

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(Научно-исследовательский университет)  
Политехнический институт  
Факультет «Машиностроения»  
Кафедра «Технология автоматизированного машиностроения»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ /В. И. Гузеев  
\_\_\_\_\_ 2020г.

Проектирование и анализ типовых технологических процессов обработки  
деталей типа «Корпус замка» с целью обеспечения эффективности и  
конкурентоспособности производства

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ – 150305.2020.575 ПЗ ВКР

Нормоконтролер, к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ /Болдырев И.С. /  
\_\_\_\_\_ 2020г.

Руководитель, к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ /В.Л. Кулыгин /  
\_\_\_\_\_ 2020г.

Автор работы  
студент группы П-453  
\_\_\_\_\_ /М.С. Егошин /  
\_\_\_\_\_ 2020г.

## АННОТАЦИЯ

Егошин М.С. Проектирование и анализ типовых технологических процессов обработки детали типа "Корпус замка" с целью обеспечения эффективности и конкурентоспособности производства: Выпускная квалификационная работа. – Челябинск: ЮУрГУ, П-453, 107 с., 70 ил., 12 табл., библиогр. список – 12 наим.

В данной работе подробно проанализирован действующий технологический процесс обработки детали «Корпус замка». На основе полученных аналитических данных предложены способы усовершенствования изготовления детали.

Задачей работы является составить новый технологический процесс обработки детали, подобрать режущий и измерительный инструмент, приспособление и технологическое оборудование, способ получения заготовки, спроектировать специальный режущий инструмент.

Разработана планировка участка механической обработки для спроектированного варианта технологического процесса. Рассмотрены мероприятия по созданию безопасных и безвредных условий труда, мероприятия по электробезопасности, а так же мероприятия по пожарной безопасности.

					<i>ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Егошин М.С.</i>			<i>Выпускная квалификационная работа</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Проверил</i>		<i>Кулыгин В.Л.</i>				<i>Д</i>	<i>7</i>	<i>107</i>
						<i>ЮУрГУ Кафедра ТАМ</i>		
<i>Н.контр.</i>		<i>Болдырев И.С.</i>						
<i>Утвердил</i>		<i>Гузев В.И.</i>						

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	11
1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ .....	12
1.1. Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия .....	12
1.2. Служебное назначение детали "Корпус замка" .....	12
1.3. Формирование целей и задач выполнения квалификационной работы.....	14
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	15
2.1. Анализ существующей на предприятии документации для конструкторско-технологической подготовке действующего производства....	15
2.1.1. Анализ операционных карт действующего технологического процесса .....	15
2.1.2. Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента .....	18
2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса. ....	21
2.1.4 Выводы по разделу .....	26
2.2. Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали "Корпус замка" .....	26
2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки.....	26
2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования.....	27
2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта.....	30
2.2.4 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса .....	32
2.2.5 Расчет режимов резания и норм времени на все операции проектного варианта технологического процесса .....	40
2.2.6 Вывод по разделу 2.2 .....	50
3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	51
3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки.....	51

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		8

3.2 Проектирование и расчет специального станочного приспособления .....	57
3.3 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента .....	63
3.4 Проектирование и расчет специального режущего инструмента.....	74
3.5. Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля .....	76
<b>4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....</b>	<b>79</b>
4.1 Анализ возможных направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали.....	79
4.1.1 Наличие слесарных, универсальных или специальных операций в технологическом процессе.....	79
4.1.2. Возможность встраивания основного оборудования в ГПС .....	79
4.1.3. Концентрация переходов на операции механической обработки ...	79
4.1.4. Габаритные размеры детали .....	79
4.1.5. Наличие поверхностей для захвата .....	80
4.1.6 Группирование деталей, подлежащих изготовлению на гибком производственном участке.....	80
4.1.7 Отработка конструкции детали на технологичность .....	82
4.2 Разработка структурной схемы гибкого производственного участка.....	85
4.2.1 Определение состава и числа оборудования станочного комплекса ГПС .....	85
4.2.2 Определение структуры и состава автоматизированной транспортно-складской системы ГПС .....	87
4.2.3 Проектирование предварительной компоновочной системы ГПС ...	88
4.3 Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы .....	94
4.4 Базирование заготовки, полуфабриката, готовой детали .....	96
4.5 Анализ производительности автоматизированной системы.....	96
<b>5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ .....</b>	<b>99</b>
<b>6 БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ.....</b>	<b>100</b>
6.1 Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда .....	100

6.2 Мероприятия по электробезопасности .....	101
6.3 Мероприятия по пожарной безопасности .....	102
7 ВЫВОДЫ ПО КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ .....	105
Библиографический список .....	106

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	<i>Лист</i>
						10
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		

## ВВЕДЕНИЕ

Технология машиностроения – это наука об изготовлении машин требуемого качества в установленном производственной программой качестве и в заданные сроки при наименьших затратах живого и общественного труда, т.е. при наименьшей себестоимости.

В настоящее время производство строится на основе использования станков с ЧПУ, эксплуатация которых возможна при наличии не только соответствующего технологического процесса, но и обеспечивающих его исполнение управляющих программ.

Выпускная квалификационная работа разделена на 6 основных разделов: общая часть, технологическая часть, конструкторская часть, автоматизация технологического процесса, организационно-производственная часть и безопасность технологического цикла.

						Лист
					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	11
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

## 1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

### 1.1. Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия

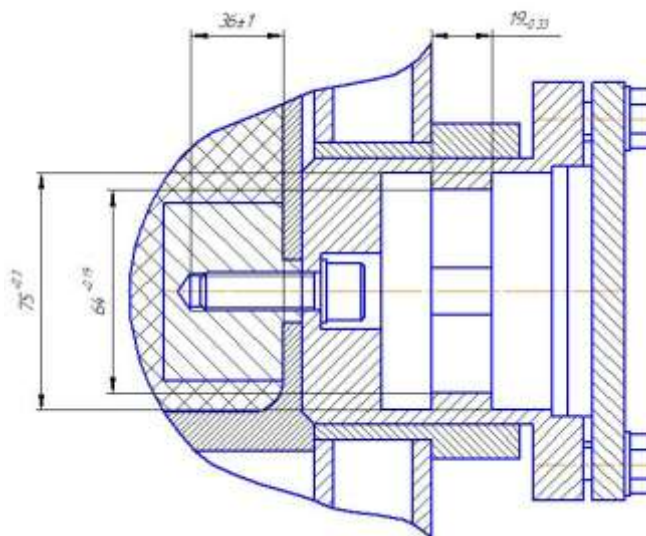


Рисунок 1.1. – Конструкция узла

Деталь, "Корпус замка" является составной частью замка изделия типа "Ампула" для хранения жидких веществ. Данный узел (рисунок 1.1) представляет собой поворотный механизм. При помощи специального ключа, вставленного особым образом в корпус замка и его поворота, происходит блокировка или разблокировка механизма, что позволяет открыть изделие или же надежно зафиксировать крышку в закрытом положении.

Условия эксплуатации узла: кратковременная эксплуатация, работа происходит без дополнительных нагрузок.

### 1.2. Служебное назначение детали "Корпус замка"

Деталь типа «Корпус замка» представляет собой монолитное цилиндрическое тело со вспомогательными и базирующими поверхностями – отверстиями и плоскостями.

Данная деталь является составной частью замка изделия «Ампула», которое предназначено для хранения жидких веществ.

Деталь должна обеспечить постоянство точности относительного положения деталей механизма внутри себя как в статическом состоянии, так и при эксплуатации механизма, поэтому должна обладать достаточной

									Лист
									12
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ				

жесткостью и прочностью. По чертежу (рисунок 1.2) видно, что внутренняя поверхность детали имеет сложный контур, радиус скругления R1,5 и средние допуски ( $\varnothing 75H12(+0,3)$ ,  $\varnothing 64H11(+0,19)$ ), что обеспечивает одновременно достаточно плотную посадку деталей механизма с минимальным люфтом и возможность их движения в процессе эксплуатации механизма.

Шероховатость (Rz20) в отверстиях с резьбой и с левого торца детали является меньшей, чем у остальной части детали (Rz40) и предназначена для надежного фиксирования болтов при болтовом соединении и герметичного прилегания соседней детали, что обеспечит дополнительную защиту от влаги и пыли. Допуски внешней части детали ( $73 \pm 0,37$  и  $\varnothing 84(-0,87)$ ) обеспечивают надежное фиксирование детали внутри изделия.

Деталь изготовлена из стали 30ХГСА, которая относится к классу легированной конструкционной стали. Химический состав стали приведен в таблице 1.1

Таблица 1.1 – Состав стали 30ХГСА

Элемент	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Fe
Содержание, %	0,3	1	1	до 0,3	до 0,025	до 0,025	1	до 0,3	96

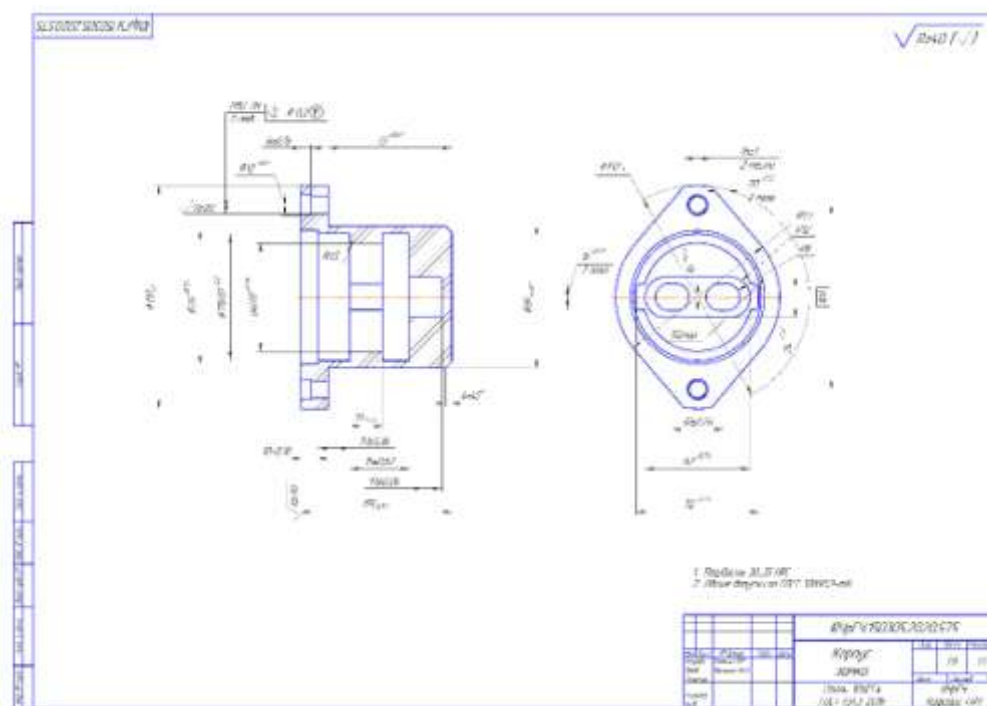


Рисунок 1.2 – Чертеж детали "Корпус замка"



### 1.3. Формирование целей и задач выполнения квалификационной работы

Целью выпускной квалификационной работы является анализ действующего технологического процесса изготовления детали "Корпус замка" и проектирование нового технологического процесса обработки детали для условий современного конкурентно-способного производства.

В соответствии с этим, необходимо выполнить ряд задач:

- выбрать способ получения заготовки, обеспечивающий наибольший коэффициент использования материала;
- выбрать оптимальную технологическую оснастку и режущий инструмент, подходящий для проектного варианта технологического процесса;
- спроектировать специальный режущий инструмент и подобрать специальное станочное приспособление;
- выбрать измерительное оборудование и оснастку для операций технического контроля.
- рассчитать оптимальные режимы резания и нормы времени изготовления детали "Корпус замка";
- разработать планировку автоматизированного участка механической обработки детали.

									Лист
									14
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ				

## 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Анализ существующей на предприятии документации для конструкторско-технологической подготовке действующего производства

2.1.1. Анализ операционных карт действующего технологического процесса

Технологический процесс изготовления детали "Корпус замка" является опытным и соответствует стандарту предприятия.

На конструкторском чертеже детали часть допусков на размеры не соответствует таблице значений допусков по ГОСТ 25346-89. Для операций механической обработки представлены карты эскизов. На операция 020 и 030 отсутствуют схемы базирования.

Операционные карты по ГОСТ 3.1105-84 без режимов резания. В операционных картах прописано оборудование, которое применяется на каждой операции, станочное приспособление, используемый режущий инструмент и измерительный инструмент. Не прописаны нормы времени, разряд рабочего и экономические затраты. Рассмотрим каждую операцию.

1) 010 заготовительная операция (рисунок 2.1). Исходной заготовкой является стальной горячекатаный прокат круглого сечения диаметром 140 мм. (ГОСТ 2590-2006). В заготовительном цехе при помощи ленточно-пильного станка происходит нарезка проката на длину 98 мм. Данный способ получения заготовки является простым и подходит для деталей, выпускаемых маленькими партиями. Коэффициент использования материала (КИМ) для данной детали 0,15, когда для такой детали должен быть не менее 0,5. Такой КИМ обозначает, что данная заготовка неудачно подобрана, поскольку происходит большой расход материала.

									Лист
									15
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ				

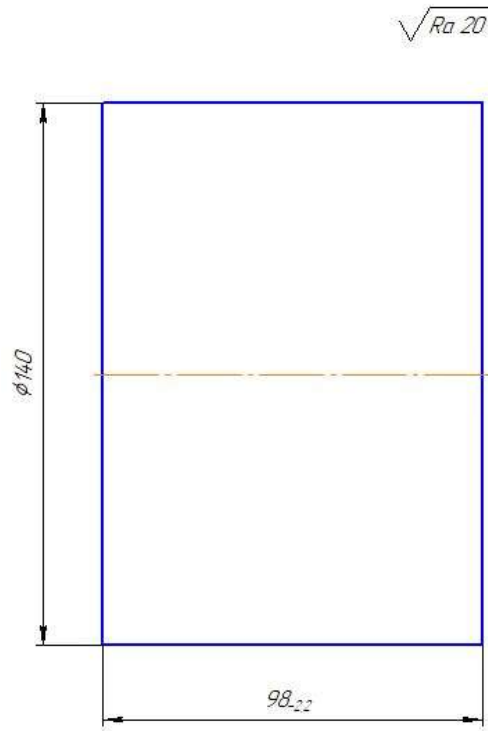


Рисунок 2.1 – Эскиз заготовки

2) 020 – токарно-винторезная операция на станке 16К20 (рисунок 2.2). На данной операции происходит подрезка торца и обрабатывается поверхность  $\phi 88_{.1}$  на длину  $75 \pm 0,5$ , формируя поверхность под кулачки на следующую операцию.

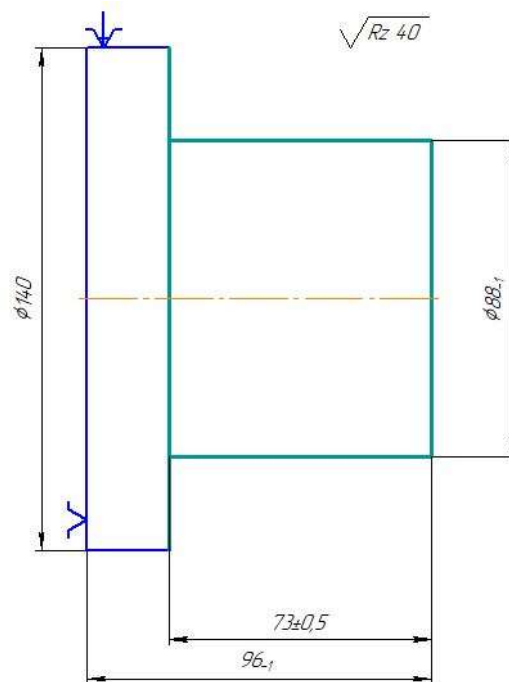


Рисунок 2.2 – Эскиз операции 020

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		16

3) 030 – токарно-винторезная операция (рисунок 2.3). Согласно эскизу на данной операции выполняется подрезка торца, обработка внешней поверхности  $\varnothing 136_{-1}$  и обработка внутреннего отверстия  $\varnothing 59^{+1}$  на длину  $63 \pm 1$ .

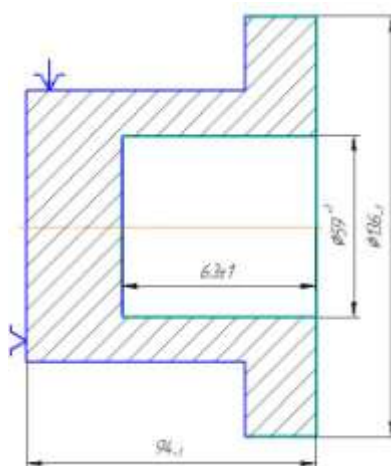


Рисунок 2.3 – Эскиз операции 030

4) 120 – комплексная операция на многофункциональном обрабатывающем центре с ЧПУ. Операция выполняется на станке, имеющим вспомогательный шпиндель. На данной операции выполняется обработка поверхностей заготовки на основном шпинделе (рисунок 2.4) согласно эскизу и обработка поверхностей на вспомогательном шпинделе (рисунок 2.5).

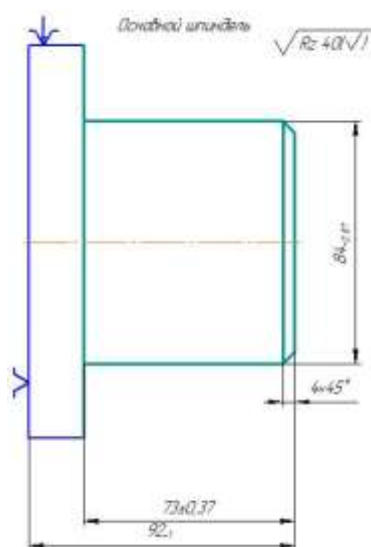


Рисунок 2.4 – Эскиз 120 операции, выполняемой на основном шпинделе

									Лист
									17
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ				

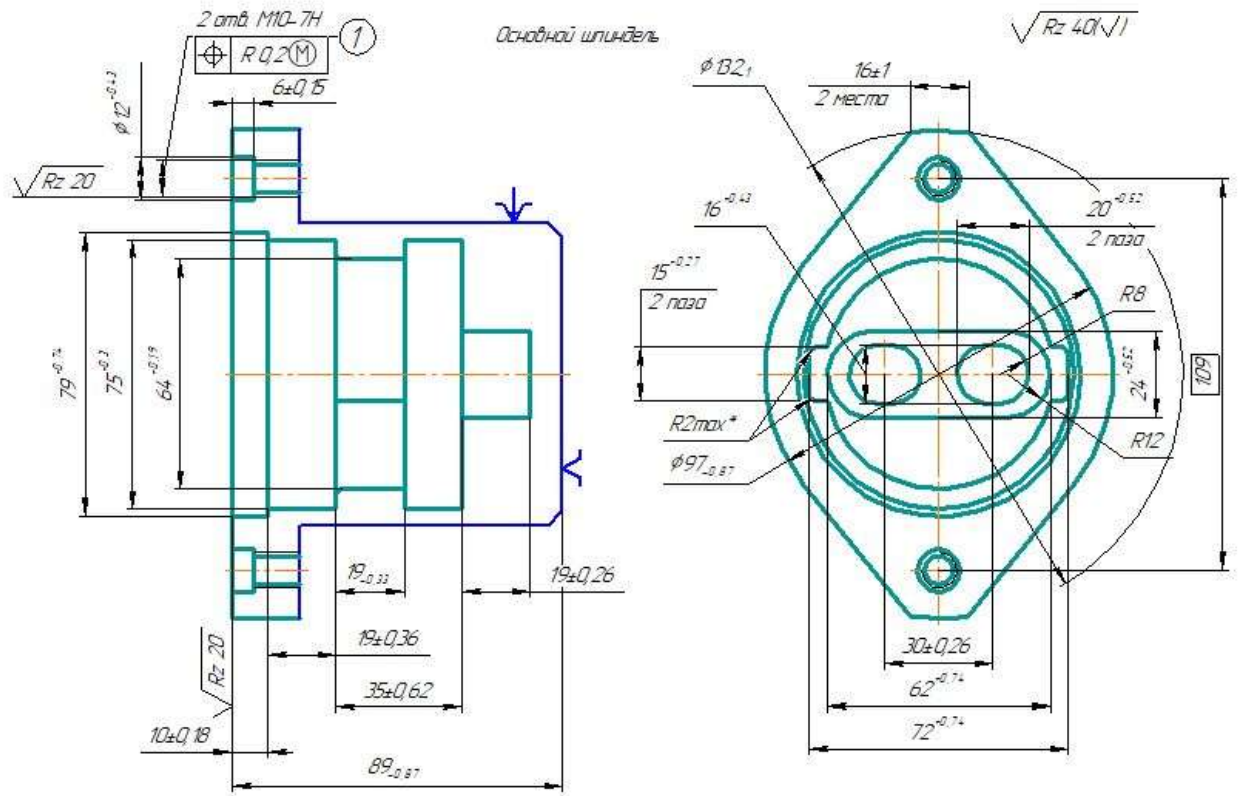


Рисунок 2.5 – Эскиз 120 операции, выполняемой на вспомогательном шпинделе

### 2.1.2. Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента

Рассмотрим технологическое оборудование, оснастку и инструмент по операциям.

Операция 020 Для закрепления детали используется трехлачковый патрон. Комплект баз: двойная направляющая и опорная.

Оборудование:

– токарный станок 16К20.

Режущий инструмент:

– резец проходной отогнутый 25x16 Т15К6 ГОСТ18877-73.

Измерительный инструмент:

–Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1-1 ГОСТ 166-89.

Операция 030 – Токарная. Для закрепления детали используется трехлачковый патрон. Комплект баз: двойная направляющая и опорная.

									Лист
									18
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ				

Оборудование:

– токарный станок 16К20.

Режущий инструмент:

– резец проходной отогнутый 25x16 T15K6 ГОСТ18877-73;

– корпус сверла WDX 450 D3 S40 Sumitomo;

– пластина WDXT125 012-G ACP Sumitomo;

– резец расточной 25x20 T15K6 ГОСТ 18882-73.

Измерительный инструмент:

– штангенциркуль ЩЦ-I-125-0,1-1 ГОСТ 166-89;

– штангенциркуль ЩЦ-II-160-0,05 ГОСТ 166-89.

Операция 120 – токарно-винторезная на станке с ПУ

Для закрепления детали используются:

– главный шпиндель: патрон 3-х кулачковый Kitagawa B-121, кулачки стандартные;

– вспомогательный шпиндель: патрон 3-х кулачковый Kitagawa B-212, комплект кулачков E7181.0159.

Комплект баз: двойная направляющая и опорная.

Оборудование:

– многофункциональный обрабатывающий центр MAC TURN350-2SWX1500.

