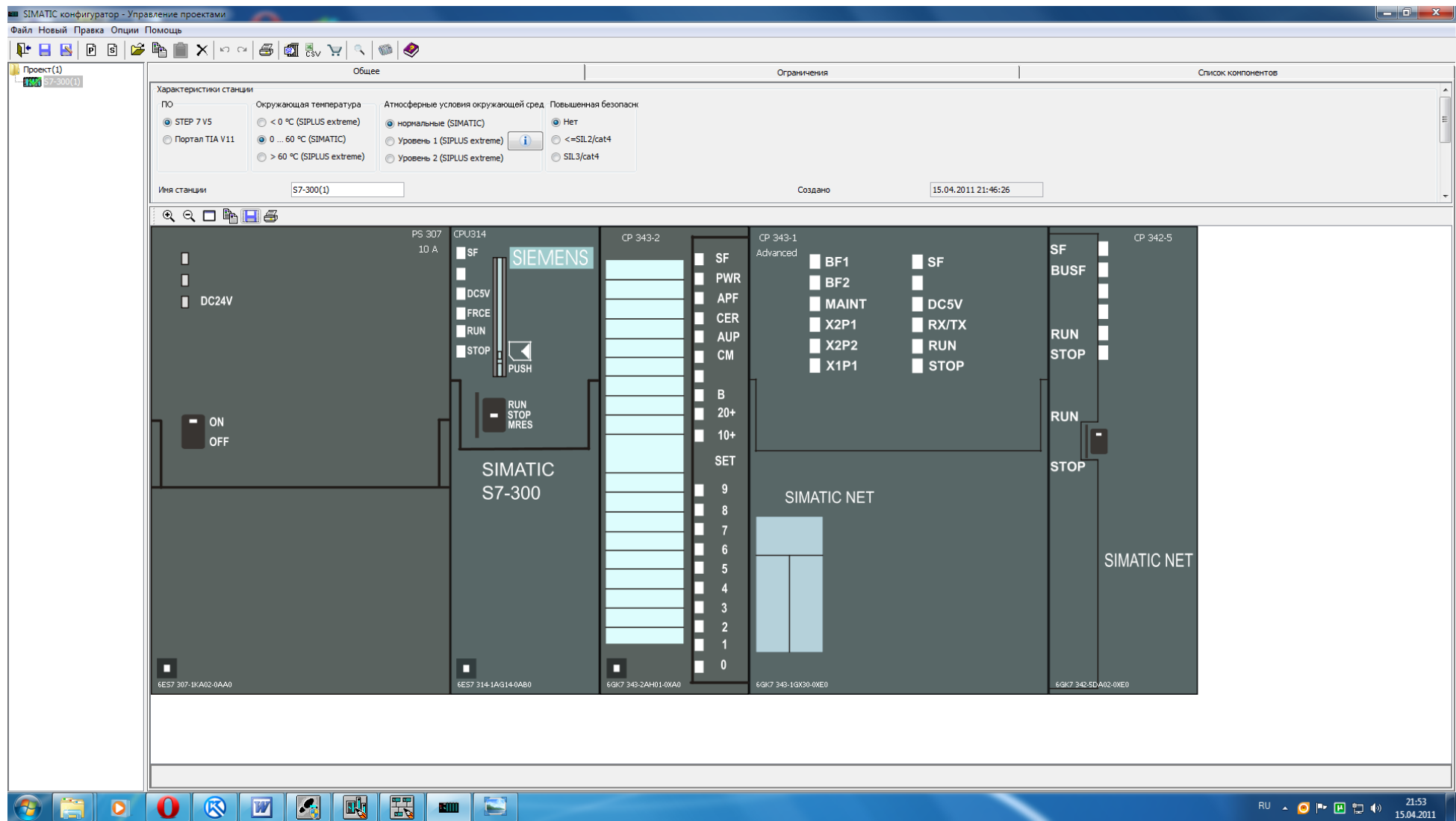


Рисунок 3.4 – Конфигурирование ПЛК в среде SIMATIC конфигуратор

3.5.2 Выбор промышленных сетей

Для обеспечения функционирования компонентов системы управления второго уровня и обмена информацией с системой управления нижнего уровня выбираем интерфейс Industrial Ethernet.

Интерфейс Profibus DP используем для организации сбора информации от системы управления нижнего уровня (СЧПУ станков и робота) и передачи её в контроллер.

ASi-интерфейс используем для сбора и передачи в систему управления информации от полевых устройств (датчики).

3.5.3 Выбор датчиков и вспомогательного оборудования

Для обеспечения второго уровня управления информацией о состоянии каждого технологического оборудования и ГАК в целом применяются датчики различного назначения и устройства.

Для ограждения рабочей зоны ГАК выбираем световые барьеры SIMATIC FS200 – это бесконтактные устройства защиты от доступа для опасных зон, опасных помещений и пунктов входа. При прерывании светового луча выдается сигнал прекращения опасного перемещения оборудования.

Для контроля наличия заготовок на позиции входа (загрузочное устройство) и обработанных деталей на позиции промежуточного стола выбираем концевые датчики 3SF3.

Для организации обмена информацией датчиков состояния станков и робота с контроллером используем станции распределенного ввода/вывода ET 200eso, которая обеспечивает ввод-вывод информации на основе PROFIBUS-DP.

4 Программирование систем ЧПУ Sinumerik 802c

4.1 Разработка управляющих программ

4.1.1 Операция 010 – токарная черновая левого конца

Станок – 16A20Ф3 с ЧПУ Siemens Sinumerik 802d-sl

Исходная технологическая информация для составления управляющей программы взята из раздела 1 – Разработка технологического процесса, геометрическая информация приведена на рисунке 4.1.

