

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

Институт энергетики и электротехники

(наименование института полностью)

Кафедра « Промышленная электроника »

(наименование кафедры)

27.03.04 Управление в технических системах

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Системы и технические средства автоматизации и управления

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Гибкий автоматизированный комплекс обработки вторичного вала

Студент

И.В. Тарасов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

О.Ю. Копша

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

Д.Г. Токарев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Н.В. Яценко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой

к.т.н., доцент, А.А. Шевцов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ »

20 _____ г.

Тольятти 2018__

Аннотация

Бакалаврская работа по теме «Гибкий автоматизированный комплекс обработки вторичного вала»

Объем 64 с., 18 рис., 17 табл., 20 источников.

Целью бакалаврской работы является проектирование гибкого автоматизированного комплекса.

Задачи работы заключались в проектировании наиболее выгодной компоновки основного и вспомогательного технологического оборудования, подборе технологического оборудования для обработки и транспортирования детали, разработке алгоритма работы ГАК, расчёте пространственных и временных параметров работы ГАК, разработке человеко-машинного интерфейса и архитектуры системы управления ГАК.

Бакалаврская работа состоит из введения, семи глав, в которых решены вышеперечисленные задачи, и заключения. С помощью программного пакета CodeSys разработан человеко-машинный интерфейс.

Abstract

The title of the graduation work is The Flexible Automated Complex of the Driven Shaft Treatment

The object of the graduation work is designing of a flexible automated processing complex of a driven shaft. The much attention is also drawn to the creation and selection of the most suitable equipment layout, on which the processing time of the part would be minimal. We first consider how to process the part the material from which it we also made, we then choose the equipment that would be suitable for the tasks calculate the amount of necessary equipment and design the layout of the equipment, as well as the sequence of the treatment. The issues of designing the technological process treatment of the parts and equipment selection highlighted in the project's general part. The special part of the project gives details about the layout of the equipment, the flowchart of the program and frequency issue of the parts. We also consider a robot that will serve the equipment, namely machines. We then calculate the treatment time of one part on each machine and the time the robot moves this part.

In conclusion we'd like to stress all the tasks for the design of a flexible automated processing complex of the driven shaft were performed.

Содержание	
Введение	6
1 Краткое описание технологического процесса	7
1.1 Анализ служебного назначения детали	7
1.2 Классификация поверхностей детали	8
2 Описание технологического маршрута и плана обработки	10
2.1 Технологические базы	10
2.2 План обработки	10
2.3 Краткое описание технологического процесса	11
3 Выбор оборудования	12
3.1 Токарно-винторезный станок AC16M20Ф3	12
3.2 Фрезерно-центровальный станок XZK8230-3000	15
3.3 Зубофрезерный станок YK3150	17
3.4 Круглошлифовальный станок KEL-VARIA UR 175/1000	19
3.5 Портальный робот Fanuc R-2000 iB/200T	20
4 Проектирование ГАК	22
4.1 Компоновка 1	23
4.1.1. Описание ГАК	24
4.1.2 Алгоритм работы	24
4.1.3 Расчёт коэффициентов загрузки и времени	29
4.2 Компоновка 2	31
4.2.1 Алгоритм работы	32
4.2.2 Расчёт коэффициентов загрузки и времени	36
4.3 Компоновка 3	38
4.3.1 Алгоритм работы	39

4.3.2 Расчёт коэффициентов загрузки и времени	43
5 Разработка человеко-машинного интерфейса	45
6 Разработка архитектуры системы управления ГАК	48
6.1 Задачи для организации работы ГАК	48
6.2 Входные и выходные данные для системы управления	49
6.3 Выбор программируемого контроллера	53
6.4 Выбор датчиков	55
6.5 Подбор сетевых устройств	57
6.6 Выбор промышленных сетей	59
Заключение	62
Список используемой литературы	63

Введение

Переход к автоматизированному изготовлению деталей захватило многие области хозяйства, а также и машиностроение.

В базе автоматизации действий находится неполное, либо абсолютное отстранение лица от непосредственного участия в процессе производства. В данный момент, производства, которые смогут быстро переналаживаться на выпуск другой продукции, будут наиболее прогрессивны. Развитие автоматизации на преждевременных стадиях характеризовалось отсутствием мобильности. Индивидуальные и мелкосерийные производства остались почти неавтоматизированными. Как раз-таки по этой же причине появилась сознательно новейшая теория автоматизированного производства (гибкий автоматизированный комплекс).

Гибкий автоматизированный комплекс (ГАК) – автоматизированные научно - технические концепции, содержащие станки с управлением, механические базы, связанные с микроскопическими электронно-вычислительными машинами, оснащенные конкретным комплектом распоряжающихся проектов и обеспечивающие автоматизацию многономенклатурного машиностроительного изготовления.

1 Краткое описание технологического процесса

1.1 Анализ служебного назначения детали

Данная деталь – вторичный вал, относящаяся к группе цилиндрических изделий. Главное предназначение вала – передавать крутящий момент. Вал ступенчато-переменного сечения (имеет 4 ступени), внутри сплошной. На третьей ступени вала находятся шлицы прямоугольного профиля с центрированием по наружному диаметру. Допуск полного радиального биения цилиндрической поверхности наружного диаметра шлицев допускается не более 0,08 мм.

Высокие требования по точности предъявляются тем ступеням вала, которые соприкасаются непосредственно с подшипниками (цапфам). Нагрузки, которые воспринимаются валом, передаются через опорные устройства – подшипники, которые устанавливаются на цапфах вала, на корпуса, рамы или станины машин. При серийном производстве заготовок валов получают методом горячей штамповки.

Сталь 45 относится к конструкционным углеродистым качественным сталям. Благодаря высокой выносливости и терпимости к значительным перепадам температуры, сталь 45 применяется при производстве редукторов. Сталь 45 является относительно дешёвым металлом, что позволяет производить из неё и цепные приводные звёздочки.

В таблице 1 приведен химический состав стали 45 в процентах.

Таблица 1 – Химический состав в % стали 45

Химический состав									
Fe, %	C, %	Si, %	Cr, %	Mn, %	Ni, %	Cu, %	P, %	S, %	As, %
до 97	0.42 – 0.5	0.17 – 0.37	до 0.25	0.5 – 0.8	до 0.25	до 0.25	до 0.035	до 0.04	0.08

В таблице 2 представлены механические свойства стали 45

Таблица 2 – Механические свойства в % стали 45

Механические свойства					
t испытания, °С	s _{0,2} , МПа	s _B , МПа	d, %	y, %	KCU, Дж/м ²
Нормализация					
200	340	690	10	36	64
300	255	710	22	44	66
400	225	560	21	65	55
500	175	370	23	67	39
600	78	215	33	90	59

1.2 Классификация поверхностей детали

Исходные данные в виде эскиза чертежа детали (рисунок 1).

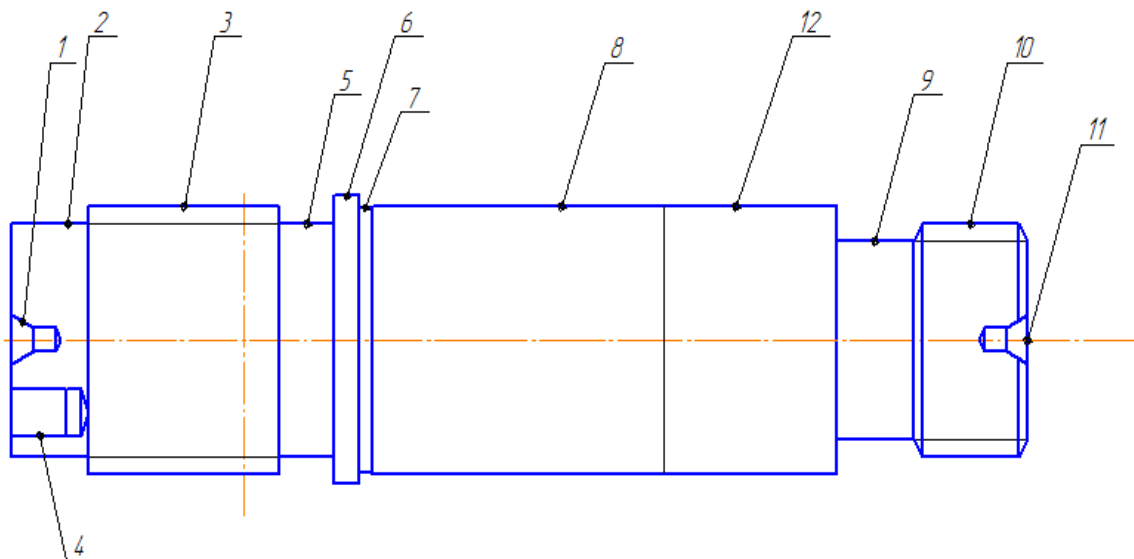


Рисунок 1 – Эскиз детали «Вторичный вал»

- 1) база;
- 2) базирующая поверхность;
- 3) опорная поверхность;
- 4) резьбовая поверхность для крепежа;

- 5) свободная поверхность;
- 6) базовая поверхность для ограничения перемещения частей;
- 7) свободная поверхность;
- 8) опорная поверхность;
- 9) свободная поверхность;
- 10) резьбовая поверхность для крепления блока;
- 11) база;
- 12) опорная поверхность.

2 Описание технологического маршрута и плана обработки

2.1 Технологические базы

Выбор технологических баз зависит от конструкций как заготовки, так и готовой детали, ну а также от применяемого оборудования. Черновой базой является наружная поверхность вращения, а чистовой базой является центровые отверстия и торец.

2.2 План обработки

В таблице 3 представлены методы обработки для всех поверхностей детали.

Таблица 3 – Методы обработки поверхностей

Поверхность	Шероховатость, R	№	Метод обработки
∅ 99	2	0	Заготовка
		1	Черновое точение
		2	Чистовое точение
∅ 92	0,8	0	Заготовка
		1	Черновое точение
		2	Чистовое точение
		3	Тонкое точение
∅ 92	1,6	0	Заготовка
		1	Цилиндрическое Фрезерование чистовое
		2	Шлифование
∅ 80	2	0	Заготовка
		1	Черновое точение
		2	Чистовое точение
∅ 80	0,8	0	Заготовка
		1	Черновое точение
		2	Чистовое точение
		3	Тонкое точение
		4	Сверление
∅ 80	1,6	0	Заготовка
		1	Шлифование
11	2	0	Заготовка
		1	Сверление
∅ 68	2	0	Заготовка
		1	Черновое точение
		2	Чистовое точение

2.3 Краткое описание технологического процесса

Технологический маршрут является последовательностью операций и составом технологического оборудования. Эффективность и качество детали зависят, как раз-таки от того, как построен технологический маршрут.

В таблице 4 представлен технологический маршрут обработки детали.

Таблица 4 – Технологический маршрут обработки поверхностей детали

№	Наименование операции	Технологическая база	Оборудование	Инструмент	Время, мин.
005	Сверление (поверхности – 1,4,11)	Центровые отверстия	Токарно-винторезный станок АС16М20Ф3	Резец проходной прямой из пластин твёрдого сплава. Сверло короткой серии с цилиндрическим хвостиком	0,855
010	Точение и фрезерование (поверхности - 2,3,5,6,7,8,9)	Торцы и центровые отверстия	Фрезерно-центровальный станок ХЗК8230-3000	Две торцевые фрезы, два центровочных сверла.	2,4
015	Цилиндрическое фрезерование чистовое	Шлицы	Зубофрезерный станок с ук3150	Цилиндрическая фреза	1,33
020	Шлифование	Шлицы и торцы	KEL-VARIA UR 175/1000	Шлифовальный круг прямого профиля	1,01

3 Выбор оборудования

Для проектирования необходимого нам ГАК, необходимы следующие виды станков:

- 1) Токарно-винторезный станок АС16М20Ф3 (1 шт.)
- 2) Фрезерно-центровальный станок ХЗК8230-3000 (3 шт.)
- 3) Зубофрезерный станок УК3150 (2 шт.)
- 4) Круглошлифовальный станок KEL-VARIA UR 175/1000 (2 шт.)
- 5) Для обслуживания данных станков выбираем порталый робот Fanuc R-2000 iB/200T.

3.1 Токарно-винторезный станок АС16М20Ф3

На рисунке 2 изображен токарно-винторезный станок.



Рисунок 2 – Токарно-винторезный станок АС16М20Ф3

Токарно-винторезный станок с ЧПУ модели АС16М20Ф3 (рисунок 1) относится к универсальному технологическому металлорежущему оборудованию и используется на различных металлообрабатывающих предприятиях в условиях мелкосерийного и серийного производства. Класс точности Н ГОСТ 8-82. Станок применяется для токарной многооперационной обработки в замкнутом полуавтоматическом цикле наружных и внутренних поверхностей деталей типа тел вращения со ступенчатым и криволинейным

профилем, а также для нарезания различных резьб: фронтальных, цилиндрических, конических, цилиндрическо-конических с постоянным и переменным шагом как в патроне, так и в центрах. Станок оборудован механизированным 3-х кулачковым патроном диаметром 250 мм и механизированным приводом пиноли задней бабки. Станок оснащен устройством ЧПУ NC-201Mc вводом программы обработки изделия с клавиатуры, флэш-накопителя USB (2 канала), последовательного порта RS232 (COM1), сети Ethernet 10/100Мбит/с, FDD (флоппи дисковод). Вид климатического исполнения - УХЛ4 ГОСТ 15150-69. Нижнее рабочее значение температуры окружающего воздуха должно быть не ниже +1°C, верхнее рабочее значение температуры окружающего воздуха - не выше +35°C, относительная влажность должна быть не более 80% при 20°C. Значение рабочих температур с сохранением норм точности от 10°C до 30°C Запыленность помещения должна быть в пределах санитарной нормы.

В таблице 5 описаны технические характеристики токарно-винторезного станка.

