

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ /Гузев В.И.  
\_\_\_\_\_ 2019г.

Разработка конструкторско-технологического обеспечения  
изготовления детали «Корпус крана шарового дроссельного»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ – 150305.2019.452.15 ПЗ ВКР

Нормоконтролер  
\_\_\_\_\_ /Т.В. Столярова /  
\_\_\_\_\_ 2019г.

Руководитель, к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ /П.В. Шаламов /  
\_\_\_\_\_ 2019г.

Автор работы  
студент группы П-452  
\_\_\_\_\_ /Э.Р. Хабиров /  
\_\_\_\_\_ 2019г.

## АННОТАЦИЯ

Хабиров Э.Р. Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления детали «Корпус крана шарового дроссельного»: Выпускная квалификационная работа. – Челябинск: ЮУрГУ, П-452, 105 с., 80 ил., 16 табл., библиогр. список – 12 наим.

В данной работе подробно проанализирован действующий технологический процесс обработки детали «Корпус крана шарового дроссельного». 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.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР		
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Хабиров Э.Р.				Лит.	Лист	Листов
Проверил	Шаламов П.В.				Д	2	105
Н.контр.	Столярова Т.В.				ЮУрГУ Кафедра ТАМ		
Утвердил	Гузеев В.И.						

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Общая часть.....	7
1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия .....	7
1.2 Служебное назначение детали «Корпус крана шарового дроссельного» .....	9
1.3 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для соответствующих отраслей машиностроения .....	10
1.4 Формирование целей и задач проектирования .....	11
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	12
2.1 Разработка 1-го варианта технологического процесса изготовления детали «Корпус крана шарового дроссельного» .....	12
2.1.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки.....	12
2.1.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования.....	12
Рисунок 16 – Токарно-фрезерный ОЦ DMG MORI CTX beta 800ТС .....	13
2.1.3 Формирование операционно-маршрутной технологии 1-го варианта.....	14
Рассмотрим операционный технологический процесс по операциям. ....	14
2.1.4 Размерно-точностной анализ 1-го технологического процесса....	19
2.2 Разработка 2-го варианта технологического процесса изготовления детали «Корпус крана шарового дроссельного» .....	22
2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки.....	22
2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования.....	24

						Лист
					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	3
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

2.2.3	Формирование	операционно-маршрутной	технологии	2-го	варианта.....	26								
2.1.4	Размерно-точностной	анализ	2-го	варианта	технологического	процесса .....	30							
2.2.5	Расчет	режимов	резания	и	норм	времени	на	все	операции	2-го	варианта	технологического	процесса .....	33
2.3	Сравнение	2-х	вариантов	технологического	процесса .....	41								
3	КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ .....										43			
3.1	Аналитический	обзор	и	выбор	стандартизированной	технологической	оснастки .....	43						
3.2	Проектирование	и	расчет	специального	станочного	приспособления .....	48							
3.3	Аналитический	обзор	и	выбор	стандартизированного	режущего	инструмента .....	55						
3.4	Проектирование	и	расчет	специального	режущего	инструмента .....	66							
3.5	Выбор	измерительного	оборудования	и	оснастки	на	операциях	технического	контроля .....	69				
4	Автоматизация технологического процесса .....										76			
4.1	Анализ	возможных	направлений	по	автоматизации	технологического	процесса	изготовления	детали .....	76				
4.2	Разработка	структурной	схемы	гибкого	производственного	участка.....	81							
4.3	Выбор	оборудования	для	функционирования	автоматизированной	системы	(промышленные	роботы,	накопители,	транспортные	системы,	складские	системы).....	93
4.4	Базирование	заготовки,	полуфабриката,	готовой	детали	в	промышленном	роботе,	транспортном	устройстве,	промежуточном	накопителе .....	95	
4.5	Анализ	производительности	автоматизированной	системы.....	96									

5	Организационно-производственная часть.....	97
6	Безопасность технологического цикла изделия .....	98
6.1	Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда .....	98
6.2	Мероприятия по электробезопасности .....	99
6.3	Мероприятия по пожарной безопасности .....	100
7	Выводы по квалификационной работе .....	103
	Библиографический список .....	104

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

## 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.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	6
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

## 1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

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

КШД 65x21(рисунок 1) - тип крана, необходимый для установки в качестве регулирующего устройства на проходных каналах устьевого оборудования нефтяных и газовых скважин, контроля и регулирования режима рабочей жидкости в скважине.



Рисунок 1 – Кран шаровый дроссельный 65x21

В таблице 1 приведены технические характеристики крана.

Таблица 1 – Технические характеристики крана КШД 65x21

Диаметр сменных насадок, мм	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 18
Рабочее давление, МПа (psi)	21(3000)
Установочное положение	любое
Направление среды	одностороннее, обозначено стрелкой
Присоединение к проходным фланцам	65x21 РД 26-16-40-89 или 50x21 ГОСТ 28919-91

					ИОУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Продолжение таблицы 1

Проводимая среда	нефть, газ, газоконденсат, вода с суммарным содержанием CO <sub>2</sub> и H <sub>2</sub> S до 0,003% по объему
Температура проводимой среды, С°	не выше 120
Температура окружающей среды, С°	от -60 до +60
Усилие на рукоятке, при управлении, Н	245
Масса, кг	6,5



## 1.2 Служебное назначение детали «Корпус крана шарового дроссельного»

Деталь «Корпус» (рисунок 2) предназначена для присоединения различных штуцеров, которые в свою очередь выполняют функцию регулирования производительности при нагнетании проводимой среды в пласт.

Деталь изготовлена из стали 09Г2С ГОСТ 19281-2014. Сталь является легированной конструкционной особой прочности. Химический состав стали приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Состав стали 9Г2С

Элемент	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As	Fe
Содержание, %	0,09	0,5	1,3	0,3	0,04	0,035	0,3	0,008	0,3	0,8	97

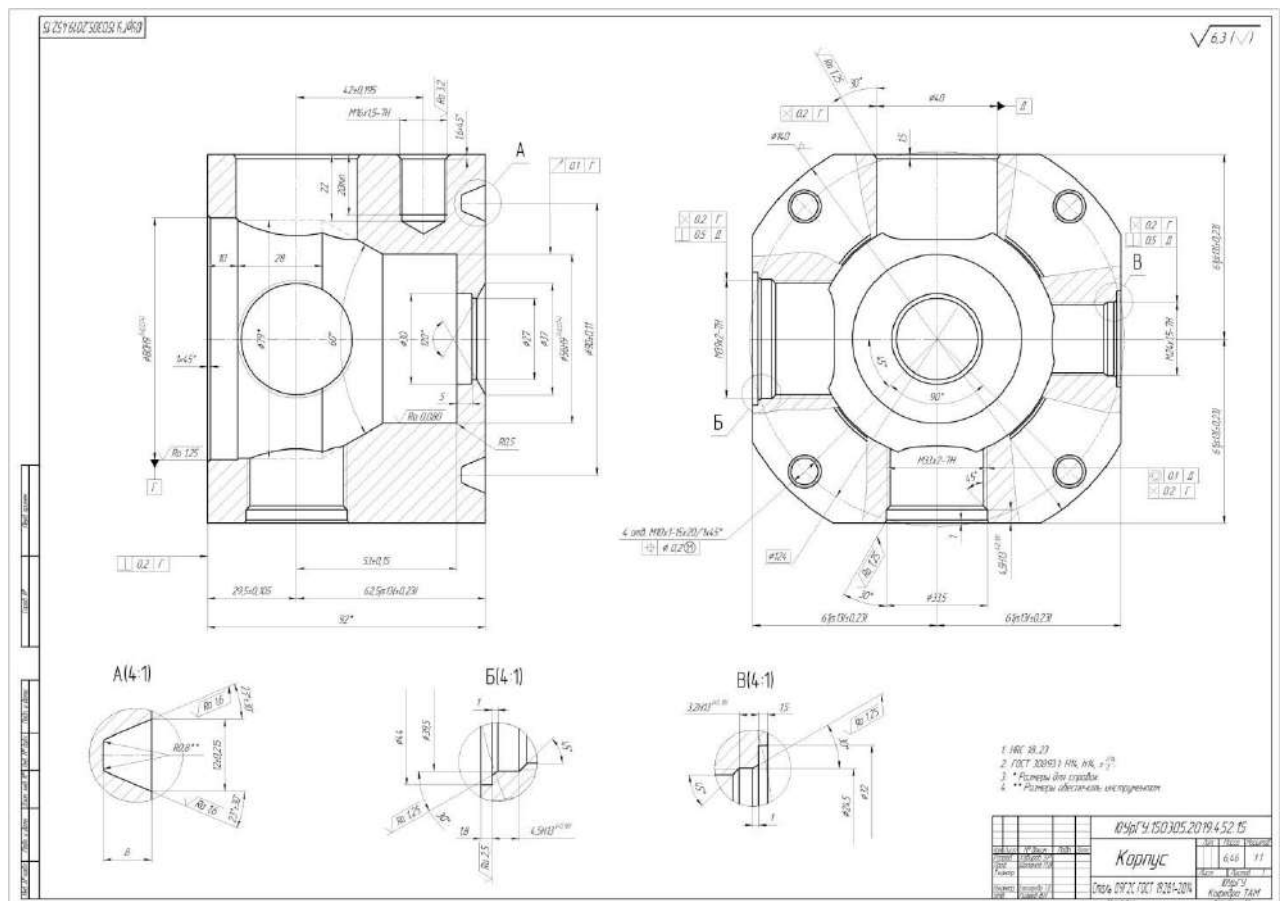


Рисунок 2 – Чертеж детали «Корпус»

### 1.3 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для соответствующих отраслей машиностроения

В настоящее время отечественное машиностроение проигрывает по развитию аналогичным отраслям зарубежного машиностроения. В европейских странах машиностроительная отрасль почти полностью автоматизирована, что нельзя сказать об отечественных отраслях. Однако в последнее время в России ежегодно создается около 300 технологий машиностроения. Из числа созданных за последние пять лет технологий машиностроения около 12% не имеет аналогов в мире, столько же соответствует лучшим зарубежным образцам и потенциально могут быть конкурентоспособными.