Режущий инструмент:

– державка Sumitomo DCLN L 2525 M12;

– пластина Sumitomo CNMG 120 404 NSU AC810P;

– корпус Sumitomo WDX 320D4S40;

– пластина Sumitomo WDXT094008-G ACP300;

– державка Sumitomo D20S – SCLCL 09T3-22;

– пластина Sumitomo CCMT 060 204 NSU AC820P;

– державка Seco A25S-CGFL1304;

– пластина Seco LCMF 130404-0400FT TGP25;

– корпус Sumitomo WDX160D4S20;

										Лист
										19
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ					

- пластина Sumitomo WDXT052504-G ACP300;
- фреза Mitsubishi APX3000R222SA20LA;
- пластина Mitsubishi AOMT123604PEER-H VP15TF;
- сверло YG-1 DN452086;
- фреза Seco TM-M10x1.5ISO-10R5;
- фреза D10 E2231.0153-16.

Измерительный инструмент:

- штангенциркуль ШЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89;
- шт. глубиномер ШГ-169 ГОСТ162-90;
- индикатор ИЧ 50;
- шаблон на размер  $19_{-0,33}$ ;
- пробка гл.  $\varnothing 8,376_{+0,060}^{+0,375}$ ;
- пробка резьб. M10-7H HE ГОСТ17757-72;
- пробка гл.  $\varnothing 64^{-0,19}$  ПР ГОСТ14815-69;
- пробка гл.  $\varnothing 75^{+0,3}$  ПР ГОСТ 14815-69;
- прибор для замера диаметра внутренних канавок;
- пробка гл.  $\varnothing 79^{+0,74}$  HE ГОСТ 14816-69;
- пробка гл.  $\varnothing 79^{+0,74}$  ПР ГОСТ 14816-69;
- пробка гл.  $\varnothing 24^{+0,52}$  ГОСТ 14810-69;
- штыри контрольные M10x1,5;
- шт. циркуль ШЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89;
- калибр 003 15<sup>+0,27</sup>;
- шаблон радиусный;
- угломер 2-2` ГОСТ 5378-88;
- штангенциркуль ШЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса.

На основе операционных эскизов действующего технологического процесса изготовления детали "Корпус замка" составим размерную цепь (рисунок 2.6).

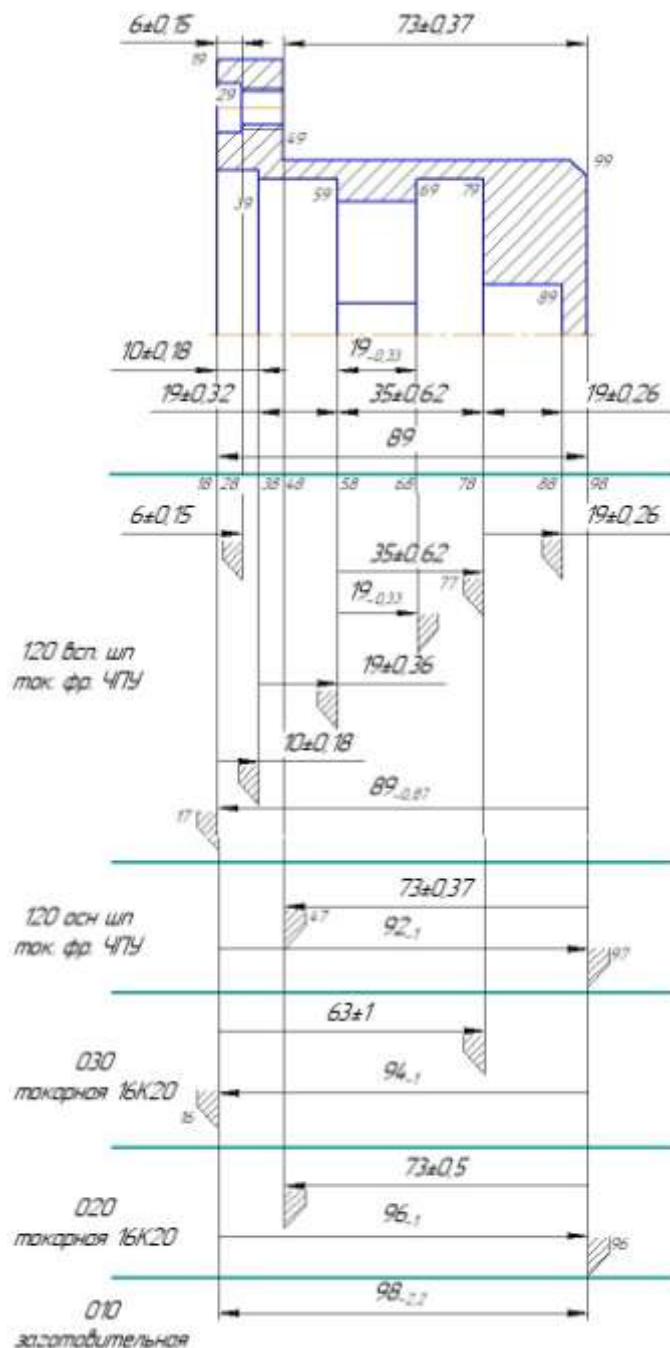


Рисунок 2.6 – Размерная цепь действующего технологического процесса

В размерной цепи замыкающих звеньев выявлено не было.



Проверим припуски [17..18], [48..47], [98.97], [16.17], [97.96], [77.78] на наличие черноты, для этого необходимо рассчитать минимальное значение для каждого припуска и сравнить его с предложенным.

Минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$A_i = Rz + Df + \frac{TA_i}{2} - \Delta_0 A_i, \quad (2.1)$$

где  $Rz$  – шероховатость поверхности с предыдущей операции,

$Df$  – величина дефектного слоя,

$TA_i$  – сумма допусков составляющих звеньев,

$\Delta_0 A_i$  – середина поля допуска.

$$[17..18] = - (18.98) + (98.17);$$

$$3_{-1}^{+0,87} = -89_{-0,87} + 92_{-1} \text{ мм};$$

Минимальный припуск:

$$D_F + R_Z = 0,16 + 0,1 = 0,26 \text{ мм};$$

$$T[17.18] = 1 + 0,87 = 1,87 \text{ мм};$$

$$\Delta_0 A = - \left( \frac{0 + (-0,87)}{2} \right) + \left( \frac{0 + (-1)}{2} \right) = -0,065 \text{ мм};$$

$$[17.18] = 0,26 + \frac{1,87}{2} + 0,065 = 1,26 \text{ мм}.$$

Предложенный припуск завышен на 1,74 мм.

$$[48..47] = - (47.97) + (97.17) - (17.98) + (98.48);$$

$$2 \pm 1,87 = -73 \pm 0,5 + 94_{-1} - 92_{-1} + 73 \pm 0,37 \text{ мм};$$

Минимальный припуск:

$$D_F + R_Z = 0,16 + 0,1 = 0,26 \text{ мм};$$

$$T[48.1847] = 1,87 + 1,87 = 3,74 \text{ мм};$$

$$\Delta_0 A = - \left( \frac{0,5 + (-0,5)}{2} \right) + \left( \frac{0 - 1}{2} \right) - \left( \frac{0 - 1}{2} \right) + \left( \frac{0,37 - 0,37}{2} \right) = 0 \text{ мм};$$

$$[48.47] = 0,26 + \frac{3,74}{2} - 0 = 2,13 \text{ мм}.$$

Предложенный припуск занижен на 0,13 мм.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		22

$$[98.97] = (97.17) - (17.98);$$

$$2 \pm 1 = 94_{-1} - 92_{-1} \text{ мм};$$

Минимальный припуск:

$$D_F + R_Z = 0,16 + 0,1 = 0,26 \text{ мм};$$

$$T[98.97] = 2 \text{ мм};$$

$$\Delta_0 A = 0 \text{ мм};$$

$$[98.97] = 0,26 + \frac{2}{2} - 0 = 1,26 \text{ мм}.$$

Предложенный припуск завышен на 0,74 мм.

$$[16.17] = -(17.97) + (97.16);$$

$$2 \pm 1 = -94_{-1} + 96_{-1} \text{ мм};$$

Минимальный припуск:

$$D_F + R_Z = 0,16 + 0,15 = 0,31 \text{ мм};$$

$$T[98.97] = 2 \text{ мм};$$

$$\Delta_0 A = 0 \text{ мм};$$

$$[16.17] = 0,31 + \frac{2}{2} - 0 = 1,31 \text{ мм}.$$

Предложенный припуск завышен на 0,69 мм.

$$[97.96] = (96.16) - (16.97);$$

$$2_{-2,2}^{+1} = 98_{-2,2} - 96_{-1} \text{ мм};$$

Минимальный припуск:

$$D_F + R_Z = 0,16 + 0,15 = 0,31 \text{ мм};$$

$$T[98.97] = 1 + 2,2 = 3,2 \text{ мм};$$

$$\Delta_0 A = \left( \frac{0 - 2,2}{2} \right) - \left( \frac{0 - 1}{2} \right) = -0,6;$$

$$[98.96] = 0,31 + \frac{3,2}{2} + 0,6 = 2,51 \text{ мм};$$

Предложенный припуск занижен на 0,51 мм.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата					23

$$[77.78] = (78.58) + (58.38) + (38.18) - (18.98) + (98.17) - (17.77);$$

$$4 = 35 \pm 0,62 + 19 \pm 0,36 + 10 \pm 0,18 - 89_{-0,87} + 92_{-1} - 63 \pm 1 \text{ мм};$$

Данный припуск рассчитывается вероятностным методом, поскольку количество составляющих звеньев больше пяти. Формула расчета припуска по вероятностному методу:

$$T = t\sqrt{\sum \lambda^2 * T_{Ai}}, \quad (2.2)$$

где:

$t$  – коэффициент риска;

$\lambda$  – относительное среднеквадратическое отклонение.

$$T\Delta[77.78] = 3 \sqrt{\left(\frac{1}{\sqrt{6}}\right)^2 * (1,24^2 + 0,72^2 + 0,36^2 + 0,87^2 + 1^2 + 2^2)} = 3,45 \text{ мм};$$

$$[77.78] = 0,26 + \frac{3,45}{2} + 0,065 = 2,05 \text{ мм};$$

Предложенный припуск завышен на 1,95 мм.

На рисунке 2.7 представлено решение линейной размерной цепи действующего технологического процесса в программе "Курсар".

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		24

```

|<--->|<##>|<--->|
| Visual KursAR | Курс Автоматизированного Расчета размерных цепей
| Version 7.12 | (c) Без права эксплуатации в других организациях!
|<- ->|<==>|<- ->|

```

файл: Анализ действующего ТП.rks  
 Организация: 11  
 Расчётчик: Егошин М С П-453  
 Изделие: Крышка замка  
 Дата (д.м.г): 30.4.2020

Исходная размерная информация

```

-----
1: 9 19 29 6 0,15 -0,15      2: 9 49 99 73 0,37 -0,37
3: 9 59 69 19 0 -0,33      4: 9 19 39 10 0,18 -0,18
5: 9 39 59 19 0,32 -0,32   6: 9 59 79 35 0,62 -0,62
7: 9 79 89 19 0,26 -0,26   8: 9 19 99 89 0 -0,87
9: 8 18 28 6 0,15 -0,15    10: 8 78 88 19 0,26 -0,26
11: 8 58 78 35 0,62 -0,62  12: 2 77 78 0,26
13: 8 58 68 19 0 -0,33    14: 8 38 58 19 0,36 -0,36
15: 8 18 38 10 0,18 -0,18 16: 2 17 18 0,26
17: 8 18 98 89 0 -0,87    18: 8 48 98 73 0,37 -0,37
19: 2 48 47 0,26          20: 7 17 98 92 0 -1
21: 2 98 97 0,26         22: 7 17 77 63 1 -1
23: 2 16 17 0,31         24: 7 17 97 94 0 -1
25: 7 47 97 73 0,5 -0,5   26: 7 16 97 96 0 -1
27: 2 97 96 0,31         28: 7 16 96 98 0 -2,2

```

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 0.  
 Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 6.  
 Гр. 5 ..... - заменяющие-замыкающие размеры-звенья - {~} = 0.  
 Гр. 6 ..... - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 0.  
 Гр. 7 и 8 .. - составляющие известные размеры ..... - (+) = 14.  
 Гр. 9 ..... - исходные (чертежные) размеры ..... - (+) = 8.

Диагностическая информация по схеме

Все размеры схемы связаны и не имеют циклов.

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 6.

Цепи размерные.

Уравнения решены методом Максимума-Минимума:

2. [17#18]=-(18+98)+(17+98)
3. [48#47]=-(47+97)+(17+97)-(17+98)+(48+98)
4. [98#97]=+(17+97)-(17+98)
5. [16#17]=-(17+97)+(16+97)
6. [97#96]=+(16+96)-(16+97)

Вероятностный метод решения. Тип производства: серийное.

1. [77#78]=+(58+78)+(38+58)+(18+38)-(18+98)+(17+98)-(17+77)

Таблица .....

Результаты расчета размерной схемы (см. ....)

Г	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчетн.
р	левой и	значение	отклон.	отклон.	номи-	предельных зна-
у	правой				нальный	чений относит.
п	поверхно-	Если нет	Предельн.значен.:		размер	исходного звена
па	стей звена	номинала	Min и	Max	звена	по Min и по Max
1#	77 78		2,210	5,661	3,935	1,950
1#	17 18		2,000	3,870	2,935	1,740
1#	48 47		0,130	3,870	2,000	-0,130
1#	98 97		1,000	3,000	2,000	0,740
1#	16 17		1,000	3,000	2,000	0,690
1#	97 96		-0,200	3,000	1,400	-0,510

Рисунок 2.7– Расчет линейной размерной цепи в программе "Курсар"

Вывод: В результате расчета размерной цепи линейных размеров технологического процесса изготовления корпуса замыкающих звеньев не выявлено. Все конструкторские размеры в технологическом процессе выполняются, размерная цепь составлена правильно. На операциях механической обработки припуски на обработку (17.18), (98.97), (16.17), (77.78) больше минимальных, что увеличивает расход материалов, а припуски на обработку (48.47), (98.96) меньше минимальных, что может привести к появлению черноты.

#### 2.1.4 Выводы по разделу

В результате анализ существующей на предприятии документации выявлены недочеты в технологии изготовления детали «Корпус замка»:

- Неудачно подобрана заготовка, поскольку  $K_{ИМ}=0,15$ ;
- Большая номенклатура режущего инструмента разных производителей;
- Используется оборудование с ручной установкой детали на станок, которое требует много вспомогательного времени.

Достоинством существующей технологии является:

- Не используется какого-либо специального оборудования, оснастки и режущего инструмента;
- соблюдается принцип совмещения баз.

### 2.2. Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали "Корпус замка"

#### 2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки

В действующем технологическом процессе заготовка получается из горячекатаного прутка круглого сечения. Главным недостатком этого метода является большой расход материала. Чтобы увеличить коэффициент

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

используемого материала, заготовка должна иметь внутреннее отверстие и ступень (рисунок 2.8).

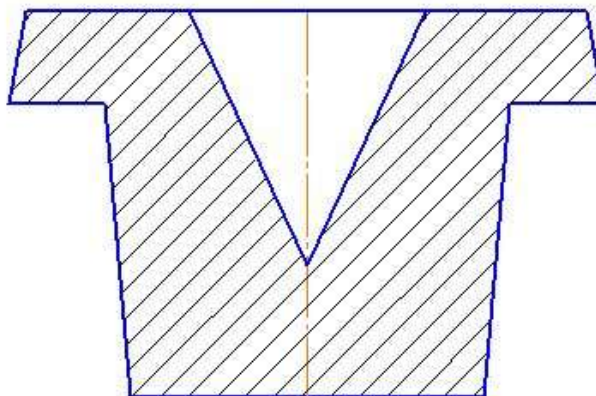


Рисунок 2.8 – Предлагаемая форма заготовки

Для получения исходной заготовки выбираем штамповку на кривошипном горячештамповочном прессе (КГШП). Технология штамповки на КГШП основана на статическом безударном действии кривошипно-шатунного механизма на заготовку. Применение этого процесса получения заготовки по сравнению с молотами дает важные преимущества:

- отсутствие вибраций и сотрясения фундамента;
- более высоким коэффициентом полезного действия;
- большую от 30% до 50% производительности и точности поковки;
- меньшие штамповочные уклоны (около  $2^\circ$ );
- процесс поддается механизации и автоматизации.

### 2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования

Для механической обработки детали выбираем 2 станка японской фирмы OKUMA.

Операции 005 и 010 выполняется на токарном станке с ЧПУ OKUMA Genos L250 (рисунок 2.9), основные характеристики данного станка приведены в таблице 2.1 На данной операции обрабатывается наружная и

внутренняя цилиндрические поверхности, торцы и канавка, поэтому станок выбирается 3х координатный экономической серии.



Рисунок 2.9 – Токарный станок с ЧПУ фирмы OKUMA

Таблица 2.1 – Технические характеристики OKUMA Genos L250

Технические характеристики	Значение
Максимальный диаметр обработки над станиной, мм	450
Максимальный диаметр обработки, мм	280
Максимальная длина обработки, мм	290
Перемещение Ось X, мм	160
Перемещение Ось Z, мм	330
Регулировка диапазона скоростей	бесступенчато
Скорость шпинделя, мин <sup>-1</sup>	75-3000
Количество инструментов	8
Габариты, ВxLxH	1652x1592x1624
Вес, кг	2800

Операция 015 выполняется на фрезерном вертикальном станке с ЧПУ OKUMA Genos M460R-VR (рисунок 2.10), основные характеристика которого приведены в таблице 2.2. На данной операции обрабатывается наружная

криволинейная поверхность, обрабатывается внутренняя поверхность и обработка отверстий, поэтому станок выбирается 3-х координатный экономической серии.

Таблица 2.2 – Технические характеристики OKUMA Genos M460R-VR

Технические характеристики	Значение
Перемещение Ось X, мм	762
Перемещение Ось Y, мм	460
Перемещение Ось Z, мм	460
Максимальные размеры заготовки, мм	1000x460
Максимальная скорость шпинделя об/мин	12000
Количество инструментов, шт	32
Технические характеристики	Значение
Расстояние от верхней части стола до торца шпинделя, мм	150-610
Габариты, ВxLxН	2746x2200x2805
Вес станка, кг	6300



Рисунок 2.10 – Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ OKUMA Genos M460R-VR



### 2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта

Маршрутный технологический процесс:

000 – Заготовительная операция ;

005 – Токарная операция с ЧПУ;

010 – Токарная операция с ЧПУ;

015 – Фрезерная операция с ЧПУ;

020 – Контрольная операция.

Рассмотрим технологический процесс по операциям.