Таблица 5 – Технические характеристики станка

Наименование параметра	Значение
1 Класс точности по ГОСТ 8-82	Н
2 Основные размеры	
2.1 Предельные размеры устанавливаемой заготовки, мм	
диаметр	445
длина	1000
2.2 Предельные размеры обрабатываемых поверхностей, мм	
длина	850
диаметр над станиной	400
2.3 Конец шпинделя по ГОСТ 12593-93	6
2.4 Центр в шпинделе с конусом Морзе по ГОСТ 13214-79	7032-0043
2.5 Диаметр цилиндрического отверстия в шпинделе, мм, не менее	55

2.6 Высота устанавливаемого резца, мм, не менее	25
---	----

Продолжение таблицы 5

3. Дополнительные параметры	
3.1 Центр в пиноли задней бабки с конусом Морзе по ГОСТ 13214-79	7032-0039
3.2 Наибольшая длина перемещения, мм, не менее	
пиноли	150
задней бабки (поперечное смещение)	±15
4. Пределы программируемых подач, мм/об	
продольные	0,01 - 40
поперечные	0,005 - 20
5. Максимальная скорость рабочей подачи, мм /мин (мм/об)	
продольная	2000 (2,8)
поперечная	1000 (1,4)
6. Скорость быстрых перемещений, не менее, мм /мин.	
продольная	6000
поперечная	5000
7. Дискретность перемещений, мм	
продольная	0,01
поперечная	0,01
8. Количество позиций автоматической поворотной головки	
	8
9. Наибольший крутящий момент на шпинделе, Нм (кгм)	
	1000 (100)
10. Предельные диаметры сверления, мм	
по чугуну	28
по стали	25
11. Мощность привода главного движения, кВт	
	11
12. Суммарная мощность электродвигателей, установленных на станке, кВт	
	21,4
13. Габаритные размеры, мм	

длина	5150
ширина	1700

Продолжение таблицы 5

высота	1950
14. Масса, кг, не более	4000

3.2 Фрезерно-центровальный станок XZK8230-3000

На рисунке 3 изображён фрезерно-центровальный станок.



Рисунок 3 – Фрезерно-центровальный станок XZK8230-3000

Фрезерно-центровальный станок среди всех агрегатов, которые предназначены для работы с металлическими изделиями, имеет особую специализацию. На нем реализуются операции по подготовке деталей к следующим этапам обработки механическими способами.

Данное станочное оборудование, как правило, применяется для зацентровки и фрезерования с двух сторон торцов заготовок типа осей и валов. Фрезерование, а затем и зацентровка обоих торцов при этом осуществляются одновременно. За счет данной методики торцы изделий становятся полностью параллельными по отношению друг к другу. Также выдерживается четкая

перпендикулярность (к торцам) осей отверстий, что крайне важно для дальнейшей обработки валов.

В таблице 6 описаны технические характеристики фрезерно-центровального станка.

Таблица 6 – Технические характеристики станка

Технические характеристики	Ед. изм.	Значение
Макс. диаметр фрезеруемого торца	мм	Ø300
Диаметр отверстия	мм	Ø6.3/ 8/ 10
Максимальная длина детали	мм	3000
Мин. длина детали	мм	700 (или 1400, если используются торцевые тиски с обеих сторон)
Расстояние от осевой линии фрезерного сверлильного и шпинделей до поверхности направляющих	мм	400
Расстояние между фрезерным и сверлильным шпинделями	мм	350
Расстояние от фрезерного и сверлильного шпинделей до пола	мм	1200
Диаметр зажима	мм	Ø200 - Ø350
Диаметр зажима поддерживающих суппортов с V-образными зажимами	мм	Ø220- Ø320
Диапазон подач фрезерного и сверлильного шпинделей	м/мин	0.03-0.1 (бесступенчато)
Макс. ход фрезерного шпинделя	мм	345
Макс. ход сверлильного шпинделя	мм	45
Диаметр фрезы	мм	Ø350
Суммарная мощность двигателей	кВт	28
Мощность двигателя фрезерного шпинделя	кВт	11×2
Мощность двигателя сверлильного шпинделя	кВт	3×2
Мощность двигателя гидростанции	кВт	01.06
Мощность двигателя системы охлаждения	кВт	0.12
Габаритные размеры в плане (Д x Ш x В)	мм	4930×2300×1850
Вес станка	кг	18000
Точность обработки (при обработке деталей из закаленной стали Ст45)		

биение между центральным отверстием и наружным диаметром	мм	0.2
--	----	-----

Продолжение таблицы 6

параллельность торцов	мм	0.15
биение между торцами и общей длиной осевой линии отверстий	мм	0.05 / Ø50
соответствие глубины отверстий	мм	0.1
шероховатость торцов		6,3
шероховатость конуса 60° центрального отверстия		3,2

3.3 Зубофрезерный станок УК3150

На рисунке 4 изображён зубофрезерный станок.



Рисунок 4 – Зубофрезерный станок УК3150

Зубофрезерные станки с ЧПУ предназначены для изготовления цилиндрических колёс с определённым расположением зубьев. Станки зубофрезерные с ЧПУ более производительны, чем зубодолбежные или зуботочильные аналоги.

В качестве режущего инструмента используются червячно-модульные фрезы. Для образования на цилиндрической заготовке зубчатого эвольвентного профиля применяется метод обкатки.

С помощью зубофрезерного станка с ЧПУ производят следующие виды зубчатых колёс с использованием цилиндрической болванки:

- 1) прямозубые;
- 2) косозубые;
- 3) шлицевые валы
- 4) звёздочки цепных передач;
- 5) венцы червячных и храповых колёс;
- 6) шевронные колёса с дисковой и червячной фрезой;
- 7) точные делительные червячные колёса

Основным движением резания считается вращательное. Деятельность режущего инструмента синхронизируется с вращением подающего стола и тем самым достигается расчётное количество зубцов на нарезаемом венце.

В таблице 7 описаны технические характеристики зубофрезерного станка.

Таблица 7 – Технические характеристики станка

Наименование параметра	Значение
Мах режущий модуль: сталь/чугун	5 мм/6 мм
Мах наружный диаметр прямозубой шестерни:	350 мм
Мах диаметр цилиндрической косозубой шестерни:	
Угол поворота	30 ° 370 мм
Угол поворота	45 ° 250 мм
Мах длина вертикального шага фрезы:	260 мм
Мах длина резки:	240 мм
Расстояние между шпинделем фрезы и центром стола: Мах	320 мм
Min (30мм при расстоянии от стола до шпинделя фрезы меньше, чем 85 мм)	2.5 мм
Min расстояние от рабочей поверхности к осевой линии шпинделя фрезы:	170 мм
Диаметр фрезы:	22-27- 32 мм
Мах диаметр фрезы:	120 мм
Диаметр отверстия стола:	60 мм
Диаметр хвостовика:	30 мм
Диапазон скоростей:	50~275 об/мин
Вертикальная подача вращения детали:	0.24~4.25 мм/об

Мощность двигателя:	3 кВт
Скорость двигателя:	1430 об/мин

Продолжение таблицы 7

Мощность насоса:	0.125 кВт
Скорость насоса:	2790 об/мин
Вес:	2400

3.4 Круглошлифовальный станок KEL-VARIA UR 175/1000

На рисунке 5 изображен круглошлифовальный станок.

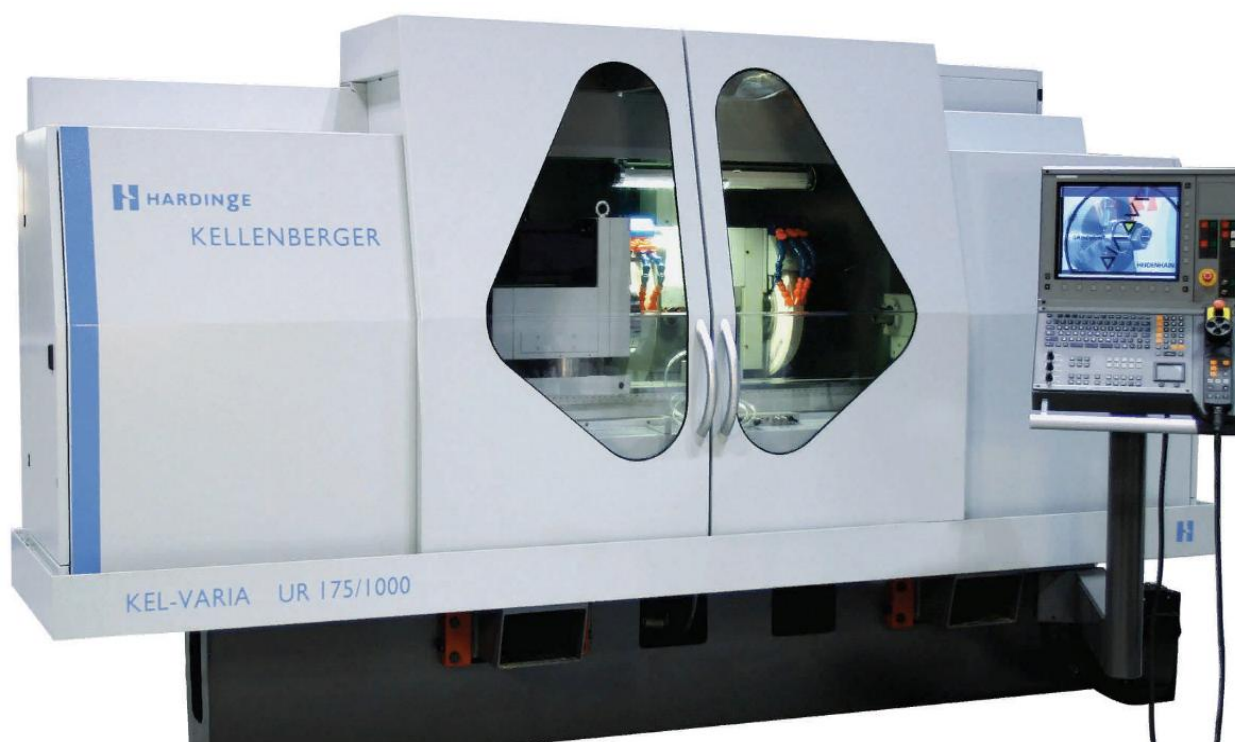


Рисунок 5 – Круглошлифовальный станок KEL-VARIA UR 175/1000

Металлообрабатывающее оборудование для шлифования внутренних и внешних поверхностей.

В таблице 8 описаны технические характеристики круглошлифовального станка.

Таблица 8 – Технические характеристика станка

Наименование параметры	Ед. измерения	Значение
Диаметр шлифовки	мм.	350
Максимальная длина шлифовки	мм.	1000
Высота центров	мм.	175
Максимальное расстояние между шпинделем и столом	мм.	179

Расстояние между центрами	мм.	1000
Максимальная потребляемая мощность	Вт	10000

3.5 Портальный робот Fanuc R-2000 iB/200T

На рисунке 6 изображён портальный робот фирмы Fanuc.



Рисунок 6 – Промышленный портальный робот

Манипулятор R-2000iB/220US от компании Fanuc – надежный производительный робот с прочной конструкцией, полостями для укладки кабелей и шлангов, мощными редукторами и электромоторами, маневренным компактным запястьем с вынесенными электродвигателями, воздушным охлаждением моторов и высоким классом защиты, позволяющий использовать устройство в экстремальных средах. Монтируется на полу, потолке, портале.

Промышленный робот R-2000iB/220US для точечной сварки имеет высокую грузоподъемность 220 кг и радиус действия 2443 мм, монтируется на полу, потолке, на портале. Оснащен мощными редукторами и

электромоторами, полым прочным корпусом, тонкой рукой для доступа к трудным местам, высоким классом защиты.

Технические характеристики:

- 1) Тип запястья: Классическое запястье
- 2) Количество осей робота: 6
- 3) Дотягаемость: 2443 мм.
- 4) Грузоподъемность: 220 кг.
- 5) Точность\повторяемость: 0.3 мм.
- 6) Вес манипулятора: 1160 кг.
- 7) Скорость движения: 2,5 м/с.

В таблице 9 приведены характеристики звеньев робота.

Таблица 9 – Характеристики каждого звена робота

Диапазон движения (°)					
J1	J2	J3	J4	J5	J6
360	136	234	420	250	420
Максимальная скорость (°/s)					
J1	J2	J3	J4	J5	J6
110	85	95	130	130	200

Различные варианты монтажа и возможность переворота позволяют сэкономить пространство, поэтому эта модель идеально подходит для установки в компактных модулях.

Возможность переворота – эта интеллектуальная функция позволяет сократить продолжительность цикла, более гибко скомпоновать ГП-модули и организовать совместную работу нескольких роботов в непосредственной близости друг от друга.

Гибкая в эксплуатации и экономичная полая конструкция запястья. Полое запястье и консольная рука J3 обеспечивают самую высокую защиту электропроводки, простоту обслуживания и более низкую стоимость системы.

4 Проектирование ГАК

Для того, чтобы начать проектирование ГАК, необходимо создать несколько компоновок станков по обработки детали вторичный вал и выбрать наиболее эффективную из них.

На чертежах будут использоваться сокращения:

- 1) ТВС – Токарно-винторезный станок;
- 2) ФЦС – Фрезерно-центровальный станок;
- 3) СЗ – Станок зубофрезерный;
- 4) КС – Круглошлифовальный станок;
- 5) ЯПХ – Ячейка промежуточного хранения;
- 6) В' – Тара с заготовками (вход);
- 7) В'' – Тара для обработанных заготовок (выход);

Все размеры на чертежах компоновок представлены в сантиметрах

4.1 Компоновка 1

Первый вид планировки оборудования (рисунок 1).