Распространение новых технологий происходит крайне медленно и внедряется лишь на немногих предприятиях. Некоторые технологии и оборудование Российского производства экспортируются, но остаются не востребованными в отечественном машиностроении. Зарубежные передовые технологии в еще меньшей степени востребованы отечественной промышленностью.

На машиностроительных предприятиях слабы научно-технические, технологические и конструкторские структуры. На многих из них вообще нет специализированных научно-исследовательских подразделений, а разработкой инновационных подходов занимаются, как правило, маркетинговые службы.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

#### 1.4 Формирование целей и задач проектирования

Целью выпускной квалификационной работы является проектирование технологического процесса обработки детали для условий современного конкурентно-способного производства.

В соответствии с этим, нужно выполнить ряд задач:

- выбрать способ получения заготовки;
- выбрать технологическую оснастку, режущий инструмент;
- спроектировать специальный режущий инструмент;
- выбрать измерительное оборудование и оснастку для операций технического контроля.
- рассчитать режимы резанья и нормы времени на выполнение операций;

Также необходимо разработать структурные схемы гибкого производственного участка, планировку механического участка и организовать мероприятия по безопасности технологического цикла изделия.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Разработка 1-го варианта технологического процесса изготовления детали «Корпус крана шарового дроссельного»

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

В качестве исходной заготовки, для изготовления детали, выбираем круглый прокат (рисунок 3). Его основное достоинство — дешевизна. Он изготавливается из стали и цветных металлов в виде прутков с различной формой поперечного сечения (круг, квадрат, шестигранник, труба, угольник, тавр и т. п. ). Заготовки из проката нашли самое широкое применение благодаря своей простоте и дешевизне. Существенным недостатком является низкий коэффициент использования материала.

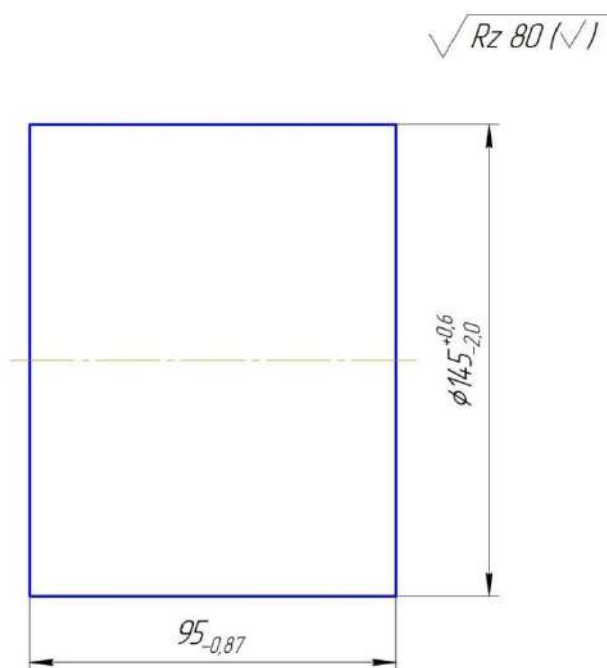


Рисунок 3 – Эскиз заготовки

#### 2.1.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования

Для механической обработки детали выбираем токарно-фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ Doosan PUMA GT2100(рисунок 4), основные характеристики которого приведены в таблице 3.

					ИОУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Все операции выполняются на одном станке, но при этом заготовка множество раз переустанавливается, что сказывается на производительности изготовления детали.



Рисунок 4 – Токарно-фрезерный ОЦ Doosan PUMA GT2100

Таблица 3 – основные технические характеристики станка

Марка станка	DOOSAN GT2100
Рекомендуемый диаметр обработки, мм	210
Скорость шпинделя, мин <sup>-1</sup>	4500
Максимальная длина обработки, мм	520
Размеры инструмента для точения наружного диаметра, мм	25x25
Число инструментальных позиций, шт	12
Диаметр обрабатываемого прутка, мм	65

### 2.1.3 Формирование операционно-маршрутной технологии 1-го варианта

Маршрутный технологический процесс:

- 000 – Заготовительная;
- 005 – Комплексная с ЧПУ;
- 010 – Токарная с ЧПУ;
- 015 – Токарная с ЧПУ;
- 020 - Комплексная с ЧПУ;
- 025 – Токарная с ЧПУ
- 030 – Токарная с ЧПУ;
- 035 – Токарная с ЧПУ;
- 040 – Токарная с ЧПУ;
- 045 – Токарная с ЧПУ;
- 050 – Контрольная.

Рассмотрим операционный технологический процесс по операциям.

1) 000 заготовительная операция (рисунок 5). Выполняется круглая заготовка  $\varnothing 145$  мм из круглого проката толщиной 95 мм на газорезном оборудовании..

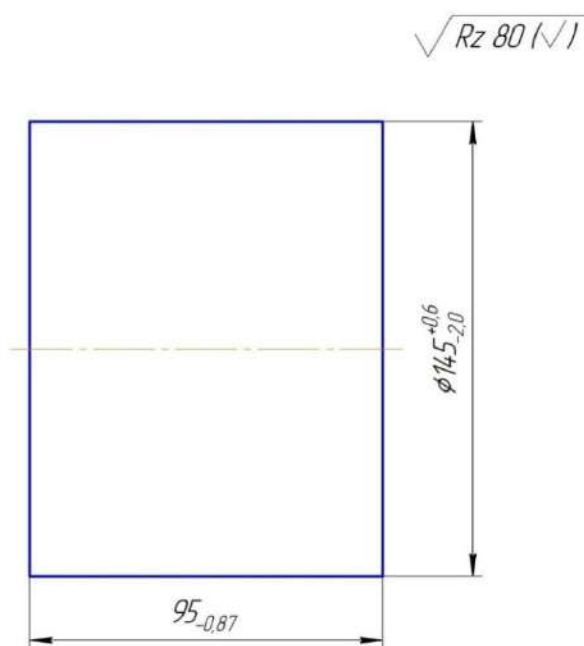


Рисунок 5 – Эскиз заготовки

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

2) 005 – комплексная операция с ЧПУ. (рисунок 6). На операции сверлится сквозное отверстие и подрезается торец.

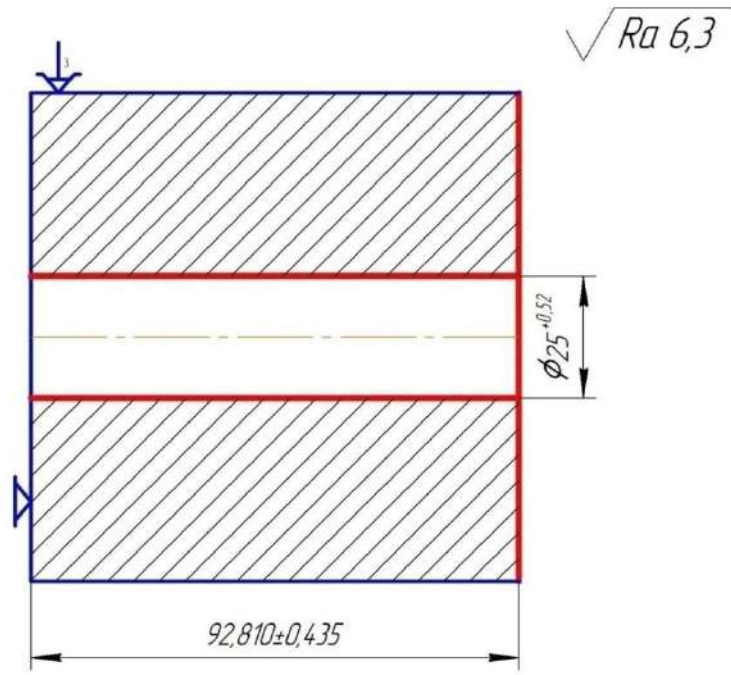


Рисунок 6 – Эскиз 005 операции

3) 010 – токарная операция с ЧПУ. (рисунок 7). Согласно эскизу выполняются чистовые базовые поверхности под следующую операцию.