Оп. 000 – Заготовительная

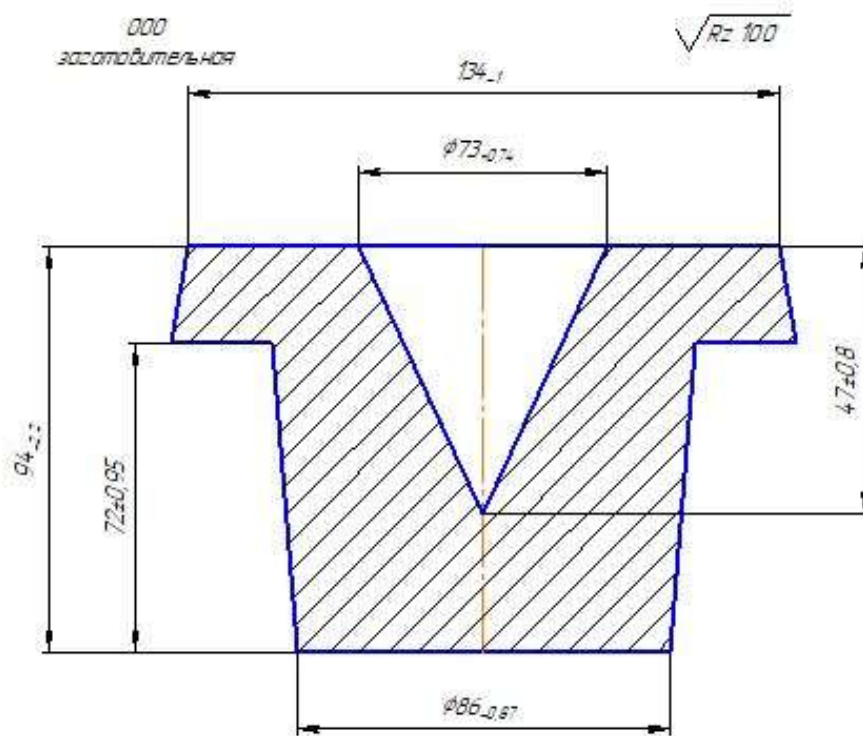


Рисунок 2.11 – Эскиз заготовительной операции

Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата

Оп 005 – Токарная с ЧПУ

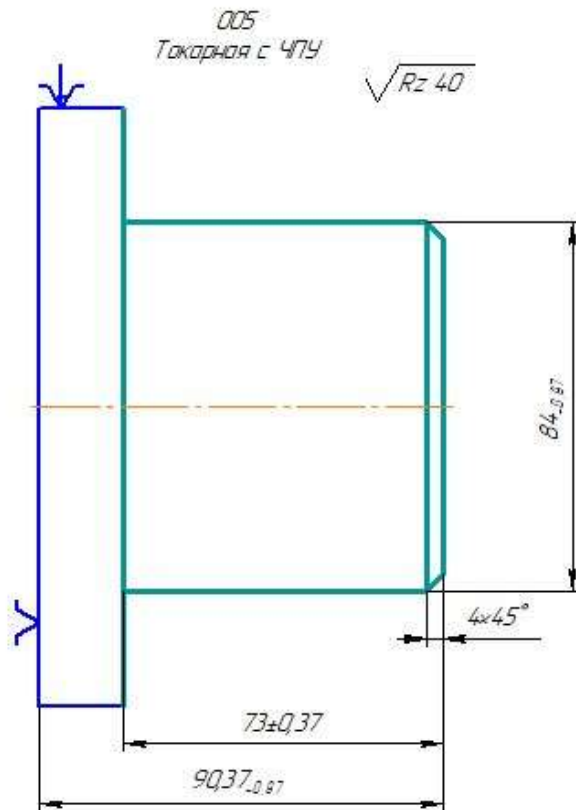


Рисунок 2.12 – Эскиз 005 операции

Оп 010 – Токарная с ЧПУ

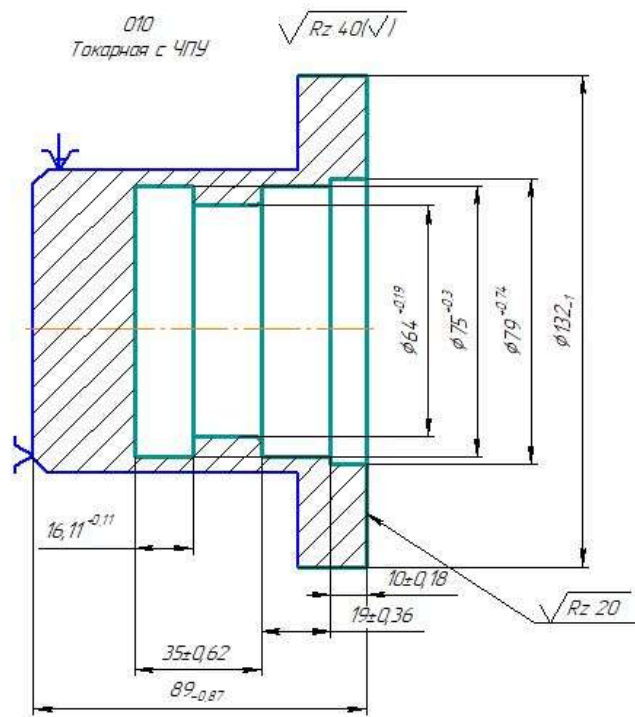


Рисунок 2.13 – Эскиз операции 010

										Лист
										31
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ					

Оп. 015 – Фрезерная с ЧПУ

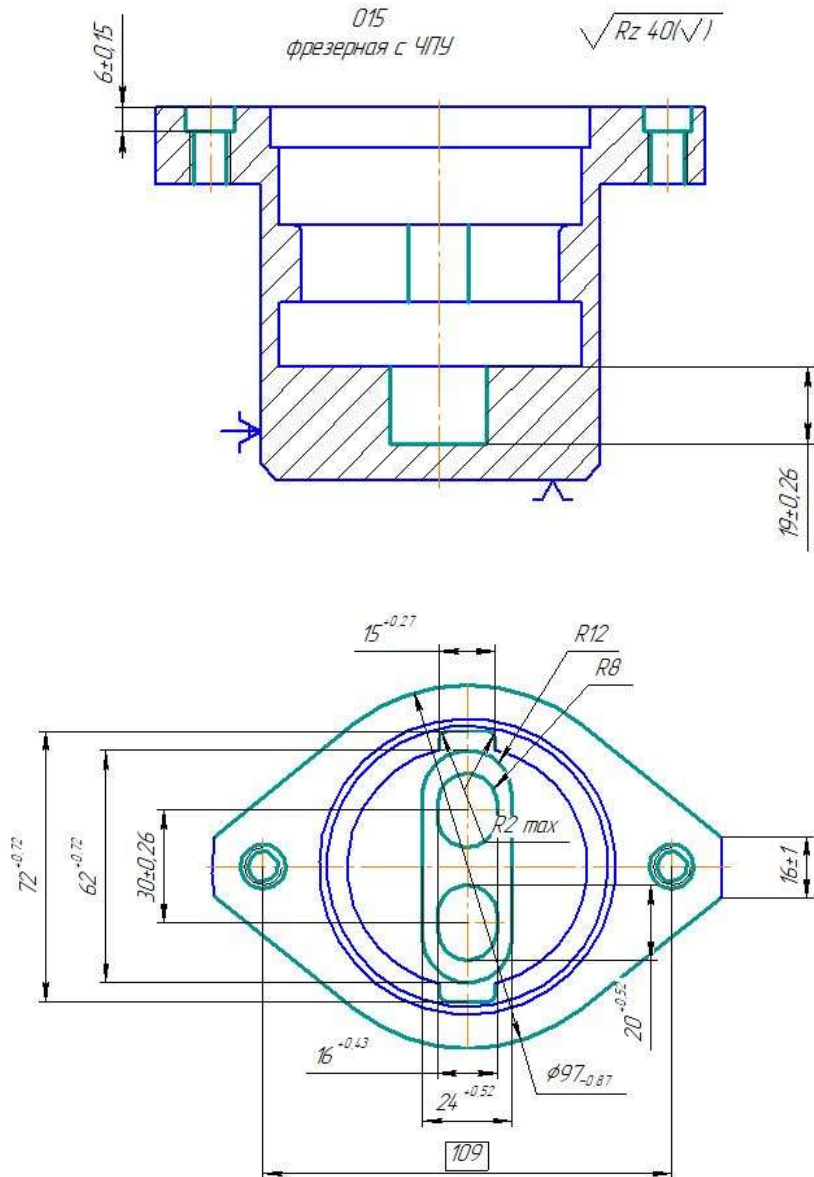


Рисунок 2.14– Эскиз операции 015

2.2.4 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса

На рисунке 2.15 представлена линейная размерная цепь, которая имеет одно замыкающее звено и четыре припуска. На рисунке представлена диаметральной размерная цепь, которая не имеет замыкающих звеньев и имеет 2 припуска.

Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата
------	------	---------	-------	------

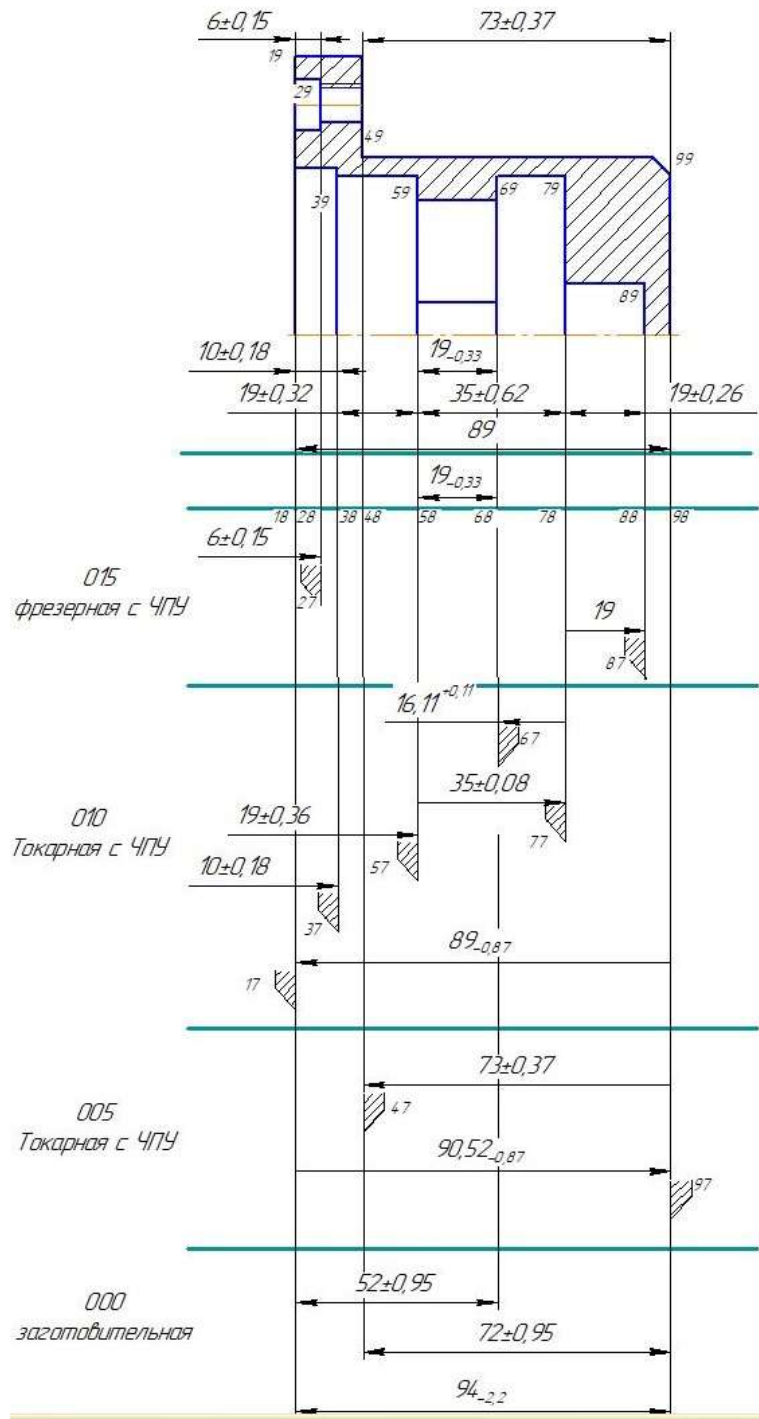


Рисунок 2.15– Линейная размерная цепь

Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата

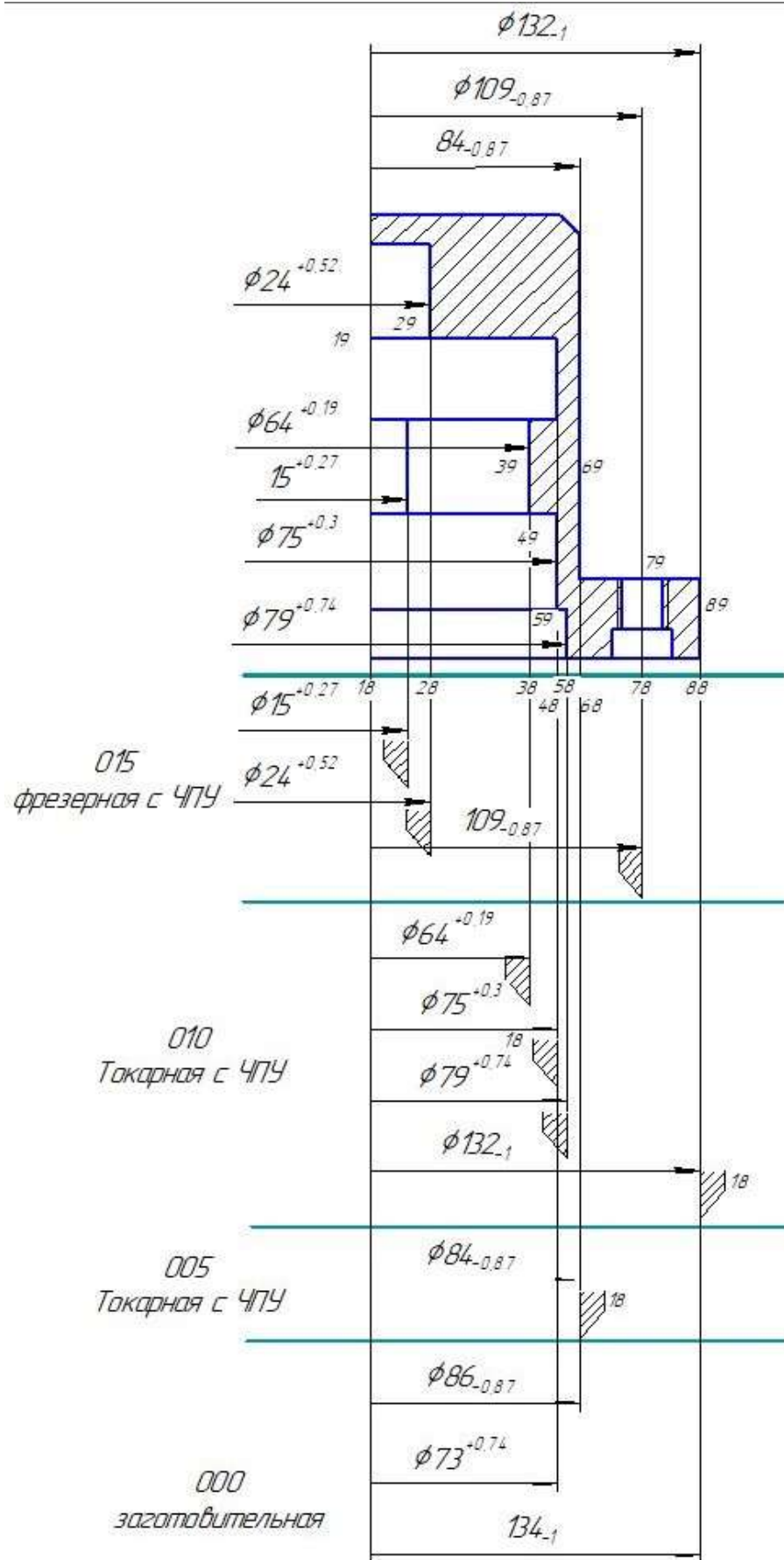


Рисунок 2.16 – Диаметральная размерная цепь

									Лист
									34
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ				

Рассчитаем замыкающее звено линейной размерной цепи [58.68]:

$$[58.68] = -(68.78) + (78.58);$$

$$[58.68] = -A^{+0,11} + 35 \pm 0,08, \text{ мм};$$

$$[58.68] = A_{cp} - \Delta 0A, \quad (2.3)$$

где:

$A_{cp}$  – среднее значение замыкающего звена,

$\Delta 0A$  – координата середины поля допуска;

$$A_{cp} = 18,835 \text{ мм};$$

$$\Delta 0A = -0,055 + 0 = -0,055 \text{ мм};$$

$$[58.68] = 18,835 + 0,055 = 18,89 \text{ мм};$$

Верхнее и нижнее отклонения рассчитаем по формулам:

$$\text{в. о.} = \sum \text{в. о. } A_{iyв.} - \sum \text{н. о. } A_{iyм.}; \quad (2.4)$$

$$\text{н. о.} = \sum \text{н. о. } A_{iyв.} - \sum \text{в. о. } A_{iyм.}; \quad (2.5)$$

где:

$\sum \text{в. о. } A_{iyв.}$  ( $\sum \text{в. о. } A_{iyм.}$ ) – сумма верхних отклонений увеличивающих (уменьшающих) звеньев,

$\sum \text{н. о. } A_{iyв.}$  ( $\sum \text{н. о. } A_{iyм.}$ ) – сумма нижних отклонений увеличивающих (уменьшающих) звеньев.

$$[58,68] = 18,89^{+0,08}_{-0,19} \text{ мм.}$$

На рисунке 2.17 представлено графическое рассеивание замыкающего звена. рассчитанное значение имеет симметричный допуск 0,03 мм с двух сторон.

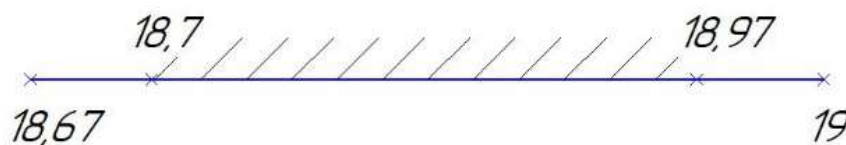


Рисунок 2.17 – графическое рассеивание замыкающего звена

Находим звено [68.78], которое является операционным размером:

$$18,89 = -[68.78] + 35 \text{ мм};$$

$$[68.78] = 35 - 18,89 = 16,11^{+0,11} \text{ мм.}$$

Для остальных операционных размеров рассчитаем припуски на обработку:

Составим уравнение припуска [17.18]:

$$[17.18] = -(18.98.0 + (98.17) \text{ мм};$$

Минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$[17.18] = Rz + Df + \frac{TA_i}{2} - \Delta_0 A_i, \quad (2.6)$$

где  $Rz$  – шероховатость поверхности с предыдущей операции,

$Df$  – величина дефектного слоя,

$TA_i$  – сумма допусков составляющих звеньев,

$\Delta_0 A_i$  – середина поля допуска.

$$[17.18] = 0,65 + \frac{0,87 + 0,87}{2} - (0,435 - 0,435) = 1,52 \text{ мм};$$

Аналогичным способом находим припуски [68.68], [48.47], [98.97] и неизвестные операционные размеры. Результаты расчета линейной размерной цепи представлены в таблице 2.3

Таблица 2.3 – Расчет звеньев линейной размерной цепи

Звено р-ой цепи	Значение звена р-ой цепи, мм	Запас расчёт. значений, мм
[58.68]	19	0,03
[68.67]	2,64	0,52
[17.18]	1,52	0
[48.47]	3,815	0,310
[98.97]	2,815	0,630
[17.67]	52	
[17.98]	90,52	
[47.97]	72	
[17.97]	97	

Аналогичным способом производим расчет диаметальной размерной цепи, представленной на рисунке 2.16 Результаты расчетов представлены в таблице 2.4

Таблица 2.4 – Расчет звеньев диаметральной размерной цепи

Звено р-ой цепи	Значение звена р-ой цепи, мм	Запас расчёт. значений, мм
[47.48]	1,78	0,610
[88.87]	2	0,350
[68.67]	2	0,48
[18.47]	86	
[18.87]	134	
[18.67]	73	

Рассчитанные припуски завышены. Это связано с тем, что при расчете размеров заготовки значения были округлены до целого числа в большую сторону.

На рисунке 2.18 и 2.19 представлены решения размерных цепей в программе "Курсар".



```

|<--->|<##>|<--->|
| Visual KursAR | Курс Автоматизированного Расчета размерных цепей
| Version 7.12 | (c) Без права эксплуатации в других организациях!
|<- ->|<==>|<- ->|

```

```

Файл:          Мой тп.rkc
Организация:   11
Расчетчик:     егошин
Изделие:       корпус замка
Дата (д.м.г): 30.4.2020

```

Исходная размерная информация

```

-----
1: 9 19 29 6 0,15 -0,15          2: 9 49 99 73 0,37 -0,37
3: 9 19 39 10 0,18 -0,18        4: 9 59 69 19 0 -0,33
5: 9 39 59 19 0,32 -0,32        6: 9 59 79 35 0,62 -0,62
7: 9 79 89 19 0,26 -0,26        8: 9 19 99 89 0 -0,87
9: 3 58 68 19 0 -0,33           10: 8 18 28 6 0,15 -0,15
11: 8 78 88 19 0,26 -0,26       12: 2 68 67 0,65
13: 8 68 78 16,11 0,11 0        14: 8 58 78 35 0,08 -0,08
15: 8 38 58 19 0,36 -0,36       16: 8 18 38 10 0,18 -0,18
17: 2 17 18 0,65                18: 8 18 98 89 0 -0,87
19: 2 48 47 0,65                20: 8 48 98 73 0,37 -0,37
21: 6 17 98 0 -0,87 3           22: 2 98 97 0,65
23: 6 17 67 0,95 -0,95 0        24: 6 47 97 0,95 -0,95 0
25: 6 17 97 0 -2,2 0

```

```

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 0.
Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 5.
Гр. 5 ..... - заменяющие-замыкающие размеры-звенья - {~} = 0.
Гр. 6 ..... - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 4.
Гр. 7 и 8 .. - составляющие известные размеры ..... - (+) = 8.
Гр. 9 ..... - исходные (чертежные) размеры ..... - (+) = 8.

```

Диагностическая информация по схеме

Все размеры схемы связаны и не имеют циклов.

```

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 1.
Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 4.
Гр. 6 ..... - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 4.

```

Цепи размерные.

Уравнения решены методом Максимума-Минимума:

1. [17=18]=-(18+98)+(17-98)
3. [98=97]=+(17-97)-(17\_98)
4. [48=47]=-(47-97)+(17\_97)-(17\_98)+(48+98)
5. [58#68]=-(68+78)+(58+78)

Вероятностный метод решения. Тип производства: серийное.

2. [68=67]=+(17-67)-(17\_98)+(18+98)-(18+38)-(38+58)-(58+78)+(68+78)

Таблица .....

Результаты расчета размерной схемы (см. ....)

Гр	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчетн.
р	левой и	значение	отклон.	отклон.	номи-	предельных зна-
у	правой				нальный	чений относит.
п	повержно-	Если нет	Предельн.значен.:	размер	исходного звена	
па	стей звена	номинала	Min и	Max	звена	по Min и по Max
1#	58 68	19,000	-0,030	-0,300	18,835	0,030 0,030
2=	68 67		1,170	4,121	2,645	0,520
2=	17 18		0,650	2,390	1,520	0,000
2=	48 47		0,960	6,670	3,815	0,310
2=	98 97		1,280	4,350	2,815	0,630
6+	17 67	52,000	0,950	-0,950	52,000	
6+	17 98	90,520	0,000	-0,870	90,085	
6+	47 97	72,000	0,950	-0,950	72,000	
6+	17 97	94,000	0,000	-2,200	92,900	

Рисунок 2.18 – Расчет линейной размерной цепи в программе "Курсар"

```

|<--->|<##>|<--->|
| Visual KursAR | Курс Автоматизированного Расчета размерных цепей
| Version 7.12 | (с) Без права эксплуатации в других организациях!
|<- ->|<==>|<- ->|

```

```

файл:          Д проектный.rks
Организация:   11
Расчетчик:     Егошин
Изделие:       Корпус диам проектный
Дата (д.м.г): 30.4.2020

```

Исходная размерная информация

```

-----
1: 9 19 89 132 0 -1          2: 9 19 79 108 0 -0,87
3: 9 19 69 84 0 -0,87      4: 9 19 29 24 0,52 0
5: 9 19 39 64 0,19 0       6: 9 19 49 75 0,3 0
7: 9 19 59 79 0,74 0       8: 8 18 28 24 0,52 0
9: 8 18 78 109 0 -0,87     10: 8 18 38 64 0,19 0
11: 2 47 48 0,65           12: 8 18 48 75 0,3 0
13: 8 18 58 79 0,74 0     14: 8 18 88 132 0 -1
15: 2 88 87 0,65          16: 8 18 68 84 0 -0,87
17: 2 68 67 0,65          18: 6 18 67 0 -0,87 0
19: 6 18 47 0,74 0 0      20: 6 18 87 0 -1 0

```

```

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 0.
Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 3.
Гр. 5 ..... - заменяющие-замыкающие размеры-звенья - {~} = 0.
Гр. 6 ..... - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 3.
Гр. 7 и 8 .. - составляющие известные размеры ..... - (+) = 7.
Гр. 9 ..... - исходные (чертежные) размеры ..... - (+) = 7.

```

Диагностическая информация по схеме

Все размеры схемы связаны и не имеют циклов.

```

Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 3.
Гр. 6 ..... - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 3.

```

Цепи размерные.

Уравнения решены методом Максимума-Минимума:

1. [47=48]=+(18+48)-(18-47)
2. [88=87]=+(18-87)-(18+88)
3. [68=67]=+(18-67)-(18+68)

Таблица .....

Результаты расчета размерной схемы (см. ....)

Г	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчетн.
р	левой и	значение	отклон.	отклон.	номи-	предельных зна-
у	правой	-----	-----	-----	нальный	чений относит.
п	поверхно-	Если нет	Предельн.значен.:	размер	исходного звена	
па	стей звена	номинала	Min и	Max	звена	по Min и по Max
--	----	-----	-----	-----	-----	-----
2=	47 48		1,260	2,300	1,780	0,610
2=	88 87		1,000	3,000	2,000	0,350
2=	68 67		1,130	2,870	2,000	0,480
6+	18 47	73,000	0,740	0,000	73,370	
6+	18 87	134,000	0,000	-1,000	133,500	
6+	18 67	86,000	0,000	-0,870	85,565	

Рисунок 2.19– Расчет диаметральной размерной цепи в программе "Курсар"

## 2.2.5 Расчет режимов резания и норм времени на все операции проектного варианта технологического процесса

Расчет режимов резания и норм штучного времени произведем для 1 и 6 поверхностей (рисунок 2.20) 005 и 010 операций соответственно.