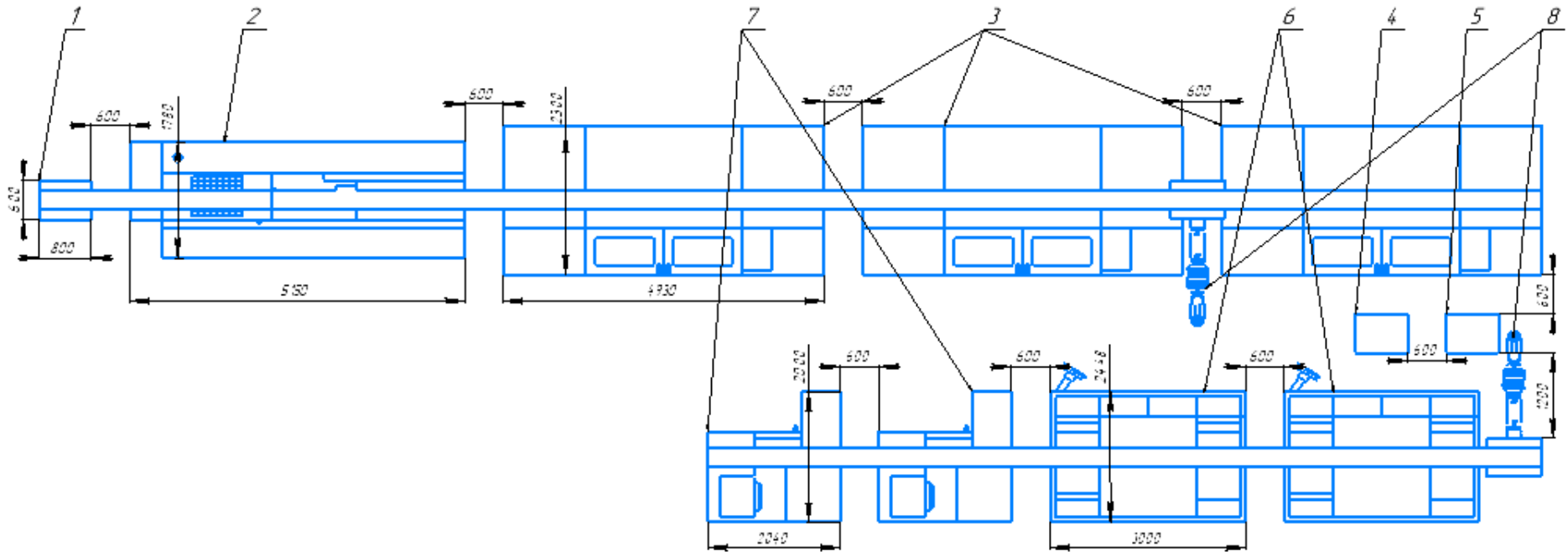


Рисунок 7 – Структура компоновки 1

На рисунке 7 представлены:

- 1 – Тара с заготовками;
- 2 – Токарно-винторезный станок;
- 3 – Фрезерно-центровальный станок;
- 4 – Ячейка промежуточного хранения;
- 5 – Тара для обработанных заготовок;

6 – Круглошлифовальный станок;

7 – Станок зубофрезерный;

8 – Промышленный робот.

4.1.1. Описание ГАК

ТВС выполняет операцию – 005 (токарная). ФЦС1, ФЦС2, ФЦС3 выполняют операцию – 010 (фрезерная). С31, С32 выполняют операцию 015 (фрезерная). КС1 и КС2 выполняют операцию 020 (шлифовальная).

Для обслуживания этих станков используется два порталных робота.

4.1.2 Алгоритм работы

Алгоритм работы представлен в нижерасположенных таблицах 11 и 12.

Состояние схвата – 1 (в схвате находится деталь).

Состояние схвата – 0 (в схвате отсутствует деталь).

Состояние станков – 1 (станок работает).

Состояние станков – 0 (станок не работает).

L_{jv} – протяженность траектории.

T_{jv} – время прохождения траектории.

В таблице 10 описывается первая часть алгоритм работы ГАК первой компоновки.

Таблица 10 – Первая часть алгоритма работы ГАК компоновки 1

Компоновка 1.1								
№ пп	Содержание переходов	Состояние схвата	Состояние станка С31	Состояние станка С32	Состояние станка КС1	Состояние станка КС2	L_{jv} (м)	t_{jv} (сек)
1	Разгрузка полуавтомата круглошлифованного №2 (КС)	0	1	1	1	0	0,685	1,8
2	Переход от КС2 к выходу	1	1	1	1	0	1,4	1,8
3	Загрузка выхода	1	1	1	1	0	0,3	1,4
4	Переход от выхода к зубофрезерному вертикальному станку №2 (С3)	0	1	1	1	0	7,2	3,1
5	Разгрузка С32	0	1	0	1	0	0,65	1,8

Продолжение таблицы 10

6	Переход от С32 к КС2	1	1	0	1	0	5,8	2,3
7	Загрузка КС2	1	1	0	1	0	0,685	1,8
8	Переход от КС2 к ЯПХ	0	1	0	1	1	0,9	2,9
9	Разгрузка ЯПХ	0	1	0	1	1	0,3	1,4
10	Переход от ЯПХ к С32	1	1	0	1	1	6,7	2,6
11	Загрузка С32	1	1	0	1	1	0,65	1,8
12	Переход от С32 к КС1	0	1	1	1	1	2,9	1,2
13	Разгрузка КС1	0	1	1	0	1	0,685	1,8
14	Переход от КС1 к выходу	1	1	1	0	1	5,2	2
15	Загрузка выхода	1	1	1	0	1	0,3	1,4
16	Переход от выхода к С31	0	1	1	0	1	10,1	4,3
17	Разгрузка С31	0	0	1	0	1	0,65	1,8
18	Переход от С31 к КС1	1	0	1	0	1	5,8	2,3
19	Загрузка КС1	1	0	1	0	1	0,685	1,8
20	Переход от КС1 к ЯПХ	0	0	1	1	1	3,8	1,6
21	Простой	0	0	1	1	1	0	1,8
22	Разгрузка ЯПХ	0	0	1	1	1	0,3	1,4
23	Переход от ЯПХ к С31	1	0	1	1	1	9,6	3,5
24	Загрузка С31	1	0	1	1	1	0,65	1,8
25	Переход от С31 к КС2	0	1	1	1	1	9,7	3,5
26	Разгрузка КС2	0	1	1	1	0	0,685	1,8
27	Переход от КС2 к выходу	1	1	1	1	0	2,3	1,8
28	Загрузка выхода	1	1	1	1	0	0,3	1,4
29	Переход от выхода к С32	0	1	1	1	0	7,2	3,1
30	Простой	0	1	1	1	0	0	18,6
31	Разгрузка С32	0	1	0	1	0	0,65	1,8
32	Переход от С32 к КС2	1	1	0	1	0	5,8	2,3
33	Загрузка КС2	1	1	0	1	0	0,685	1,8
34	Переход от КС2 к ЯПХ	0	1	0	1	1	1,5	1,8
35	Разгрузка ЯПХ	0	1	0	1	1	0,3	1,4
36	Переход от ЯПХ к С32	1	1	0	1	1	6,5	2,6
37	Загрузка С32	1	1	0	1	1	0,65	1,8
38	Переход от С32 к КС1	0	1	1	1	1	2,9	1,2
39	Разгрузка КС1	0	1	1	0	1	0,685	1,8
40	Переход от КС1 к выходу	1	1	1	0	1	5,2	2
41	Загрузка выхода	1	1	1	0	1	0,3	1,4
42	Переход от выхода к С31	0	1	1	0	1	10,1	4,3
43	Простой	0	1	1	0	1	0	1,8
44	Разгрузка С31	0	0	1	0	1	0,65	1,8
45	Переход от С31 к КС1	1	0	1	0	1	5,8	2,3
46	Загрузка КС1	1	0	1	0	1	0,685	1,8
47	Переход от КС1 к ЯПХ	0	0	1	1	1	3,8	1,6
48	Простой	0	0	1	1	1	0	43,4
49	Разгрузка ЯПХ	0	0	1	1	1	0,3	1,4
50	Переход от ЯПХ к С31	1	0	1	1	1	9,6	3,5

Продолжение таблицы 10

51	Загрузка С31	1	0	1	1	1	0,65	1,8
52	Переход от С31 к КС2	0	1	1	1	1	9,7	3,5
53	Разгрузка КС2	0	1	1	1	0	0,685	1,8
54	Переход от КС2 к выходу	1	1	1	1	0	2,3	1,8
55	Загрузка выхода	1	1	1	1	0	0,3	1,4
56	Переход от выхода к С32	0	1	1	1	0	7,2	3,1
57	Разгрузка С32	0	1	0	1	0	0,65	1,8
58	Переход от С32 к КС2	1	1	0	1	0	5,8	2,3
59	Загрузка КС2	1	1	0	1	0	0,685	1,8
60	Переход от КС2 к ЯПХ	0	1	0	1	1	0,9	2,9
61	Разгрузка ЯПХ	0	1	0	1	1	0,3	1,4
62	Переход от ЯПХ к С32	1	1	0	1	1	6,7	2,6
63	Загрузка С32	1	1	0	1	1	0,65	1,8
64	Переход от С32 к КС1	0	1	1	1	1	2,9	1,2
65	Разгрузка КС1	0	1	1	0	1	0,685	1,8
66	Переход от КС1 к выходу	1	1	1	0	1	5,2	2
67	Загрузка выхода	1	1	1	0	1	0,3	1,4
68	Переход от выхода к С31	0	1	1	0	1	10,1	4,3
69	Разгрузка С31	0	0	1	0	1	0,65	1,8
70	Переход от С31 к КС1	1	0	1	0	1	5,8	2,3
71	Загрузка КС1	1	0	1	0	1	0,685	1,8
72	Переход от КС1 к ЯПХ	0	0	1	1	1	3,8	1,6
73	Простой	0	0	1	1	1	0	37
74	Разгрузка ЯПХ	0	0	1	1	1	0,3	1,4
75	Переход от ЯПХ к С31	1	0	1	1	1	9,6	3,5
76	Загрузка С31	1	0	1	1	1	0,65	1,8
77	Переход от С31 к КС2	0	1	1	1	1	9,7	3,5
78	Простой	0	1	1	1	1	0	54,8
79	Разгрузка КС2	0	1	1	1	0	0,685	1,8
80	Переход от КС2 к выходу	1	1	1	1	0	2,3	1,8
81	Загрузка выхода	1	1	1	1	0	0,3	1,4
82	Переход от выхода к С32	0	1	1	1	0	7,2	3,1
83	Разгрузка С32	0	1	0	1	0	0,65	1,8
84	Переход от С32 к КС2	1	1	0	1	0	5,8	2,3
85	Загрузка КС2	1	1	0	1	0	0,685	1,8
86	Переход от КС2 к ЯПХ	0	1	0	1	1	1,5	1,8
87	Простой	0	1	1	1	0	0	41,8
88	Разгрузка ЯПХ	0	1	0	1	1	0,3	1,4
89	Переход от ЯПХ к С32	1	1	0	1	1	6,5	2,6
90	Загрузка С32	1	1	0	1	1	0,65	1,8
91	Переход от С32 к КС1	0	1	1	1	1	2,9	1,2
92	Разгрузка КС1	0	1	1	0	1	0,685	1,8
93	Переход от КС1 к выходу	1	1	1	0	1	5,2	2
94	Загрузка выхода	1	1	1	0	1	0,3	1,4

Продолжение таблицы 10

95	Переход от выхода к СЗ1	0	1	1	0	1	10,1	4,3
96	Простой	0	1	1	0	1	0	2,4
97	Разгрузка СЗ1	0	0	1	0	1	0,65	1,8
98	Переход от СЗ1 к КС1	1	0	1	0	1	5,8	2,3
99	Загрузка КС1	1	0	1	0	1	0,685	1,8
100	Переход от КС1 к ЯПХ	0	0	1	1	1	3,8	1,6
101	Простой	0	0	1	1	1	0	38,4
102	Разгрузка ЯПХ	0	0	1	1	1	0,3	1,4
103	Переход от ЯПХ к СЗ1	1	0	1	1	1	9,6	3,5
104	Загрузка СЗ1	1	0	1	1	1	0,65	1,8
105	Переход от СЗ1 к КС2	0	1	1	1	1	9,7	3,5
106	Разгрузка КС2	0	1	1	1	0	0,685	1,8
107	Переход от КС2 к выходу	1	1	1	1	0	2,3	1,8
108	Загрузка выхода	1	1	1	1	0	0,3	1,4

В таблице 11 описывается вторая часть алгоритм работы ГАК второй компоновки.

Таблица 11 – Вторая часть алгоритма работы ГАК компоновки 1

Компоновка 1.2								
№ пп	Содержание переходов	Состояние схвата	Состояние станка ТВС	Состояние станка ФЦС1	Состояние станка ФЦС2	Состояние станка ФЦС3	l _{жв} (м)	t _{жв} (сек)
1	Разгрузка фрезерно-центрального станка №3 (ФЦС)	0	1	1	1	0	0,725	1,8
2	Переход от ФЦС3 к ЯПХ	0	1	1	1	0	0,9	3,5
3	Загрузка ЯПХ	1	1	1	1	0	0,3	1,4
4	Переход от ЯПХ к токарно-винторезному станку (ТВС)	1	1	1	1	0	13,9	5,3
5	Разгрузка ТВС	0	0	1	1	0	0,89	1
6	Переход от ТВС к ФЦС3	0	0	1	1	0	13,16	4,2
7	Загрузка ФЦС3	1	0	1	1	0	0,725	1,8
8	Переход от ФЦС3 ко входу	1	0	1	1	1	15,75	5,7
9	Разгрузка входа	0	0	1	1	1	0,3	1,4
10	Переход от входа к ТВС	0	0	1	1	1	2,587	1
11	Загрузка ТВС	1	0	1	1	1	0,89	1
12	Переход от ТВС к ФЦС2	1	1	1	1	1	9,62	3,9
13	Разгрузка ФЦС2	0	1	1	0	1	0,725	1,8
14	Переход от ФЦС2 к ЯПХ	0	1	1	0	1	4,44	1,4
15	Загрузка ЯПХ	1	1	1	0	1	0,3	1,4