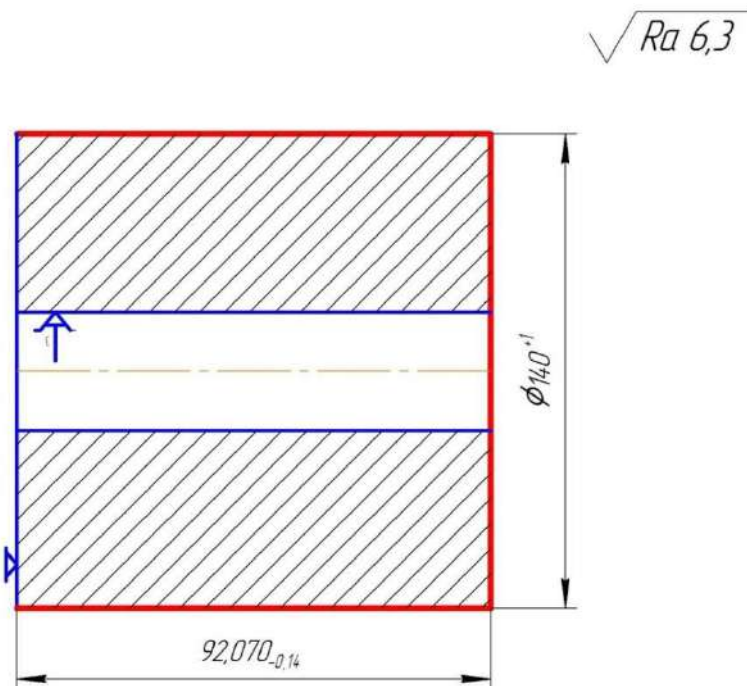


Рисунок 7 – Эскиз 010 операции

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

- 4) 015 – токарная операция с ЧПУ. Выполняется обработка заготовки, согласно эскизу, представленному на рисунке 8. Острые кромки притупить.

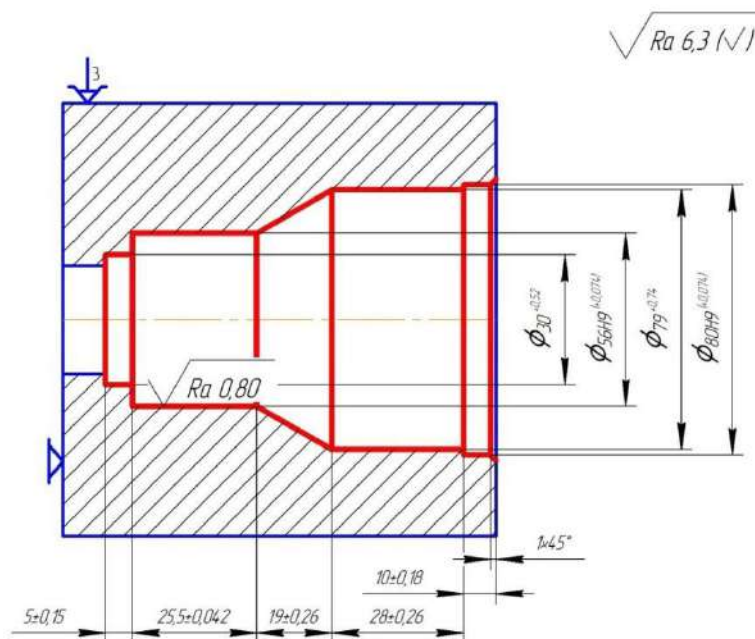


Рисунок 8 – Эскиз 015 операции

- 5) 020 – комплексная операция с ЧПУ. Выполняется обработка заготовки, согласно эскизу, представленному на рисунке 9.

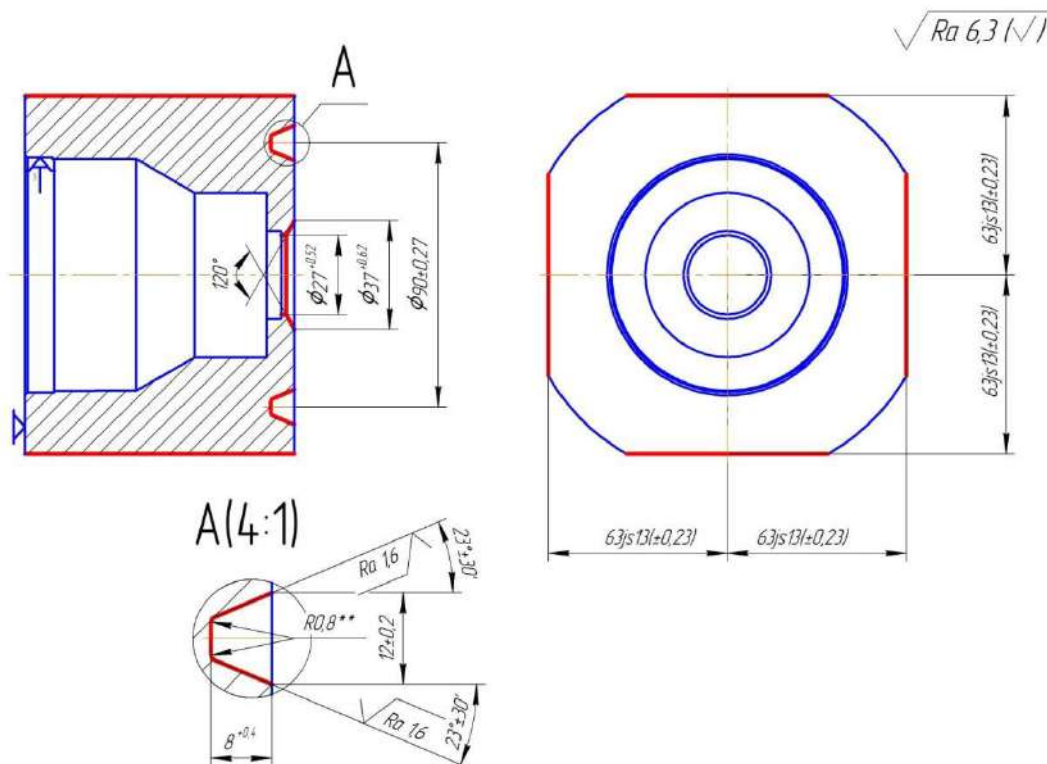


Рисунок 9 – Эскиз 020 операции

									Лист
									16
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР				



6) 025 – комплексная с ЧПУ (рисунок 10). На операции сверлятся отверстия с четырех сторон заготовки.

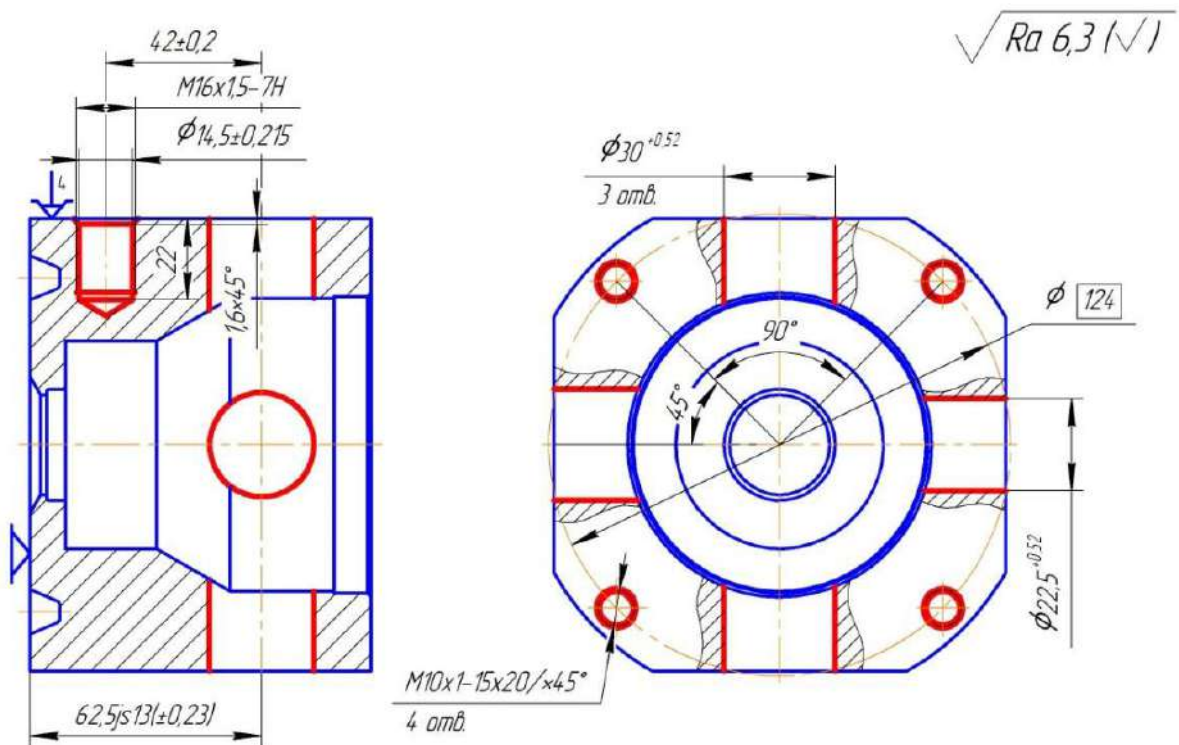


Рисунок 10 – Эскиз операции 025

7) 030 – токарная операция с ЧПУ (рисунок 11). На данной операции рассверливается отверстие под резьбу, фрезеруется уступ и нарезается резьба.