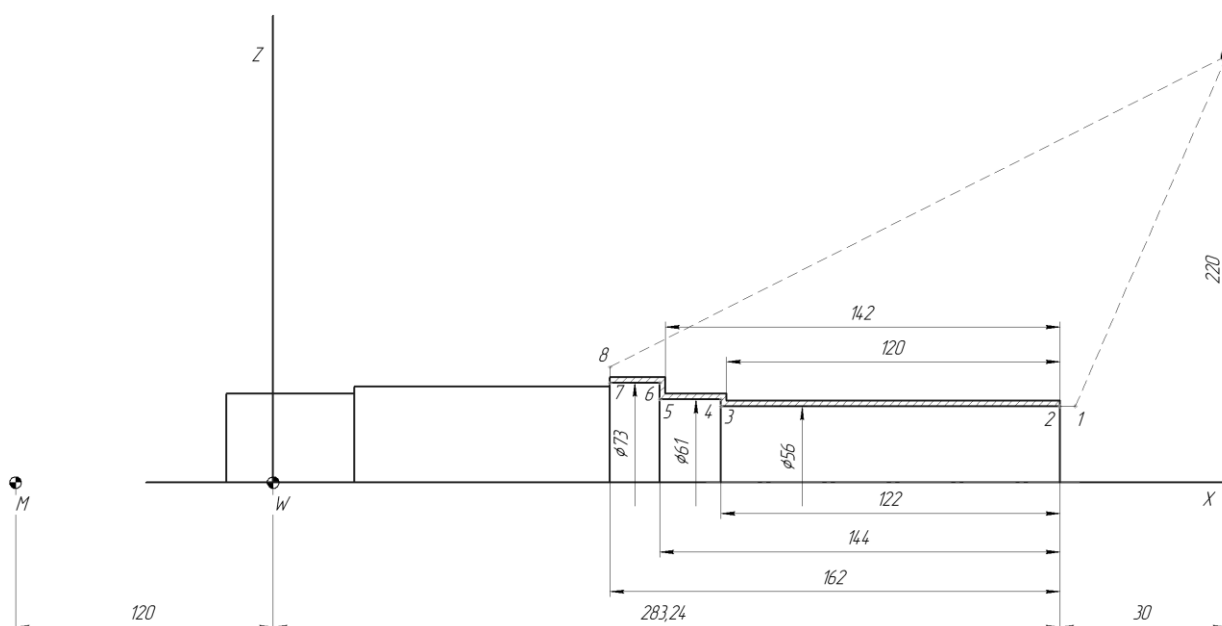


Рисунок 4.1 – операция 010

Управляющая программа:

Turn_010_MPF

N1 G74 X1=0 Z1=0

N5 G54 TRANS X120 Z0

N10 G90 G95 G18 T1 D1

N15 G96 S710 F0,5 M3 M8

N20 DIAM90

N25 G0 X56 Z288.5

N30 G25 X-2.5 Z120

N35 G26 X 45 Z 300

N36 WALIMON

N40 G1 G42 X56 Z283.24

N45 Z162.24
 N50 X61
 N55 G450 Z140.24
 N60 X73
 N65 G450 Z121.24
 N70 X80
 N75 WALIMOF M9
 N80 G40
 N85 G75 FP=1 X1=0 Z1=0
 N90 M5 M9 M30

4.1.2 Операция 015 – токарная черновая правого конца

Станок – 16A20Ф3 с ЧПУ Siemens Sinumerik 802d-sl

Исходная технологическая информация для составления управляющей программы взята из раздела 1 – Разработка технологического процесса, геометрическая информация приведена на рисунке 4.2.

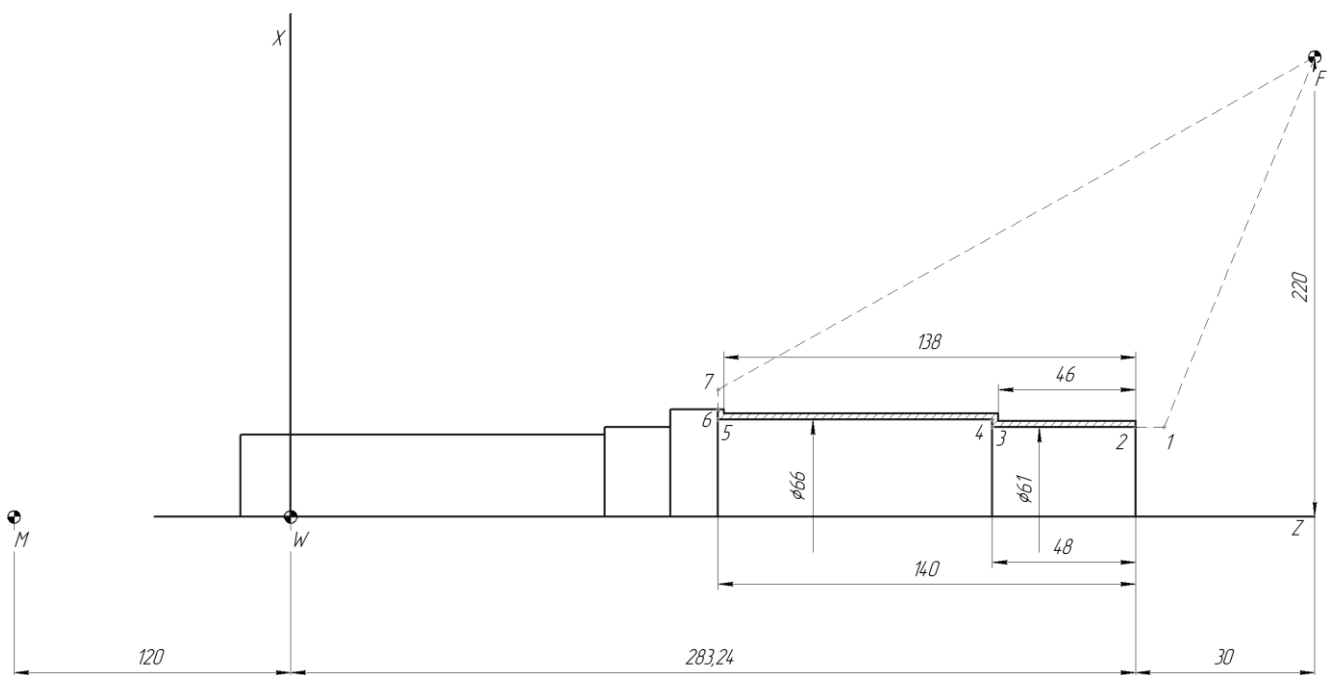


Рисунок 4.2 – операция 015

Управляющая программа:

Turn_015_MPF

N1 G74 X1=0 Z1=0

N5 G54 TRANS X120 Z0

N10 G90 G95 G18 T1 D1
 N15 G96 S710 F0.5 M3 M8
 N20 DIAM90
 N25 G0 X30.5 Z288.5
 N30 G25 X-2.5 Z120
 N35 G26 X 45 Z 300
 N36 WALIMON
 N40 G1 G42 X61 Z283.24
 N45 Z236.24
 N50 X66
 N55 G450 Z144.24
 N60 X80
 N75 WALIMOF M9
 N80 G40
 N85 G75 FP=1 X1=0 Z1=0
 N90 M5 M9 M30

4.1.3 Операция 020 – токарная чистовая левого конца

Станок – 16A20Ф3 с ЧПУ Siemens Sinumerik 802d-sl

Исходная технологическая информация для составления управляющей программы взята из раздела 1 – Разработка технологического процесса, геометрическая информация приведена на рисунке 4.3.