Продолжение таблицы 11

16	Переход от ЯПХ к ТВС	1	1	1	0	1	14,06	5,3
17	Простой	1	1	1	0	1	0	40,2
18	Разгрузка ТВС	0	0	1	0	1	0,89	1
19	Переход от ТВС к ФЦС2	0	0	1	0	1	9,62	3,9
20	Загрузка ФЦС2	1	0	1	0	1	0,725	1,8
21	Переход от ФЦС2 ко входу	1	0	1	1	1	12,21	4,9
22	Разгрузка входа	0	0	1	1	1	0,3	1,4
23	Переход от входа к ТВС	0	0	1	1	1	2,587	1
24	Загрузка ТВС	1	0	1	1	1	0,89	1
25	Переход от ТВС к ФЦС1	1	1	1	1	1	6,08	2,4
26	Разгрузка ФЦС1	0	1	0	1	1	0,725	1,8
27	Переход от ФЦС1 к ЯПХ	0	1	0	1	1	7,98	2,9
28	Загрузка ЯПХ	1	1	0	1	1	0,3	1,4
29	Переход от ЯПХ к ТВС	1	1	0	1	1	14,06	5,3
30	Простой	1	1	0	1	1	0	34
31	Разгрузка ТВС	0	0	0	1	1	0,89	1
32	Переход от ТВС к ФЦС1	0	0	0	1	1	6,08	2,4
33	Загрузка ФЦС1	1	0	0	1	1	0,725	1,8
34	Переход от ФЦС1 ко входу	1	0	1	1	1	8,67	3,5
35	Разгрузка входа	0	0	1	1	1	0,3	1,4
36	Переход от входа к ТВС	0	0	1	1	1	2,587	1
37	Загрузка ТВС	1	0	1	1	1	0,725	1
38	Простой	1	0	1	1	1	0	11,6
39	Разгрузка фрезерно- центровального станка №3 (ФЦС)	0	1	1	1	0	0,725	1,8
40	Переход от ФЦС3 к ЯПХ	0	1	1	1	0	0,9	3,5
41	Загрузка ЯПХ	1	1	1	1	0	0,3	1,4
42	Переход от ЯПХ к токарно- винторезному станку (ТВС)	1	1	1	1	0	13,9	5,3
43	Простой	1	1	1	1	0	0	27,2
44	Разгрузка ТВС	0	0	1	1	0	0,89	1
45	Переход от ТВС к ФЦС3	0	0	1	1	0	13,16	4,2
46	Загрузка ФЦС3	1	0	1	1	0	0,725	1,8
47	Переход от ФЦС3 ко входу	1	0	1	1	1	15,75	5,7
48	Разгрузка входа	0	0	1	1	1	0,3	1,4
49	Переход от входа к ТВС	0	0	1	1	1	2,587	1
50	Загрузка ТВС	1	0	1	1	1	0,89	1
51	Переход от ТВС к ФЦС2	1	1	1	1	1	9,62	3,9
52	Разгрузка ФЦС2	0	1	1	0	1	0,725	1,8
53	Переход от ФЦС2 к ЯПХ	0	1	1	0	1	4,44	1,4
54	Загрузка ЯПХ	1	1	1	0	1	0,3	1,4
55	Переход от ЯПХ к ТВС	1	1	1	0	1	14,06	5,3
56	Простой	1	1	1	0	1	0	38,4
57	Разгрузка ТВС	0	0	1	0	1	0,89	1

Продолжение таблицы 11

58	Переход от ТВС к ФЦС2	0	0	1	0	1	9,62	3,9
59	Загрузка ФЦС2	1	0	1	0	1	0,725	1,8
60	Переход от ФЦС2 ко входу	1	0	1	1	1	12,21	4,9
61	Разгрузка входа	0	0	1	1	1	0,3	1,4
62	Переход от входа к ТВС	0	0	1	1	1	2,587	1
63	Загрузка ТВС	1	0	1	1	1	0,89	1
64	Переход от ТВС к ФЦС1	1	1	1	1	1	6,08	2,4
65	Простой	1	0	1	1	1	0	9,4
66	Разгрузка ФЦС1	0	1	0	1	1	0,725	1,8
67	Переход от ФЦС1 к ЯПХ	0	1	0	1	1	7,98	2,9
68	Загрузка ЯПХ	1	1	0	1	1	0,3	1,4
69	Переход от ЯПХ к ТВС	1	1	0	1	1	14,06	5,27
70	Разгрузка ТВС	0	0	0	1	1	0,89	1
71	Переход от ТВС к ФЦС1	0	0	0	1	1	6,08	2,4
72	Загрузка ФЦС1	1	0	0	1	1	0,725	1,8
73	Переход от ФЦС1 ко входу	1	0	1	1	1	8,67	3,5
74	Разгрузка входа	0	0	1	1	1	0,3	1,4
75	Переход от входа к ТВС	0	0	1	1	1	2,587	1
76	Загрузка ТВС	1	0	1	1	1	0,725	1
77	Переход от ТВС к ФЦС3	1	0	1	1	1	13,16	4,2
78	Простой	1	0	1	1	1	0	37,6
79	Загрузка ФЦС3	1	0	1	1	0	0,725	1,8
80	Переход от ФЦС3 ко входу	1	0	1	1	1	15,75	5,7
81	Разгрузка входа	0	0	1	1	1	0,3	1,4
82	Переход от входа к ТВС	0	0	1	1	1	2,587	1
83	Загрузка ТВС	1	0	1	1	1	0,89	1
84	Переход от ТВС к ФЦС2	1	1	1	1	1	9,62	3,9
85	Простой	1	1	1	1	1	0	37
86	Разгрузка ФЦС2	0	1	1	0	1	0,725	1,8
87	Переход от ФЦС2 к ЯПХ	0	1	1	0	1	4,44	1,4
88	Загрузка ЯПХ	1	1	1	0	1	0,3	1,4
89	Переход от ЯПХ к ТВС	1	1	1	0	1	14,06	5,3
90	Простой	1	1	1	0	1	0	3,4
91	Загрузка ТВС	1	0	1	1	1	0,89	1

4.1.3 Расчёт коэффициентов загрузки и времени

Коэффициент загрузки первого робота определяется по формуле

$$K_3^{P1} = \frac{\sum t_p^P}{T_{\text{ц}}} \cdot 100\% = 32\%, \quad (1)$$

где t_p^P – время работы робота, $T_{\text{ц}}$ – время цикла;

Коэффициент загрузки второго робота определяется по формуле

$$K_{\text{з}}^{\text{р2}} = \frac{\sum t_{\text{р}}^{\text{р}}}{T_{\text{ц}}} \cdot 100\% = 36\%, \quad (2)$$

где $t_{\text{р}}^{\text{р}}$ – время работы робота, $T_{\text{ц}}$ – время цикла;

Коэффициент загрузки ТВС определяется по формуле

$$K_{\text{з}}^{\text{т}} = \frac{\sum t_{\text{т}}^{\text{р}}}{T_{\text{ц}}} \cdot 100\% = 97\%, \quad (3)$$

где $t_{\text{т}}^{\text{р}}$ – время работы ТВС, $T_{\text{ц}}$ – время цикла;

Коэффициент загрузки ФЦС определяется по формуле

$$K_{\text{з}}^{\text{ф}} = \frac{\sum t_{\text{ф}}^{\text{р}}}{T_{\text{ц}}} \cdot 100\% = 78\%, \quad (4)$$

где $t_{\text{ф}}^{\text{р}}$ – время работы ФЦС, $T_{\text{ц}}$ – время цикла;

Коэффициент загрузки СЗ определяется по формуле

$$K_{\text{з}}^{\text{с}} = \frac{\sum t_{\text{с}}^{\text{р}}}{T_{\text{ц}}} \cdot 100\% = 86\%, \quad (5)$$

где $t_{\text{с}}^{\text{р}}$ – время работы СЗ, $T_{\text{ц}}$ – время цикла;

Коэффициент загрузки КС определяется по формуле

$$K_{\text{з}}^{\text{п}} = \frac{\sum t_{\text{п}}^{\text{р}}}{T_{\text{ц}}} \cdot 100\% = 49\%, \quad (6)$$

где $t_{\text{п}}^{\text{р}}$ – время работы СЗ, $T_{\text{ц}}$ – время цикла;

$T_{\text{ц}}=6,15$ мин; $T_{\text{в1}}=0,29$ мин; $T_{\text{в2}}=0,59$ мин; $T_{\text{в3}}=1,13$ мин; $T_{\text{в4}}=0,77$ мин;

$T_{\text{в5}}=1,13$ мин; $T_{\text{в6}}=0,99$ мин.

4.2 Компоновка 2

Второй вид планировки оборудования (рисунок 8).

В данной компоновке станки обслуживаются одним промышленным роботом.

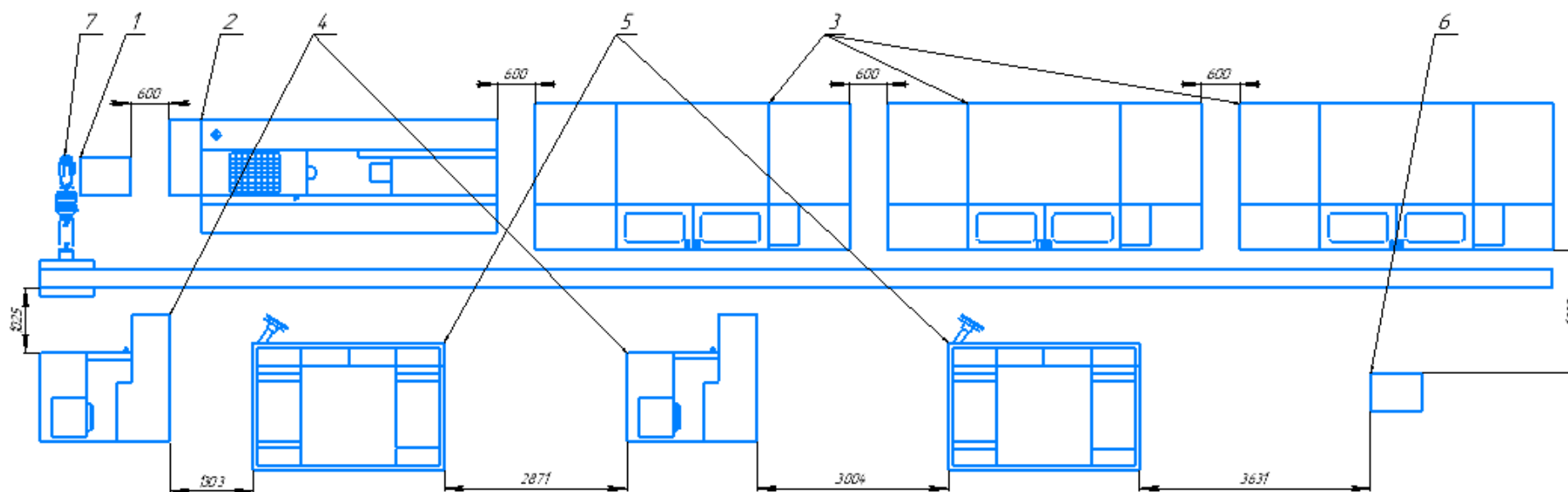


Рисунок 8 – Структура компоновки 2

- 1 – Тара с заготовками;
- 2 – Токарно-винторезный станок;
- 3 – Фрезерно-центровальный станок;
- 4 – Станок зубофрезерный;
- 5 – Круглошлифовальный станок;

6 – Тара для обработанных заготовок;

7 – Промышленный робот.

4.2.1 Алгоритм работы

Алгоритм программы представлен в таблице 12.

Циклограмма компоновки 2 представлена в приложение 2.

В таблице 12 описывается алгоритм работы ГАК второй компоновки.

Таблица 12 – Алгоритм работы ГАК компоновки 2

Компоновка 2												
№ пп	Содержание переходов	Состояние схвата	Состояние станка ТВС	Состояние станка ФЦС1	Состояние станка ФЦС2	Состояние станка ФЦС3	Состояние станка С31	Состояние станка С32	Состояние станка КС1	Состояние станка КС2	l _{жv} (м)	t _{жv} (сек)
1	Разгрузка полуавтомата круглошлифованного №2 (КС)	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0,685	1,8
2	Переход от КС2 к выходу	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1,4	1,3
3	Загрузка выхода	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0,3	1,4
4	Переход от выхода к зубофрезерному вертикальному станку №2 (С3)	0	1	1	1	0	0	0	0	0	7,2	2,5
5	Разгрузка С32	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0,65	1,8
6	Переход от С32 к КС2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	5,8	1,3
7	Загрузка КС2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0,685	1,8
8	Переход от КС2 к ФЦС2	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0,9	1,3
9	Разгрузка ФЦС2	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0,3	1,8
10	Переход от ФЦС2 к С32	1	1	0	1	1	1	1	1	1	6,7	2,6
11	Загрузка С32	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0,65	1,8
12	Переход от С32 к ТВС	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2,9	3,7
13	Разгрузка ТВС	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0,685	1
14	Переход от ТВС к ФЦС2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	5,2	3,6
15	Загрузка ФЦС2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,3	1,8

Продолжение таблицы 12

16	Переход от ФЦС2 ко входу	0	1	1	0	1	1	1	1	1	10,1	4,6
17	Разгрузка входа	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0,65	1,8
18	Переход от входа к ТВС	1	0	1	0	1	1	1	1	1	5,8	0,9
19	Загрузка ТВС	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0,685	1
20	Переход от ТВС к КС1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	3,8	2,9
21	Разгрузка КС1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0,3	1,8
22	Переход от КС1 к выходу	1	0	1	1	1	1	1	1	1	9,6	4,2
23	Загрузка выхода	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0,65	1,4
24	Переход от выхода к С31	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9,7	5,2
25	Разгрузка С31	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0,685	1,8
26	Переход от С31 к КС1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	2,3	1,7
27	Загрузка КС1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0,3	1,8
28	Переход от КС1 к ФЦС3	0	1	1	1	0	0	0	0	0	7,2	6,1
29	Разгрузка ФЦС3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0,65	1,8
30	Переход от ФЦС3 к С31	1	1	0	1	0	0	0	0	0	5,8	7,2
31	Загрузка С31	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0,685	1,8
32	Переход от С31 к ТВС	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1,5	2,2
33	Простой	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	17,2
34	Разгрузка ТВС	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0,3	1
35	Переход от ТВС к ФЦС3	1	1	0	1	1	1	1	1	1	6,5	4,8
36	Загрузка ФЦС3	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0,65	1,8
37	Переход от ФЦС3 ко входу	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2,9	5,7
38	Разгрузка входа	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0,685	1,8
39	Переход от входа к ТВС	1	1	1	0	1	1	1	1	1	5,2	0,9
40	Загрузка ТВС	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,3	1
41	Переход от ТВС к КС2	0	1	1	0	1	1	1	1	1	10,1	4,3
42	Разгрузка КС2	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0,65	1,8
43	Переход от КС2 к выходу	1	0	1	0	1	1	1	1	1	5,8	1,3
44	Загрузка выхода	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0,685	1,4
45	Переход от выхода к С32	0	0	1	1	1	1	1	1	1	3,8	2,5
46	Разгрузка С32	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0,3	1,8
47	Переход от С32 к	1	0	1	1	1	1	1	1	1	9,6	1,3