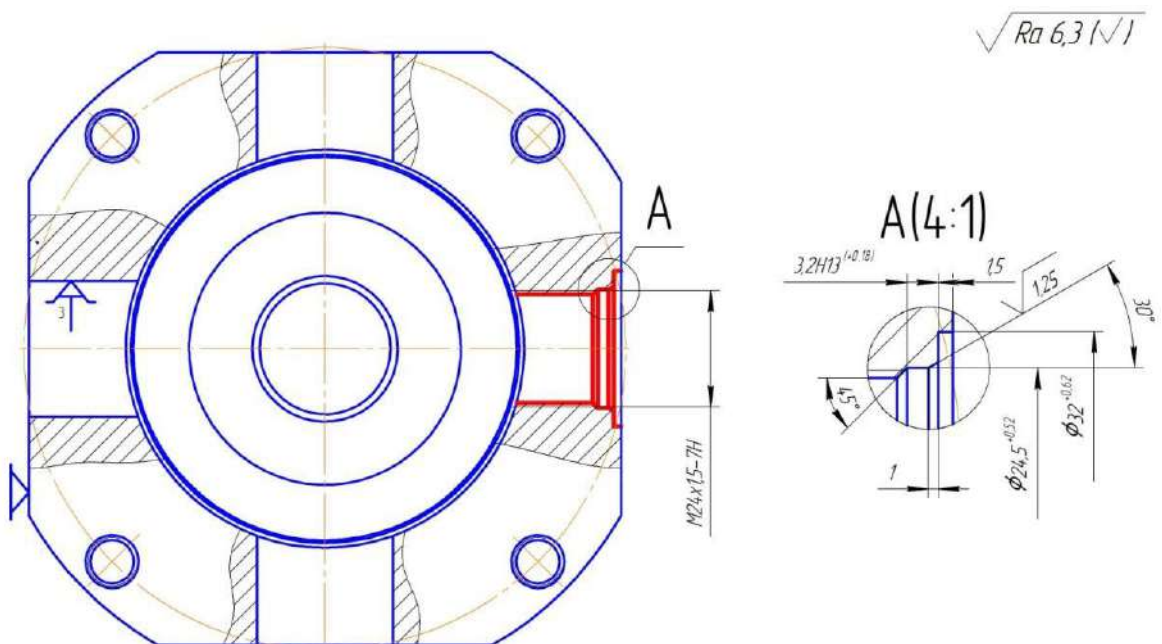


Рисунок 11 – Эскиз 030 операции

Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата

- 8) 035 – токарная операция с ЧПУ. Выполняется обработка заготовки, согласно эскизу, представленному на рисунке 12.

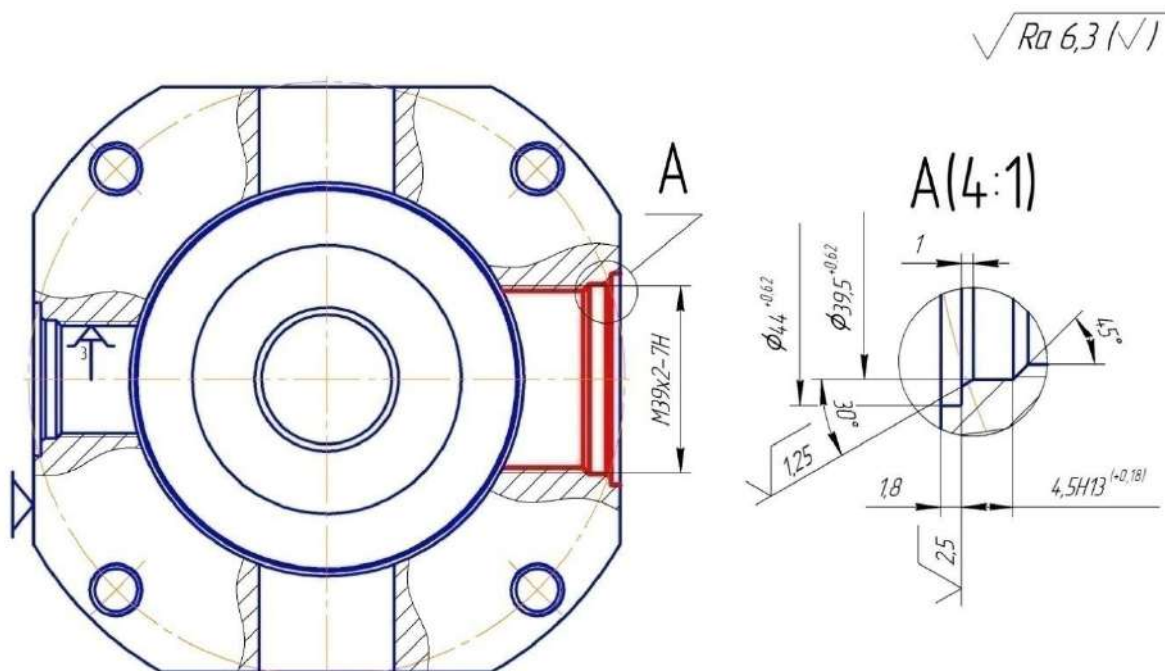


Рисунок 12 – Эскиз 035 операции

- 9) 040 – токарная операция с ЧПУ (рисунок 13). На данной операции рассверливается отверстие под резьбу и нарезается резьба.

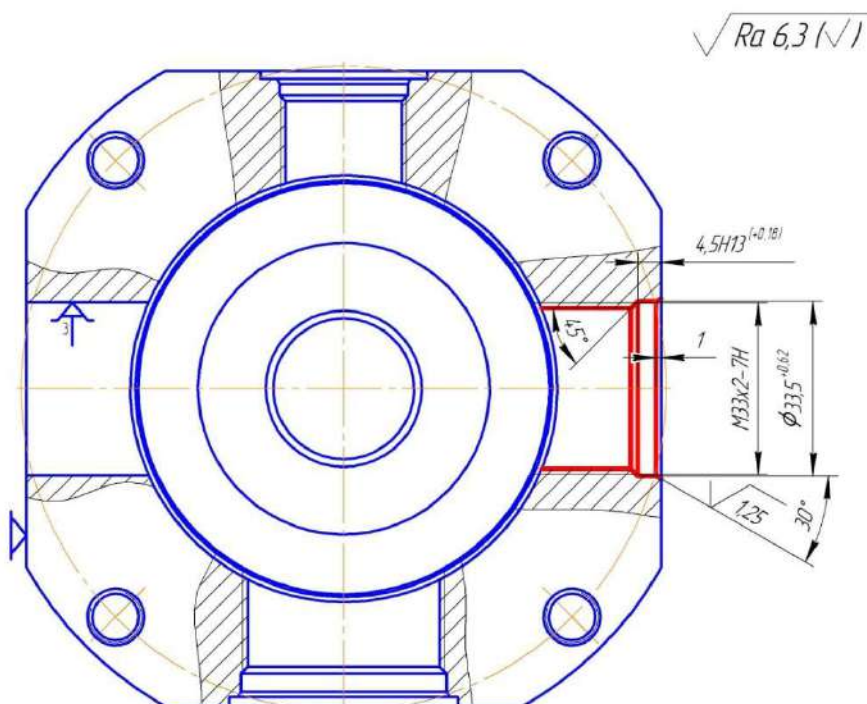


Рисунок 13 – Эскиз 040 операции

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист 18
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

- 10) 045 – токарная операция с ЧПУ (рисунок 14). На данной операции рассверливается до заданного диаметра и подрезается фаска.

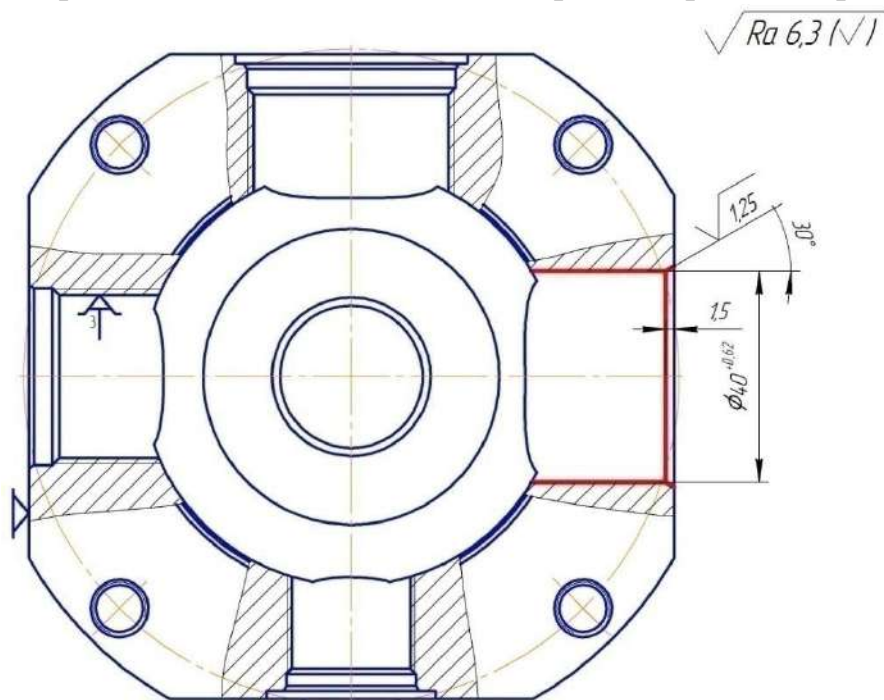


Рисунок 14 – Эскиз 045 операции

- 11) 050 – контрольная операция.

#### 2.1.4 Размерно-точностной анализ 1-го технологического процесса

Проверочный размерный анализ заключается в решении обратной задачи размерной цепи. Размерная цепь, представленная на рисунке 16, выполняется с двумя замыкающими звеньями. Поэтому для проверки точности выполняемых размеров рассчитаем в программе “Visual KursAR”, расчет представлен ниже (рисунок 15).

					ИОУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Организация: Деканат МТ факультета  
 Расчётчик: Хабиров Э.Р. П-452  
 Изделие: КШД  
 Дата (д.м.г): 16.5.2019

Исходная размерная информация

```

1: 9 19 29 10 0,18 -0,18      2: 9 29 49 28 0,26 -0,26
3: 9 49 59 19 0,26 -0,26      4: 9 39 79 53 0,15 -0,15
5: 9 79 89 5 0,15 -0,15      6: 9 19 39 29,5 0,105 -0,105
7: 9 39 69 42 0,195 -0,195   8: 3 18 38 29,5 0,195 -0,195
9: 3 38 78 53 0,15 -0,15     10: 8 38 68 42 0,195 -0,195
11: 8 38 98 62,5 0,06 -0,06   12: 8 78 88 5 0,15 -0,15
13: 6 58 78 0,042 -0,042 3    14: 8 48 58 19 0,042 -0,042
15: 8 28 48 28 0,042 -0,042   16: 8 18 28 10 0,029 -0,029
17: 6 18 98 0 -0,14 2        18: 2 98 97 0,3
19: 6 18 97 0,435 -0,435 2   20: 2 17 18 0,3
21: 6 17 97 0 -0,87 2
  
```

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

Цепи размерные.

Уравнения решены методом Максимума-Минимума:

1.  $[18=38] = -(38+98) + (18-98)$
3.  $[98=97] = +(18-97) - (18-98)$
4.  $[17=18] = -(18-97) + (17-97)$

Вероятностный метод решения. Тип производства: серийное.

2.  $[38=78] = +(58-78) + (48+58) + (28+48) + (18+28) - (18-98) + (38+98)$

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

Гр	Номера левой и правой поверхностей звена	Номинал. значение	Верхнее отклон.	нижнее отклон.	Средний номинальный размер звена	Запасы расчетн. предельных значений относит. исходного звена по Min и по Max
3=	18 38	29,500	0,130	-0,130	29,500	0,065 0,065
Гр	Номера левой и правой поверхностей звена	Номинал. значение	Верхнее отклон.	нижнее отклон.	Средний номинальный размер звена	Запасы расчетн. предельных значений относит. исходного звена по Min и по Max
3=	38 78	53,000	0,149	-0,148	53,000	0,002 0,002
2=	98 97		0,305	1,315	0,810	0,005
2=	17 18		0,305	2,045	1,175	0,005
6+	18 98	92,070	0,000	-0,140	92,000	
6+	58 78	25,500	0,042	-0,042	25,500	
6+	18 97	92,810	0,435	-0,435	92,810	
6+	17 97	94,420	0,000	-0,870	93,985	

Рисунок 15 – Расчет в программе Visual KursAR

В результате расчета линейной размерной цепи технологического процесса изготовления корпуса, выявлено, что имеется два замыкающих звена, конструкторские размеры в технологическом процессе выполняются, размерная цепь составлена правильно. Припуски на обработку в норме.



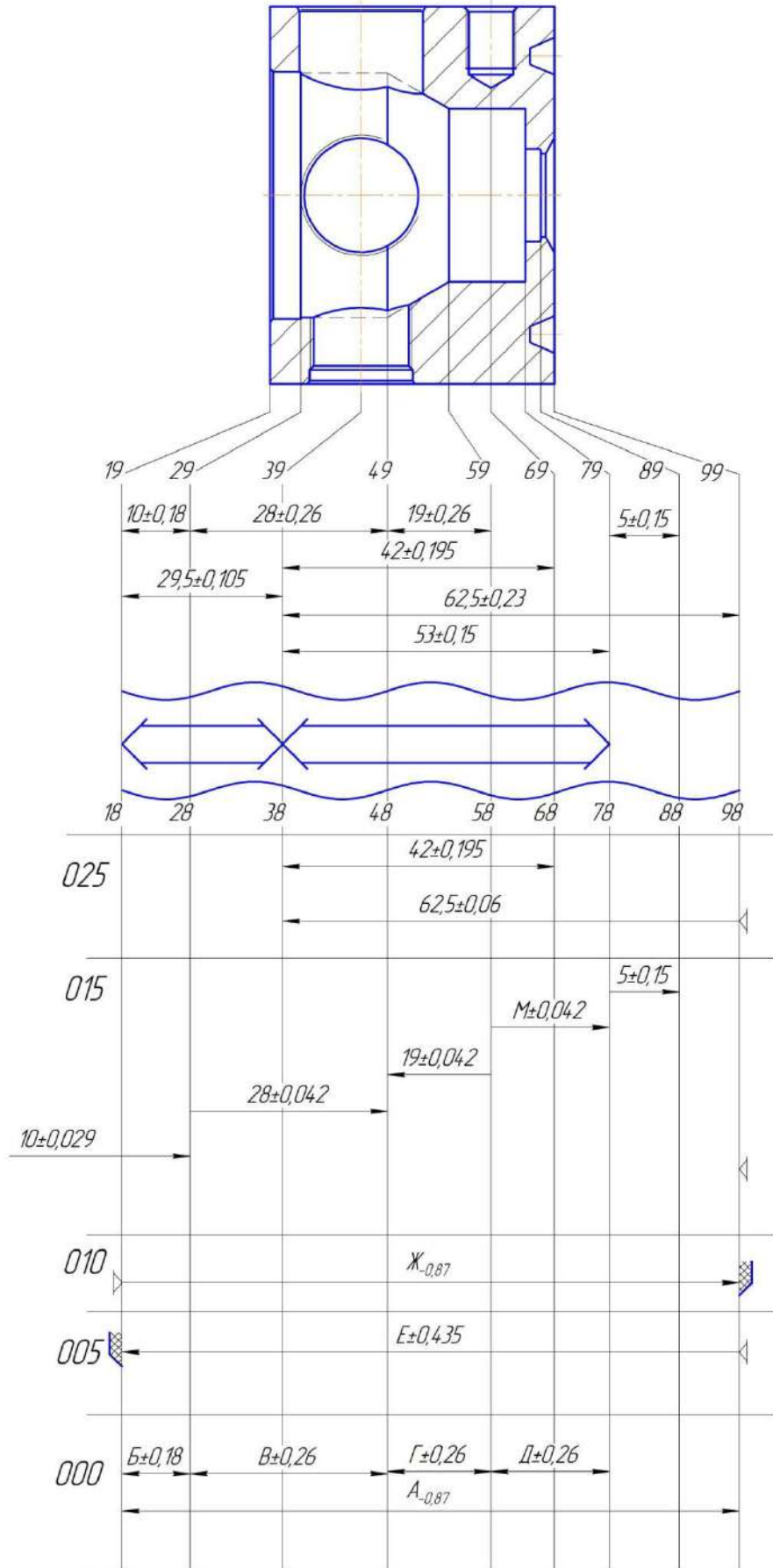


Рисунок 16 – Размерная схема линейных размеров ТП

Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата

## 2.2 Разработка 2-го варианта технологического процесса изготовления детали «Корпус крана шарового дроссельного»

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

В первом технологическом процессе заготовка получается из круглого проката. Главным недостатком этого метода является большой расход материала. Чтобы увеличить коэффициент используемого материала, заготовка должна быть с внутренними отверстиями (рисунок 17).

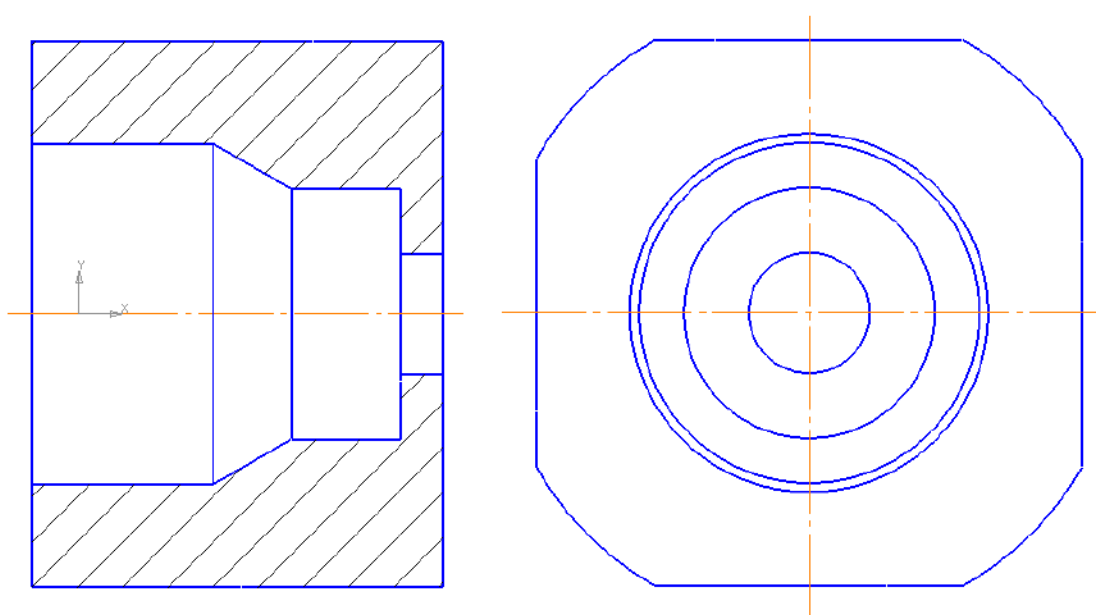


Рисунок 17 – Предлагаемая форма заготовки

Для получения исходной заготовки выбираем литье по газифицированным моделям. Литьё по газифицируемым моделям (ЛГМ) – способ получения отливок, использующий модель, изготовленную из материала, который газифицируется при заливке расплавленного металла в литейную форму. Самым распространённым материалом для моделей является пенополистирол. В таблице 2 представлена сравнительная характеристика ЛГМ и других методов литья относительно литья в песчано-глинистые формы.