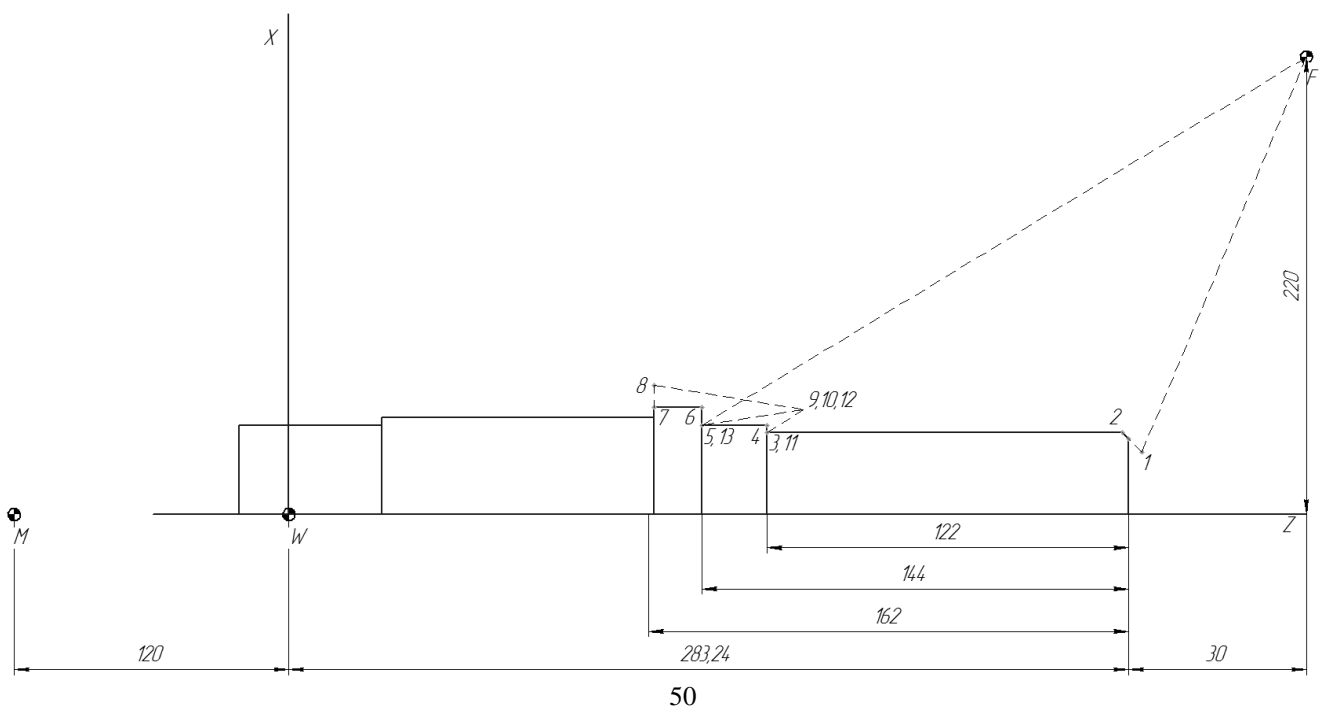


Рисунок 4.3 – операция 020

Управляющая программа:

Turn_020_MPF

N1 G74 X1=0 Z1=0

N5 G54 TRANS X120 Z0

N10 G90 G95 G18 T1 D1

N15 G96 S1800 F0.25 M3 M8

N20 DIAM90

N25 G0 X42 Z287.72

N30 G25 X-2.5 Z120

N35 G26 X 45 Z 300

N36 WALIMON

N40 G1 G42 X55,3 Z281.24

N45 G450 Z162.24

N50 X60,3

N55 G450 Z140.24

N60 X72,3

N65 G450 Z123.24

N70 X80

N75 WALIMOF M9

N80 G40

N85 G75 FP=1 X1=0 Z1=0

N90 T2 D1

N95 G0 X65 Z180

N100 G1 X55 Z161,24

N105 X65 Z 180

N110 X60 Z139,24

N115 X65 Z180

N120 G75 FP=1 X1=0 Z1=0

N90 M5 M9 M30

4.1.4 Операция 025 – токарная чистовая правого конца

Станок – 16A20Ф3 с ЧПУ Siemens Sinumerik 802d-sl

Исходная технологическая информация для составления управляющей программы взята из раздела 1 – Разработка технологического процесса, геометрическая информация приведена на рисунке 4.4.

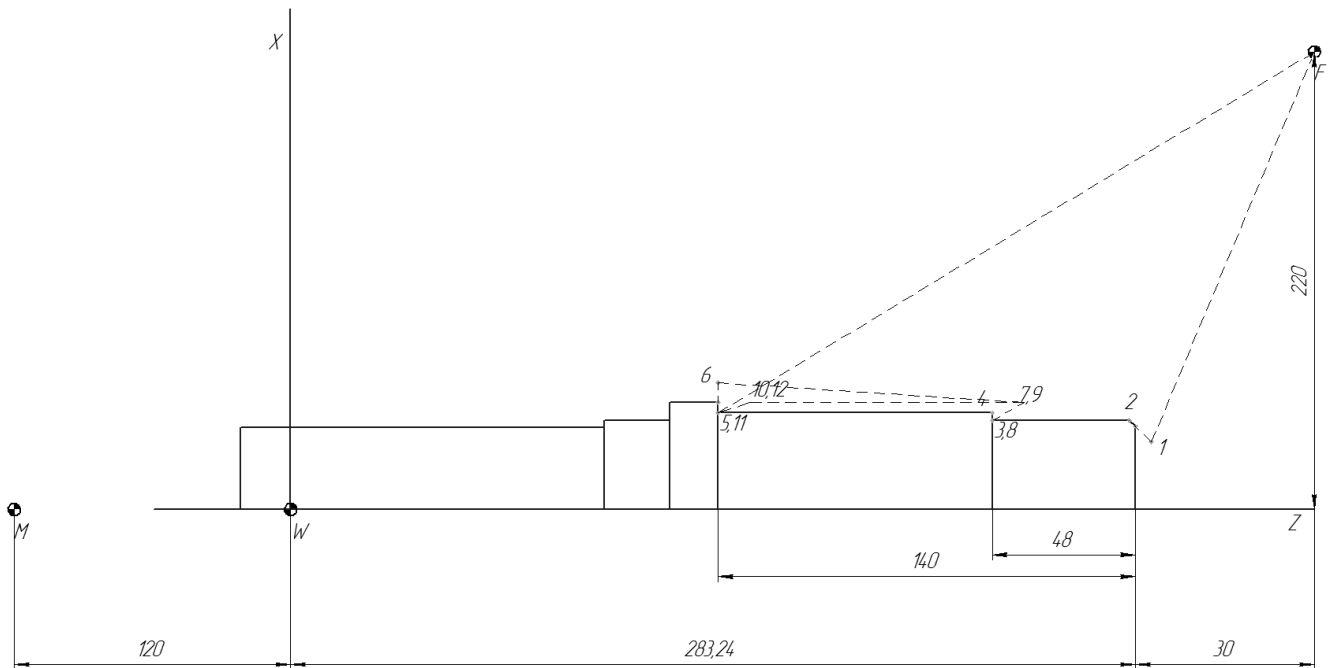


Рисунок 4.4 – операция 025

Управляющая программа:

Turn_020_MPF

N1 G74 X1=0 Z1=0

N5 G54 TRANS X120 Z0

N10 G90 G95 G18 T1 D1

N15 G96 S1800 F0.25 M3 M8

N20 DIAM90

N25 G0 X46 Z288.54

N30 G25 X-2.5 Z120

N35 G26 X 45 Z 300

N36 WALIMON

N40 G1 G42 X60,3 Z281.24

N45 G450 Z236,24

N50 X65,3

N55 G450 Z144.24

N60 X80

N75 WALIMOF M9

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
N110 G0 X70 Z150
N115 G1 X65 Z143.24
N120 X70 Z150
N125 G75 FP=1 X1=0 Z1=0
N90 M5 M9 M30

4.2 Моделирование процесса обработки в среде EMCО Win NC

Моделирование процесса обработки проведем для наглядной проверки правильности работы управляющих программ, для этого используем программный пакет EMCО Win NC, предназначенный для разработки и моделирования исполнения управляющих программ для систем ЧПУ Siemens Sinumerik 802, 810 и 840 серий. Моделирование проводится в двух режимах: 2D-simulation – показывает результирующую траекторию движения инструмента при обработке и 3D-simulation – показывает трехмерную модель детали после окончания обработки.

Результаты проведенного моделирования разработанных управляющих программ приведены ниже.