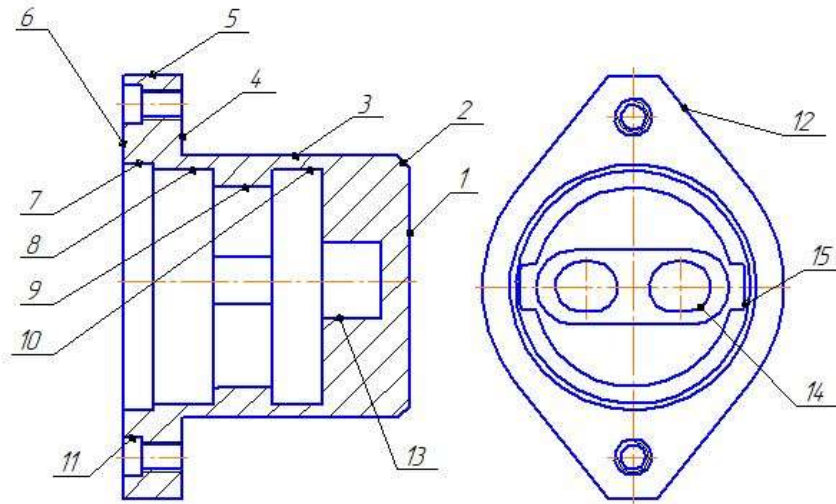


Рисунок 2.20 – Обрабатываемые поверхности детали

### 1) Исходные данные:

Наименование детали – Корпус замка.

Материал 30ХГСА

Точность обработки 1-IT9, 6-IT14.

Шероховатость обработки поверхности: Rz40.

Метод получения заготовки – штамповка в КГШП (IT16).

Состояние поверхности – без корки.

Станок OKUMA Genos L250/

Операция 005, 010:

Базирование в трехкулачковом патроне. Содержание операции – точить торец 1, расточить поверхность 6.

### 2) Выбор глубины резания

Для получения поверхности 1 необходима черновая обработка, для получения поверхности 6 необходима черновая обработка [1, карта 1].

										Лист
										40
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата						

При черновой стадии обработки рекомендуемая глубина резания не менее 1,5 мм, [1, карта 2].

По приложению 1, 5 [1] и исходя из условий обработки принимаем ромбическую форму пластины из T15K6 для поверхность 1 и квадратную для поверхности 6. По приложению 6 [1] выбираем способ крепления пластины – для первого резца – двухплечим прихватом за выемку, а для второго резца – клин-прихватом.

По приложению 7 [1] и исходя из условий обработки, выбираем углы в плане:  $\varphi = 45^\circ$ ,  $\varphi_1 = 5^\circ$ .

По приложению 8 [1] определяем остальные геометрические параметры режущей части для резца, обрабатывающего поверхность 1: задний угол  $\alpha = 6^\circ$ ; передний угол  $\gamma = 10^\circ$ ; форма передней поверхности – плоская с фаской; ширина фаски вдоль главного режущего лезвия  $f = 0,5$  мм; радиус скругления  $r = 0,03$  мм; радиус вершины резца  $r_B = 1,0$  мм, нормативный период стойкости находим по приложению 13  $T = 30$  минут, а для резца, обрабатывающего поверхность 6: задний угол  $\alpha = 6^\circ$ ; передний угол  $\gamma = 10^\circ$ ; форма передней поверхности – плоская с фаской; ширина фаски вдоль главного режущего лезвия  $f = 0,5$  мм; радиус скругления  $r = 0,025$  мм; радиус вершины резца  $r_B = 1,0$  мм, нормативный период стойкости находим по приложению 13  $T = 30$  минут.

### 3) Выбор подачи

Рекомендуемые значения подач черновой стадии обработки выбираем по карте 4 [1]:  $S_{OT} = 0,73$  мм/об.

По карте 4 и 5 [1] определяем поправочные коэффициенты на подачу черновой стадии обработки для измеренных условий в зависимости от:

- инструментального материала –  $K_{Si} = 1$ ;
- способа крепления пластин –  $K_{Sp} = 1$ ;
- сечения державки резца –  $K_{Sd} = 1$ ;
- прочности режущей части –  $K_{Sh} = 1$ ;

										Лист
										41
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ					

- механических свойств обрабатываемого материала –  $K_{SM} = 0,7$ ;
- схемы установки заготовки –  $K_{Sy} = 0,8$ ;
- состояния поверхности заготовки –  $K_{Sn} = 1$ ;
- геометрических параметров резца –  $K_{S\varphi} = 1$ ;
- жесткости станка –  $K_{Sj} = 1$ ;

Окончательно подачу черновой стадии обработки определяем по формуле:

$$S_O = S_{OT} * K_{Si} * K_{Sp} * K_{Sd} * K_{Sh} * K_{SM} * K_{Sy} * K_{Sn} * K_{S\varphi} * K_{Sj}; \quad (2.7)$$

$$S_O = 0,73 * 1 * 1 * 1 * 1 * 0,7 * 0,8 * 1 * 1 * 1 = 0,40 \frac{\text{мм}}{\text{об.}}$$

Рекомендуемые значения подач черновой стадии обработки выбираем по карте 4 [1]:  $S_{OT} = 0,83$  мм/об.

По карте 4 и 5 [1] определяем поправочные коэффициенты на подачу черновой стадии обработки для измеренных условий в зависимости от:

- инструментального материала –  $K_{Si} = 1$ ;
- способа крепления пластин –  $K_{Sp} = 1$ ;
- сечения державки резца –  $K_{Sd} = 1$ ;
- прочности режущей части –  $K_{Sh} = 1$ ;
- механических свойств обрабатываемого материала –  $K_{SM} = 0,7$ ;
- схемы установки заготовки –  $K_{Sy} = 0,8$ ;
- состояния поверхности заготовки –  $K_{Sn} = 1$ ;
- геометрических параметров резца –  $K_{S\varphi} = 1$ ;
- жесткости станка –  $K_{Sj} = 1$ ;

Окончательно подачу черновой стадии обработки определяем по формуле:

$$S_O = S_{OT} * K_{Si} * K_{Sp} * K_{Sd} * K_{Sh} * K_{SM} * K_{Sy} * K_{Sn} * K_{S\varphi} * K_{Sj}; \quad (2.8)$$

$$S_O = 0,83 * 1 * 1 * 1 * 1 * 0,7 * 0,8 * 1 * 1 * 1 = 0,46 \frac{\text{мм}}{\text{об.}}$$

Рассчитанные подачи проверяем по осевой и радиальной составляющим силы резания, допустимым прочностью механизма подач станка. Найдем значения сил для черновой стадии обработки, т.к. на этой стадии наибольший снимаемый припуск.

По карте 32 [1] определяем табличные значения составляющих сил резания:  $P_{ХТ} = 750 \text{ Н}$ ,  $P_{УТ} = 270 \text{ Н}$ .

По карте 33 определяем поправочные коэффициенты на силы резания для измененных условий в зависимости от:

- механические свойства обрабатываемого материала  $K_{РМ} = 1,2$ ;
- главного угла в плане –  $K_{Р\phi} = 0,7$ ;
- переднего угла –  $K_{Р\gamma} = 0,9$ ;
- угла наклона режущей кромки  $K_{Р\lambda} = 1$ ;

Окончательно составляющие силы резания определяем по формуле:

$$P_X = P_{ХТ} \cdot K_{РМ} \cdot K_{Р\phi} \cdot K_{Р\gamma} \cdot K_{Р\lambda} = 750 \cdot 1,2 \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot 1 = 567 \text{ Н}; \quad (2.9)$$

$$P_Y = P_{УТ} \cdot K_{РМ} \cdot K_{Р\phi} \cdot K_{Р\gamma} \cdot K_{Р\lambda} = 270 \cdot 1,2 \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot 1 = 204,1 \text{ Н}. \quad (2.10)$$

Рассчитанные значения составляющих сил резания меньше, чем допускается механизмом подач станка:  $P_{ХСТ} = 8000 \text{ Н}$ ,  $P_{УСТ} = 3600 \text{ Н}$ .

Скорость резания для черновой стадии обработки определяем по карте 21 [1]:  $V_T = 203 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$ .

По карте 23 [1] определяем поправочные коэффициенты для изменённых условий в зависимости от:

- группы обрабатываемого материала –  $K_{Vc} = 0,85$ ;
- вида обработки –  $K_{Vo} = 1$ ;
- жесткости станка –  $K_{Vj} = 1$ ;
- механических свойств обрабатываемого материала –  $K_{VM} = 0,7$ ;
- геометрических параметров резца –  $K_{V\phi} = 1$ ;
- периода стойкости режущей части –  $K_{VT} = 1$ ;
- наличия охлаждения –  $K_{Vж} = 1$ .

Для черновой:  $V_T = 185 \text{ м/мин}$ .

									Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата					43

По карте 21 определяем поправочный коэффициент на скорость резания для черновой стадии обработки в зависимости от инструментального материала:  $K_{Vi} = 1$ .

По карте 23 [1] определяем поправочные коэффициенты для изменённых условий в зависимости от:

- группы обрабатываемого материала –  $K_{Vc} = 0,85$ ;
- вида обработки –  $K_{Vo} = 1$ ;
- жесткости станка –  $K_{Vj} = 1$ ;
- механических свойств обрабатываемого материала –  $K_{VM} = 0,7$ ;
- геометрических параметров резца –  $K_{V\phi} = 1$ ;
- периода стойкости режущей части –  $K_{VT} = 1$ ;
- наличия охлаждения –  $K_{Vж} = 1$ .

Окончательное произведение коэффициентов равно:

$$K_V = K_{Vi} \cdot K_{Vc} \cdot K_{Vo} \cdot K_{Vj} \cdot K_{VM} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{VT} \cdot K_{Vж}; \quad (2.11)$$

Для чистовой стадии обработки:

$$K_V = 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1,4 \cdot 1,1 \cdot 1 = 0,97;$$

для черновой стадии:

$$K_V = 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1 = 0,76.$$

Окончательно скорость резания на черновой стадии:

$$V = V_T \cdot K_V; \quad (2.12)$$

$$V = 203 \cdot 0,85 \cdot 0,7 = 120,7 \text{ м/мин.}$$

На черновой стадии:

$$V = 185 \cdot 0,85 \cdot 0,7 = 110 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}; \quad (2.13)$$

Для черновой стадии частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 120}{3,14 \cdot 90} = 127 \text{ м/мин;}$$

для черновой стадии:

									Лист
									44
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата					

$$n = \frac{1000 \cdot 110}{3,14 \cdot 79} = 417 \text{ м/мин};$$

Принимаем фактическую частоту вращения заготовки с учетом данных станка  $n_{\phi} = 450$  м/мин для первой поверхности и  $n_{\phi} = 420$  м/мин для шестой поверхности.

Фактическую скорость резания рассчитываем по формуле:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000}; \quad (2.14)$$

для первой поверхности:

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 450}{1000} = 127 \text{ м/мин};$$

для шестой поверхности:

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 79 \cdot 420}{1000} = 110,7 \text{ м/мин.}$$

Минутную подачу рассчитываем по формуле:

$$S_M = n_{\phi} \cdot S_o; \quad (2.15)$$

для первой поверхности:

$$S_M = 450 \cdot 0,4 = 180 \text{ мм/мин};$$

для черного перехода:

$$S_M = 420 \cdot 0,46 = 193,2 \text{ мм/мин.}$$

Режимы резания для обработки остальных поверхностей представлены в таблице 2.5

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		



Таблица 2.5 – Расчет режимов резания

№ оп	Пов-ть	Стадия обработки	Табл.п одача $S_{от}$ , мм/об	Прин подача $S_0$ , мм/об	Табл. скорос ть $V_T$ , м/мин	Факт. скорос ть $V_{Ф}$ , м/мин	Факт. обор.ш п. $n_{ф}$ , об/мин	Мин. подач а $S_m$ , мм/мин
005	1	I - подрез торца	0,73	0,4	203	127	450	180
	2	I - снятие фаски	0,73	0,7	203	127	450	180
	3	I- точение $\varnothing 84_{-0,87}$	0,83	0,46	185	110	420	193,2
	4	I - подрезка торца	0,73	0,4	203	127	450	180
010	5	I- точение $\varnothing 132_{-1}$	0,83	0,46	185	109,8	265	122,9
	6	I - подрезка торца	0,83	0,46	185	109,8	265	122,9
		I - сверление $\varnothing 63H14$	1,3	0,715	12,2	15,8	120	85
	7	I- расстач. $\varnothing 79^{+0,74}$	0,63	0,23	197	110	450	103,5
	8	II- расстач $\varnothing 75^{+0,3}$	0,73	0,29	210	125	530	153,7
	9	II- расстач $\varnothing 64^{+0,19}$	0,83	0,33	284	170	860	283,4
	10	II- расстач $\varnothing 75^{+0,3}$	0,83	0,33	210	125	530	153,7
015	11	I - сверление $\varnothing 12H14$	0,15	0,08	26,5	38,4	1020	81,5
	12	I - фрезерован ие	0,09	0,054	58,8	60	200	43,2
	13	I - фрезерован ие	0,64	0,07	50,2	82	850	250,5

Окончание таблицы 2.5

015	14	I - фрезерован ие	0,4	0,07	45	97	1020	230,4
	15	I - фрезерован ие	0,64	0,07	32	82	1630	85,4
		I - нарез. резьбы	1,5	1,5	21	21	461	691

Норма штучного времени определяется по формуле:

$$T_{шт} = (T_{ц.а.} + T_{в.}) \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{тех} + \alpha_{орг} + \alpha_{отл}}{100}\right), \quad (2.16)$$

где  $T_{ц.а.}$  – время цикла автоматической работы станка по программе, мин;

$T_{в.}$  – вспомогательное время, мин;

$\alpha_{тех}$ ;  $\alpha_{орг}$ ;  $\alpha_{отл}$  – время на техническое и организационное обслуживание рабочего места, на отдых и личные потребности соответственно при одностаночном обслуживании, % от оперативного времени.

Время автоматического цикла работы определяется:

$$T_{ц.а.} = T_o + T_{м.в.}, \quad (2.17)$$

где  $T_o$  – основное время на обработку одной детали, мин;

$T_{м.в.}$  – машинно-вспомогательное время по программе, мин.

Основное время определяется:

$$T_o = \sum_1^i \frac{L_i}{S_{mi}}, \quad (2.18)$$

где  $L_i$  – длина траектории режущего инструмента при обработке, мм;

$S_{mi}$  – минутная подача при на данном технологическом участке, мм/мин.

Основное время для обработки всех поверхностей для каждой операции представлено в таблице 2.6

Таблица 2.6 – Расчет  $T_{осн}$

№ оп.	№ поверхности	$T_{осн}$ , мин
005	1	0,46
	2	0,09
	3	0,377
	4	0,73
Суммарное значение $T_{осн}$ , на операции		1,657
010	5	0,13
	6	0,537
	Сверление	0,75
	7	0,1
	8	0,15
	9	0,1
	10	0,1
Суммарное значение $T_{осн}$ , на операции		1,86

Окончание таблицы 2.6

015	11	0,2
	12	1
	13	0,4
	14	0,3
	15	0,4
	16	0,1
Суммарное значение $T_{\text{осн}}$ , на операции		2,32

В машинно-вспомогательном времени учитывается время на смену режущего инструмента, технические перерывы. По характеристикам станков, время на смену инструмента 4 секунды. Поэтому примем для 005, 010 операции  $T_{\text{мв}} = 0,27$  мин, для 015 операции  $T_{\text{мв}} = 0,8$  мин.

Вспомогательное время складывается из составляющих, выбор которых осуществляется по нормативам [2], формула для расчета приведена далее:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{в.у}} + T_{\text{в.оп}} + T_{\text{в.изм}}, \quad (2.19)$$

где  $T_{\text{в.у}}$  – вспомогательное время на установку и снятие детали;

$T_{\text{в.оп}}$  – вспомогательное время, связанное с операцией;

$T_{\text{в.изм}}$  – время, связанное с измерением.

Вспомогательное время на установку и снятие детали:  $T_{\text{в.у}} = 0,85$  мин [2, карта 12].

Время, связанное с измерением, складывается из множества измерений разными инструментами. Так как проверяется 10% от всей партии, то  $T_{\text{в.изм}} =$

3,42 мин и является перекрываемым основным временем на обработку [2, карта 15].

Вспомогательное время, связанное с операцией  $T_{в.оп.}$ , включает в себя время на включение и выключение станка, проверку возврата инструмента в заданную точку после обработки, открытие и закрытие дверцы, предохраняющей от забрызгивания эмульсией [2, карта 14].

$$T_{в.оп} = 0,32 + 0,15 + 0,3 = 0,5 \text{ мин.}$$

Суммарное вспомогательное время составит:

$$\text{для 005 операции } T_{в} = 1,12 + 0,5 + 0,43 = 2,25 \text{ мин;}$$

$$\text{для 005 операции } T_{в} = 1,12 + 0,5 + 3,42 = 5,04 \text{ мин;}$$

$$\text{для 015 операции } T_{в} = 1,65 + 0,5 + 3,42 = 5,57 \text{ мин;}$$

Время на организационное и техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности приведено в процентах от оперативного времени [2, карта 16].

$$\text{Для 005 операции } \alpha_{тех} + \alpha_{орг} + \alpha_{отл} = 7\%,$$

$$\text{для 010 операции } \alpha_{тех} + \alpha_{орг} + \alpha_{отл} = 7\%.$$

$$\text{для 015 операции } \alpha_{тех} + \alpha_{орг} + \alpha_{отл} = 14\%.$$

Штучное время на 005 операцию:

$$T_{шт1} = (6,697 + 0,27) \cdot (1 + 0,07) = 4,46 \text{ мин;}$$

на 010 операцию:

$$T_{шт2} = (1,86 + 0,27 + 5,04) \cdot (1 + 0,07) = 7,67 \text{ мин.}$$

на 015 операцию:

$$T_{шт3} = (2,31 + 0,8 + 5,57) \cdot (1 + 0,14) = 8,89 \text{ мин.}$$

Норма штучного времени на изготовление детали:

$$T_{шт} = 7,45 + 7,67 + 9,89 = 21,02 \text{ мин.}$$

## 2.2.6 Вывод по разделу 2.2

В результате разработки проектного варианта технологического процесса был выбран новый способ получения исходной заготовки, разработан новый маршрутно-операционный технологический процесс изготовления

									Лист
									50
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата					

детали, рассчитаны операционные размеры. Также были выбраны режимы резания и нормы времени для каждого технологического перехода.

### 3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки

В ходе обзора и выбора технологической оснастки выбираем приспособление для закрепления заготовки и вспомогательный инструмент для крепления режущего инструмента.

Для закрепления детали выбираем трехкулачковые самоцентрирующиеся пневматические патроны Kitagawa В-212 с клиновым механизмом (рисунок 3.1). Патрон состоит из корпуса 1, основания кулачков 2, насадные кулачки 5, скользящая муфта 6, втулка 7, штифты 8 и 9.

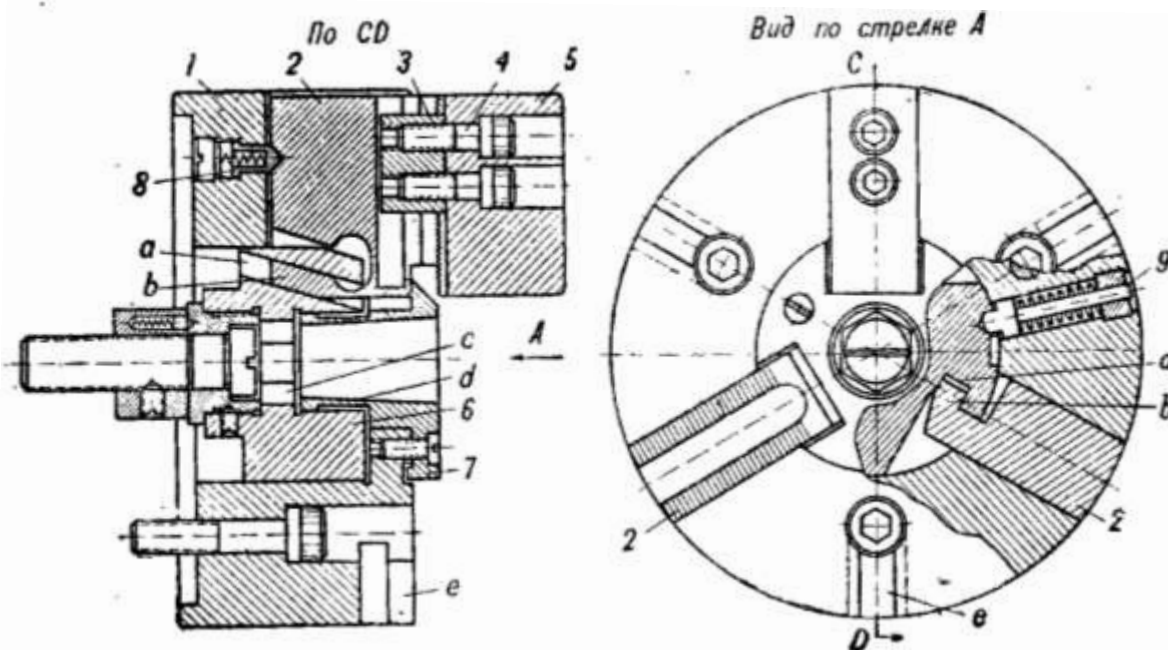


Рисунок 3.1 – Трехкулачковый пневматический патрон

Данные патроны имеют следующие преимущества:

- компактность и жесткость;
- износостойчивость;
- быстрота переналадки

Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата

На операции 015 необходимо определить положение поверхностей детали, которые необходимо обработать на данной операции. Для этого используется измерительный наконечник TS460 фирмы HEIDENHAIN (рисунок 3.2). Этот измерительный прибор является съемным, поэтому передача сигнала в процессе измерения выполняется бесконтактно: путем радио или инфракрасного сигнала. Устройство устанавливается в оправке с коническим хвостовиком в инструментальном магазине станка. При необходимости измерения оправка с измерительным наконечником устанавливается в шпиндель станка и производится измерение.



Рисунок 3.2 – Измерительный наконечник HEIDENHAIN TS460

Для закрепления режущего инструмента выбираем оснастку, относительно режущего инструмента.