						Лист
					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	22
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Способ литья по газифицируемым моделям обладает рядом преимуществ:

- резкое уменьшение затрат на оборудование;
- сокращение количества технологических операций;
- сокращение операции финишной обработки отливок
- сокращение до минимума количества отходов производства;
- сокращение трудозатрат в 2 – 4 раза;
- сокращение используемых производственных площадей;
- уменьшение затрат на вспомогательные материалы в 3 – 5 раз.

Таблица 4 – Характеристика разных способов литья

№ п.п.	Показатель	Песчано-глинистые формы	Холодно-твердеющие смеси	Литье по выплавл. моделям	Литье по газифиц. моделям
1	Класс точности по ГОСТ 26645-85	6...7	5...6	4...5	3...4
2	Шероховатость, Ra	10...16	6,3...10,0	3,2...5,0	3,2...6,3
3	Расход формовочных материалов	1	2...4	5...10	0,2...0,5
4	Трудоемкость	1	0,7...0,9	2,3...2,5	0,2...0,8
5	Стоимость модельной оснастки	1		2...5	2...5
6	Затраты на организацию производства	1	1,1...1,2	1,5...3,0	1,8...2,0

## 2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования

Для механической обработки детали выбираем токарно-фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ DMG MORI CTX beta 800ТС (рисунок 18), основные характеристики которого приведены в таблице 5.

Операция 005 выполняется в два установка. На данной операции обрабатываются наружные поверхности, внутренние цилиндрические поверхности, торец, торцовая и внутренняя канавки, обработка отверстий, фрезерование фасок, лысок.



Рисунок 18 – Токарно-фрезерный ОЦ DMG MORI CTX beta 800ТС

Таблица 5 – Технические ОЦ DMG MORI CTX beta 800ТС

Технические характеристики	Значение
Максимальная длина обработки, мм	750
Максимальный диаметр обработки, мм	450
Перемещение Ось X, мм	480
Перемещение Ось Y, мм	±100

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		



Перемещение Ось Z, мм	845
Частота вращения, мин-1	12000
Количество инструментов	24/80
Габариты, м <sup>2</sup>	10,2

Операция 010 выполняется на шлифовальном станке I-Grind 200D CNC с ЧПУ (рисунок 19), основные характеристики которого приведены в таблице 6. На данной операции обрабатываются внутренняя цилиндрическая поверхность.

Таблица 6 – Технические характеристики I-Grind 200D CNC

Технические характеристики	Значение
Диаметр обрабатываемого отверстия, мм	6-200
Максимальный диаметр обработки детали над столом, мм	200
Максимальный ход стола, мм	400
Максимальная скорость подачи оси Z, м/мин	5
Угол поворота передней бабки, град	8
Вес, кг	5750



Рисунок 19 – Шлифовальный станок Grind 200D CNC

### 2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии 2-го варианта

Маршрутный технологический процесс:

000 – Заготовительная;

005 – Комплексная с ЧПУ;

010 – Шлифовальная с ЧПУ;

015 – Контрольная.

Рассмотрим операционный технологический процесс по операциям.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