4.2.1 Операция 010 – токарная черновая левая конца

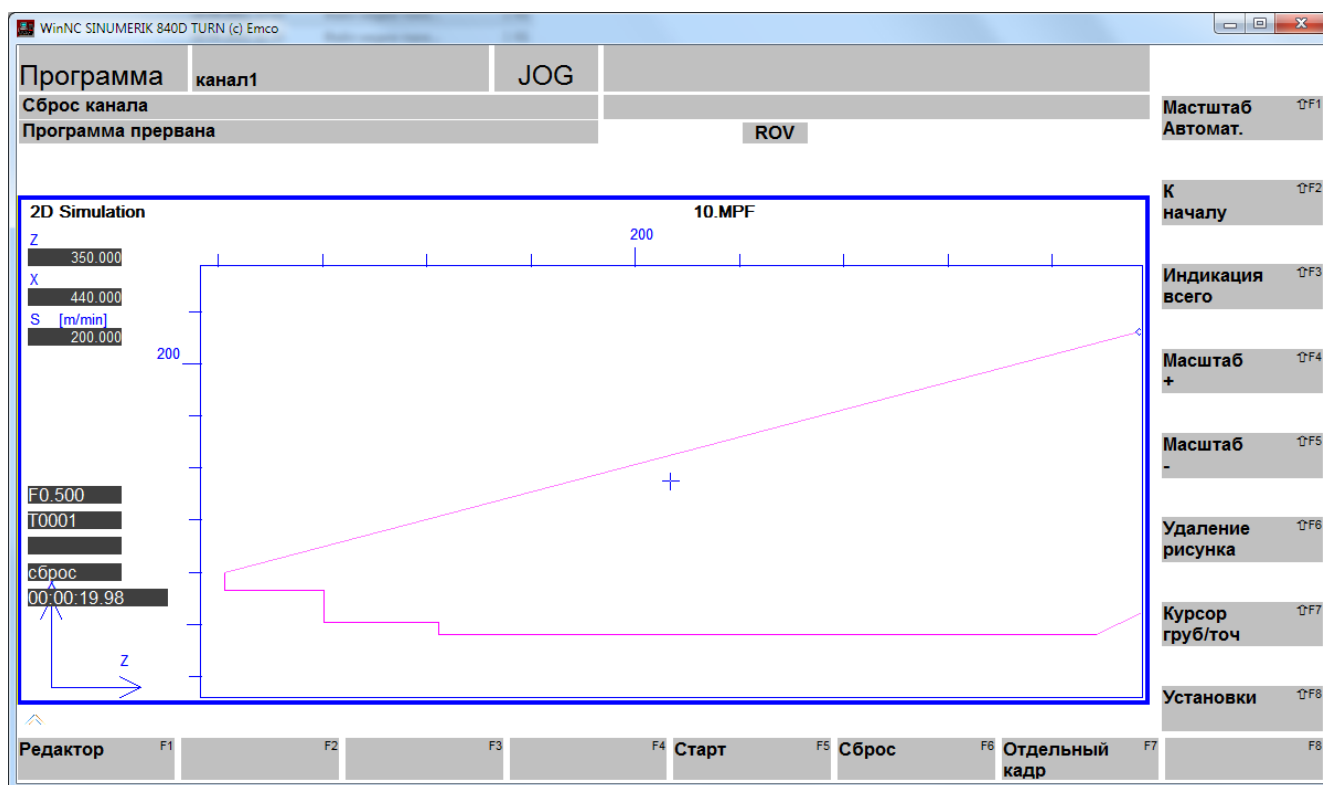


Рисунок 4.5 – Операция 010, режим 2D-Симуляции

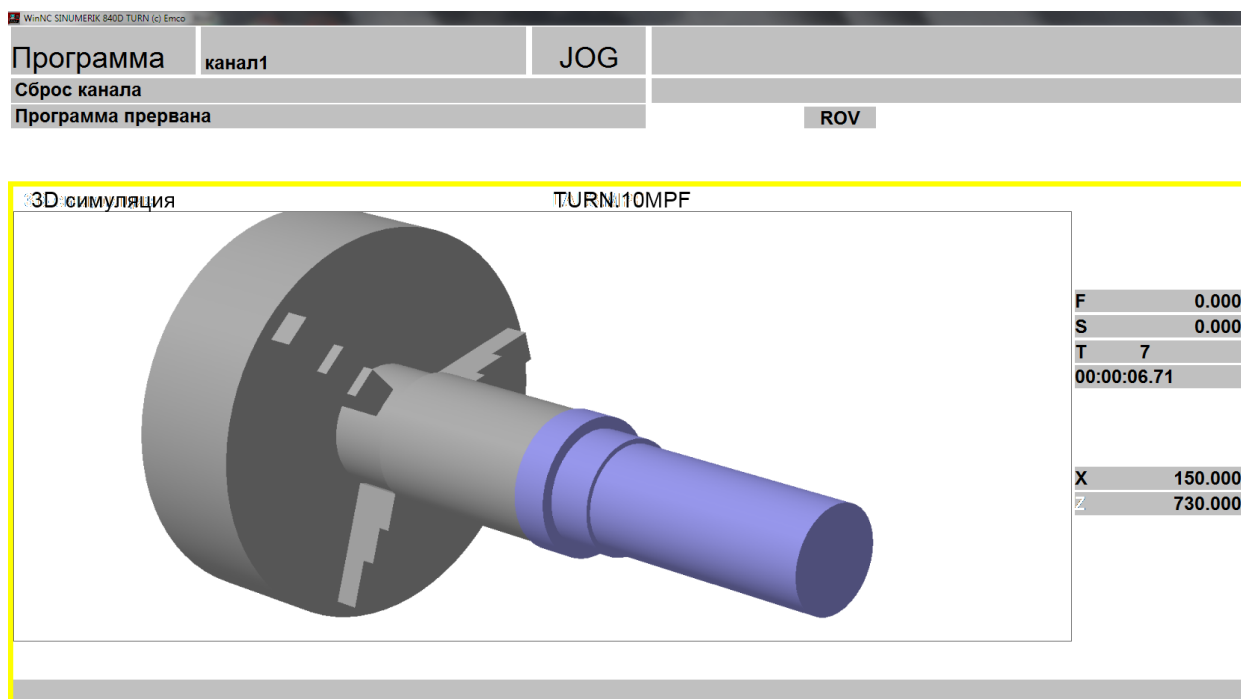


Рисунок 4.6 - Операция 010, режим 3D-Симуляции

4.2.2 Операция 015 – токарная черновая правого конца

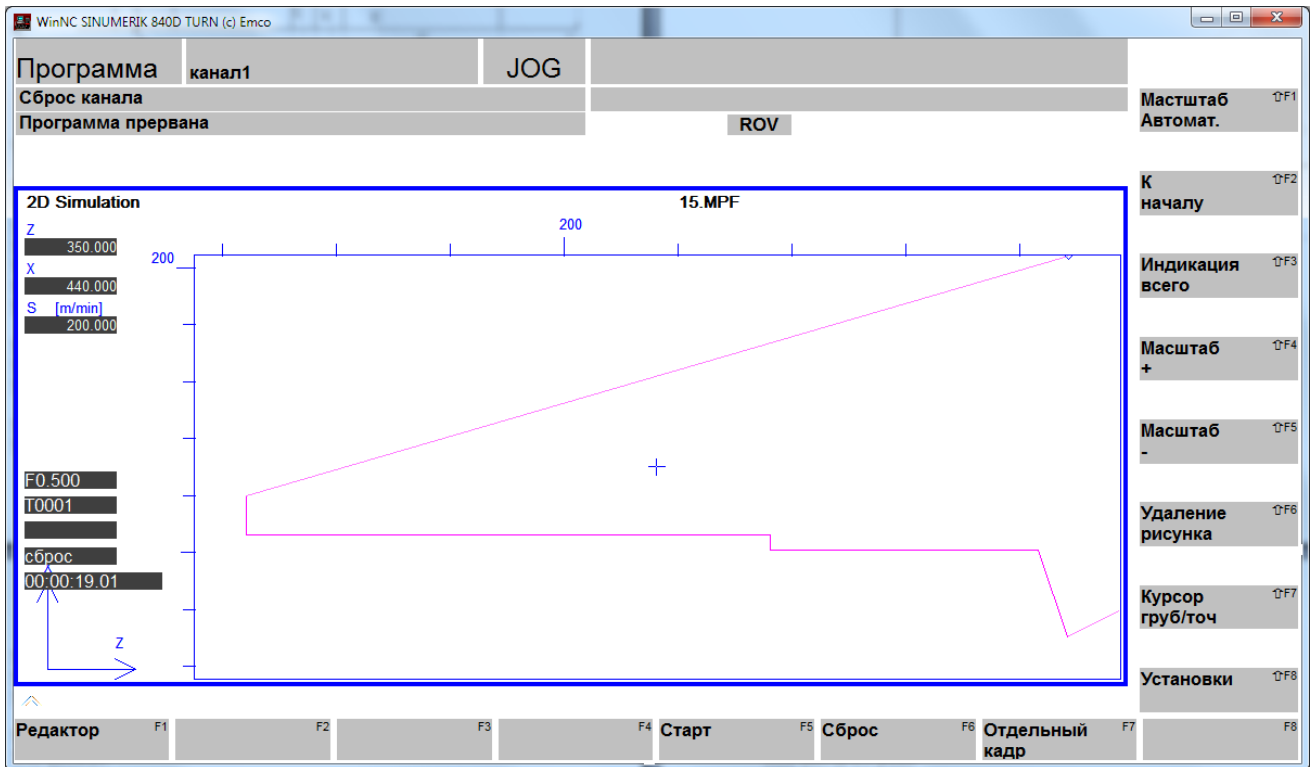


Рисунок 4.7 – Операция 015, режим 2D-Симуляции

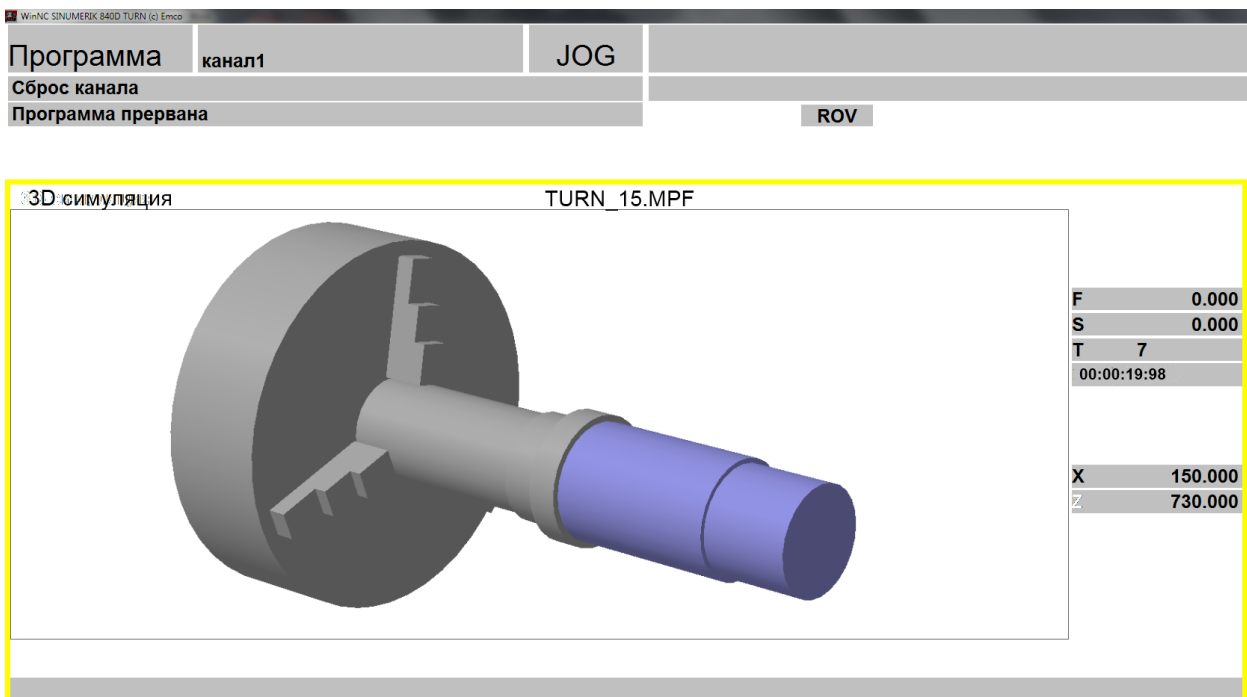