	КС2											
Продолжение таблицы 12												
48	Загрузка КС2	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0,65	1,8
49	Переход от КС2 к ФЦС1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9,7	4,2
50	Разгрузка ФЦС1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0,685	1,8
51	Переход от ФЦС1 к С32	1	1	1	1	0	0	0	0	0	2,3	2,9
52	Загрузка С32	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0,3	1,8
53	Переход от С32 к ТВС	0	1	1	1	0	0	0	0	0	7,2	3,7
54	Простой	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	20,6
55	Разгрузка ТВС	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0,65	1
56	Переход от ТВС к ФЦС1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	5,8	2,3
57	Загрузка ФЦС1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0,685	1,8
58	Переход от ФЦС1 ко входу	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0,9	3,2
59	Разгрузка входа	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0,3	1,4
60	Переход от входа к ТВС	1	1	0	1	1	1	1	1	1	6,7	2,6
61	Загрузка ТВС	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0,65	1
62	Переход от ТВС к КС1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2,9	2,9
63	Разгрузка КС1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0,685	1,8
64	Переход от КС1 к выходу	1	1	1	0	1	1	1	1	1	5,2	4,2
65	Загрузка выхода	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,3	1,4
66	Переход от выхода к С31	0	1	1	0	1	1	1	1	1	10,1	5,2
67	Разгрузка С31	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0,65	1,8
68	Переход от С31 к КС1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	5,8	1,7
69	Загрузка КС1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0,685	1,8
70	Переход от КС1 к ФЦС2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	3,8	1,6
71	Разгрузка ФЦС2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0,3	1,8
72	Переход от ФЦС2 к С31	1	0	1	1	1	1	1	1	1	9,6	3,5
73	Загрузка С31	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0,65	1,8
74	Переход от С31 к ТВС	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9,7	2,2
75	Простой	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14
76	Разгрузка ТВС	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0,685	1
77	Переход от ТВС к ФЦС2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	2,3	3,6
78	Загрузка ФЦС2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0,3	1,8
79	Переход от ФЦС2 ко входу	0	1	1	1	0	0	0	0	0	7,2	4,6

80	Разгрузка входа	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0,65	1,8
Продолжение таблицы 12												
81	Переход от входа к ТВС	1	1	0	1	0	0	0	0	0	5,8	0,9
82	Загрузка ТВС	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0,685	1
83	Переход от ТВС к КС2	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1,5	1,8
84	Разгрузка КС2	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0,3	1,8
85	Переход от КС2 к выходу	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1,5	1,3
86	Загрузка выхода	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1,5	1,4
87	Переход от выхода к С32	1	1	0	1	1	1	1	1	1	6,5	2,5
88	Разгрузка С32	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0,65	1,8
89	Переход от С32 к КС2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2,9	1,3
90	Загрузка КС2	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0,685	1,8
91	Переход от КС2 к ФЦС3	1	1	1	0	1	1	1	1	1	5,2	2
92	Разгрузка ФЦС3	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,3	1,8
93	Переход от ФЦС3 к С32	0	1	1	0	1	1	1	1	1	10,1	4,3
94	Загрузка С32	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0,65	1,8
95	Переход от С32 к ТВС	1	0	1	0	1	1	1	1	1	5,8	3,7
96	Простой	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	24,4
97	Разгрузка ТВС	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0,685	1
98	Переход от ТВС к ФЦС3	0	0	1	1	1	1	1	1	1	3,8	4,8
99	Загрузка ФЦС3	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0,3	1,8
100	Переход от ФЦС3 ко входу	1	0	1	1	1	1	1	1	1	9,6	5,7
101	Разгрузка входа	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0,65	1,8
102	Переход от входа к ТВС	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9,7	0,9
103	Загрузка ТВС	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0,685	1
104	Переход от ТВС к КС1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	2,3	2,9
105	Разгрузка КС1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0,3	1,8
106	Переход от КС1 к выходу	1	1	1	0	1	1	1	1	1	5,2	4,2
107	Загрузка выхода	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,3	1,4
108	Переход от выхода к С31	0	1	1	0	1	1	1	1	1	10,1	5,2
109	Разгрузка С31	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0,65	1,8
110	Переход от С31 к КС1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	5,8	1,7
111	Загрузка КС1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0,685	1,8
112	Переход от КС1 к	0	0	1	1	1	1	1	1	1	3,8	3,7

	ФЦС1											
Продолжение таблицы 12												
113	Разгрузка ФЦС1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0,3	1,8
114	Переход от ФЦС1 к СЗ1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	9,6	4,7
115	Загрузка СЗ1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0,65	1,8
116	Переход от СЗ1 к ТВС	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9,7	2,2
117	Простой	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	22,8
118	Разгрузка ТВС	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0,685	1
119	Переход от ТВС к ФЦС1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	2,3	2,3
120	Загрузка ФЦС1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0,3	1,8
121	Переход от ФЦС1 ко входу	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2,9	3,3
122	Разгрузка входа	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0,685	1,8
123	Переход от входа к ТВС	1	1	1	0	1	1	1	1	1	5,2	0,9
124	Загрузка ТВС	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,3	1
125	Переход от ТВС к КС2	0	1	1	0	1	1	1	1	1	10,1	4,3
126	Разгрузка КС2	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0,65	1,8
127	Переход от КС2 к выходу	1	0	1	0	1	1	1	1	1	5,8	1,3
128	Загрузка выхода	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0,685	1,4

4.2.2 Расчёт коэффициентов загрузки и времени

Коэффициент загрузки работа определяется по формуле

$$K_3^P = \frac{\sum t_p^P}{T_{\text{ц}}} \cdot 100\% = 71\%, \quad (7)$$

где t_p^P – время работы работа, $T_{\text{ц}}$ – время цикла;

Коэффициент загрузки ТВС определяется по формуле

$$K_3^T = \frac{\sum t_T^P}{T_{\text{ц}}} \cdot 100\% = 89\%, \quad (8)$$

где t_T^P – время работы ТВС, $T_{\text{ц}}$ – время цикла;

Коэффициент загрузки ФЦС определяется по формуле

$$K_3^{\Phi} = \frac{\sum t_{\Phi}^P}{T_{\text{ц}}} \cdot 100\% = 84\%, \quad (9)$$

где t_{Φ}^P – время работы ФЦС, $T_{\text{ц}}$ – время цикла;

Коэффициент загрузки СЗ определяется по формуле

$$K_3^c = \frac{\sum t_c^p}{T_{\text{ц}}} \cdot 100\% = 70\%, \quad (10)$$

где t_c^p – время работы СЗ, $T_{\text{ц}}$ – время цикла;

Коэффициент загрузки КС определяется по формуле

$$K_3^п = \frac{\sum t_{\text{п}}^p}{T_{\text{ц}}} \cdot 100\% = 53\%, \quad (11)$$

где $t_{\text{п}}^p$ – время работы СЗ, $T_{\text{ц}}$ – время цикла;

$T_{\text{ц}}=5,73$ мин; $T_{\text{в1}}=1,09$ мин; $T_{\text{в2}}=1,09$ мин; $T_{\text{в3}}=0,99$ мин; $T_{\text{в4}}=1,05$ мин;

$T_{\text{в5}}=1,1$ мин; $T_{\text{в6}}=1$ мин.

4.3 Компоновка 3

В данной компоновке станки обслуживаются двумя промышленными роботами.

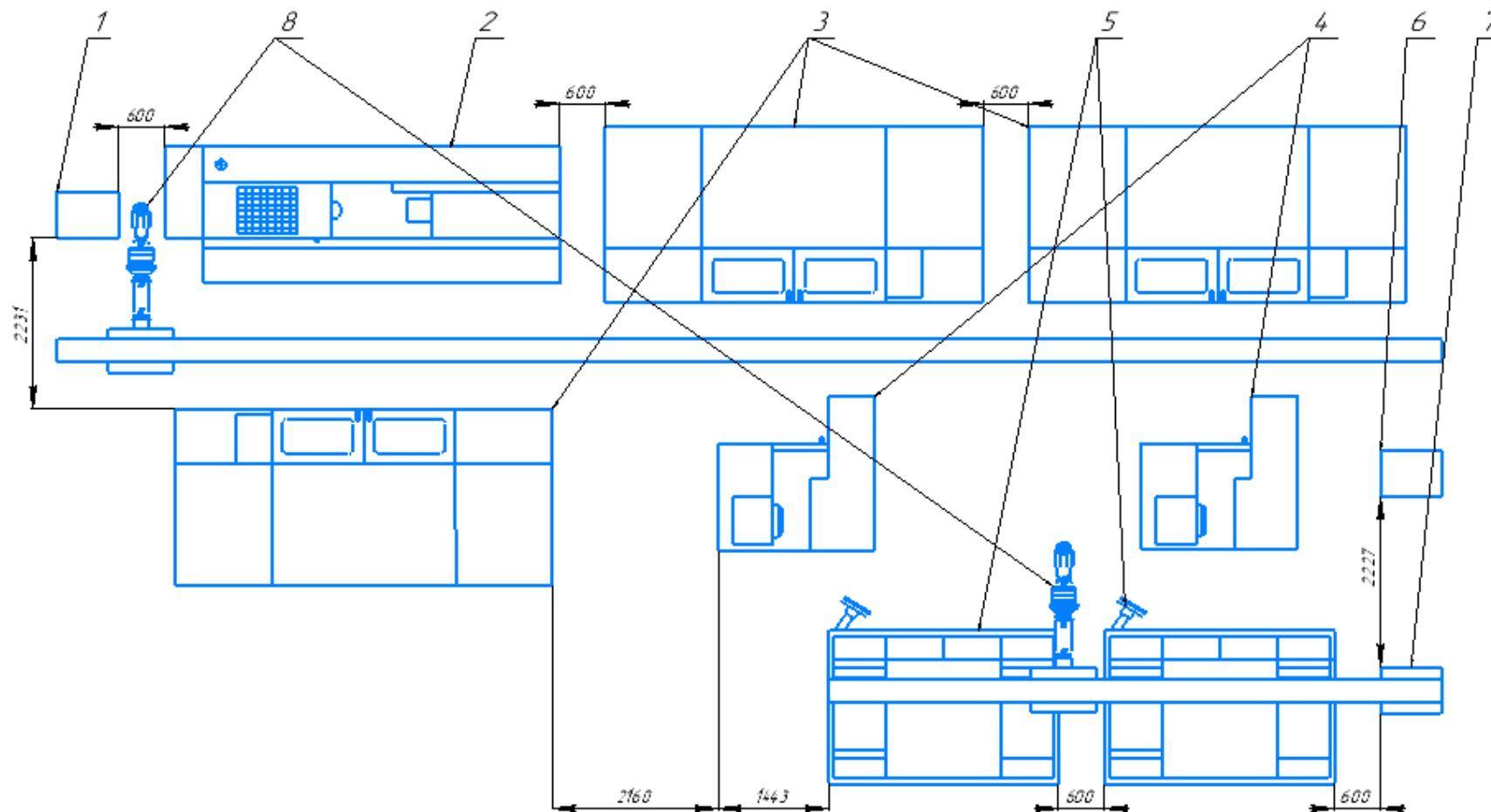


Рисунок 9 – Структура компоновки 3

1 – Тара с заготовками;

2 – Токарно-винторезный станок;

- 3 – Фрезерно-центровальный станок;
- 4 – Станок зубофрезерный;
- 5 – Круглошлифовальный станок;
- 6 – Ячейка промежуточного хранения;
- 7 – Тара для обработанных заготовок;
- 8 – Промышленный робот.

4.3.1 Алгоритм работы

Алгоритм программы представлен в таблицах 14 и 15.

В таблице 13 описывается первая часть алгоритм работы ГАК третьей компоновки.

Таблица 13 - Первая часть алгоритма работы ГАК компоновки 3

Компоновка 3.1						
№ пп	Содержание переходов	Состояние схвата	Состояние станка КС1	Состояние станка КС2	l _{жv} (м)	t _{жv} (сек)
1	Разгрузка полуавтомата круглошлифованного №2 (КС)	0	1	0	0,685	1,8
2	Переход от КС2 к выходу	1	1	0	2	1,8
3	Загрузка выхода	1	1	0	0,3	1,4
4	Переход от выхода к ЯПХ	0	1	0	1,83	2,9
5	Разгрузка ЯПХ	0	1	0	0,3	1,8
6	Переход от ЯПХ к КС2	1	1	0	4	3,7
7	Загрузка КС2	1	1	0	0,685	1,8
8	Переход от КС2 к КС1	0	1	1	2,6	1
9	Разгрузка КС1	0	0	1	0,685	1,4
10	Переход от КС1 к выходу	1	0	1	4,6	1,44
11	Загрузка выхода	1	0	1	0,65	1,8
12	Переход от выхода к ЯПХ	0	0	1	1,83	2,9
13	Простой	0	0	1	0	25,6
14	Разгрузка ЯПХ	0	0	1	0,3	1,8
15	Переход от ЯПХ к КС1	1	0	1	6,4	4,7
16	Загрузка КС1	1	0	1	0,685	1,4
17	Переход от КС1 к КС2	0	1	1	2,6	1
18	Простой	0	1	1	0	22,2
19	Разгрузка полуавтомата круглошлифованного №2 (КС)	0	1	0	0,685	1,8
20	Переход от КС2 к выходу	1	1	0	2	1,8
21	Загрузка выхода	1	1	0	0,3	1,4

Продолжение таблицы 13

22	Переход от выхода к ЯПХ	0	1	0	1,83	2,9
23	Простой	0	1	0	0	51,2
24	Разгрузка ЯПХ	0	1	0	0,3	1,8
25	Переход от ЯПХ к КС2	1	1	0	4	3,7
26	Загрузка КС2	1	1	0	0,685	1,8
27	Переход от КС2 к КС1	0	1	1	2,6	1
28	Разгрузка КС1	0	0	1	0,685	1,4
29	Переход от КС1 к выходу	1	0	1	4,6	1,44
30	Загрузка выхода	1	0	1	0,65	1,8
31	Переход от выхода к ЯПХ	0	0	1	1,83	2,9
32	Простой	0	0	1	0	52,6
33	Разгрузка ЯПХ	0	0	1	0,3	1,8
34	Переход от ЯПХ к КС1	1	0	1	6,4	4,7
35	Загрузка КС1	1	0	1	0,685	1,4
36	Переход от КС1 к КС2	0	1	1	2,6	1
37	Разгрузка полуавтомата круглошлифованного №2 (КС)	0	1	0	0,685	1,8
38	Переход от КС2 к выходу	1	1	0	2	1,8
39	Загрузка выхода	1	1	0	0,3	1,4
40	Переход от выхода к ЯПХ	0	1	0	1,83	2,9
41	Простой	0	1	0	0	51,2
42	Разгрузка ЯПХ	0	1	0	0,3	1,8
43	Переход от ЯПХ к КС2	1	1	0	4	3,7
44	Загрузка КС2	1	1	0	0,685	1,8
45	Переход от КС2 к КС1	0	1	1	2,6	1
46	Разгрузка КС1	0	0	1	0,685	1,4
47	Переход от КС1 к выходу	1	0	1	4,6	1,44
48	Загрузка выхода	1	0	1	0,65	1,8

В таблице 14 описывается вторая часть алгоритм работы ГАК третьей компоновки.