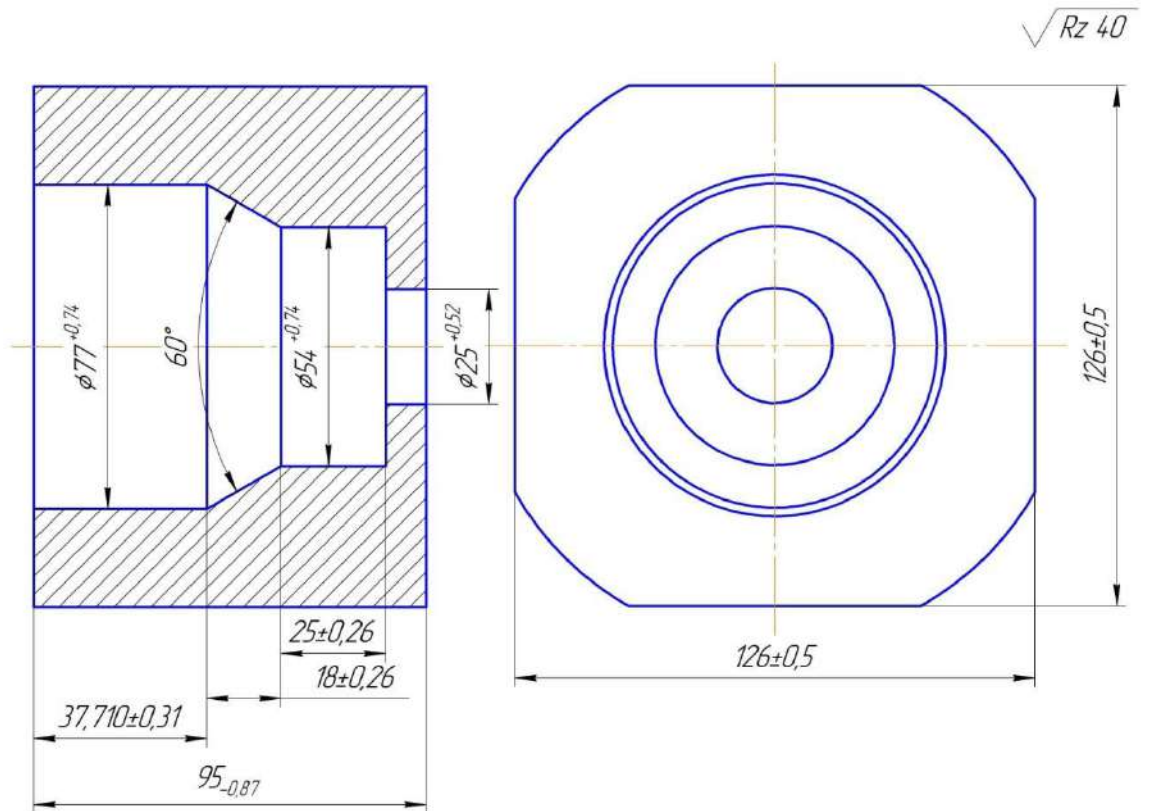


Рисунок 20 – Эскиз 000 операции

Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата

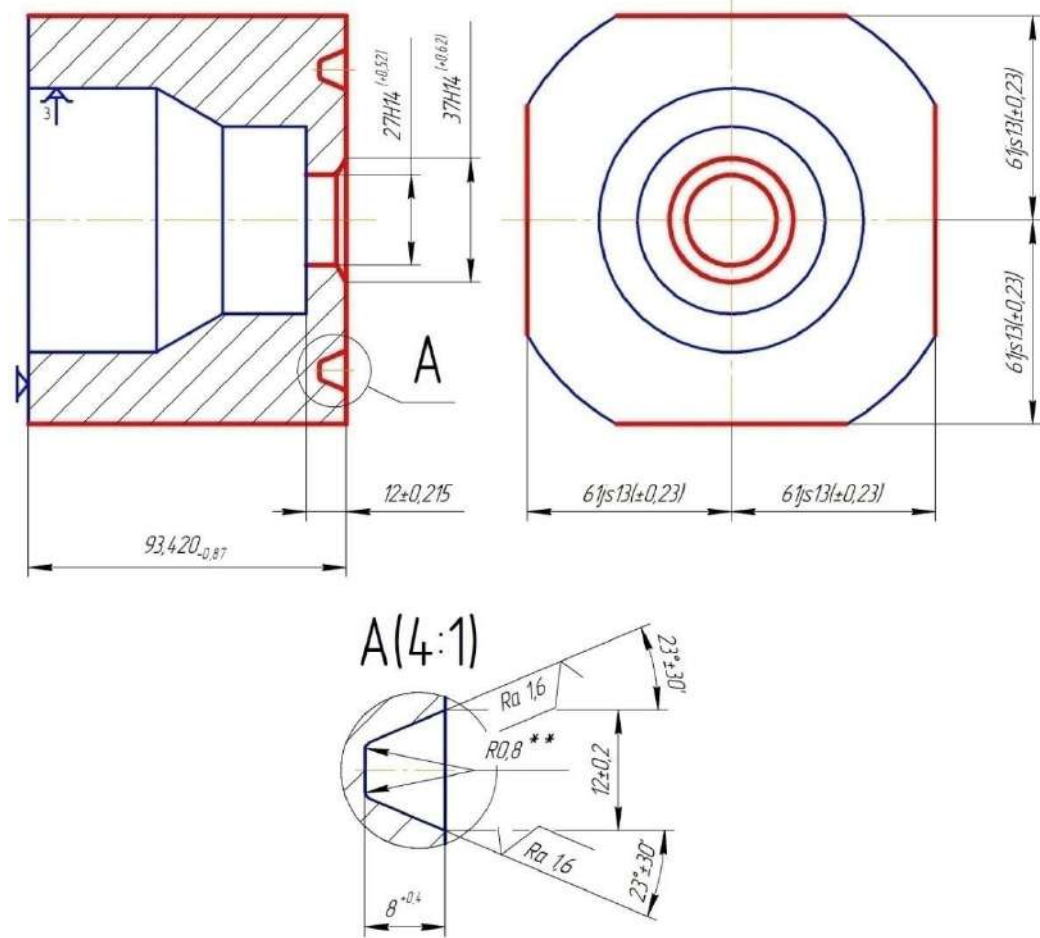


Рисунок 21 – Эскиз 005(1) операции

									Лист
									28
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР				

Оп. 005(2 установ) – Комплексная с ЧПУ

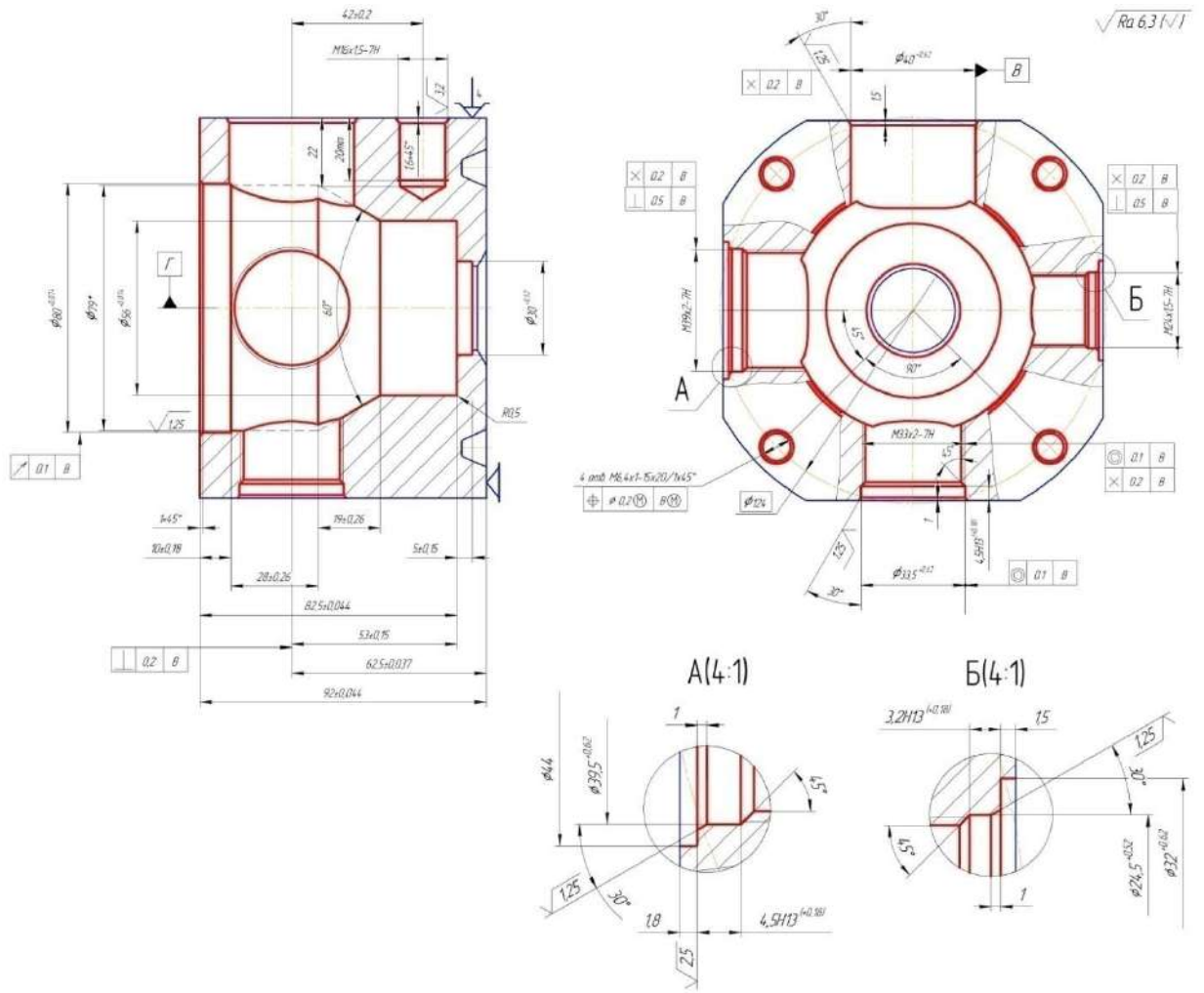


Рисунок 22 – Эскиз 005(2) операции

Оп. 010 – Шлифовальная с ЧПУ



Рисунок 23 – Эскиз 010 операции

									Лист
									29
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР				

#### 2.1.4 Размерно-точностной анализ 2-го варианта технологического процесса

Для того чтобы проверить проектный технологический процесс на замыкающие звенья и рассчитать операционные размеры, составим размерную цепь для линейных размеров.

*Расчет линейной размерной цепи.*

На рисунке 24 представлена линейная размерная цепь, которая имеет 2 замыкающих звена. Рассчитаем размер [18...98]. Составим уравнение:

$$[18 \dots 38] = -[38..98] + [98..18]$$
$$A_i = A_{icp} - \Delta_0 A_i \quad (1)$$

где  $A_{icp}$  – среднее значение звена.

$\Delta_0 A_i$  – середина поля допуска.

$$A_{(18..38)} = 29.5 - 0$$
$$29.5 = -62.5 + [98..18]$$
$$[98..18] = 29,5 + 62,5$$
$$[98..18] = 92 \pm 0,044$$

Составим уравнение припуска [18..17] и найдем через него размер (17..98):

$$[18 \dots 17] = (17..98) - (98..18)$$

Минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$[18 \dots 17] = Rz + Df + \frac{TA_i}{2} - \Delta_0 A_i, \quad (2)$$

где  $Rz$  – шероховатость поверхности с предыдущей операции,

$Df$  – величина дефектного слоя,

$TA_i$  – сумма допусков составляющих звеньев,

$\Delta_0 A_i$  – середина поля допуска.

$$[18 \dots 17] = 0,2 + 0,3 + \frac{0,958}{2} - (-0,435) = 1,414 \text{ мм.}$$

						Лист
					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	30
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

$$1.414 = (17..18) - 92$$

$$[17..98] = 92 + 1,414$$

$$[17 \dots 98] = 93.414$$

Аналогичным способом рассчитываются все остальные размеры. Расчет в программе “Visual KursAR” представлен ниже (рисунок 24).

Организация: Деканат МТ факультета  
 Расчётчик: Хабиров Э.Р. п-452  
 Изделие: корпус кшд  
 дата (д.м.г): 15.5.2019

Исходная размерная информация

```

1: 9 19 29 10 0,18 -0,18      2: 9 29 49 28 0,26 -0,26
3: 9 49 59 19 0,26 -0,26      4: 9 39 79 53 0,15 -0,15
5: 9 79 89 5 0,15 -0,15      6: 9 19 39 29,5 0,5 -0,5
7: 9 39 69 42 0,2 -0,2       8: 3 18 38 29,5 0,5 -0,5
9: 3 38 78 53 0,15 -0,15     10: 6 18 78 0,044 -0,044 2
11: 2 77 78 0,5              12: 8 78 88 5 0,15 -0,15
13: 8 18 28 10 0,18 -0,18    14: 8 28 48 28 0,28 -0,28
15: 2 47 48 0,5              16: 8 38 68 42 0,195 -0,195
17: 8 48 58 19 0,26 -0,26    18: 2 57 58 0,5
19: 8 38 98 62,5 0,037 -0,037 20: 2 17 18 0,5
21: 6 18 98 0,044 -0,044 2   22: 6 17 98 0 -0,87 2
23: 2 98 97 0,5              24: 6 17 47 0,31 -0,31 2
25: 6 47 57 0,26 -0,26 2    26: 6 57 77 0,26 -0,26 2
27: 6 17 97 0 -0,87 2
    
```

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

Цепи размерные.

Уравнения решены методом Максимума-Минимума:

1. [18=38] = -(38+98) + (18-98)
2. [38=78] = +(18-78) - (18\_98) + (38+98)
3. [17=18] = -(18\_98) + (17-98)
7. [98=97] = +(17-97) - (17\_98)

Вероятностный метод решения. Тип производства: серийное.

4. [47=48] = +(28+48) + (18+28) - (18\_98) + (17\_98) - (17-47)
5. [57=58] = +(48+58) + (28+48) + (18+28) - (18\_98) + (17\_98) - (17\_47) - (47-57)
6. [77=78] = +(18\_78) - (18\_98) + (17\_98) - (17\_47) - (47\_57) - (57-77)

Гр	Номера левой и правой поверхностей звена	Номинал. значение	Верхнее отклон.	Нижнее отклон.	Средний номинальный размер звена	Запасы расчетн. предельных значений исходного звена по Min и по Max
п	Если нет номинала	Предельн. значен. Min и Max	: размер звена			
3=	18 38	29,500	0,081	-0,081	29,500	0,419 0,419
3=	38 78	53,000	0,125	-0,125	53,000	0,025 0,025
2=	77 78		0,508	2,103	1,305	0,008
2=	47 48		0,503	2,048	1,275	0,003
2=	57 58		0,501	2,290	1,395	0,001
2=	17 18		0,506	1,464	0,985	0,006
2=	98 97		0,500	2,240	1,370	0,000
6+	18 98	92,000	0,044	-0,044	92,000	
6+	18 78	82,500	0,044	-0,044	82,500	
6+	57 77	25,590	0,260	-0,260	25,590	
6+	17 47	37,710	0,310	-0,310	37,710	
6+	47 57	18,880	0,260	-0,260	18,880	
6+	17 98	93,420	0,000	-0,870	92,985	
6+	17 97	94,790	0,000	-0,870	94,355	