Рисунок 4.8 – Операция 015, режим 3D-Симуляции

4.2.3 Операция 020 – токарная чистовая левого конца

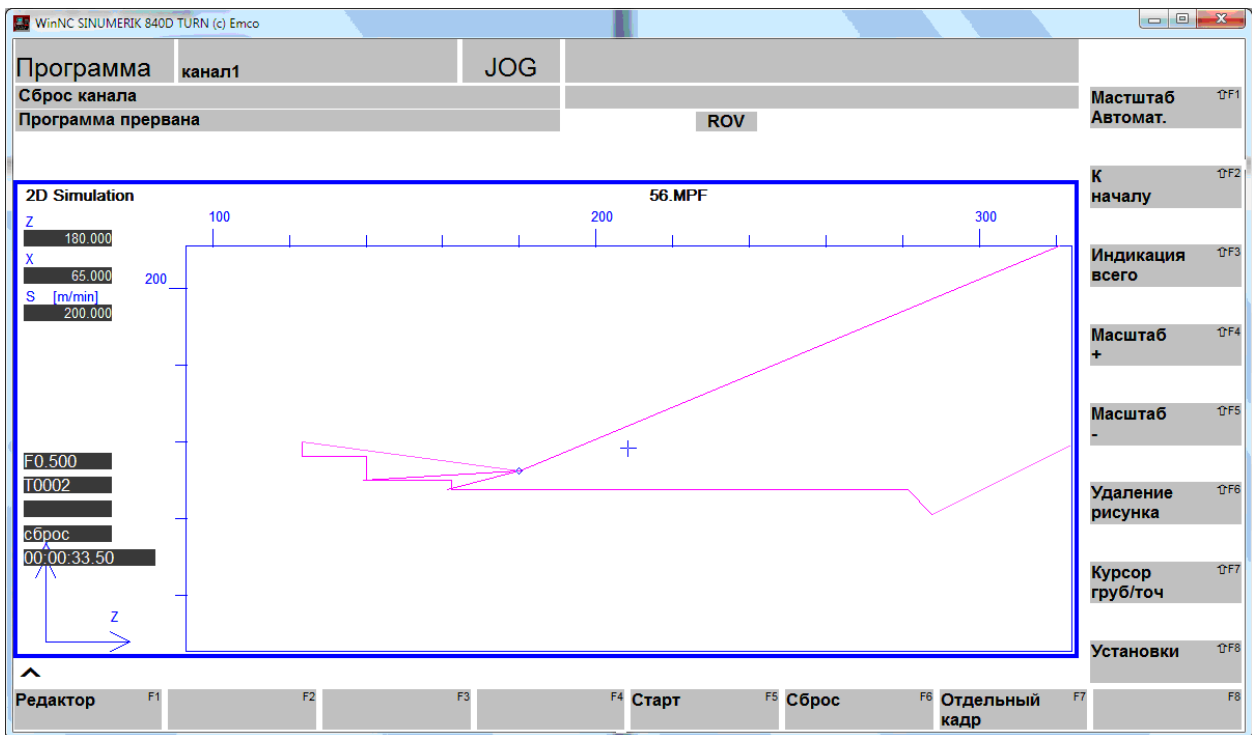


Рисунок 4.9 – Операция 020, режим 2D-Симуляции

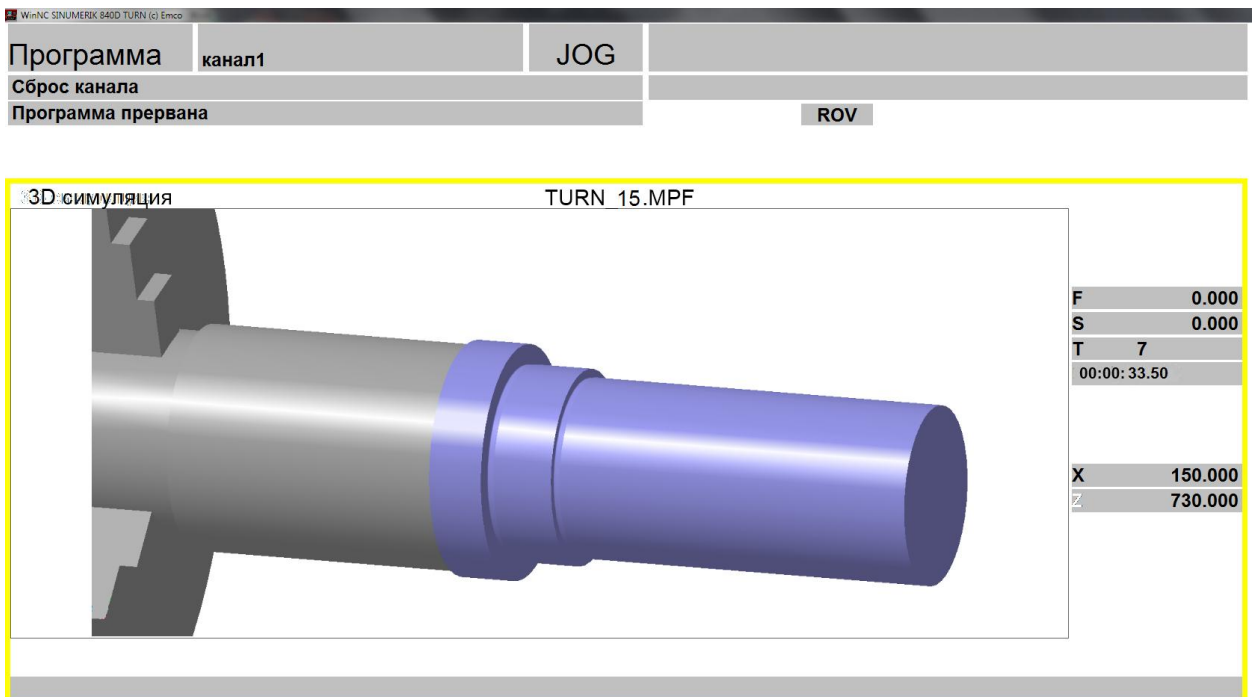


Рисунок 4.10 – Операция 020, режим 3D-Симуляции

4.2.4 Операция 025 – токарная чистовая правого конца

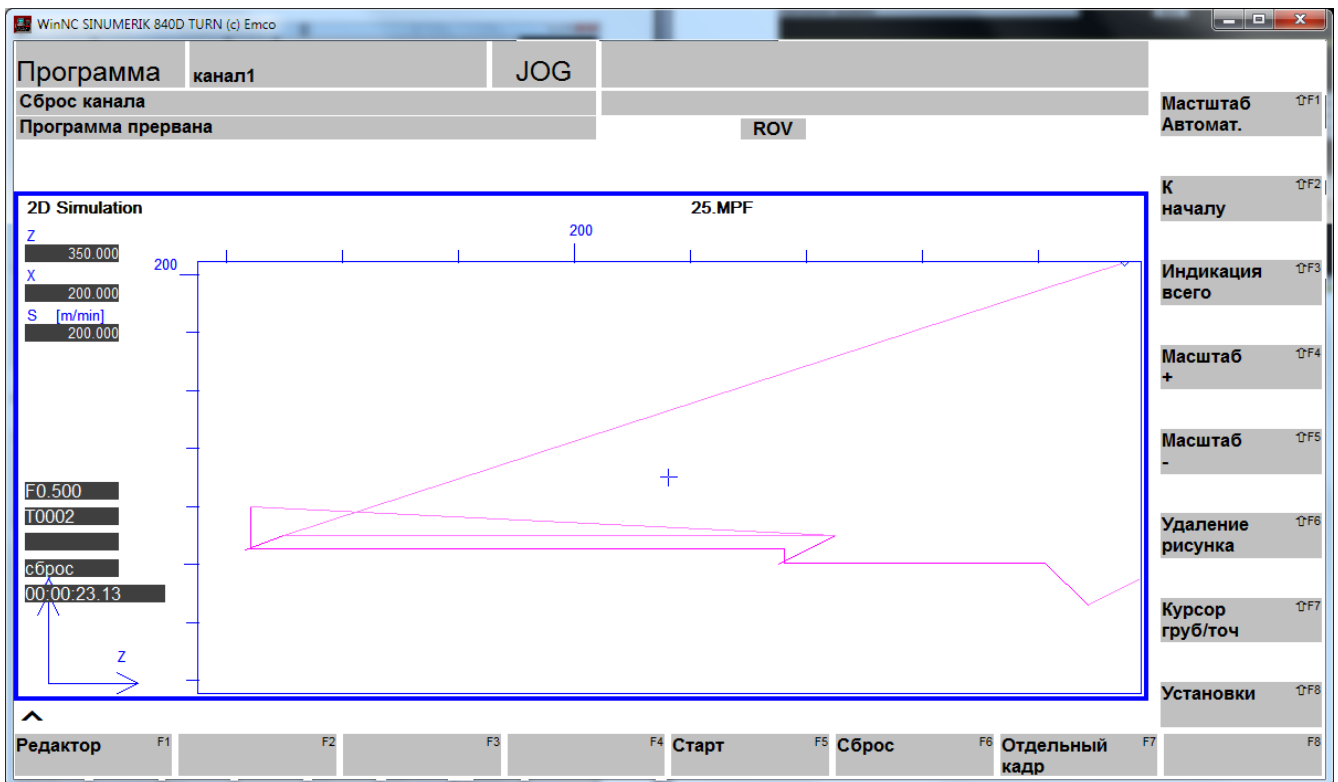


Рисунок 4.11 – Операция 025, режим 2D-Симуляции