Таблица 14 - Вторая часть алгоритма работы ГАК компоновки 3

Компоновка 3.2										
№ пп	Содержание переходов	Состояние схвата	Состояние станка ТВС	Состояние станка ФЦС1	Состояние станка ФЦС2	Состояние станка ФЦС3	Состояние станка С31	Состояние станка С32	l _{пв} (м)	t _{пв} (сек)

Продолжение таблицы 14

1	Разгрузка зубофрезерного вертикального станка №2 (С3)	0	1	1	1	1	1	0	0,685	1,8
2	Переход от С32 к ЯПХ	1	1	1	1	1	1	0	2	1,8
3	Загрузка ЯПХ	1	1	1	1	1	1	0	0,3	1,4
4	Переход от ЯПХ к ФЦС2	0	1	1	1	1	1	0	3,74	3,7
5	Разгрузка ФЦС2	0	1	1	0	1	1	0	0,725	1,8
6	Переход от ФЦС2 к С32	1	1	1	0	1	1	0	1,74	2,9
7	Загрузка С32	1	1	1	0	1	1	0	0,685	1,8
8	Переход от С32 к ТВС	0	1	1	0	1	1	1	10,76	6,5
9	Разгрузка ТВС	0	0	1	0	1	1	1	0,3	1,4
10	Переход от ТВС к ФЦС2	1	0	1	0	1	1	1	9,02	5,7
11	Загрузка ФЦС2	1	0	1	0	1	1	1	0,725	1,8
12	Переход от ФЦС2 ко входу	0	0	1	1	1	1	1	11,31	6,6
13	Разгрузка входа	0	0	1	1	1	1	1	0,3	1,4
14	Переход от входа к ТВС	1	0	1	1	1	1	1	2,287	0,9
15	Загрузка ТВС	1	0	1	1	1	1	1	0,3	1,4
16	Переход от ТВС к С31	0	1	1	1	1	1	1	8,02	5,2
17	Разгрузка С31	0	1	1	1	1	0	1	0,685	1,8
18	Переход от С31 к ЯПХ	1	1	1	1	1	0	1	5,24	2,1
19	Загрузка ЯПХ	1	1	1	1	1	0	1	0,3	1,4
20	Переход от ЯПХ к ФЦС3	0	1	1	1	1	0	1	11,02	4,4
21	Разгрузка ФЦС3	0	1	1	1	0	0	1	0,725	1,8
22	Переход от ФЦС3 к С31	1	1	1	1	0	0	1	5,783	2,3
23	Загрузка С31	1	1	1	1	0	0	1	0,685	1,8
24	Переход от С31 к ТВС	0	1	1	1	0	1	1	7,2	5,2
25	Разгрузка ТВС	0	0	1	1	0	1	1	0,3	1,4
26	Переход от ТВС к ФЦС3	1	0	1	1	0	1	1	2,24	2,9
27	Загрузка ФЦС3	1	0	1	1	0	1	1	0,725	1,8
28	Переход от ФЦС3 ко входу	0	0	1	1	1	1	1	4,527	3,8
29	Разгрузка входа	0	0	1	1	1	1	1	0,3	1,4
30	Переход от входа к ТВС	1	0	1	1	1	1	1	2,287	0,9
31	Загрузка ТВС	1	0	1	1	1	1	1	0,3	1,4
32	Переход от ТВС к С32	0	1	1	1	1	1	1	11,26	6,5
33	Разгрузка С32	0	1	1	1	1	1	0	0,685	1,8
34	Переход от С32 к ЯПХ	1	1	1	1	1	1	0	2	1,8
35	Загрузка ЯПХ	1	1	1	1	1	1	0	0,3	1,4
36	Переход от ЯПХ к ФЦС1	0	1	1	1	1	1	0	7,48	4,9
37	Разгрузка ФЦС1	0	1	0	1	1	1	0	0,725	1,8
38	Переход от ФЦС1 к С32	1	1	0	1	1	1	0	5,48	4,1
39	Загрузка С32	1	1	0	1	1	1	0	0,685	1,8
40	Переход от С32 к ТВС	0	1	0	1	1	1	1	10,76	6,5
41	Разгрузка ТВС	0	0	0	1	1	1	1	0,3	1,4
42	Переход от ТВС к ФЦС1	1	0	0	1	1	1	1	5,783	2,3

Продолжение таблицы 14

43	Загрузка ФЦС1	1	0	0	1	1	1	1	0,725	1,8
44	Переход от ФЦС1 ко входу	0	0	1	1	1	1	1	8,07	3,2
45	Разгрузка входа	0	0	1	1	1	1	1	0,3	1,4
46	Переход от входа к ТВС	1	0	1	1	1	1	1	2,287	0,9
47	Загрузка ТВС	1	0	1	1	1	1	1	0,3	1,4
48	Переход от ТВС к С31	0	1	1	1	1	1	1	8,02	5,2
49	Разгрузка С31	0	1	1	1	1	0	1	0,685	1,8
50	Переход от С31 к ЯПХ	1	1	1	1	1	0	1	5,24	2,1
51	Загрузка ЯПХ	1	1	1	1	1	0	1	0,3	1,4
52	Переход от ЯПХ к ФЦС2	0	1	1	1	1	0	1	3,74	3,7
53	Разгрузка ФЦС2	0	1	1	0	1	0	1	0,725	1,8
54	Переход от ФЦС2 к С31	1	1	1	0	1	0	1	5,48	4,1
55	Загрузка С31	1	1	1	0	1	0	1	0,685	1,8
56	Переход от С31 к ТВС	0	1	1	0	1	1	1	7,2	5,2
57	Разгрузка ТВС	0	0	1	0	1	1	1	0,3	1,4
58	Переход от ТВС к ФЦС2	1	0	1	0	1	1	1	9,02	5,7
59	Загрузка ФЦС2	1	0	1	0	1	1	1	0,725	1,8
60	Переход от ФЦС2 ко входу	0	0	1	1	1	1	1	11,31	6,6
61	Разгрузка входа	0	0	1	1	1	1	1	0,3	1,4
62	Переход от входа к ТВС	1	0	1	1	1	1	1	2,287	0,9
63	Загрузка ТВС	1	0	1	1	1	1	1	0,3	1,4
64	Переход от ТВС к С32	0	1	1	1	1	1	1	11,26	6,5
65	Разгрузка С32	0	1	1	1	1	1	0	0,685	1,8
66	Переход от С32 к ЯПХ	1	1	1	1	1	1	0	2	1,8
67	Загрузка ЯПХ	1	1	1	1	1	1	0	0,3	1,4
68	Переход от ЯПХ к ФЦС3	0	1	1	1	1	1	0	11,02	4,4
69	Разгрузка ФЦС3	0	1	1	1	0	1	0	0,725	1,8
70	Переход от ФЦС3 к С32	1	1	1	1	0	1	0	9,022	3,6
71	Загрузка С32	1	1	1	1	0	1	0	0,685	1,8
72	Переход от С32 к ТВС	0	1	1	1	0	1	1	10,76	6,5
73	Разгрузка ТВС	0	0	1	1	0	1	1	0,3	1,4
74	Переход от ТВС к ФЦС3	1	0	1	1	0	1	1	2,24	2,9
75	Загрузка ФЦС3	1	0	1	1	0	1	1	0,725	1,8
76	Переход от ФЦС3 ко входу	0	0	1	1	1	1	1	4,527	3,8
77	Разгрузка входа	0	0	1	1	1	1	1	0,3	1,4
78	Переход от входа к ТВС	1	0	1	1	1	1	1	2,287	0,9
79	Загрузка ТВС	1	0	1	1	1	1	1	0,3	1,4
80	Переход от ТВС к С31	0	1	1	1	1	1	1	8,02	5,2
81	Разгрузка С31	0	1	1	1	1	0	1	0,685	1,8
82	Переход от С31 к ЯПХ	1	1	1	1	1	0	1	5,24	2,1
83	Загрузка ЯПХ	1	1	1	1	1	0	1	0,3	1,4
84	Переход от ЯПХ к ФЦС1	0	1	1	1	1	0	1	7,48	4,9
85	Разгрузка ФЦС1	0	1	0	1	1	0	1	0,725	1,8

Продолжение таблицы 14

86	Переход от ФЦС1 к С31	1	1	0	1	1	0	1	2,42	2,9
87	Загрузка С31	1	1	0	1	1	0	1	0,685	1,8
88	Переход от С31 к ТВС	0	1	0	1	1	1	1	7,2	5,2
89	Разгрузка ТВС	0	0	0	1	1	1	1	0,3	1,4
90	Переход от ТВС к ФЦС1	1	0	0	1	1	1	1	5,783	2,3
91	Загрузка ФЦС1	1	0	0	1	1	1	1	0,725	1,8
92	Переход от ФЦС1 ко входу	0	0	1	1	1	1	1	8,07	3,2
93	Разгрузка входа	0	0	1	1	1	1	1	0,3	1,4
94	Переход от входа к ТВС	1	0	1	1	1	1	1	2,287	0,9
95	Загрузка ТВС	1	0	1	1	1	1	1	0,3	1,4
96	Переход от ТВС к С32	0	1	1	1	1	1	1	11,26	6,5
97	Разгрузка С32	0	1	1	1	1	1	0	0,685	1,8
98	Переход от С31 к ЯПХ	1	1	1	1	1	1	0	5,24	2,1
99	Загрузка ЯПХ	1	1	1	1	1	1	0	0,3	1,4
100	Переход от ЯПХ к ФЦС2	0	1	1	1	0	1	0	3,74	3,7
101	Разгрузка ФЦС1	0	1	0	1	1	1	0	0,725	1,8
102	Переход от ФЦС2 к С32	1	1	0	1	1	1	0	1,74	2,9
103	Загрузка С32	1	1	0	1	1	1	0	0,685	1,8

4.3.2 Расчёт коэффициентов загрузки и времени

Коэффициент загрузки первого робота определяется по формуле

$$K_3^{p1} = \frac{\sum t_p^p}{T_{\text{ц}}} \cdot 100\% = 61\%, \quad (12)$$

где t_p^p – время работы робота, $T_{\text{ц}}$ – время цикла;

Коэффициент загрузки второго робота определяется по формуле

$$K_3^{p2} = \frac{\sum t_p^p}{T_{\text{ц}}} \cdot 100\% = 25\%, \quad (13)$$

где t_p^p – время работы робота, $T_{\text{ц}}$ – время цикла;

Коэффициент загрузки ТВС определяется по формуле

$$K_3^T = \frac{\sum t_T^p}{T_{\text{ц}}} \cdot 100\% = 88\%, \quad (14)$$

где t_T^p – время работы ТВС, $T_{\text{ц}}$ – время цикла;

Коэффициент загрузки ФЦС определяется по формуле

$$K_3^{\Phi} = \frac{\sum t_{\Phi}^p}{T_{\text{ц}}} \cdot 100\% = 83\%, \quad (15)$$

где t_{Φ}^p – время работы ФЦС, $T_{\text{ц}}$ – время цикла;

Коэффициент загрузки СЗ определяется по формуле

$$K_3^c = \frac{\sum t_c^p}{T_{\text{ц}}} \cdot 100\% = 92\%, \quad (16)$$

где t_c^p – время работы СЗ, $T_{\text{ц}}$ – время цикла;

Коэффициент загрузки КС определяется по формуле

$$K_3^п = \frac{\sum t_{\text{п}}^p}{T_{\text{ц}}} \cdot 100\% = 69\%, \quad (17)$$

где $t_{\text{п}}^p$ – время работы СЗ, $T_{\text{ц}}$ – время цикла;

$T_{\text{ц}}=5,81$ мин; $T_{\text{в1}}=0,29$ мин; $T_{\text{в2}}=0,59$ мин; $T_{\text{в3}}=1,13$ мин; $T_{\text{в4}}=0,77$ мин;
 $T_{\text{в5}}=1,13$ мин; $T_{\text{в6}}=0,99$ мин;

Рассмотрев все три варианта компоновок ГАК, можно сделать вывод, что наиболее рациональная компоновка является вторая, так как она имеет наименьшее время цикла.

5 Разработка человеко-машинного интерфейса

Человеко-машинной системой называют систему, в которой оператор взаимодействует с устройством автоматического управления в процессе производства и управления системами обработки информации. Даже если система полностью автоматическая, то при ведении ремонтно-профилактических работ она становится человеко-машинной. Оператор выполняет задачи технолога, или же наблюдателя, который вмешивается в процесс управления при появлении нестандартных ситуаций. Для человека процесс управления содержит этапы получения информации, ее переработки, принятия решения и выработки управляющих воздействий. Эффективность управления зависит не только от психофизиологических особенностей оператора, но и характера его деятельности.

Проектировщик человеко-машинной системы управления должен решить задачи:

- 1) Формирование понятной информации о ходе производства;
- 2) Предоставление оператору информации, достаточной для распознавания технологических ситуаций;
- 3) Распределение функций распознавания ситуаций и управления между человеком и автоматом.

Для выполнения данной задачи используется инструментальный программный комплекс промышленной автоматизации Codesys для создания интерфейса.