1) Для закрепления токарного резца для точения наружной поверхности выбираем осевой резцедержатель правый:

						Лист
					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	52
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

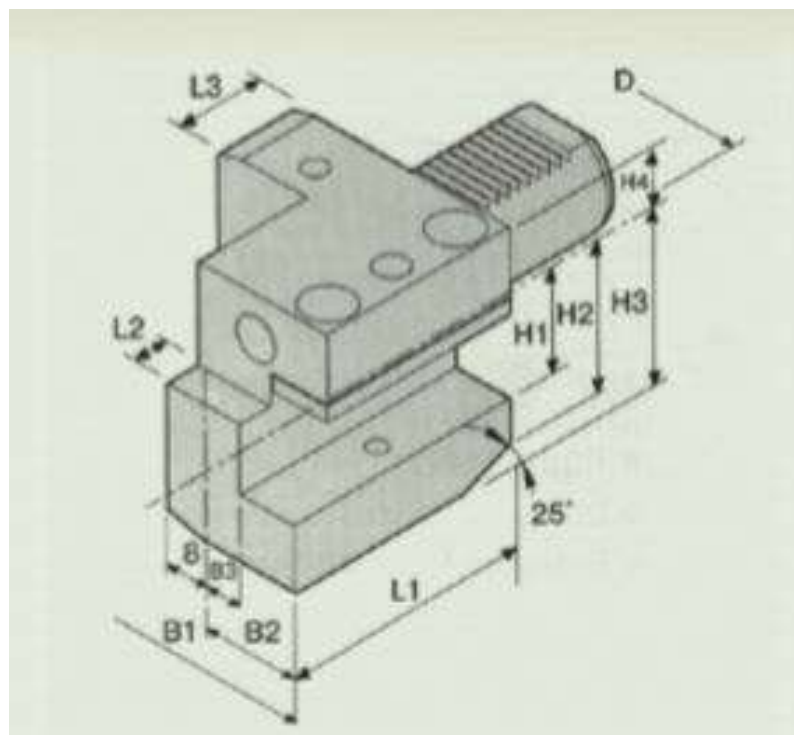


Рисунок 3.3 – Осевой резцедержатель

Размеры резцедержателя:

D – 40 мм;

B1 – 85 мм;

B2 – 42,5 мм;

B3 – 21 мм;

H1 – 25 мм;

H3 – 48 мм;

H4 – 32,5 мм;

L1 – 85 мм;

L2 – 12,5 мм;

L3 – 30 мм.

Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата

ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ

Лист

53





Размеры резцедержателя:

D – 40 мм;

D1 – 32 мм;

H1 – 80 мм;

H2 – 65 мм;

H3 – 85 мм;

L1 – 85 мм;

L2 – 112 мм.

Обработка остальными инструментами будет производиться на станке Okuma M460R-VR, присоединительный размер конуса которого 7/24 (ISO40).

1) Для корпуса сверла Sumitomo с диаметром цилиндра 20 мм выберем сверлильный патрон Kintek:

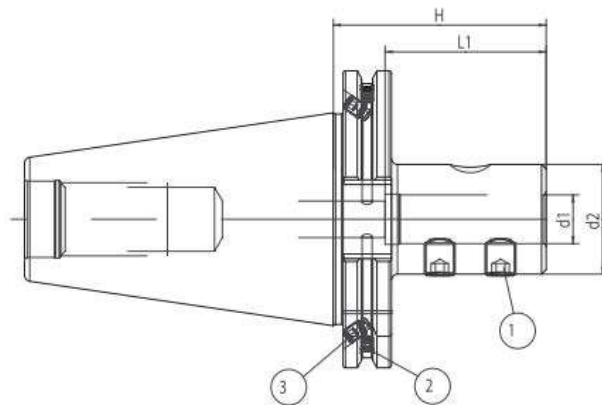


Рисунок 3.6 – Сверлильный патрон

Размеры патрона:

d1 - 20 мм;

d2 – 40 мм;

H – 65 мм;

L1 – 53 мм.

2) Для корпуса фрезы Mitsubishi APX3000R222SA20LA, имеющей цилиндрический хвостовик, выбираем оправку с креплением Weldon:



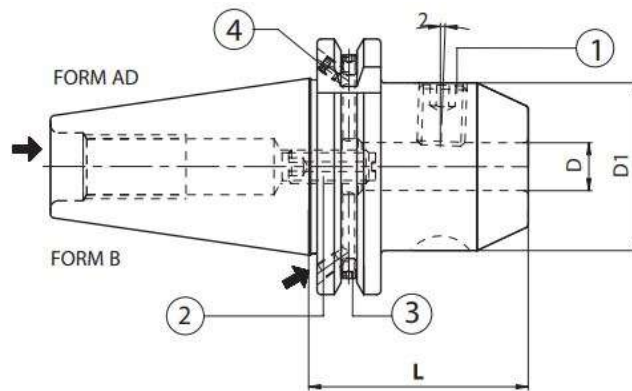


Рисунок 3.9 – Оправка с креплением Whistle Notch

Размеры оправки:

$D - 6 \text{ мм};$

$L - 50 \text{ мм};$

$D1 - 25 \text{ мм}.$

5) Для резцофрезы Seco TM-M10x1,5ISO-8R1, имеющую цилиндрический хвостовик с диаметром 8 мм, выбираем оправку с креплением Whistle Notch:

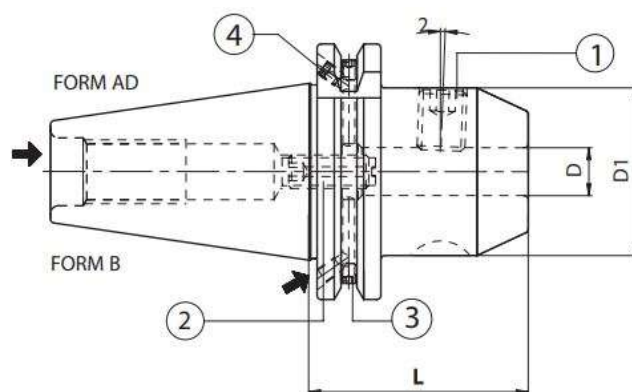


Рисунок 3.10 – Оправка с креплением Whistle Notch

Размеры оправки:

$D - 8 \text{ мм};$

$L - 50 \text{ мм};$

$D1 - 28 \text{ мм}.$

### 3.2 Проектирование и расчет специального станочного приспособления

В качестве специального приспособления для установки заготовки на станок выбираем промышленного робота (ПР), исходя из требований

грузоподъемности и необходимой зоны обработки. Порядок выбора робота представлен ниже.

1) Выбор промышленного робота.

Промышленный робот (ПР) выбираем из требований грузоподъемности и необходимой зоны обработки.

Для выбора типа ПР по грузоподъемности найдем массу заготовки:

$$m = \frac{G}{10}, \text{ кг}; \quad (3.1)$$

$$G = V * \rho * g, \quad (3.2)$$

$V$  – объём заготовки,  $\text{м}^3$ ;

$\rho$  – плотность заготовки (сталь),  $\rho = 7850 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;

$g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,8 \text{ М/с}^2$ ;

$$V = \frac{\pi * D^2 * l}{4}, \quad (3.3)$$

$D$  – наибольший диаметр заготовки, м;

$l$  – длина заготовки, м;

$$V = \frac{3,14 * 0,135^2 * 0,092}{4} = 0,0013162095 \text{ м}^3;$$

$$G = 0,0013162095 * 7850 * 9,8 = 101,25 \text{ Н};$$

Следовательно:

$$m = \frac{101,25}{10} = 10,1 \text{ кг}.$$

Принимаем промышленный робот Kawasaki RS050N (рисунок 3.11) с пневмоприводом и грузоподъемностью до 50 кг. Основные характеристики робота представлены в таблице 3.1.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ				58

## Промышленный робот Kawasaki RS050N



Рисунок 3.11 – Промышленный робот Kawasaki RS050N

Таблица 3.1 – Технические характеристики робота

Специализация робота	Универсальный
Тип запястья	Классический
Число степеней свободы	6 осей
Максимальная досягаемость	2100 мм
Грузоподъемность	50 кг
Точность (повторяемость)	±0,07 мм
Вес манипулятора	555кг
Привод	Пневматический

### 2) Выбор схемы схвата

Для выбранного схвата подберем типовую схему схвата, по которой ведется расчет сил и размеров привода (рисунок 3.12).

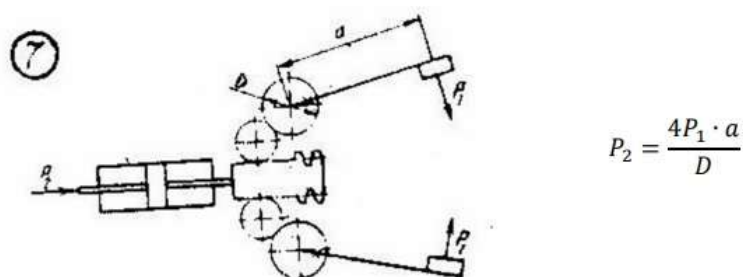


Рисунок 3.12 – Типовая схема схвата

Достоинства:

- 1) Точность движения губок;
- 2) Простота конструкции;

3) Жесткость закрепления;

4) Большое усилие захвата;

Недостатки:

1) Ограниченный диапазон работы;

2) Износ работающих элементов.

Данный схват работает путем подачи воздуха в пневмоцилиндр двустороннего действия, который заставляет двигаться поршень. С поршнем жестко связана рейка, которая передает вращение зубчатым колесам поскольку находится с ними в зубчатом зацеплении, которые, в свою очередь, двигают губки схвата.

3) Расчёт усилия зажима.

Определим усилие  $P_1$  для удержания транспортируемой детали, считая, что удержание происходит за счет усилия трения:

$$P_1 = m * (g + a) * K_1 * K_2, \text{ где:} \quad (3.4)$$

$m$  – наибольшая масса детали,  $m = 10,1$  кг;

$g$  – ускорение свободного падения  $g = 9,8 \text{ М/с}^2$ ;

$a$  – ускорение центра масс,  $a = 5 \text{ М/с}^2$ ;

$K_1$  – коэффициент, зависящий от формы губок схвата и положения детали относительно губок:

$K_2$  – коэффициент запаса,  $K_2 = 1,5$ .

$$K_1 = \frac{\sin\theta_1}{2*\mu}, \text{ где:} \quad (3.5)$$

$\theta_1$  – угол  $45^\circ$ ;

$\mu$  – коэффициент трения,  $0,15$ , тогда:

$$K_1 = \frac{\sin 45^\circ}{2 * 0.15} = 2,36.$$

$$P_1 = 10,1 * (9,8 + 5) * 2,36 * 1,5 = 530 \text{ Н.}$$

Из конструктивных соображений принимаем  $l = 160$  мм.

Угол  $\theta$  определим из величины максимального перемещения губок:

									Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата					60

$$S = \frac{D_{max} - D_{min}}{2} + \Delta = \frac{135 + 84}{2} + 20 = 130 \text{ мм, где:}$$

$D_{max}$  – максимальный диаметр детали, мм;

$D_{min}$  – минимальный диаметр детали, мм;

$\Delta$  – дополнительный ход губок для выхода губок от поверхности детали, тогда:

$$\theta = \arcsin \frac{S}{l} = \arcsin \frac{130}{160} = 54^\circ 34'.$$

4) Расчет силы, действующей на основные элементы конструкции.

Усилие привода  $P_2$  для принятой схемы схвата согласно рисунку 3.12.

$$P_2 = \frac{2P_1 l}{R} = \frac{2 * 530 * 0,16}{0,085} = 1995 \text{ Н.}$$

Конструктивно принимаем расстояние между шарнирами в рычагах  $c = 60$  мм. Тогда усилие, действующее на шарниры:

$$F_{ш} = \frac{P_1 l}{c} = \frac{530 * 0,16}{0,06} = 1413 \text{ Н.}$$

5) Выбор размеров силового привода.

Радиус зубчатого сектора  $R$  определяем из расчета зубчато-реечной передачи на выносливость по изгибу:

$$m = 14^3 \sqrt{\frac{Y_F K_{F\beta} T}{Z^2 \psi_{bd} \sigma_{FP}}}, \text{ где} \quad (3.6)$$

$Z$  – число зубьев,  $Z=35$ ;

$Y_F$  – коэффициент формы зуба,  $Y_F = 4,26$ ;

$\psi_{bd}$  – коэффициент ширины венца,  $\psi_{bd} = 0,6$ ;

$K_{F\beta}$  – коэффициент, учитывающий распределение нагрузки по вершине венца,  $K_{F\beta} = 1,08$ ;

$\sigma_{FP}$  – допустимое напряжение при расчете на изгибную прочность (принимаем сталь 40Х с закалкой ТВЧ  $K_{FL} = 1$ ),  $\sigma_{FP} = 320$  МПа;

$T$  – крутящий момент, передаваемый реечным колесом,  $T = 5000 * 0,15$  Нм, тогда^

										Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ					61



$$m = 14 \sqrt[4]{\frac{4,26 * 1,08 * 1000 * 0,15}{35^2 * 0,6 * 320}} = 4,95 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартное значение модуля  $m = 5$ . При этом радиус зубчатого сектора:

$$R = \frac{m * z}{2} = \frac{13 * 35}{2} = 84,5 \text{ мм.}$$

Определим необходимый диаметр гидроцилиндра привода схвата:

$$d = \sqrt{\frac{4P_2}{P\pi}}, \text{ где:} \quad (3.7)$$

$P$  – давление воздуха в пневмосистеме, МПа. Принимаем  $P = 0,2$  МПа, тогда:

$$d = \sqrt{\frac{4 * 1995}{0,2 * 3,14}} = 120.$$

Принимаем стандартное значение диаметра пневмоцилиндра  $d = 120$  мм.

Диаметр шарниров выбираем из расчета на срез:

$$d_{ш} = \sqrt{\frac{4 * F_{ш}}{\pi[\tau_{ср}]}}, \text{ где:} \quad (3.8)$$

$[\tau_{ср}] = 120$  МПа – допустимое напряжение среза для стали 45, тогда:

$$d_{ш} = \sqrt{\frac{4 * 1413}{3,14 * 120}} = 5,8 \text{ мм.}$$

Принимаем  $d_{ш} = 6$  мм.

Проверим шарниры на смятие, задаваясь допускаемым напряжением на смятие для стали 45  $[\sigma_{см}] = 80$  МПа:

$$\sigma_{см} = \frac{2F_{ш}}{\pi d_{ш} b}, \text{ где} \quad (3.9)$$

$b = 15$  мм – принятая ширина шарнира, тогда:

$$\sigma_{см} = \frac{2 * 1413}{3,14 * 6 * 15} = 10,2 \text{ МПа} < 80 \text{ МПа.}$$

В результате расчета напряжение на смятие поучилось гораздо меньше допустимого. Таким образом, для данного схвата принимаем модуль зубчато-реечной передачи  $m = 5$  мм, радиус делительной окружности  $R = 84,8$  мм,

									Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ				62

диаметр пневмоцилиндра привода схвата  $d = 120$  мм, диаметр шарниров в рычагах  $d_{ш} = 6$  мм.

б) Выбор фланца для закрепления схвата к промышленному роботу.

Схват крепится к роботу при помощи фланца (рисунок 7). Поскольку промышленный приобретается на стороннем предприятии, то фланец, подходящий к данному типу робота поставляется вместе с ним.

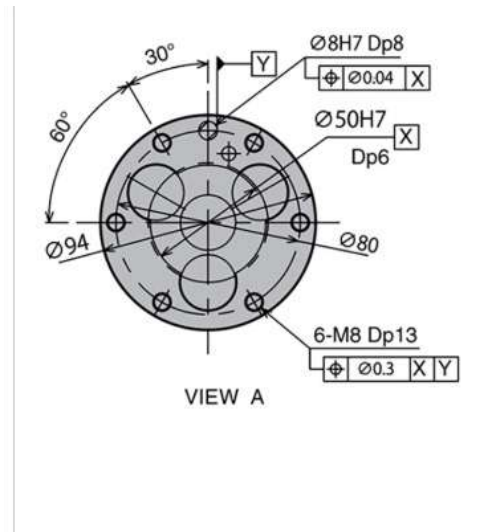


Рисунок 3.13 – Фланец промышленного робота Kawasaki RS050N

### 3.3 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента

Для удобства выбора режущих инструментов обозначим поверхности на детали:

									Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ				63

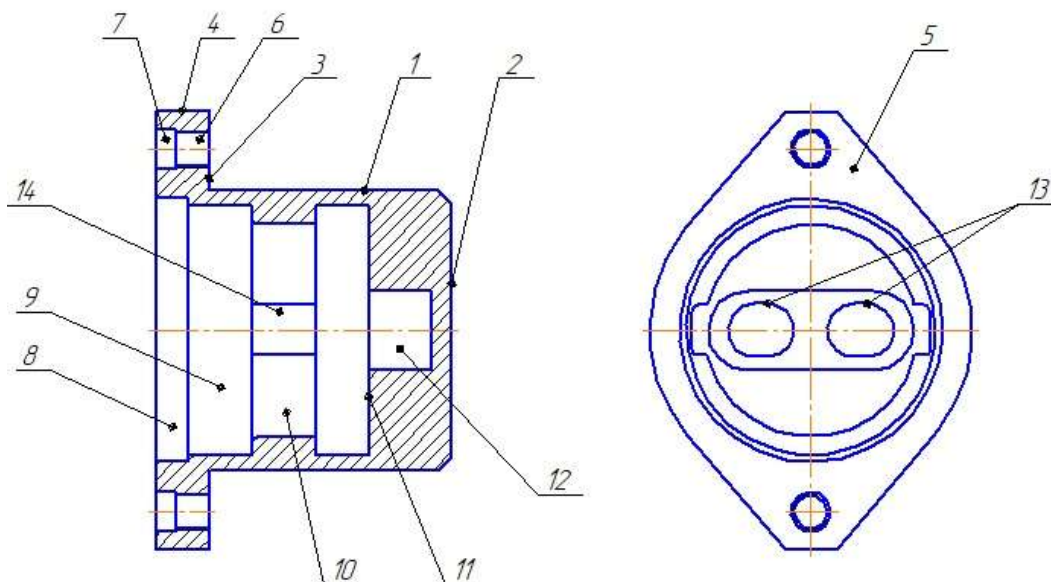


Рисунок 3.14 – Поверхности детали

Для обработки данной детали выбираем режущие инструменты фирм Sumitomo, Seco, Mitsubishi, YG-1. Рассмотрим по номерным позициям применяемый режущий инструмент в технологии изготовления данной детали:

1) Для черновой обработки поверхности 1, 4, которые имеют цилиндрическую форму, а также подрезки торцов 2 и 5, точность которых IT 9 и параметр шероховатости Rz 40 и Rz 20 торца 5 принимаем державку Sumitomo DCLN L 2525 M 12 и пластину Sumitomo CNMG 120 404 NSU из материала AC810P, поскольку материал заготовки Сталь 30ХГСА (углеродистая легированная) группа принадлежности P10 (ISO P01, P10), которая обеспечит высокую износостойкость и подойдет для высокоскоростной обработки стали..

Расшифровка державки:

D – державка с двойным зажимом;

C – Ромбическая форма с углом 80°;

L – Тип державки (передний и задний угол 95°);

N – Задний угол пластины 0°;

L – направление подачи левостороннее

25 – Высота хвостовика;

Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата

25 – Ширина хвостовика;

М – Длина хвостовика;

12 – Размер пластины, мм;

Размеры державки:  $h = 25$ ;  $h_1 = 25$ ;  $b = 25$ ;  $l_1 = 150$ ;  $l_2 = 32$ ;  $f = 32$ .

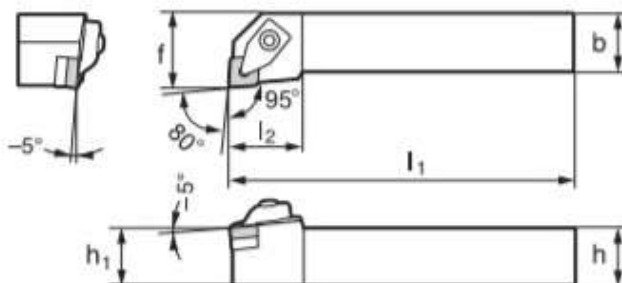


Рисунок 3.15 – Державка Sumitomo для обработки наружных поверхностей

Расшифровка пластины:

С – Форма пластины ромбовидная с углом 80°;

N – Задний угол 0°;

М – Допуск пластины (положение вершины:  $\pm 0,08..0,2$ ; вписанная окружность:  $\pm 0,05..0,15$ ; толщина:  $\pm 0,13$ );

G – Тип пластины: имеет два цилиндрических отверстия;

12 – Размер пластины (длина режущей кромки 12,9 мм; вписанная окружность 12,7);

04 – Толщина (4,76 мм);

04 – Радиус при вершине (0,4 мм);

N – Направление подачи нейтральная;

SU – Стружколом сложной формы.

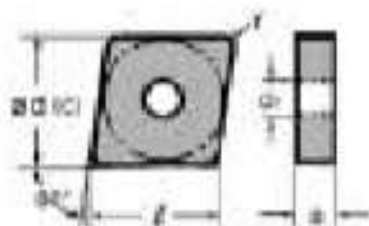


Рисунок 3.16 – Пластина Sumitomo для обработки наружных поверхностей

									Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата					65

2) Для обработки поверхностей 8, 9 и 10, которые имеют цилиндрическую форму, точность IT 9, 11, 12 выбираем расточной резец с державкой Sumitomo D20S - SCLCL 09T3-22 и пластину CCMT 060204 NSU из материала AC820P (ISO P10, P20, P30).

Расшифровка державки:

D – Материал хвостовика (сталь с антивибрационным механизмом и отверстием для подачи СОЖ);

20 – Диаметр хвостовика, мм;

S – Длина хвостовика (250 мм);

S – Система зажима с винтом;

C – форма пластины ромбическая с углом  $80^\circ$ ;

L – тип державки (передний и задний угол  $95^\circ$ );

C – задний угол пластины  $7^\circ$ ;

L – направление подачи левостороннее.

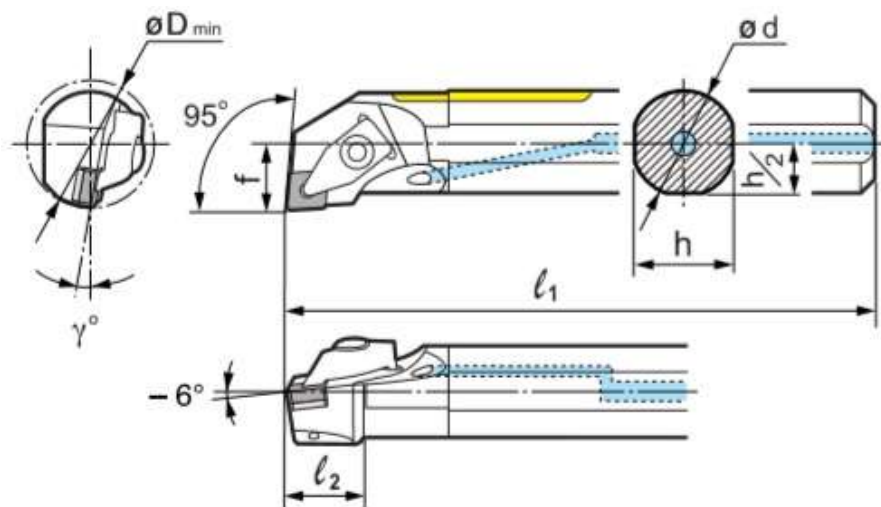


Рисунок 3.17 – Державка Sumitomo для обработки внутренних поверхностей

Расшифровка пластины:

C – Форма пластины ромбовидная ( $55^\circ$ );

C – Задний угол  $7^\circ$ ;

M – Допуск пластины (положение вершины:  $\pm 0,08..0,2$ ; вписанная окружность:  $\pm 0,05..0,15$ ; толщина:  $\pm 0,13$ );

									Лист
									66
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ				

T – Тип пластины с цилиндрическим отверстием и фаской с одной стороны 40 – 60°

06 – Размер пластины (длина режущей кромки 6,4 мм; вписанная окружность 6,35 мм);

02 – Толщина пластины ( 2,38 мм);

04 – Радиус при вершине (0,4 мм);

N – Направление подачи нейтральная;

SU – Стружколом сложной формы.