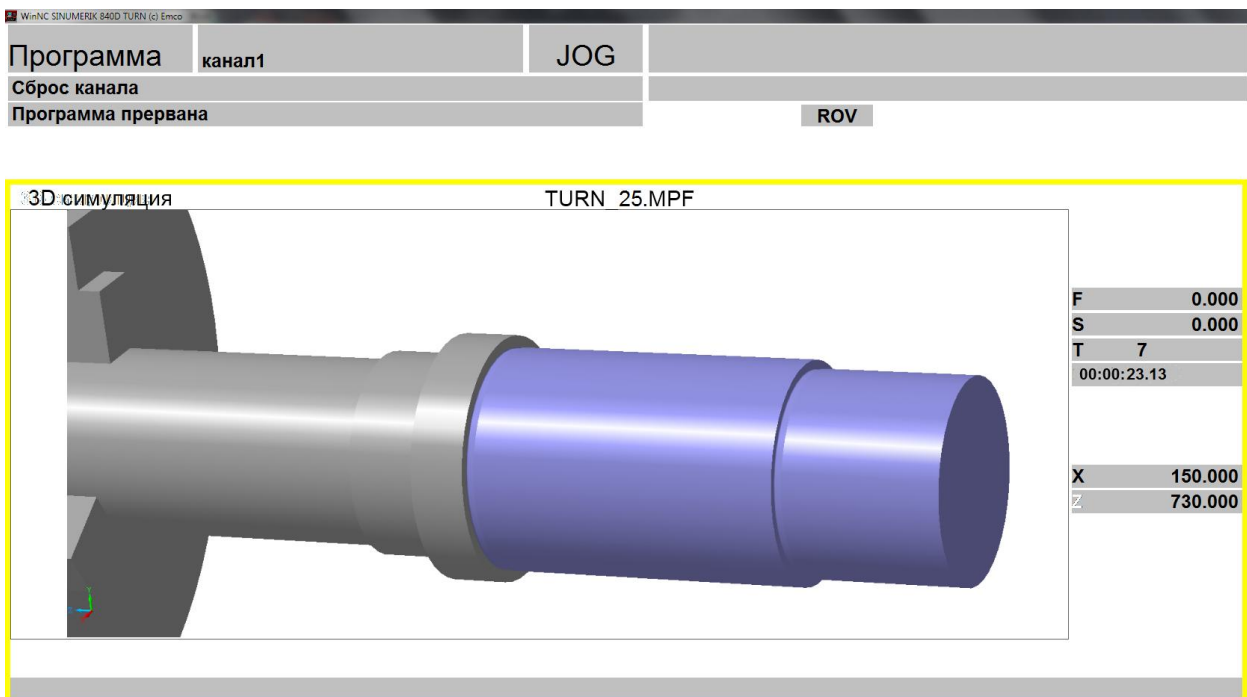


Рисунок 4.12 – Операция 025, режим 3D-Симуляции

Заключение

В ходе выполнения данной бакалаврской работы спроектирован гибкий автоматизированный комплекс. При этом автоматизирована загрузка и разгрузка станочного оборудования. Планировка ГАК проводилась с учетом требований производственной безопасности и доступности оборудования для обслуживания.