Общий контроль оборудования (рисунок 10).

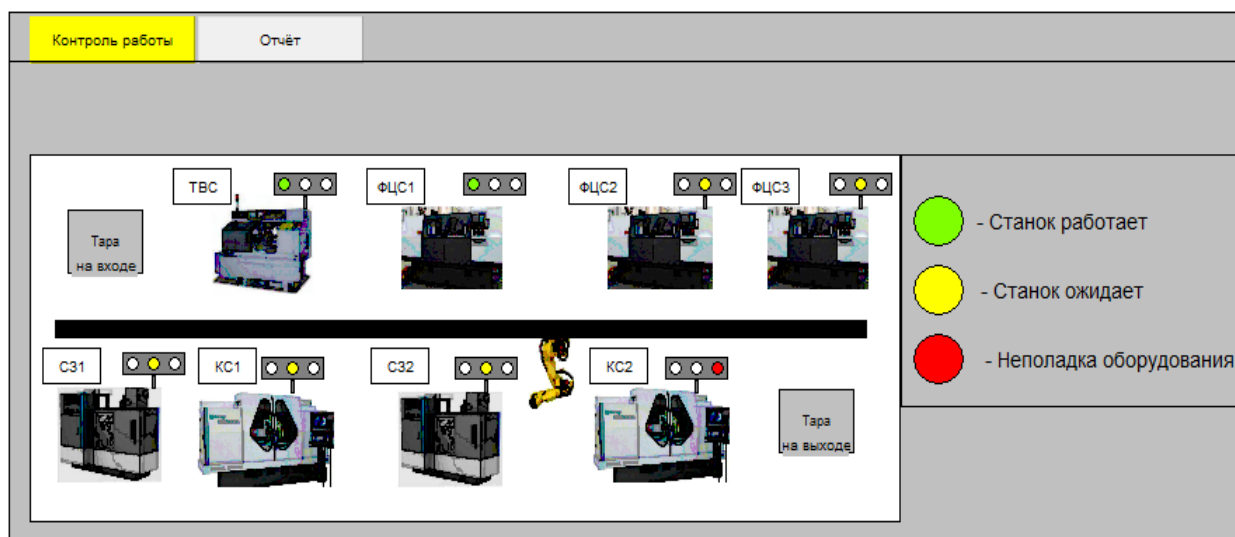


Рисунок 10 – Панель меню контроля всего ГАК оператора

Панель меню состоит из двух кнопок, при нажатии на которые осуществляется переход в другие окна. Переход в соответствующее окно сопровождается подсветкой кнопки жёлтым цветом. В окне «Контроль работы» показано состояние станков.

В данном окне представлен отчёт о всех этапах обработки детали (рисунок 11).

Оборудование	Состояние	Время	Дата
Робот	Загрузка ТВС	9:10	10.09.2018
ТВС	Начало обработки заготовки	9:10	10.09.2018
ТВС	Окончание обработки заготовки	9:10	10.09.2018
Робот	Разгрузка ТВС	9:10	10.09.2018
Робот	Загрузка ФЦС1	9:10	10.09.2018
ФЦС1	Начало обработки заготовки	9:10	10.09.2018
Робот	Загрузка ТВС	9:10	10.09.2018
ТВС	Начало обработки заготовки	9:10	10.09.2018

Рисунок 11 – Панель меню «Отчёт»

Меню контроля отдельного станка (рисунок 12).

Контроль работы		Отчёт		Контроль оборудования	
ТВС		ФЦС1		ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫЙ СТАНОК (ТВС)	
ФЦС2		ФЦС3		Деталь в станке:	Да <input checked="" type="radio"/> Нет <input type="radio"/>
С31		С32		Шпиндель вращается:	Да <input checked="" type="radio"/> Нет <input type="radio"/>
КС1		КС2		Питание подаётся:	Да <input checked="" type="radio"/> Нет <input type="radio"/>
				Обработка закончена:	Да <input type="radio"/> Нет <input checked="" type="radio"/>

Рисунок 12 – Панель меню «Контроль оборудования»

В данном меню осуществляется выбор конкретного станка с помощью кнопок и проверка работоспособности и контроля отдельных элементов.

6 Разработка архитектуры системы управления ГАК

Исследуемый объект управления – это сложная система взаимосвязанного между собой основного, а также вспомогательного технологического оборудования.

6.1 Задачи для организации работы ГАК

Общая задача управления ГАК состоит из подзадач управления единицами технологического оборудования (основного или вспомогательного) с помощью передачи соответствующих сигналов от устройства управления второго уровня к локальным системам управления оборудования на основе сигналов, полученных контроллером от датчиков и локальных систем управления (ЛСУ).

Для того, чтобы алгоритм работы ГАК обеспечивал однозначность условий формирования управляющих команд и оптимальное решение всех поставленных задач перед автоматизированным комплексом, необходимо использовать трехуровневую систему управления, включающую на первом уровне локальные системы управления отдельными станками и роботом, на втором уровне управляющую систему, включающую контроллер, систему датчиков, а также устройство ввода/вывода информации и средства связи с оператором, который непосредственно осуществляет третий уровень управления.

Для организации работы ГАК необходимо решить следующие задачи:

- 1) организация обработки заготовок на станках;
- 2) организация процесса загрузки роботом технологического оборудования;
- 3) организация процесса разгрузки роботом технологического оборудования.

Далее приведён список требований, которые должны быть выполнены для запуска программы обработки заготовки:

- 1) исправность всех систем оборудования;
- 2) наличие заготовки в оборудовании;
- 3) отсутствие операторского запрета операции.

6.2 Входные и выходные данные для системы управления

Необходимо определить основные входные, а также выходные данные для системы управления участком второго уровня.

В таблице 15 представлены различные входные данные, а также источники сигналов.

Таблица 15 – Входные данные для системы управления второго уровня

№	Входные данные	Вид сигнала		Источник сигнала
		Есть	Нет	
1	Наличие заготовки на входе (В')	Есть	Нет	Датчик на схвате робота, датчик на позиции В'
2	Позиционирование робота возле В' для разгрузки	Да	Нет	УЧПУ робота
3	Наличие места для заготовки на выходе (В'')	Есть	Нет	Датчик на схвате робота, датчик на позиции В''
4	Позиционирование робота возле В'' для загрузки	Да	Нет	УЧПУ робота
5	Позиционирование робота для разгрузки (загрузки) ТВС	Да	Нет	УЧПУ робота
6	Позиционирование робота для разгрузки (загрузки) ФЦС1	Да	Нет	УЧПУ робота
7	Позиционирование робота для разгрузки (загрузки) ФЦС2	Да	Нет	УЧПУ робота
8	Позиционирование робота для разгрузки (загрузки) ФЦС3	Да	Нет	УЧПУ робота
9	Позиционирование робота для разгрузки (загрузки) С31	Да	Нет	УЧПУ робота

10	Позиционирование робота для разгрузки (загрузки) С32	Да	Нет	УЧПУ работа
----	---	----	-----	-------------

Продолжение таблицы 15

11	Позиционирование робота для разгрузки (загрузки) КС1	Да	Нет	УЧПУ работа
12	Позиционирование робота для разгрузки (загрузки) КС2	Да	Нет	УЧПУ работа
13	Наличие заготовки в схвате робота	Есть	Нет	Датчик на схвате робота
14	Состояние ТВС	Включен	Выключен	УЧПУ ТВС
15	Состояние ФЦС1	Включен	Выключен	УЧПУ ТВС
16	Состояние ФЦС2	Включен	Выключен	УЧПУ ТВС
17	Состояние ФЦС3	Включен	Выключен	УЧПУ ТВС
18	Состояние С31	Включен	Выключен	УЧПУ ТВС
19	Состояние С32	Включен	Выключен	УЧПУ ТВС
20	Состояние КС1	Включен	Выключен	УЧПУ ТВС
21	Состояние КС2	Включен	Выключен	УЧПУ ТВС
22	Наличие заготовки в ТВС	Есть	Нет	Датчик в ТВС
23	Наличие заготовки в ФЦС1	Есть	Нет	Датчик в ФЦС1
24	Наличие заготовки в ФЦС2	Есть	Нет	Датчик в ФЦС2
25	Наличие заготовки в ФЦС3	Есть	Нет	Датчик в ФЦС3
26	Наличие заготовки в С31	Есть	Нет	Датчик в С31
27	Наличие заготовки в С32	Есть	Нет	Датчик в С32
28	Наличие заготовки в КС1	Есть	Нет	Датчик в КС1
29	Наличие заготовки в КС2	Есть	Нет	Датчик в КС2
30	Состояние заготовки в ТВС	Обработана	Не обработана	УЧПУ ТВС
31	Состояние заготовки в ФЦС1	Обработана	Не обработана	УЧПУ ФЦС1
32	Состояние заготовки в ФЦС2	Обработана	Не обработана	УЧПУ ФЦС2
33	Состояние заготовки в ФЦС3	Обработана	Не обработана	УЧПУ ФЦС3

34	Состояние заготовки в С31	Обработана	Не обработана	УЧПУ С31
35	Состояние заготовки в С32	Обработана	Не обработана	УЧПУ С32

Продолжение таблицы 15

36	Состояние заготовки в КС1	Обработана	Не обработана	УЧПУ КС1
37	Состояние заготовки в КС2	Обработана	Не обработана	УЧПУ КС2
38	Исправность ТВС	Да	Нет	УЧПУ ТВС
39	Исправность ФЦС1	Да	Нет	УЧПУ ФЦС1
40	Исправность ФЦС2	Да	Нет	УЧПУ ФЦС2
41	Исправность ФЦС3	Да	Нет	УЧПУ ФЦС3
42	Исправность С31	Да	Нет	УЧПУ С31
43	Исправность С32	Да	Нет	УЧПУ С32
44	Исправность КС1	Да	Нет	УЧПУ КС1
45	Исправность КС2	Да	Нет	УЧПУ КС2
46	Остановка технологического процесса	Да	Нет	АРМ оператора

В таблице 16 представлены входные данные, а также последовательность действий для системы управления второго уровня.

Таблица 16 – Выходные данные для системы управления второго уровня

№	Выходные данные	Управляющая программа (УП), источник	Последовательность действий
1	Разгрузка В'	УП робота - 1, ЛСУ робота	Вход в зону В', захват заготовки, выход из зоны В'
2	Движение к ТВС	УП робота - 11, ЛСУ робота	Движение к ТВС
3	Загрузка ТВС	УП робота - 2, ЛСУ робота	Вход в зону ТВС, загрузка заготовки в ТВС, выход из зоны ТВС
4	Обработка заготовки на ТВС	УП ТВС, ЛСУ ТВС	Запуск УП на ТВС

5	Разгрузка ТВС	УП робота - 3, ЛСУ робота	Вход в зону ТВС, разгрузка заготовки из станка, выход из зоны ТВС
---	---------------	------------------------------	---

Продолжение таблицы 16

6	Движение к ФЦС1	УП робота - 12, ЛСУ робота	Движение к ФЦС1
7	Загрузка ФЦС1	УП робота - 4, ЛСУ робота	Вход в зону ФЦС1, загрузка заготовки в ФЦС1, выход из зоны ФЦС1
8	Обработка заготовки на ФЦС1	УП ФЦС1, ЛСУ ФЦС1	Запуск УП на ФЦС1
9	Разгрузка ФЦС1	УП робота - 5, ЛСУ робота	Вход в зону ФЦС1, разгрузка заготовки из ФЦС1, выход из зоны ФЦС1,
10	Движение к С31	УП робота - 13, ЛСУ робота	Движение к С31
11	Загрузка С31	УП робота - 6, ЛСУ робота	Вход в зону С31, загрузка заготовки в С31, выход из зоны С31
12	Обработка заготовки на С31	УП С31, ЛСУ С31	Запуск УП на С31
13	Разгрузка С31	УП робота - 7, ЛСУ робота	Вход в зону С31, разгрузка заготовки из С31, выход из зоны С31
14	Движение к КС1	УП робота - 14, ЛСУ робота	Движение к КС1
15	Загрузка КС1	УП робота - 8, ЛСУ робота	Вход в зону КС1, загрузка заготовки в КС1, выход из зоны КС1
16	Обработка заготовки на КС1	УП КС1, ЛСУ КС1	Запуск УП на КС1

17	Разгрузка КС1	УП робота - 9, ЛСУ робота	Вход в зону КС1, разгрузка заготовки из КС1, выход из зоны С31
----	---------------	------------------------------	--

Продолжение таблицы 16

18	Движение к В"	УП робота - 15, ЛСУ робота	Движение к В"
19	Загрузка В"	УП робота - 10, ЛСУ робота	Вход в зону В", загрузка заготовки в В", выход из зоны В"
20	Движение к ФЦС2	УП робота - 16, ЛСУ робота	Движение к ФЦС2
21	Движение к ФЦС3	УП робота - 17, ЛСУ робота	Движение к ФЦС3
22	Движение к С32	УП робота - 18, ЛСУ робота	Движение к С32
23	Движение к В'	УП робота - 19, ЛСУ робота	Движение к В'
24	Движение к КС1	УП робота - 14, ЛСУ робота	Движение к КС1

6.3 Выбор программируемого контроллера

Для управления системой верхнего уровня необходим программируемый логический контроллер.

Программируемый логический контроллер (ПЛК) предназначен для автоматизации технологических процессов. Он осуществляет сбор и анализ информации с датчиков, измеряют и сравнивают параметры, а также необходимы для логической обработки сигналов и выдачи управляющего воздействия на исполнительные механизмы.

Для управления ГАК был выбран ПЛК Simatic S7-300, так как он подходит для управления системой среднего уровня за счёт создаваемой гибкости. Simatic S7-300 – универсальный модульный ПЛК, предназначенный для решения ряда задач автоматического управления разных степеней сложности (см. рисунок 13).