Рисунок 3.18 – Пластина Sumitomo для обработки внутренних поверхностей

3) Для обработки поверхности 11, которое имеет точность IT: 9 выбираем канавочный резец с державкой Mitsubishi GYDR40M90D-M20L и пластиной Mitsubishi GY2G0635J080N-MF с покрытием VP10RT.

Расшифровка державки:

GY – Описание серии;

D – Тип державки (Державка);

R – Ориентация (правая);

40 – Диаметр хвостовика (40 мм);

M – Длина державки (150 мм);

90 – Угол (90°);

D – Длина шейки (60 мм);

M20 – Размер локатора;

L – Ориентация локатора (Левая).

									Лист
									67
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ				

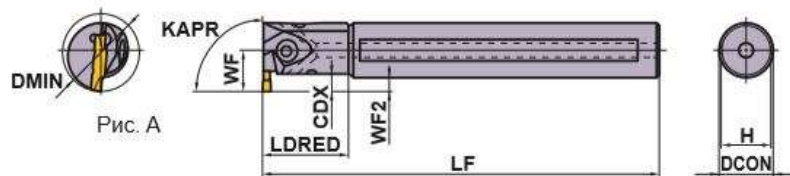


Рисунок 3.19 – Державка Mitsubishi для обработки канавок

Размеры державки:

DCON – 32 мм;

LF – 180 мм;

LDRED – 30 мм;

WF – 14,5 мм;

WF2 – 4,5 мм;

H – 18 мм.

Расшифровка пластины:

GY – Серия;

2 – Количество режущих кромок;

G – Класс точности (шлифование);

0635 – Ширина пластины (6,35 мм);

J – Размер гнезда (6,35 мм);

080 – Радиус при вершине (0,8 мм);

N – Сторона (нейтральная);

M – Многофункциональная;

F – Чистовая обработка.

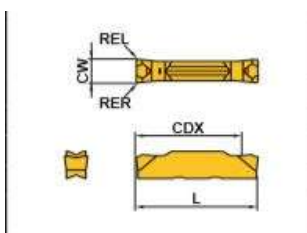


Рисунок 3.20– Пластина Mitsubishi для получения канавки

Размеры пластины:

CW – Ширина пластины (6.35 мм);

RER\L – 0,4 мм;

CDX – 24,4 мм;

Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата

L – 25,65 мм.

4) Для того, чтобы обработать поверхности 12 и 13 фрезерованием, необходимо просверлить отверстия, для обеспечения необходимых условий работы фрезы. Выбираем сверло с державкой Sumitomo WDX160D5S20 и пластинкой Sumitomo WDXT 042004-L

Расшифровка державки:

WDX – Обозначение корпуса сверла;

160 – Диаметр сверла (16 мм);

D5 – Длина канавки (5\*D);

S20 – Диаметр хвостовика (20 мм).

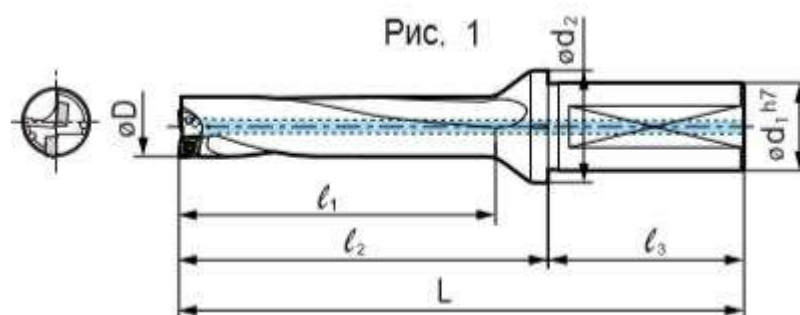


Рисунок 3.21 – Корпус сверла Sumitomo

Размеры корпуса:

L – 142,0 мм;

$l_1$  – 83,0 мм;

$l_2$  – 98,0 мм;

$d_1$  – 20 мм;

$d_2$  – 30 мм;

$l_3$  – 44 мм.

Расшифровка пластины:

WDXT – Обозначение пластины;

04 – Ширина плоской части (4,0 мм);

20 – Толщина (2 мм);

04 – Радиус при вершине;

L – Тип стружколома.

					Лист
					69
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	





Рисунок 3.22– Пластина Sumitomo для сверла

Размеры пластины:

$l$  – 4,2 мм;

толщина – 2,0 мм;

$r_E$  – 0,4 мм.

5) Для обработки поверхностей 12, которое имеет точность IT: 14 выбираем фрезу с корпусом Mitsubishi APX3000R222SA20LA и пластиной Mitsubishi AOMT123604PEER-H VP15TF

Выбираем длинный хвостовик прямого типа:

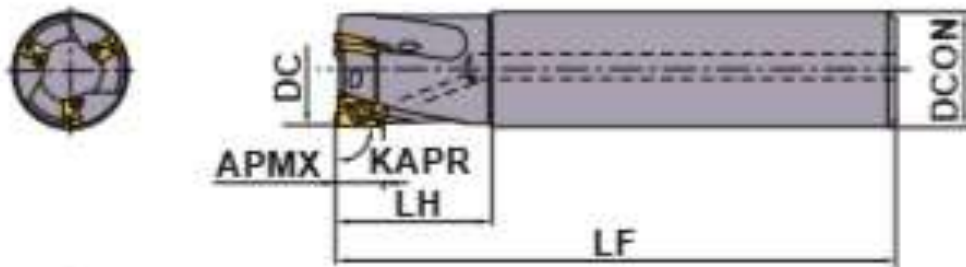


Рисунок 3.23 – Корпус фрезы Mitsubishi для глубокого фрезерования

Размеры хвостовика:

DS – 22 мм;

DCON – 20 мм;

LF – 150 мм;

LH – 30 мм;

APMX – 10 мм;

RMPX – 5.7° (максимальный угол наклона).

Выбираем пластину:

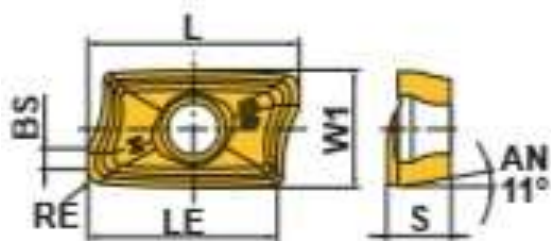


Рисунок 3.24 – Пластина Mitsubishi для фрезерования

Размеры пластины:

$L$  – 12 мм;

$LE$  – 10 мм;

$W1$  – 6,6 мм;

$S$  – 3,6 мм;

$BS$  – 1,8 мм;

$RE$  – 0,2 мм.

б) Для обработки поверхности 13, которое имеет точность IT: 9 выбираем фрезу с корпусом Sumitomo WEX 2016 EL и пластиной AXMT 123508 PEER-H

Выбираем удлиненный корпус типа EL:

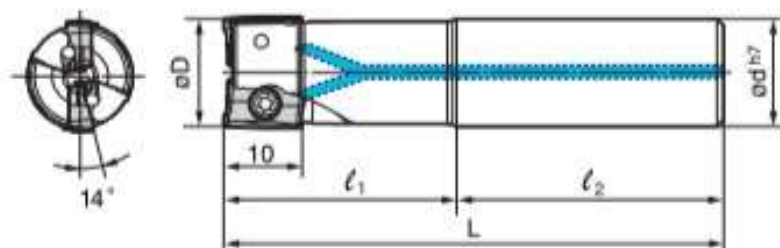


Рисунок 3.25 – Корпус фрезы Sumitomo для глубокого фрезерования

Размеры корпуса:

$D$  – 16 мм;

$d$  – 16 мм;

$l_1$  – 25 мм;

Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата

$l_2 - 120 \text{ мм};$

$L - 145 \text{ мм};$

$Z - 2.$

Выбираем пластину:

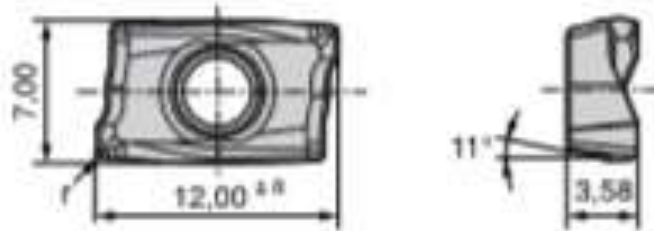


Рисунок 3.26 – Пластина для фрезы WEX 2000

Размеры пластины:

$r = 0,8$

$a = 0,08.$

7) Для обработки поверхности 14 выберем удлиненную цельную твердосплавную фрезу ЕННМ 4040ZХ с покрытием АСZ10М.

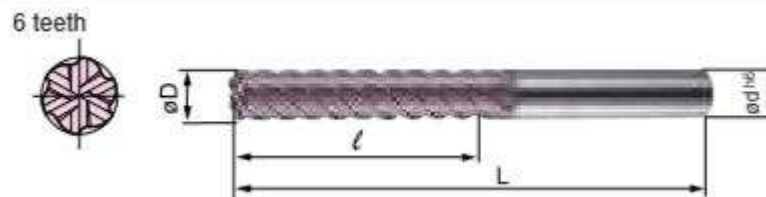


Рисунок 3.27 – Цельная удлиненная твердосплавная фреза Sumitomo

Размеры:

$D - 4 \text{ мм};$

$l - 25 \text{ мм};$

$L - 65 \text{ мм};$

$d - 6 \text{ мм}.$

Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата

8) Для нарезания резьбы M10 на поверхности б выберем монолитную резьбофрезу Seco TM-M10x1,5ISO-8R1:

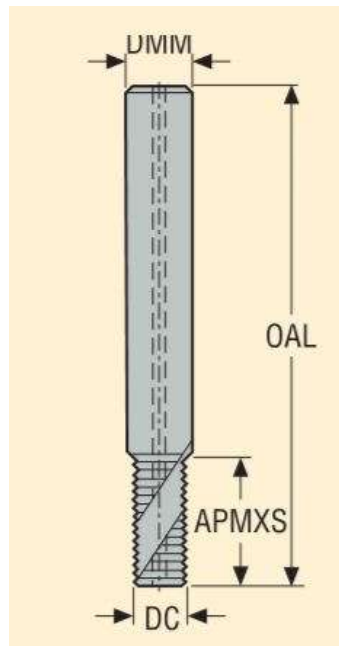


Рисунок 3.28 – Резьбофреза Seco

Расшифровка фрезы:

TM – Обозначение фрезы;

M10 – Диаметр резьбы;

1,5 – Шаг резьбы;

ISO – Форма резьбы;

8 – Диаметр хвостовика;

R5 – Цилиндрический хвостовик.

Размеры фрезы:

TPX – Шаг (1,5 мм);

DS – 7,8 мм;

DMM – 8 мм;

OAL – 74 мм;

APMXS – 20,3 мм.

Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата

### 3.4 Проектирование и расчет специального режущего инструмента

Для обработки поверхности 7 и 6, показанной на рисунке 3.14 необходимо спроектировать комбинированное сверло с двумя диаметрами: 8,5 и 12 мм. Для этого проводим расчет режимов резания, определение геометрических и конструктивных параметров, обзор технических требований.

Ход решения следующий:

1) Определение режимов резания по нормативам [1]:

а) подача на оборот (табл. 25, с.277)

$S_1=0,19$  мм/об (для  $d=6$  мм),  $S_2=0,4$  мм/об (для  $d=14,25$  мм)

б) по таблицам 28-30 находим коэффициенты для определения скорости главного движения, осевой силы и момента. Рассчитываем скорость

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^{m \cdot S_y}} \cdot K_v; \quad (3.10)$$

$$v_1 = \frac{7 \cdot 8,5^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,19^{0,7}} \cdot 0,43 = 10 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

$$v_2 = \frac{7 \cdot 12^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,19^{0,7}} \cdot 0,43 = 14,66 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

в) рассчитываем осевую силу резания

$$P_X = 9,81 \cdot C_p \cdot D^x \cdot S^y \cdot K_{MP}; \quad (3.11)$$

$$P_1 = 9,81 \cdot 68 \cdot 8,5 \cdot 0,19^{0,7} \cdot 0,76 = 794 \text{ Н};$$

$$P_2 = 9,81 \cdot 68 \cdot 12 \cdot 0,4^{0,7} \cdot 0,76 = 2480 \text{ Н};$$

г) рассчитываем момент сил сопротивления резанию

$$M_{cp} = 9,81 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P; \quad (3.12)$$

$$M_{cp1} = 9,81 \cdot 0,0345 \cdot 8,5^2 \cdot 0,19^{0,8} \cdot 0,76 = 2,45 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{cp2} = 9,81 \cdot 0,0345 \cdot 12 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 0,76 = 25 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

2) Конус Морзе выбираем по ГОСТ 25557 конус Морзе №2. Длину сверла выбираем конструктивно, специально для обрабатываемого отверстия, соблюдая ГОСТ 10903-77.

3) Определение геометрических и конструктивных параметров рабочей части сверла.

По нормативам [1], карта 43, с. 200-201 выбираем:

									Лист
									74
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата					

- а) угол наклона винтовой канавки –  $\omega=30^\circ$ ;
  - б) угол между режущими кромками  $2\varphi=118^\circ$ ;
  - в) задний угол  $\alpha_1=\alpha_2=12^\circ$ ;
  - г) передний угол  $\gamma_1=\gamma_2=10^\circ$ ;
  - д) угол наклона поперечной кромки  $\Psi=55^\circ$ ;
  - е) шаг винтовой канавки  $H_1=32,6$  мм,  $H_2=77,5$ ;
  - ж) толщина сердцевины  $d=1,14\dots 1,995$  с увеличением сердцевины к концу сверла;
  - з) обратная конусность 0,04/100 мм длины;
  - и) ширина ленточки  $f_1=0,7$ ,  $f_2=1$ , высота затылка  $K_1=0,2$ ,  $K_2=0,4$  (табл.63);
  - к) ширина пера  $B_1=0,58d=3,48$  мм,  $B_2=8,265$  мм.
- 4) Технические требования по ГОСТ 2034-80.

Для закрепления комбинированного инструмента в станке выбираем оправку для конуса морзе с лапкой:

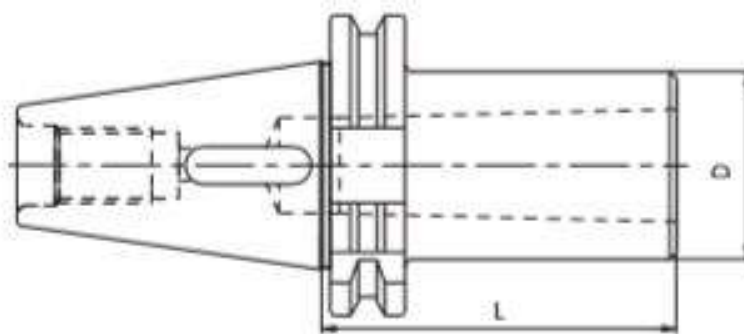


Рисунок 3.29 – Оправка для конуса Морзе 2

Размеры оправки:

MORSE – 2;

D – 32 мм;

L – 60 мм.

5) Чертеж спроектированного сверла представлен на рисунке 3.30.

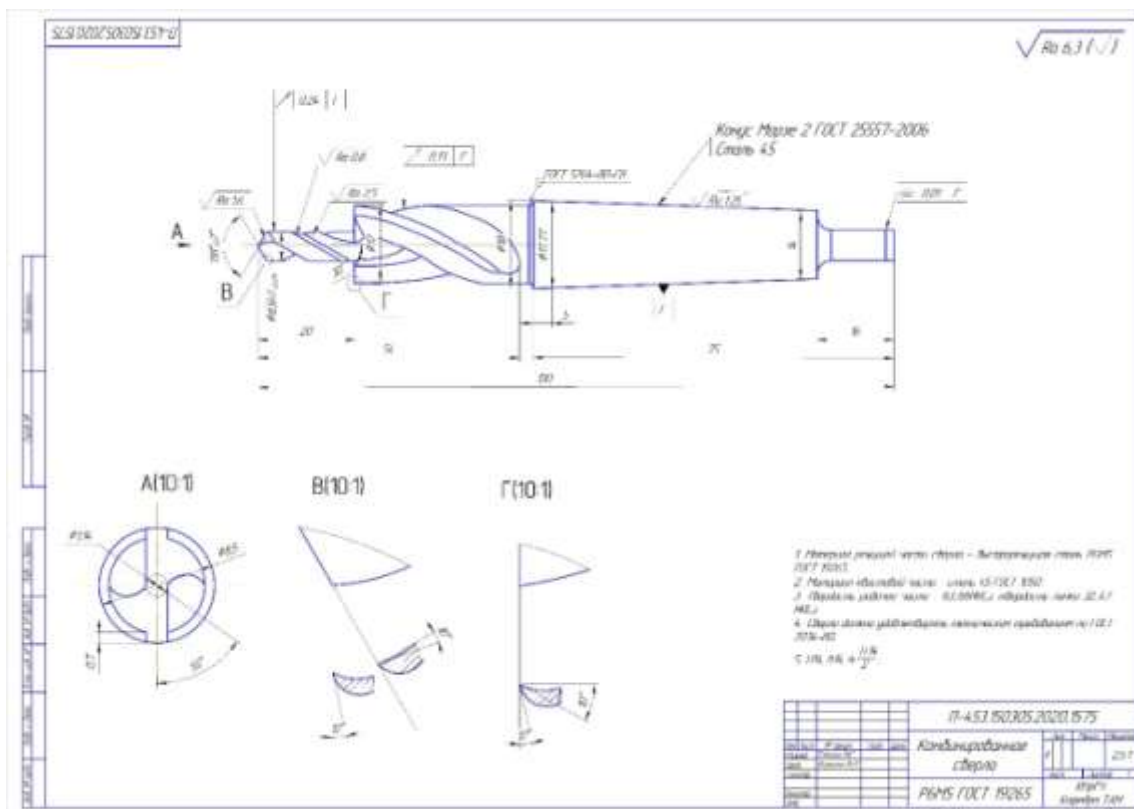


Рисунок 3.30 – Чертеж комбинированного сверла

### 3.5. Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля

Для контроля полученных размеров используются следующие измерительные приборы:

1) Штангенциркуль.

Для контроля длины детали, выступов и наружных диаметров выбираем цифровой штангенциркуль ЩЦЦ-I-150-0,01 ГОСТ 166-89 (рисунок 3.31)



Рисунок 3.31 – Цифровой штангенциркуль

## 2) Штангенглубиномер

Для контроля глубины внутренних отверстий выбираем цифровой штангенглубиномер ШГЦ-160 ГОСТ 162-90 (рисунок 3.32)



Рисунок 3.32 – Штангенглубиномер цифровой

## 3) Нутромер

Для измерения диаметра внутренней канавки выбираем нутромер  $\varnothing 75H12$  цифровой (рисунок 3.33)



Рисунок 3.33 – Цифровой нутромер

## 4) Калибр-пробка для резьбы

Для контроля резьбы M10 – H7 выбираем калибр-пробку M10 – H7 ПР – HE (рисунок 3.34).

									Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата					77





Рисунок 3.34 – Калибр-пробка для резьбы

#### 5) Пробка

Для внутренних диаметров выбираются калибры-пробки с проходной и непроходной стороной (рисунок 3.35)



Рисунок 3.35 – Калибр-пробка

#### 6) Шаблоны

Для контроля радиусов скругления выбираем набор радиусных шаблонов (рисунок 3.36)



Рисунок 3.36 – Радиусный шаблон

Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата

## 4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

4.1 Анализ возможных направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали.

4.1.1 Наличие слесарных, универсальных или специальных операций в технологическом процессе

В проектном технологическом процессе отсутствуют слесарные операции или операции, выполняемые на универсальном оборудовании, также отсутствуют специальные методы обработки, а сам технологический процесс непрерывен.

4.1.2. Возможность встраивания основного оборудования в ГПС

Основное оборудование, используемое в технологическом процессе, можно встроить в гибкую производственную систему. Для этого можно использовать автоматизированное средство загрузки и выгрузки детали на станок, временный накопитель деталей и транспортного робота для перевозки деталей между операциями.

4.1.3. Концентрация переходов на операции механической обработки

При обработке возможно концентрирование технологических переходов на операции. Совмещение операции сверления и фрезерования сократит такт выпуска деталей, при этом надежность не пострадает, т.к. технические характеристики станка позволяет выполнить данные действия.

4.1.4. Габаритные размеры детали

Габаритные размеры готовой детали:  $\varnothing 132$  мм x 89 мм. Вес детали составляет 1,9 кг. Деталь можно устанавливать на станок в ручную или при помощи средств автоматизации.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		79

#### 4.1.5. Наличие поверхностей для захвата

Конфигурация детали позволяет использовать робота-схвата для установки, снятия и перемещения детали со станка. На рисунке 4.1 показаны поверхности, пригодные для захвата детали роботом.

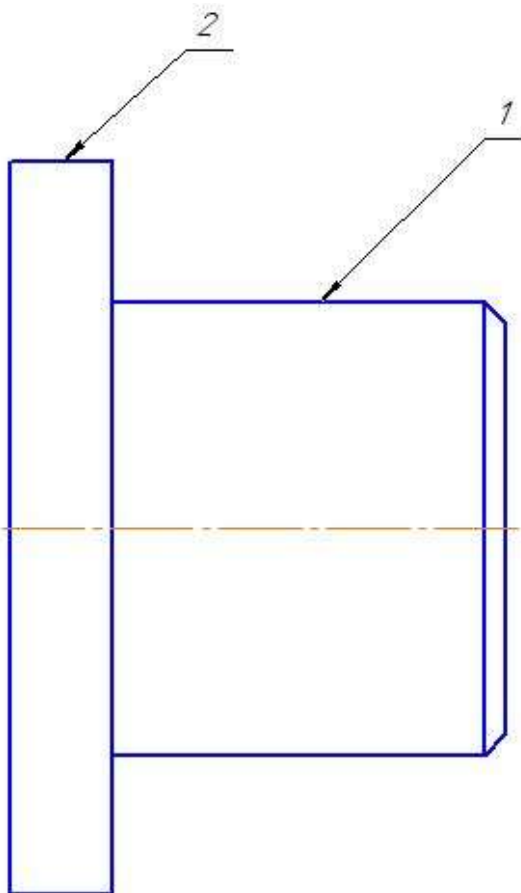


Рисунок 4.1 – Поверхности для захвата

#### 4.1.6 Группирование деталей, подлежащих изготовлению на гибком производственном участке

Основой современного автоматизированного производства являются типовые и групповые технологические процессы. Типовые технологические процессы разрабатываются для группы деталей с общими конструктивными и технологическими признаками, применяются в крупносерийном и массовом производствах. Групповые технологические процессы разрабатываются для группы деталей с различными конструктивными, но общими технологическими признаками, и применяются в мелкосерийном и

									Лист
									80
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ				

среднесерийном производства. Для создания типового или группового технологического процесса необходимо классифицировать детали, подлежащие обработке. Классификация деталей проводится в два этапа. Первый этап – первичная классификация – разделение деталей по конструктивно-технологическим признакам. Второй этап – вторичная классификация – группирование деталей с одинаковыми или несущественно отличающимися признаками классификации.