Разработана 3-ух уровневая система управления ГАК с выбором ее структуры, управляющих устройств и организации связи между ними.

Внедрение данного ГАК приведет к повышению уровня автоматизации работ, повышению гибкости произведенных систем, увеличению производительности труда и снижению себестоимости выпускаемой продукции.

Социальный эффект выразится в улучшении условий труда персонала, высвобождении человека от монотонных физически тяжелых и вредных работ и сокращении численности рабочих.

В ходе выполнения данной бакалаврской работы поставленная цель и задачи выполнены.

Список использованных источников

1. Афиатов Э.А. Планирование на предприятии: учеб. пособие / Э.А. Афиатов. - 2-е изд., переработ. и доп. - Мн.: выш. шк., 2005. - 302 с.
2. Бандаков, Б.Ф. Расчёт и проектирование зубчатых и червячных передач: Учебное пособие для выполнения курсового проекта / Б.Ф. Бандаков. – М.: МГИУ, 2006. – 148 с.
3. Барановский, Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник / Ю.В. Барановский. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М., Машиностроение, 1995 г., 320 с.
4. Белоусов, А.П. Проектирование станочных приспособлений: Учеб пособие для учащихся техникумов. / А.П. Белоусов.; 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Высш.школа, 1980, 240 с
5. Боровков, В.М. Разработка и проектирование чертежа штамповки. Метод. Указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990 г.
6. Вороненко, В.П. Проектирование автоматизированных участков и цехов: Учеб. для машиностроит. спец. вузов/В.П. Вороненко, В.А. Егоров и др.;2000 – 272 с.
7. Гибкие производственные комплексы / под. ред. П.Н. Беянина. — М.: Машиностроение, 1984. — 384с.
8. Глухов, Б. В. Прикладная механика: учебное пособие / сост. Б. В. Глухов, Д. С. Воронцов. – М. – Берлин: Директ-Медиа, 2016. – 188 с.
9. Горбачевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. Пособие для вузов. / А.Ф.Горбачевич, В.А. Шкред; 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с 4-го издания. – М: ООО ИД «Альянс», 2007.- 256 с.
10. Гордеев, А.В. Выбор метода получения заготовки. Метод, указания / А.В. Гордеев, - Тольятти, ТГУ, 2004.-9 с.
11. Гордон, А. МАвтоматизированное проектирование технологических процессов/ А.П. Сергеев, В.П. Смоленцев и др. Воронеж; ВГУ, 1986. 196 с.
12. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.
13. Добрыднев, И.С. Курсовое проектирование по предмету "Технология машиностроения" / И.С. Добрыднев, - М: Машиностроение 1985, 184 с.
14. Клепиков, В.В. Качество изделий: Учебное пособие. 3-е изд., дополненное и переработанное / В.В. Клепиков, В.В. Порошин, В.А. Голов. – М.: МГИУ, 2008. – 288 с.
15. Клепиков, В.В. Технология машиностроения. Технология гибких производственных систем: учебное пособие/ В.В. Клепиков, В.Ф. Солдатов, В.И. Панчишин. – М.: МГИУ, 2010. – 135 с.

16. Костюк, Г.И. Роботизированные технологические комплексы / Г.И. Костюк, О.О. Баранов, И.Г. Левченко, В.А. Фадеев — Учеб. Пособие. — Харьков. Нац. аэрокосмический университет «ХАИ», 2003. — 214с.
17. Максименко, А.Е. Проектирование цехов листовой и объемной штамповки (Организационно-экономическая часть): Учеб. Пособие / А.Е. Максименко, О.Н. Герасина, И.А. Гусев; под общ. Ред. В.Н. Субича, 2-е изд., стереотип. – М.: МГИУ, 2008. – 200 с.
18. Металлорежущие системы машиностроительных производств: Учебное пособие для вузов/ Под ред. О.В. Таратынова. 2-е изд., доп. и перераб. – М.: МГИУ, 2006. – 488 с.
19. Нефедов, Н.А. Дипломное проектирование в машиностроительных техникумах: Учеб. Пособие для техникумов 2-е изд. перераб. и доп./ Н.А. Нефедов, - М.: Высш. Школа, 1986-239 с.
20. Нефедов, Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту Учеб. Пособие для техникумов по предмету "Основы учения о резании металлов и режущий инструмент" 4-е изд. перераб. и доп. / Н.А.. Нефедов, - М., Машиностроение, 1984 г.- 400 с.
21. Рыжов, Э.В. Оптимизация технологических процессов механической обработки/ В.И. Аверченков, - К.: Наук. думка, 1989. 192 с.
22. Субич, А.Е. Проектирование кузнечных и листоштамповочных цехов: Учебное пособие/ Е.И. Семёнов, В.Н. Субич, А.Е. Феофанова. – М.: МГИУ, 2008. – 252 с.
23. Сибикин, М.Ю. Основы проектирования машиностроительных предприятий. Учебное пособие/ М.Ю. Сибикин, Ю.Д. Сибикин. – М.: Директ-Медиа, 2014. - 260 с.
24. Скопинский, В.Н. Практическое руководство к расчётам по сопротивлению материалов: Учебное пособие/ В.Н. Скопинский. – М.: МГИУ, 2010. – 240 с.
25. Свистунов, В.Е. Кузнечно-штамповочное оборудование. Кривошипные прессы: Учебное пособие/ В.Е. Свистунов. – М.: МГИУ, 2008. – 698 с.
26. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 1/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 912 с.
27. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 2/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 944 с.
28. Управление робототехническими системами и гибкими автоматизированными производствами / под. ред. Н.М. Макарова, — М.: Радио и связь, 1981, ч.3 — 156с.
29. Шинукевич, Е.А. Организация производства на предприятии; Учеб. - метод. комплекс/ Н.В. Шинукевич, Е.А. Зубелик, Ю.В. Карпилович. - Мн.: Издательство МИУ, 2004. - 151 с.
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. 2007.
31. J. D. Garrison, "A program for calculation of solar energy collection by fixed and tracking collectors," Sol. Energy, vol. 72, no. 4, pp. 241-255, 2002

32. S. Rahman, "Green power: what is it and where can we find it?" IEEE Power and Energy Magazine, vol. 1, no. 1, pp. 30-37, 2003.
33. L. A. Zadeh, "Fuzzy Algorithms," Inform. and Contr., vol. 12, pp. 94-102, 1968.
34. 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.