Рисунок 13 – ПЛК Simatic S7-300

Контроллер имеет модульную конструкцию и позволяет использовать в своём составе:

- 1) Модуль центрального процессора (CPU), который предназначен для реализации программы пользователя и управления всеми узлами контроллера;
- 2) Модуль блока питания (PS), который позволяет выполнять питание контроллера от сети переменного тока напряжением 120/230 В или от источника постоянного тока напряжением 24/48/60/110 В;
- 3) Сигнальные модули (SM), которые используются для дискретных и аналоговых сигналов с различными параметрами;

- 4) Коммуникационные процессоры (CP), используемые для подключения контроллера к сетям PROFIBUS, PROFI-NET, Industrial Ethernet, AS-Interface, организация связи через Internet или соединения;
- 5) Функциональные модули (FM), которые способны самостоятельно решать задачи автоматического регулирования, позиционирования, взвешивания, скоростной обработки сигналов и т.д. FM снабжены набором встроенных дискретных и аналоговых каналов и способны обеспечивать обработку информации на своём локальном уровне, что позволяет частично снизить нагрузку на ЦП контроллера;
- 6) Интерфейсные модули (IM), которые обеспечивают возможность подключения к базовому блоку (стойка с ЦП) одной или нескольких стоек расширения.

6.4 Выбор датчиков

Для получения информации о наличии заготовки на позиции входа, в схвате робота или станке будут использованы ультразвуковые датчики. Для выполнения данных функций был выбран датчик Simatic PX. Simatic PX – бесконтактный датчик положения, используемый в промышленных условия различной сложности в различных областях автоматизации, например для:

- 1) Измерения уровня, расстояния до объекта;
- 2) Обнаружения объектов;
- 3) Подсчёт количества объектов;
- 4) Определения цвета, высоты, положения объекта.

В таблице 17 указаны технические характеристики ультразвукового датчика.

Таблица 17 – Основные технические характеристики

Характеристика	Значение
Рабочее напряжение	12-30 В
Диапазон измерения	6-600 см.
Частота переключения	1...8 Гц
Частота ультразвука	80...400 кГц

Время ответа	80-400 мс
Задержка включения	280 мс
Индикатор переключения	Yellow LED
Степень защиты	IP65

Также на работе будет располагаться датчик технического зрения.

Simatic VS720 – универсальный видео датчик, который предназначен для решения различных задач, анализа видео изображений (см. рисунок 14).



Рисунок 14 – Датчик Simatic VS720

Типовыми областями применения датчиков SIMATIC VS720 являются:

- 1) Системы технического зрения промышленных роботов
- 2) Системы контроля позиционирования объектов
- 3) Системы измерения размеров различных объектов
- 4) Системы цветовой идентификации
- 5) Системы контроля формы объектов
- 6) Системы идентификации кодов 1D и 2D
- 7) Системы распознавания буквенно-цифровой информации

Для контроля работоспособности необходимы датчики, отвечающие за состояние оборудования. Такой функцией обладают оптоэлектронные угловые

датчики, а именно SIMODRIVE Sensor. Данные датчики регистрируют участок пути, углы поворота или число оборотов.

После подбора датчиков, необходимо выбрать оборудование для того, чтобы датчики и контроллер могли обмениваться информацией. Для этого необходима станция распределенного ввода/вывода. Для реализации данной задачи была выбрана модульная станция распределенного ввода-вывода SIMATIC ET 200M, позволяющая использовать в своем составе весь спектр сигнальных, а также функциональных модулей ПЛК SIMATIC S7-300.

6.5 Подбор сетевых устройств

Необходимо подключить к сегменту электрической сети PROFIBUS сетевые узлы. Для этого используем шинный терминал. Также необходимо активное оконечное сопротивление, чем послужит нам активный сетевой терминатор RS 485. Электропитание осуществляется независимо от абонентов шины. Оконечное сопротивление питается отдельно от остальных периферийных компонентов постоянно или напряжением, подключаемым перед периферией. Абоненты могут подключаться и соответственно отключаться, благодаря оконечной нагрузке системы, что не приведёт к ошибке функционирования.

На рисунке 15 представлен активный сетевой терминатор.



Рисунок 15 – Активный сетевой терминатор

Для подключения к промышленной сети Industrial Ethernet устройства полевого уровня, воспользуемся коммутатором Scalance X-108. Данный коммутатор предназначен для построения в сети Industrial Ethernet линейных и звездообразных структур с электрическими, а также оптическими каналами связи. Данные коммутаторы поддерживают технологии коммутируемых сетей. На рисунке 16 представлен непосредственно сам коммутатор.



Рисунок 16 – коммутатор Scalance X-108

Теперь необходимо соединить все компоненты в сеть Industrial Ethernet. Используем коммутатор ESM TP80.

Особенности коммутатора:

- 1) Надежная промышленная связь благодаря малому времени реконфигурирования сети (не более 0.3с);
- 2) Снижение инвестиционных затрат для существующих сетей с помощью простоты подключения терминалов и подсетей со скоростью передачи 10Мбит/с к сети Fast Ethernet со скоростью передачи 100Мбит/с. Увеличение производительности сети;

- 3) Простое конфигурирование сети без необходимости расчета времени задержки распространения сигнала;
- 4) Поддержка резервированных конфигураций за счет использования резервированного питания, резервированных каналов связи на основе витых пар, системы управления резервированием и встроенных функций автоматического включения резерва;
- 5) Поддержка большого спектра сетевых топологий на базе ESM;

На рисунке 17 представлен вышеописанный коммутатор



Рисунок 17 – Коммутатор ESM TP80

6.6 Выбор промышленных сетей

Для управления оборудованием в комплексе будут использоваться три сети:

- 1) AS-Interface;
- 2) PROFIBUS;
- 3) Industrial Ethernet.

Положение вышеуказанных сетей по уровням (см. рисунок 18).

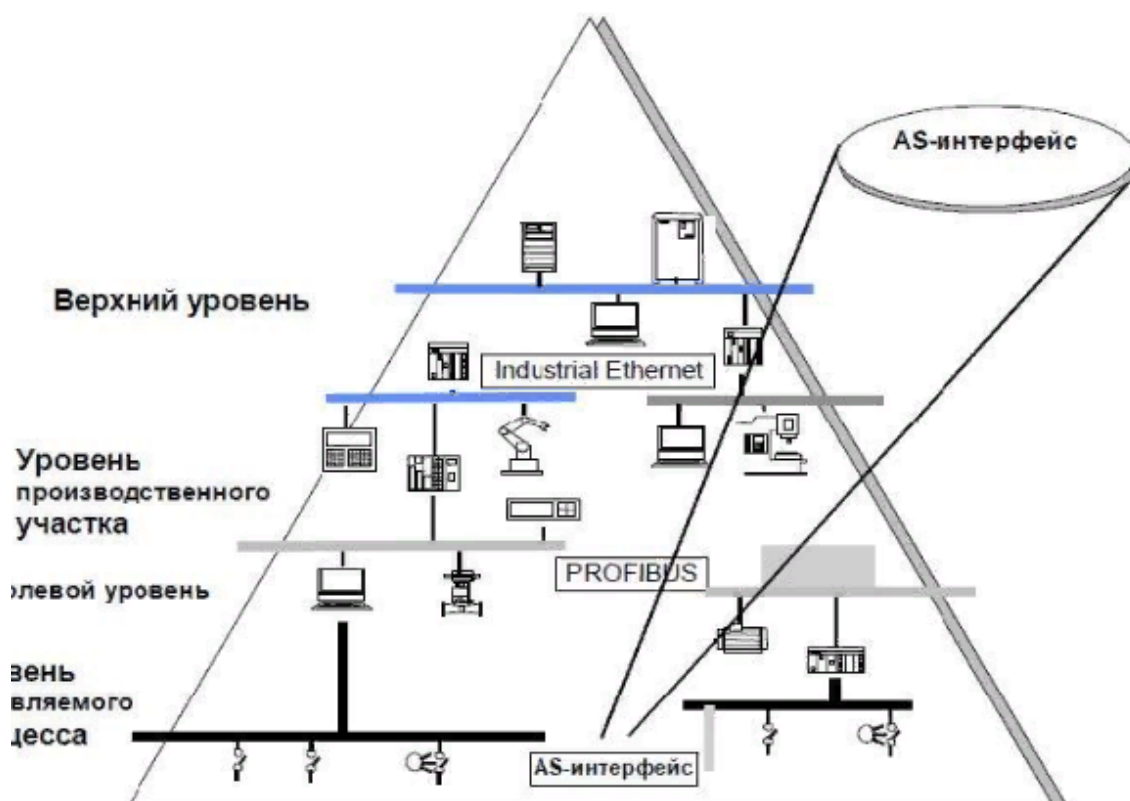


Рисунок 18 –Положение сетей по уровням

AS-Interface – интерфейс исполнительных устройств и датчиков, а также промышленная сеть нижнего уровня, которая используется для передачи преимущественно дискретных сигналов. Топология сети абсолютно любая. Преимущество и особенность сети AS-interface в том, что обмен данными, выдача команд на сами исполнительные механизмы, а также питание всех сетевых компонентов происходит через двухжильный стандартизированный кабель. Для запуска сети необходимо лишь правильно выполнить монтаж и задать адреса ведомых устройств. AS-interface не требует специального программирования.

PROFIBUS – открытая промышленная сеть, которая использует одновременно несколько протоколов передачи данных. Протокол DP – протокол, который ориентируется на обеспечение скорости обмена данными между системой автоматизации и устройствами ввода/вывода. Протокол PA – протокол обмена данными непосредственно с оборудованием полевого уровня. Протокол FMS –протокол для решения задач на полевого уровне между

интеллектуальным сетевым оборудованием. Службы FDL быстро устанавливают соединение с любым устройством. Сеть объединяет технологические, а также функциональные особенности последовательной связи полевого уровня и при этом позволяет объединить в единую систему устройства автоматизации на уровне датчиков и приводов. Profibus производит обмен данными между ведомыми и ведущими устройствами (протоколы DP и PA) или между несколькими устройствами ведущими (протоколы FDL и FMS).

Industrial Ethernet как правило используют для обмена между контроллерами и системами человеко-машинного интерфейса данными. Особенности сети:

- 1) Простое, а также быстрое подключение различных сетевых компонентов;
- 2) Высокая гибкость;
- 3) Высокая надежность, которая достигается применением резервированных топологий;
- 4) Неограниченная производительность, которая поддерживается использованием коммутируемых сетей;
- 5) Возможность применения в промышленных условиях и офисных;

Industrial Ethernet производит обмен данными между контроллерами, а также между программируемыми контроллерами и, например, компьютерами. Так же эта в этой сети можно создавать высокопроизводительные системы связи линейной, звездообразной и кольцевой топологией.

Заключение

В процессе работы была спроектирована компоновка расположения оборудования, осуществлён подбор необходимого для данного технологического процесса оснащения, произведены расчёты пространственных и временных параметров, разработан гибкий автоматизированный комплекс обработки вторичного вала, который в результате исследования, окажет положительное влияние на производительность в целом и ограничит участие человека в производственном процессе, а также создан алгоритм его работы.

Список используемой литературы

1. Describing Human-Automation Interaction in production, 2012, Sandra Mattsson, Asa AB Fath, Fast-Berglund, Johan Stahre. URL:
https://www.researchgate.net/profile/Sandra_Mattsson/publication/236944823_Describing_HumanAutomation_Interaction_in_production/links/c96051a4e4debd10d000000/Describing-Human-Automation-Interaction-in-production.pdf
2. On the Design of Adaptive Automation for Complex Systems, 2001, David B. Kaber, Jennifer M. Riley and Kheng-Wooi Tan, Mica R. Endsley. URL:
https://people.engr.ncsu.edu/dbkaber/papers/Kaber_etal_IJCE_01.pdf
3. Classification of flexible manufacturing systems, 2016, Jim Browne, Kathryn e. Stecke. URL:
https://www.academia.edu/2140039/Classification_of_flexible_manufacturing_systems
4. Manufacturing engineering and technology, 2009, Kalpakjian Serope. URL:
<https://poisk-ru.ru/s29818t9.html>
5. Swarm Robotics with Circular Formation Motion Including Obstacles Avoidance, 2012, Kalpakjian Serope. URL:
<https://docslide.net/engineering/manufacturing-engineering-and-technology-by-serope-kalpakjian-sixth-edition.html>
6. Медведев, А. Е. Автоматизация производственных процессов : учеб. пособие / А. Е. Медведев, А. В. Чупин ; Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 2009. – 325
7. Схиртладзе А.Г., Моисеев В.Б., Федотов А.В, Хомченко В.Г. Автоматизация технологических процессов и производств, 2015. – 442 с.
8. Фролов К.В. Машиностроение. Энциклопедия: В 40 т. / К.В. Фролов, 2002. – 495 с.
9. Курсовое и дипломное проектирование: учеб. пособие / Н.А. Гладкова. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2009. – 87 с.

10. Канцедал С.А. Алгоритмизация и программирование : Учебное пособие / С.А. Канцедал. – М.: ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА– М, 2013. – 352 с.
11. Матвейкин В.Г., Фролов С.В., Шехтман М.Б. Применение SCADA-систем при автоматизации технологических процессов. М: Машиностроение, 2000. – 176с.
12. Проектирование автоматизированных систем [Электронный ресурс]: учеб.-метод. пособие. - Ч. 1 / Сырецкий Г.А. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2013. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778221819.html>
13. Проектирование автоматизированных систем производства [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / В.Л. Конюх. - М. : Абрис, 2012. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200407.html>
14. Автоматизация производственных процессов: [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Волчкевич Л.И. - 2-е изд., стер. - М.: Машиностроение, 2007. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785217033874.html>
15. Станочник широкого профиля : Учебное пособие / А. Г. Схиртладзе, В. Ю. Новиков. - 2 изд., испр. - М. : Высш. шк. : Academia, 1998. – 462 с.
16. Токарная обработка [Электронный ресурс] / Фещенко В.Н., Махмутов Р.Х. - М. : Инфра-Инженерия, 2017. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972901319.html>
17. Металлорежущие станки. Т. 2 [Электронный ресурс]: учебник / В.В. Бушуев, А.В. Еремин, А.А. Какойло и др.; под ред. В.В. Бушуева. - М.: Машиностроение, 2012. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785942755959.html>
18. Антонюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений: Справ. Пособие. – Мн.: Беларусь, 1991.
19. Станочные приспособления: Справ. /Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова. – М.: Машиностроение, 1984.
20. Червоткин В.А., Урин И.А. Проектирование технологических процессов изготовления деталей на вертикально-сверлильных станках с ЧПУ: Метод. Указание. Саратов: СПИ, 1983.