Первичная классификация:

- габаритные размеры:  $\varnothing 132$  мм x 89 мм;
- масса: 1,9 кг;
- материал: Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-2016;
- вид заготовки: штамповка;
- вид обработки: точение, сверление, фрезерование;
- самый точный класс обработки: 9;
- наименьшая шероховатость Rz 20.

Вторичная классификация:

Код классификатора ЕСКД: 713351, где

71 – Детали тела вращения типа колец, дисков, шкивов, блоков, стержней, втулок, валов, осей и т.д.

3 – Детали с длиной от 0,5 до двух диаметров включительно с наружной цилиндрической поверхностью.

3 – Детали без закрытых уступов, ступенчатые односторонние, не имеющие наружную резьбу.

5 – Детали со сквозным отверстием круглого сечения, ступенчатые, без резьбы.

1 – Детали без кольцевых пазов на торцах, без пазов и шлицев на наружной поверхности, без отверстий вне оси детали.

									Лист
									81
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ				

#### 4.1.7 Отработка конструкции детали на технологичность

Технологичность конструкции изделия определяют при помощи качественной и количественной оценки. Качественная оценка технологичности детали производится по отдельным конструктивным и технологическим признакам и основана на инженерно-визуальных методах оценки. Инженерно-визуальный метод оценки осуществляется при помощи визуальной оценки конструктивных и технологических признаков изделия. Качественная оценка технологичности изделия дается при помощи таких характеристик как «хорошо – плохо», «технологично – нетехнологично» и приведена в таблице 4.1.

Количественная оценка технологичности детали производится при помощи следующих показателей:

- трудоемкость изготовления;
- технологическая себестоимость;
- коэффициент унификации конструктивных элементов.

Таблица 4.1 – Качественная оценка технологичности детали

№	Критерий оценки	Значение /Показатель/ Сравнительная характеристика	Характеристика оценки
1	Унифицированность элементов форм детали	Все элементы унифицированы	Технологично
2	Простота формы детали	Форма детали непростая, поскольку имеются внутренние канавки, пазы	Нетехнологично
3	Возможность обработки максимального количества поверхностей детали за один установ	Максимальное количество поверхностей, которые можно обработать за один установ – пять поверхностей, всего поверхностей 18	Нетехнологично

Продолжение таблицы 4.1

№	Критерий оценки	Значение /Показатель/ Сравнительная характеристика	Характеристика оценки
4	Доступность поверхностей детали для обработки	Все поверхности легкодоступны	Технологично
5	Наличие труднообрабатываемых поверхностей детали	На детали имеется труднообрабатываемая внутренняя канавка	Нетехнологично
6	Возможность совмещения конструкторских и технологических баз	Все базы можно совместить	Технологично
7	Обеспечение конструкцией детали нормальный подвод и отвод режущего инструмента	Конструкция детали обеспечивает нормальный подвод и отвод режущего инструмента	Технологично
8	Возможность достижения наиболее точных размеров детали на основном оборудовании	На основном оборудовании возможно получить точный размер 9 качества ( $89_{-0,87}$ )	Технологично
9	Возможность достижения минимально заданной шероховатости поверхности детали на основном оборудовании	Достижение минимальной шероховатости ( $Rz\ 20$ ) на основном оборудовании возможно	Технологично
10	Высокая обрабатываемость основного материала	Материал 30ХГСА обрабатывается хорошо	Технологично
11	Возможность обработки детали универсальным режущим инструментом	Обработка универсальным режущим инструментом возможна	Технологично

Окончание таблицы 4.1

№	Критерий оценки	Значение /Показатель/ Сравнительная характеристика	Характеристика оценки
12	Коэффициент использования материала	КИМ = 0,5	Технологично
13	Минимальная номенклатура режущего инструмента, необходимая для обработки всех поверхностей детали при обеспечении заданной точности и шероховатости	Номенклатура режущего инструмента минимальная	Технологично
14	Наличие поверхностей для захвата детали промышленным роботом и базирования на промежуточных накопителях и в основном оборудовании	Имеются поверхности для захвата промышленным роботом (эскизы базирования см. рисунок 1)	Технологично

На детали имеются труднообрабатываемые поверхности, для обработки которых необходим специальный инструмент. Также на детали имеются пазы (R2max), для обработки которых необходима специальная фреза, при помощи которой получится обеспечить заданную точность.

## 4.2 Разработка структурной схемы гибкого производственного участка

### 4.2.1 Определение состава и числа оборудования станочного комплекса ГПС

Выбор видов станков, специализации и определение их количества в составе ГПС по выпуску деталей определенной номенклатуры осуществляется на основе разработанных технологических процессов на типовые детали по следующей формуле:

$$K = \frac{C_{\text{ср}}}{T_{\text{ср}0}}, \quad (4.1)$$

где:

$C_{\text{ср}}$  – средняя станкоемкость, приходящаяся на каждый станок, мин;

$T_{\text{ср}}$  – средний такт выпуска деталей, мин;

$K$  – число станков по виду оборудования

$$T_{\text{ср}} = \frac{60 \cdot \Phi_0 \cdot K_{\text{исп}}}{N_{\text{год}}}, \quad (4.2)$$

где:

$\Phi_0$  – годовой фонд времени оборудования, ч ( $\Phi_0 = 4025$  ч для двусменного режима работы);

$K_{\text{исп}}$  – коэффициент использования оборудования по машинному времени ( $K_{\text{исп}} = 0,85$ );

$N_{\text{год}}$  – годовая программа выпуска деталей, шт.

$$C_{\text{ср}} = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i, \quad (4.3)$$

где:  $n$  – число типовых деталей;  $C_i$  – станкоемкость, приходящаяся на каждый станок по обработке  $i$ -го представителя типовых деталей, мин.

$$C_i = \sum_{j=1}^p t_{\text{оп}ij}$$

где  $t_{\text{оп}ij}$  – оперативное время по выполнению перехода на рассматриваемом станке, мин;  $p$  – число всех переходов, выполняемых на рассматриваемом станке по обработке деталей.

									Лист
									85
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата					



$$t_{опi} = t_{oi} + t_{M-Bi} + t_{yi}, \quad (4.4)$$

где  $t_{oi}$  – основное время на выполнение перехода, мин;  $t_{M-Bi}$  – машинно-вспомогательное время, связанное с выполнением перехода (ускоренный подвод инструмента, автоматическая смена инструмента и т.д.), мин;  $t_{yi}$  – вспомогательное время на снятие-установку заготовки, мин.

$$t_{оп}^{005} = 1,657 + 0,27 + 0,85 = 2,77, \text{ мин};$$

$$t_{оп}^{010} = 1,86 + 0,27 + 0,85 = 2,98, \text{ мин};$$

$$t_{оп}^{015} = 2,31 + 0,8 + 0,85 = 3,96, \text{ мин};$$

$$C_{ср} = \frac{2,77 + 2,98 + 3,96}{1} = 9,71, \text{ мин};$$

$$T_{ср} = \frac{60 * 4025 * 0,85}{60000} = 3,42 \text{ мин.}$$

Результаты определения количества оборудования:

$$K = \frac{9,71}{3,42} = 2,83 \approx 3 \text{ станка.}$$

Результаты определения количества оборудования для каждой операции технологического процесса приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Количество оборудования на операции ТП

Наименование операции	Средняя станкочасность, мин	Расчетное количество оборудования	Принятое количество оборудования, шт
005 Токарная с ЧПУ	7,772	0,078	1
010 Токарная с ЧПУ	4,016	0,151	1
015 Фрезерная с ЧПУ	4,016	0,151	1

#### 4.2.2 Определение структуры и состава автоматизированной транспортно-складской системы ГПС

Автоматизированная транспортно-складская система (АТСС) предназначена для выполнения следующих функций:

- хранить в накопителях большой вместимости (складе) межоперационные заделы деталей и автоматически транспортировать их в заданный адрес по командам от ЭВМ;
- транспортировать детали от станка к станку, а также на позиции разгрузки и загрузки;
- оперативно пополнять накопители небольшой вместимости (приемно-передающие агрегаты, тактовые столы и др.), установленные около каждого станка;
- транспортировать обработанные детали на позиции контроля и возвращать их для продолжения дальнейшей обработки или на позиции загрузки-разгрузки.

##### 1) Определение характеристик стеллажа-накопителя

Максимальное число деталиустановок различных наименований (число серий), которые могут быть обработаны на комплексе в течение месяца, определим по формуле:

$$K_{\text{наим}} = \frac{60 \cdot \Phi_{\text{ст}} \cdot n_{\text{ст}}}{t_{\text{об}} \cdot N}, \quad (4.5)$$

где  $\Phi_{\text{ст}}$  – месячный фонд отдачи станка, ч ( $\Phi_{\text{ст}} = 305$  ч для двусменного режима работы);

$n_{\text{ст}}$  – число станков, входящих в ГПС;

$t_{\text{об}}$  – средняя трудоемкость обработки одной деталиустановки, мин;

$N$  – средняя месячная программа выпуска деталей одного наименования.

Подставляя, получим:

$$K_{\text{наим}} = \frac{60 \cdot 305 \cdot 2}{5,894 \cdot 334} = 18,5, \text{ шт}$$

Полученное число деталиустановок определяет число ячеек в стеллаже. Для обеспечения нормальной работы ГПС необходим запас ячеек в

									Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата					87

накопителе, равный примерно 10 % от  $K_{\text{наим}}$ , поэтому принимаем  $K_{\text{наим}} = 21$  шт.

## 2) Расчет числа позиций загрузки и разгрузки

Расчет необходимого числа позиций загрузки и разгрузки производят по формуле:

$$n_{\text{поз}} = \frac{t \cdot K_{\text{дет}}}{\Phi_{\text{поз}} \cdot 60}, \quad (4.6)$$

где  $t$  – средняя трудоемкость операций на позиции, мин;

$K_{\text{дет}}$  – число деталиустановок, проходящих через позицию в течение месяца, шт.;

$\Phi_{\text{поз}}$  – месячный фонд времени работы позиции, ч;  $\Phi_{\text{поз}} = \Phi_{\text{ст}} = 305$  ч.

$$K_{\text{дет}} = K_{\text{наим}} \cdot N, \quad (4.7)$$

где  $N$  – средняя месячная программа выпуска деталей одного наименования  $K_{\text{наим}}$ , шт.

Подставляя, получим:

$$K_{\text{дет}} = 21 \cdot 305 = 6405, \text{ шт.}$$

Для расчетов можно использовать следующие значения трудоемкостей операций по загрузке ( $t_z$ ) и разгрузке ( $t_p$ ) деталей [1]:  $t_z = 5$  мин;  $t_p = 3$  мин.

Подставляя, получим:

$$n_{\text{поз}} = \frac{8 \cdot 6405}{305 \cdot 60} = 2,8.$$

## 4.2.3 Проектирование предварительной компоновочной системы ГПС

Схемы ГПС показывают взаимосвязь между основным оборудованием (станки) и обслуживающим их транспортом, складами. Для проектирования перемещений необходим технологический процесс обработки детали.

Маршрутный технологический процесс:

- 000 – Заготовительная операция;
- 005 – Токарная операция с ЧПУ;
- 010 – Токарная операция с ЧПУ;

									Лист
									88
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата					

– 015 – Контрольная операция.

Составим два варианта предварительной компоновки ГПС для данного технологического процесса. На рисунке 4.2 представлена ГПС с кольцевым размещением станков.

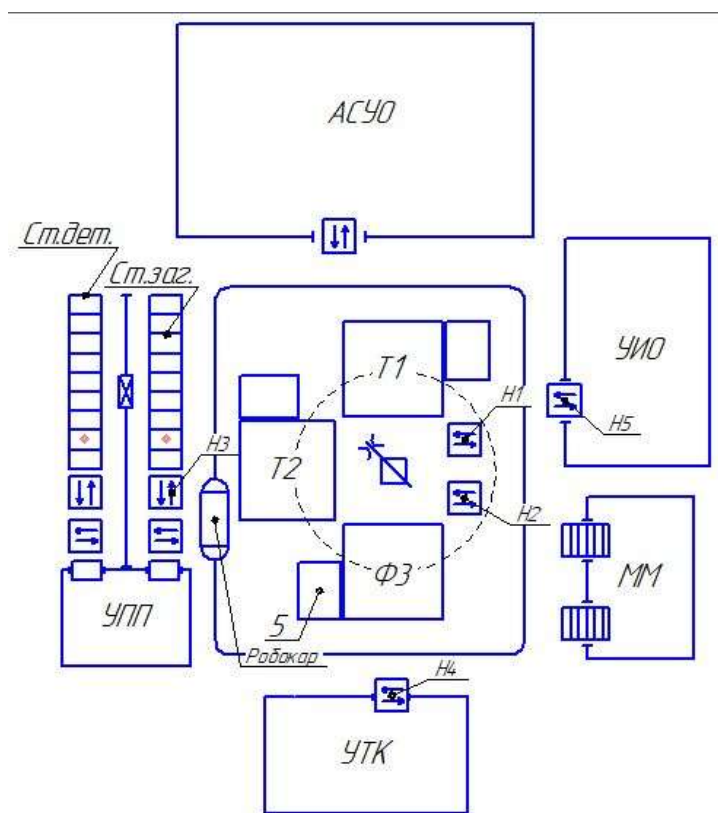


Рисунок 4.2 – Предварительная компоновка

При помощи крана-штабелера заготовка со стеллажа заготовок перемещается на приемо-раздаточный стол (Н3). Далее ее забирает робокар и перевозит на стол Н1, робот-схват устанавливает заготовку на станок Т1.

После обработки на станке Т1 схватом на станок Т2, а на станок Т1 устанавливает новую заготовку, взятую со стола Н1. После обработки на станке Т2 робот-схват снимает заготовку и устанавливает ее на станок Ф3, после обработки детали на станке Ф3 робот-схват снимает деталь и перекладывает ее на стол Н2, с которого деталь забирается робокаром и отвозится на мойку (ММ). После мойки деталь отправляется на стол Н4 участка технического контроля (УТК). После контроля деталь перемещается на стол Н3, а с него краном-штабелером на стеллаж деталей.

На рисунке 4.3 представлена циклограмма перемещений заготовки между основным оборудованием.

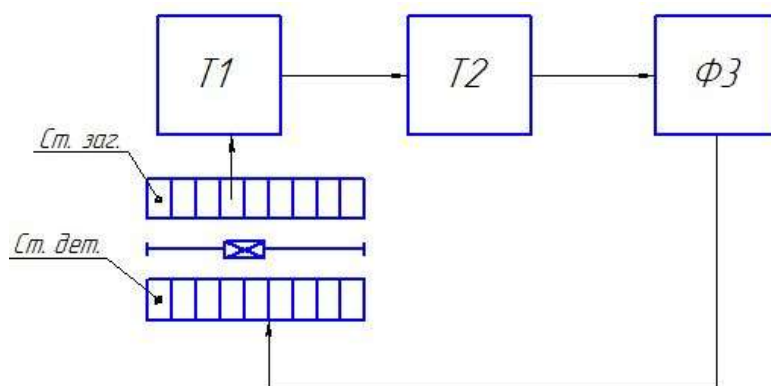


Рисунок 4.3 – Циклограмма станочной системы ГПС

На рисунке 4.4 представлен граф перемещений транспортного механизма.

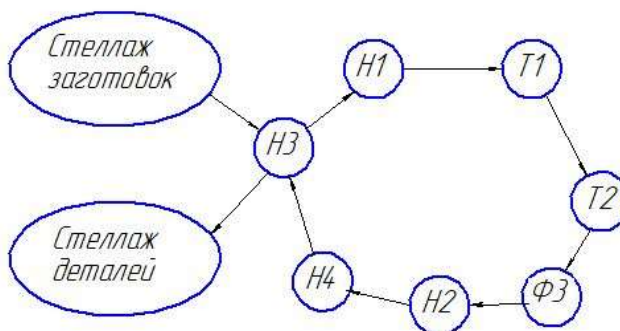


Рисунок 4.4 – Граф перемещений транспортного механизма

Для определения расстояния, которое проходит заготовка в процессе обработки по первой компоновке ГПС, строится матрица перемещения деталиустановок (таблица 4.3). Расстояния между приемо-раздаточными столами и станками не учитывается, потому что данные перемещения невозможно рассчитать. Также на обеих планировках это расстояние одинаково и не влияет на выбор компоновки оборудования.

В столбцах указывается оборудование, к которому движется заготовка, в строках, оборудование, от которого движется заготовка. Вместо основного оборудования указаны приемо-раздаточные столы. Расстояние в матрице указывается в метрах.

Таблица 4.3 – Матрица перемещений деталиустановок

	Н1	Н2	Н3	Н4	ММ	Ст. дет.
Н1		1,05				
Н2					2,29	
Н3	12,09					0,99
Н4						
ММ			9,01			
Ст.заг.			0,99			
$\Sigma$	26,42, м					

На рисунке 4.5 представлена вторая предварительная компоновка с продольным размещением станков.

Отличие от первой компоновки заключается в том, что со станка Т1 деталь переносится на накопитель 3, затем с этого накопителя ее забирает схват и помещает в станок Т2. После обработки заготовки на станке Т2, схват помещает ее в накопитель 4. Из накопителя 3 заготовка помещается схватом в станок Ф3. После обработки на фрезерном станке, схват помещает деталь в накопитель 5. Из накопителя 5 деталь робокаром помещается в моечную машину (ММ) а затем на УТК. После контроля годная деталь перемещается на стол Н6, с него на стеллаж деталей.

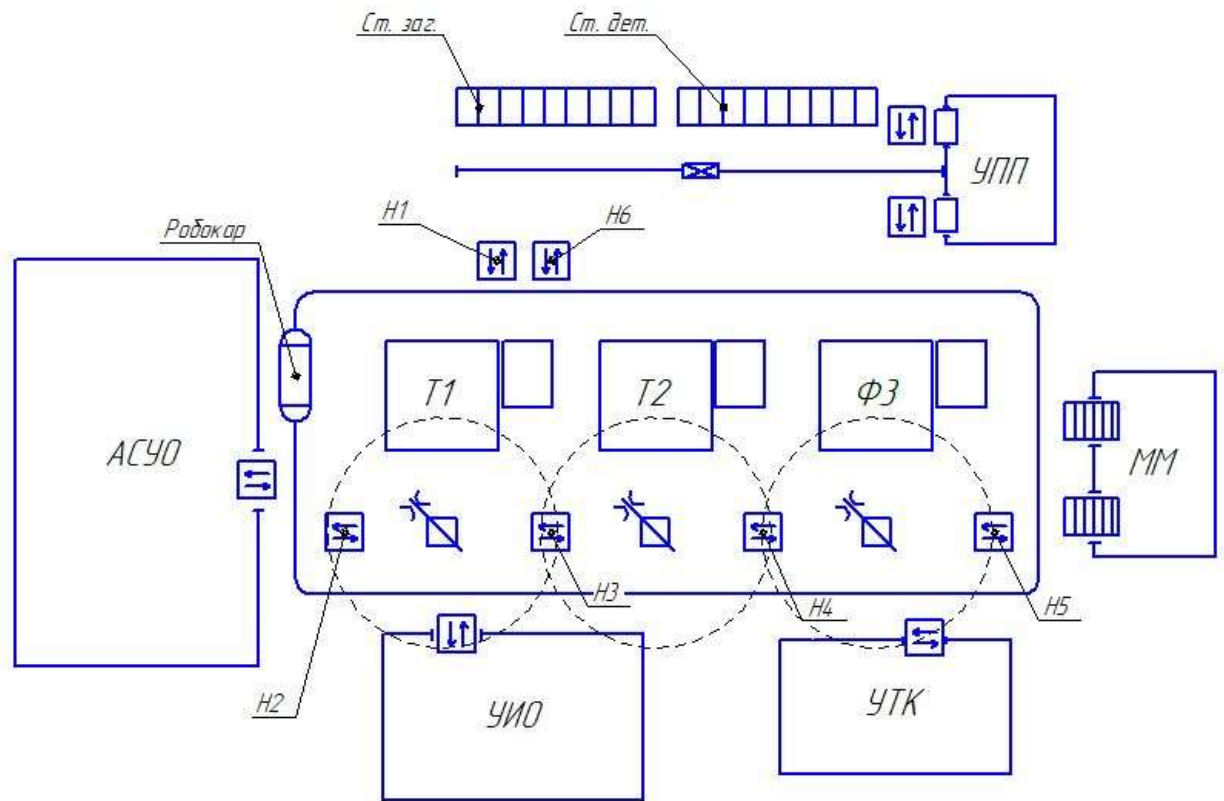


Рисунок 4.5 – Предварительная компоновка 2

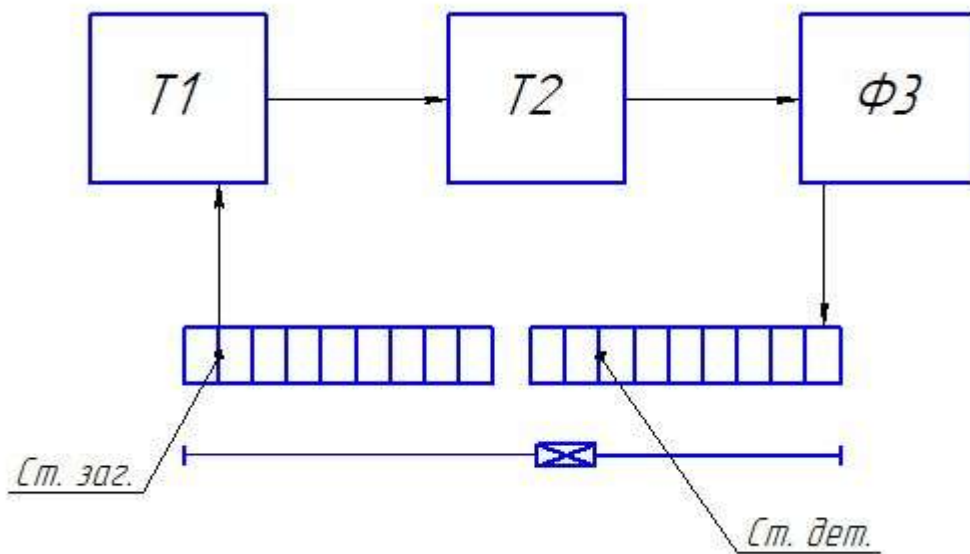


Рисунок 4.6 – Циклограмма станочной системы ГПС

Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата

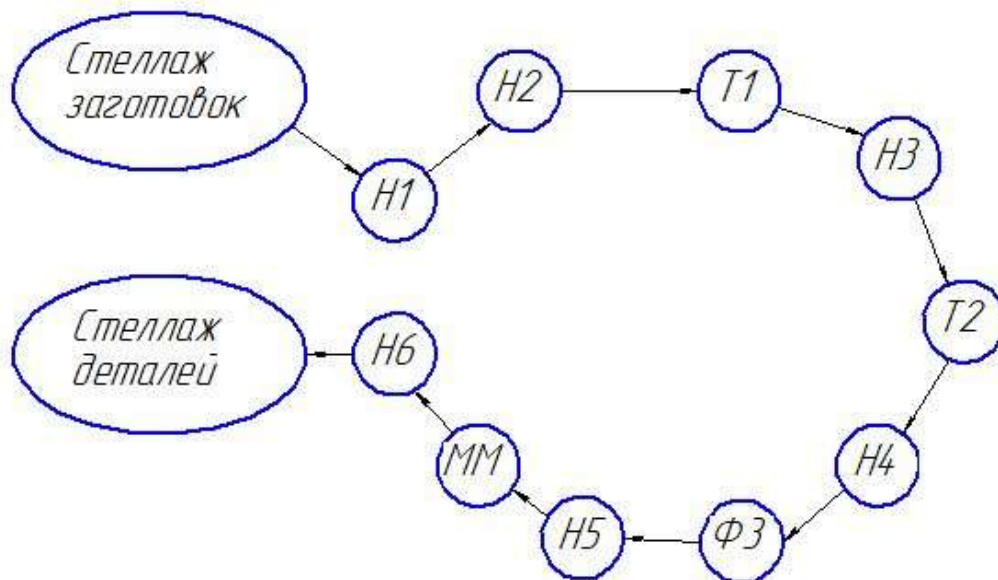


Рисунок 4.7– Граф перемещений транспортного механизма

Таблица 4.4 – Матрица перемещений деталиустановок 2

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	MM	Ст. дет.
H1		7,08						
H2			3,2					
H3				3,2				
H4					3,5			
H5							2,3	
H6								0,99
MM							9,7	
Ст.заг.	0,99							
Σ	30,9, м							

Суммарное расстояние перемещений заготовки во время обработки для первой компоновки составляет 26,42 метров, для второй 30,9 метров. В связи с этим для планировки участка выбираем первый вариант предварительной компоновки оборудования



### 4.3 Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы

Для транспортного обслуживания основного оборудования и вспомогательных участков выберем робокар. Робокар – это автоматизированный погрузчик, выполняющий транспортирование грузов без участия водителя. Выбираем по характеристикам робокар Skilled LGV 800S, представленный на рисунке 4.8. Высота подъема груза – 1 м, максимальная грузоподъемность – 500 кг, лазерное ориентирование.



Рисунок 4.8– Робокар

Для автоматизированного базирования, установки и закрепления деталей на станок, перемещения деталей со станка на накопитель и наоборот используем промышленный робот Kawasaki RS050N (рисунок 4.9) с пневмоприводом и грузоподъемностью до 50 кг. Основные характеристики робота приведены в таблице 4.5

## Промышленный робот Kawasaki RS050N



Рисунок 4.9 – Промышленный робот Kawasaki RS050N

Таблица 4.5 – Технические характеристики робота

Специализация робота	Универсальный
Тип запястья	Классический
Число степеней свободы	6 осей
Максимальная досягаемость	2100 мм
Грузоподъемность	50 кг
Точность (повторяемость)	±0,07 мм
Вес манипулятора	555кг
Привод	Пневматический

Для захвата детали необходим рабочий орган – схват промышленного робота. Схват имеет призматические губки для захвата цилиндрической поверхности. Эскиз схвата с зажатой заготовкой представлен на рисунке 4.10.

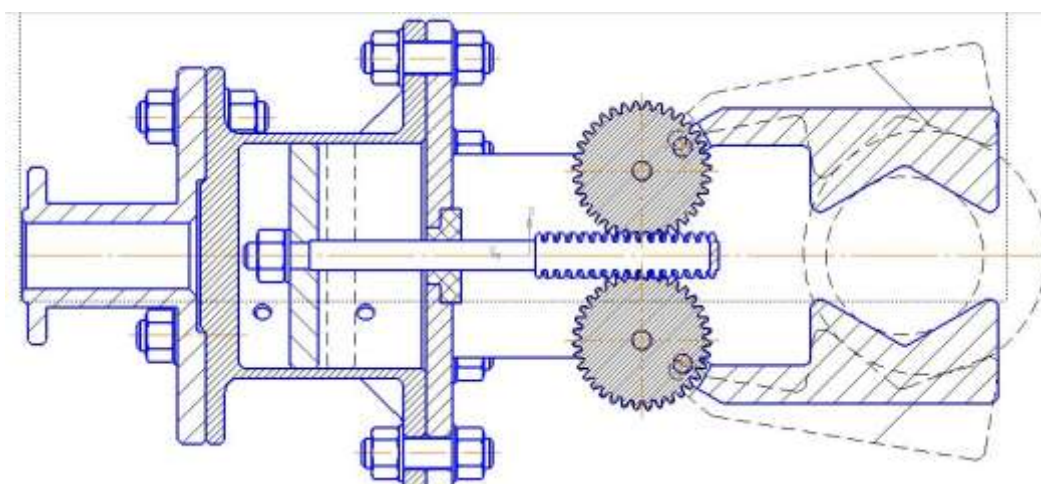


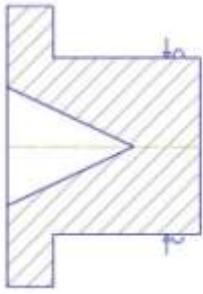
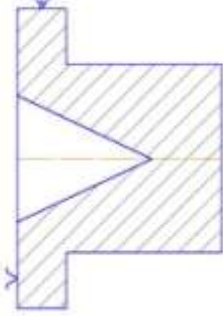
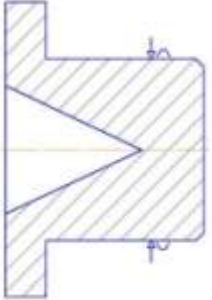
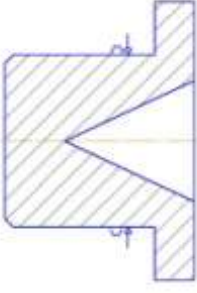
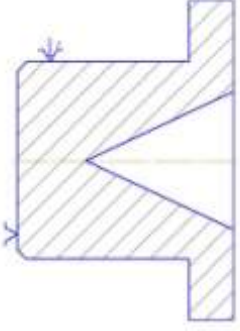
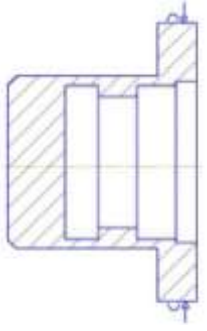
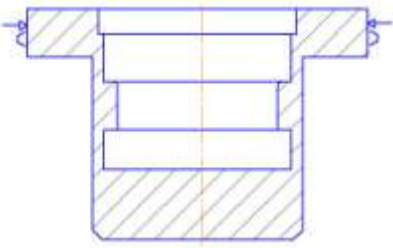
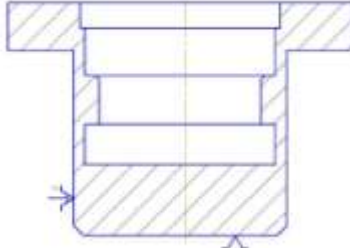
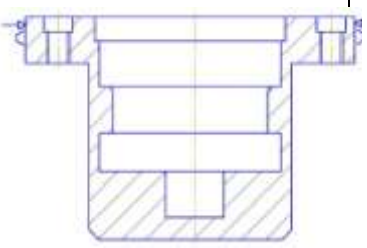
Рисунок 4.10 – Эскиз схвата промышленного робота

Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата

#### 4.4 Базирование заготовки, полуфабриката, готовой детали

В таблице 4.6 представлены схемы базирования заготовки на 005,010 и 015 операциях технологического процесса в схвате промышленного робота и в патроне токарного станка.

Таблица 4.6 – Схемы базирования

№ оп.	Схема установки	Схема закрепления	Схема снятия
005			
010			
015			

#### 4.5 Анализ производительности автоматизированной системы

В ходе разработки структурной схемы гибкой производственной системы были спроектированы два варианта планировки участка, для каждого из вариантов были рассчитаны перемещения заготовки. Для первого варианта расстояние, равно 26,42 метров, а для второго варианта 30,9 метров. Выбран первый вариант планировки, поскольку рассчитанное перемещение является наименьшим.

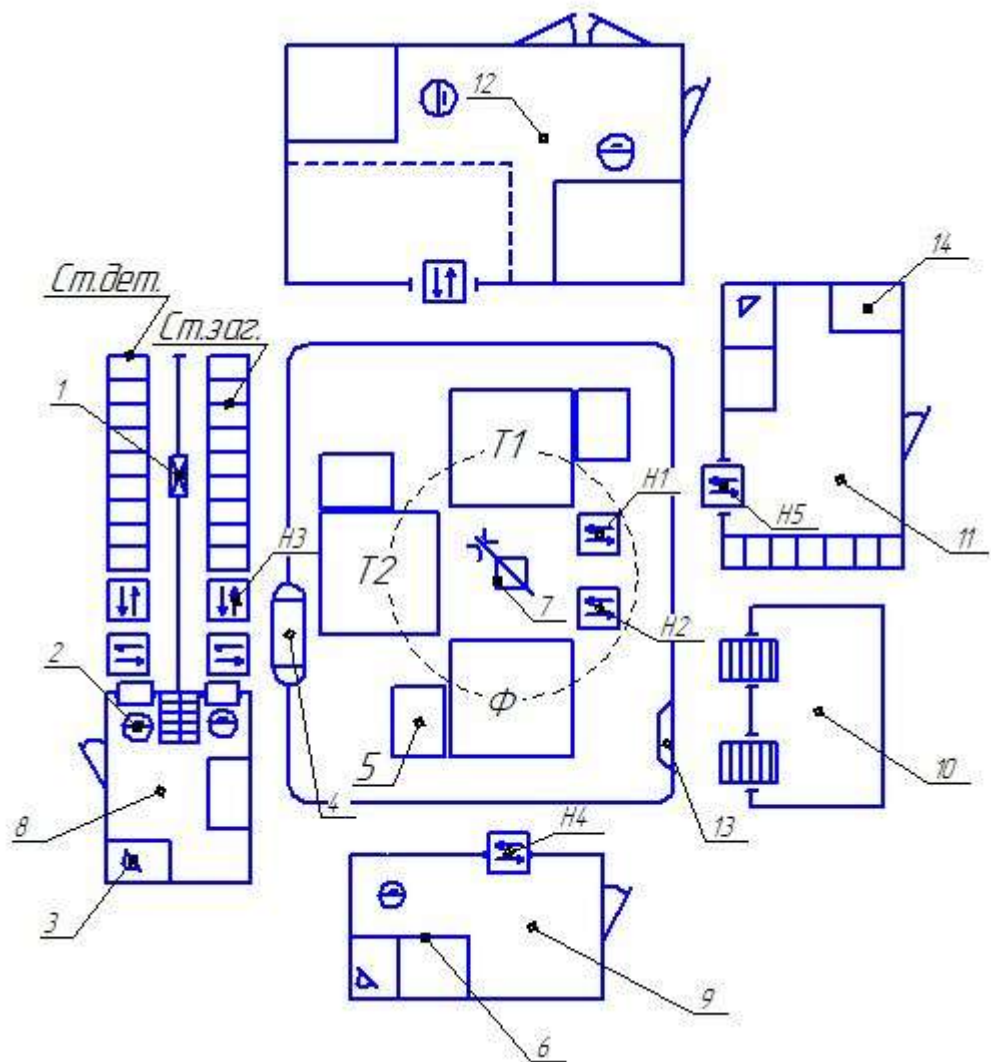


Рисунок 4.11 – Разработанная схема ГПС

Ст. дет. – Стеллаж с готовыми деталями;

Ст. заг. – Стеллаж с заготовками;

Н1-Н5 – Накопительные столы;

T1, T2 – Токарный станок с ЧПУ OKUMA Genos L250;

Ф – Фрезерный станок с ЧПУ OKUMA Genos M460RVR;

1 – Кран-штабелер;

2 – Рабочее место;

3– Рабочий стол с ПК;

4 – Робот;

5 – Бак под стружку;

6 – Контрольный стол;

7 – Промышленный робот;

Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата

- 8 – Участок подготовки производства;
- 9 – Участок технического контроля;
- 10 – Моечная машина;
- 11 – Участок инструментального обеспечения;
- 12 – Автоматизированная система уборки отходов;
- 13 – Станция подзарядки робокара;
- 14 – Рабочий стол.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	Лист
						98
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

## 5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ

Участок механической обработки детали «Корпус замка» включает в себя: стеллаж заготовок и готовых деталей, участок подготовки производства, приемо-раздаточные столы, токарный станок с ЧПУ Okuma Genos L250, фрезерный станок с ЧПУ OKUMA Genos M460R-VR, моечную машину, кран-штабелер, участок контроля, ящик с песком, пожарный стенд. Заготовка производит перемещение со склада на кран-штабелер, с него через приемо-раздаточный стол перемещается на первый токарный станок, обрабатывается, перемещается на второй станок. Обработанная деталь проходит операцию мойки, затем контроля и перемещается на склад готовых деталей. Все перемещения между станком и приемо-раздаточным столом производят с помощью промышленного робота, по цеху перемещения производятся при помощи робокара.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ					99

## 6 БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ

### 6.1 Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда

На всех предприятиях, в учреждениях, организациях создаются безопасные и безвредные условия труда. Обеспечение безопасных и безвредных условий труда возлагается на собственника или уполномоченный им орган. Условия труда на рабочем месте, безопасность технологических процессов, машин, механизмов, оборудования и других средств производства, состояние средств коллективной и индивидуальной защиты, используемых работником, а также санитарно-бытовые условия должны отвечать требованиям нормативных актов об охране труда.

Мероприятия, проводимые при использовании СОЖ:

- на состав применяемой СОЖ необходимо разрешение санитарного надзора;
- состав СОЖ на водном растворе, их антимикробная защита и пастеризация должны удовлетворять требованиям ГОСТ 121.3.025-80 ССБТ «Обработка металлов резанием. Общие требования безопасности»;
- приготовление и подача СОЖ к станкам должна быть централизованной;
- периодичность и промывка систем для подачи СОЖ должна быть не реже 1 раза в 6 месяцев;
- станки должны быть оборудованы специальными сборниками и экранами защиты оператора;
- помещение оборудуется общеобменной вентиляцией с подачей приточного воздуха в рабочую зону со скоростью не более 0,5 м/с. Общая производительность вентиляции должна составлять 850-900 м<sup>3</sup>/час на один станок;
- рабочие должны использовать дерматологические кремы и пасты.

										Лист
										100
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ					

Для спроектированного техпроцесса предусматриваются следующие виды защиты:

- ограничивающие, закрывающие доступ к опасным частям оборудования. Для этого используются кожухи, щиты. Ограждения должны быть достаточно прочными, надежно крепиться к фундаменту или частям машины;
- предохранительные, автоматически отключающие оборудование при выходе какого-либо параметра за пределы допустимого;
- сигнализирующие, окраска опасных частей оборудования в красный цвет;
- у станков предусмотрены дверцы для защиты от разлетающейся стружки.

Мероприятия по безопасной эксплуатации лезвийного инструмента:

Для безопасной эксплуатации режущего инструмента необходимо постоянно следить за его состоянием, проверять крепление инструмента в оправках и твердосплавных пластин в сборных инструментах.

Проводятся также следующие организационные мероприятия:

- инструктаж техники безопасности производится, как правило, во время приобретения профессионально и/или специального образования. Так же правила техники безопасности публикуются в соответствующих той или иной специальности учебных пособиях;
- запрещение операторам ремонтировать электрооборудование;
- привлечение к ремонту оборудования лиц электротехнического персонала, своевременно прошедших инструктаж.

## 6.2 Мероприятия по электробезопасности

К работе в электроустановках должны допускаться лица, прошедшие инструктаж и обучение безопасным методам труда, проверку знаний правил безопасности и инструкций в соответствии с занимаемой должностью применительно к выполняемой работе с присвоением соответствующей

									Лист
									101
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата					



квалификационной группы по технике безопасности и не имеющие медицинских противопоказаний.

Для обеспечения безопасности работ в действующих электроустановках должны выполняться следующие организационные мероприятия:

- назначение лиц, ответственных за организацию и безопасность производства работ;
- оформление наряда или распоряжения на производство работ;
- осуществление допуска к проведению работ;
- организация надзора за проведением работ;
- оформление окончания работы, перерывов в работе, переводов на другие рабочие места;
- установление рациональных режимов труда и отдыха.

Для обеспечения безопасности работ в электроустановках следует выполнять:

- отключение установки (части установки) от источника питания;
- проверку отсутствия напряжения;
- механическое запираание приводов коммутационных аппаратов, снятие предохранителей, отсоединение концов питающих линий и другие меры, исключающие возможность ошибочной подачи напряжения к месту работы;
- заземление отключенных токоведущих частей (наложение переносных заземлителей, включение заземляющих ножей);
- ограждение рабочего места или остающихся под напряжением токоведущих частей, к которым в процессе работы можно прикоснуться или приблизиться на недопустимое расстояние.

### 6.3 Мероприятия по пожарной безопасности

Пожар – это неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее материальный ущерб. Горение – это химическая реакция окисления, сопровождающаяся выделением тепла.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ					102

Опасными факторами пожара являются:

- повышенная температура воздуха и предметов;
- открытый огонь и искры;
- токсичные продукты горения;
- дым;
- взрывы;
- повреждения и разрушения зданий и сооружения.

Оценка пожарной опасности участка.

Спроектированный участок размещается в помещении пожарной опасности категории Д. Это помещения, в которых находятся и обрабатываются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Выбор первичных средств пожаротушения. На участке располагаются следующие первичные средства пожаротушения:

- огнетушитель углекислотный ОУ-10 (1 шт), применяется для тушения электроустановок;
- огнетушитель ОП-10 (1 шт), применяемый тушения пожаров класса Д (металлы и металлоорганические вещества);
- ящики с песком (1 шт);
- ломы (1 шт);
- топоры (1 шт).

Мероприятия, предупреждающие пожар на участке.

Пожарная профилактика – комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на предупреждение пожаров, уменьшение его размеров. Пожарная профилактика осуществляется по следующим направлениям:

- 1) устранение непосредственных или возможных причин пожаров в процессе эксплуатации зданий, технологического оборудования, систем отопления, вентиляции, освещения, электроснабжения;
- 2) ограничения возможного распространения пожара и взрыва;

										Лист
										103
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата						

- 3) обеспечение эвакуации людей и оборудования из горящего здания;
- 4) обеспечение быстрого развертывания действий по пожаротушению;
- 5) разработка наглядных пособий по пожарной безопасности;
- 6) разработка инструкций по пожарной безопасности.

К организационным мероприятиям относятся:

- разработка инструкций о соблюдении противопожарного режима и о действиях людей при возникновении пожара;
- организация обучения рабочих и служащих по правилам пожарной безопасности.

Порядок действия при пожаре:

- 1) отключить электропитание, вызвать по телефону пожарную команду;
- 2) эвакуировать людей из помещения согласно плану эвакуации;
- 3) приступить к ликвидации пожара огнетушителями.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	<i>Лист</i>
						104
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		

## 7 ВЫВОДЫ ПО КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

В ходе выполнения выпускной работы были разобраны и проанализированы чертеж и технологический процесс действующего предприятия. Выявленные недостатки и несоответствия документации с нормами ЕСКД и ЕСТД, которые легли за основу совершенствования старого технологического процесса.

В результате проектирования был выбран другой способ получения заготовки – штамповка. Коэффициент использованного материала нового способа больше предыдущего в 2,5 раза. Был спроектирован новый вариант технологии по обработке детали, подобрано современное оборудование, оснастка, режущий и измерительный инструмент, выбран робот-схват для установки детали на станок. Для проектного варианта технологического процесса были рассчитаны режимы резания для каждой обрабатываемой поверхности, рассчитано штучное время на обработку детали. Для обработки детали был разработан гибкий автоматический участок, и спроектирована планировка этого участка в цехе. Также были рассмотрены необходимые вопросы по технике безопасности и охране труда.

Новый технологический процесс оформлен в альбом, соблюдая нормы ЕСТД. К каждому разделу прилагается графическая часть: разработанные чертежи комбинированного инструмента, приспособления, расчетно-технологическая карта для 010 операции, сравнение заводского и спроектированного технологических процессов и др.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		105

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1) Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть II. Нормативы режимов резания. – Москва: Изд. Экономика, 1990. – 473 с.
- 2) Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть I. Нормы времени. – Москва: Изд. Экономика, 1990. – 473 с.
- 3) Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. С74 Т.2/Под ред. А. Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. 496 с.
- 4) Технология машиностроения: учебное пособие. В.Л. Кулыгин, В.И. Гузеев, И.А. Кулыгина. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2008. – Ч. 1. – 93с.
- 5) Нефедов Н.А., Осипов К.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». – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: «Машиностроение», 1990. – 448с.
- 6) Попов Л.М. Схваты промышленных роботов. Учебное пособие для курсового проектирования. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2001.
- 7) ГОСТ 15608-81. Пневмоцилиндры поршневые. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1997. – 29с.
- 8) Ю. И. Кувалдин, В. Д. Перевошиков. – Расчет припусков и промежуточных размеров при обработке резанием: учебное пособие для практических занятий, курсовых и дипломного проектирования. – Киров: Изд. ВятГУ, 2008. – 163с.
- 9) В.М. Григорьев – литье по выплавляемым моделям: учебное пособие для студентов. – Хабаровск: Изд. Хабар.гос.техн.ун-та, 2002 – 57с.

										Лист
										106
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ					

10) Батуев, В.В. Автоматизация производственных процессов в машиностроении учебное пособие по выполнению курсового проекта / В.В. Батуев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 39 с.

11) Батуев, В.В. Оформление технологической документации: учебное пособие / В.В. Батуев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 50 с.

12) Безопасность жизнедеятельности в дипломных проектах: учебное пособие/ В.Н. Бекасова, С.И. Боровик, Н.В. Глотова и др.; под ред. И.С. Окраинской. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 166 с.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ	Лист
						107
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		