Рисунок 24 – Расчет в программе Visual KursAR

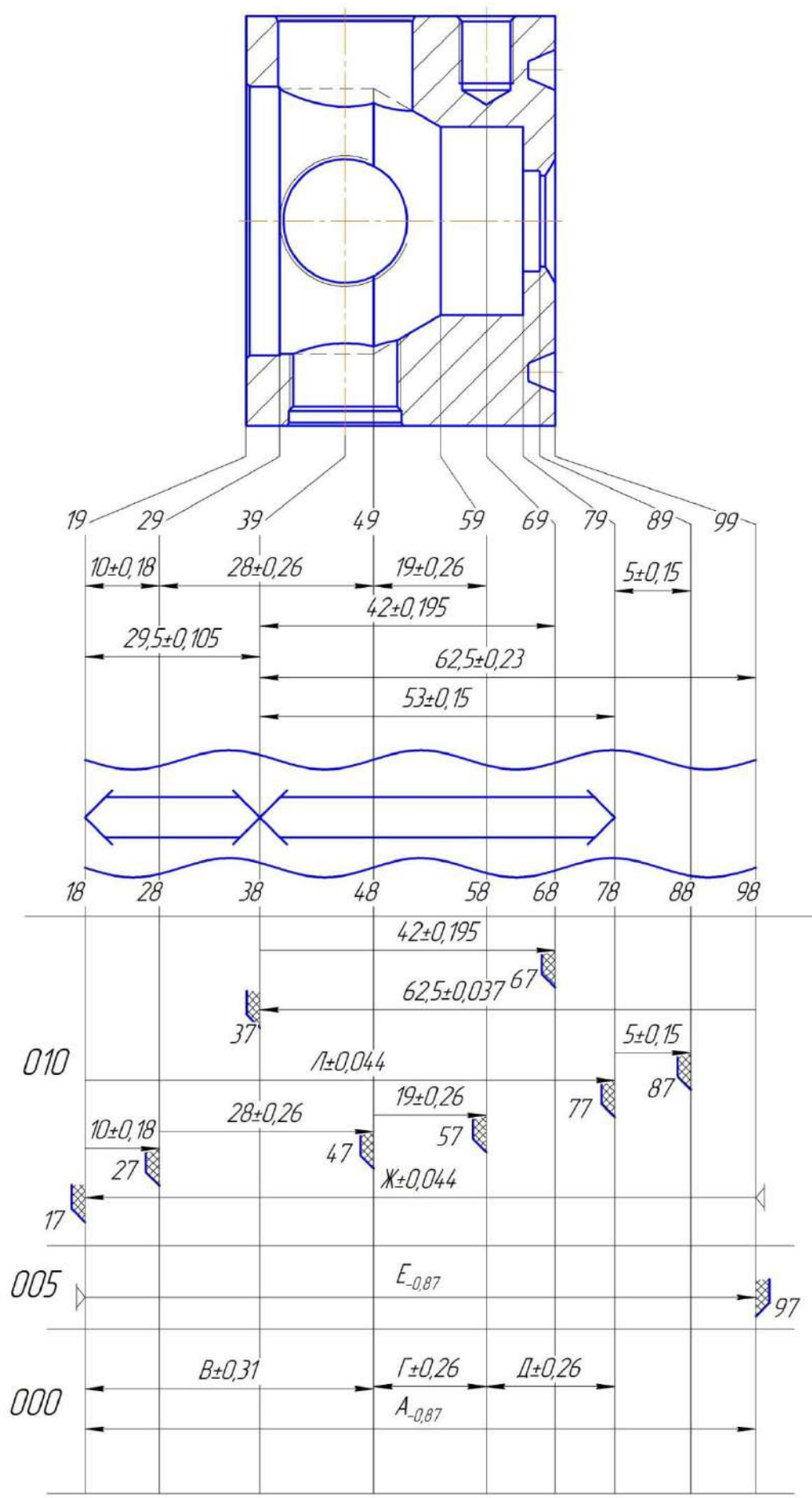


Рисунок 25 – Линейная размерная цепь

									Лист
									32
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР				



## 2.2.5 Расчет режимов резания и норм времени на все операции 2-го варианта технологического процесса

Расчет режимов резания и норм штучного времени произведем для 1 и 5 поверхностей (рисунок 26) 005 операции.

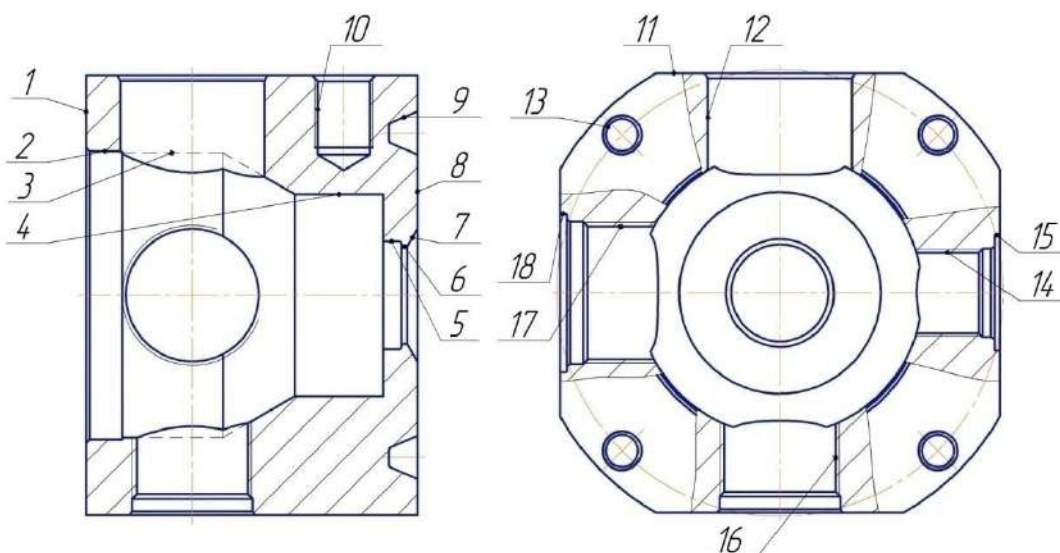


Рисунок 26 – Обрабатываемые поверхности детали

### 1) Исходные данные:

Наименование детали – корпус крана шарового дроссельного.

Материал – сталь 09Г2С.

Точность обработки поверхности: 1 – IT14, 4 – IT9.

Шероховатость обработки поверхности: Ra 6.3.

Метод получения заготовки – литье по газифицированным моделям (IT14).

Состояние поверхности – без корки.

Станок – DMG MORI CTX beta 800TC.

Операция:

Базирование – в четырехкулачковом патроне. Содержание операции – точить торец 1, расточить поверхность 2.

### 2) Выбор глубины резания

Для получения поверхности 1 необходима получистовая обработка, для получения поверхности 2 необходима чистовая [1, карта 1].

									Лист
									33
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР				

При получистовой стадии обработки рекомендуется глубина резания не менее 1 мм, для чистовой обработки глубина не менее 0,5 мм. [1, карта 2].

По приложению 1, 5 [1] и, исходя из условий обработки, принимаем ромбическую форму пластины из твердого сплава Т15К6. По приложению 6 [1] выбираем способ крепления пластины – двуплечим прихватом за выемку.

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: задний угол  $\alpha = 6^\circ$ ; передний угол  $\gamma = 12^\circ$ ; форма передней поверхности – плоская с фаской; ширина фаски вдоль главного режущего лезвия  $f = 0,5$  мм; радиус скругления  $\rho = 0,03$  мм; радиус вершины резца  $r_b = 0,8$  мм. Нормативный период стойкости находим по приложению 13,  $T = 60$  минут.

### 3) Выбор подачи

Рекомендуемые значения подач получистовой стадии обработки выбираем по карте 4 [1]:  $S_{OT} = 0,61$  мм/об.

По карте 4 и 5 [1] определяем поправочные коэффициенты на подачу получистовой 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 –  $K_{Sh} = 0,75$ ;
- механических свойств обрабатываемого материала –  $K_{SM} = 1,25$ ;
- схемы установки заготовки –  $K_{Sy} = 1,2$ ;
- состояния поверхности заготовки –  $K_{Sn} = 1$ ;
- геометрических параметров резца –  $K_{S\varphi} = 1$ ;
- жесткости станка –  $K_{Sj} = 0,75$ ;
- вылета ползуна карусельного станка –  $K_{Si} = 1$ .

					ИОУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Окончательно подачу получистовой стадии обработки определяем по формуле:

$$S_O = S_{OT} \cdot K_{Sи} \cdot K_{Sp} \cdot K_{Сд} \cdot K_{Sh} \cdot K_{SM} \cdot K_{Sy} \cdot K_{Sn} \cdot K_{S\phi} \cdot K_{Sj} \cdot K_{Si} \quad (3)$$

$$S_O = 0,61 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,25 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 = 0,51 \text{ мм/об.}$$

Для чистовой стадии  $S_{OT} = 0,26$  мм/об. [1, карта 6].

По карте 8 определяем поправочные коэффициенты на подачу чистовой стадии обработки для измеренных условий в зависимости от:

- механических свойств обрабатываемого материала –  $K_{SM} = 1,15$ ;
- схемы установки заготовки –  $K_{Sy} = 0,8$ ;
- радиуса вершины –  $K_{Sr} = 1$ ;
- качества обрабатываемой детали  $K_{Sk} = 1$ ;
- геометрических параметров резца –  $K_{S\phi k} = 1$ .

Подачу чистовой стадии обработки определяем по формуле

$$S_O = S_{OT} \cdot K_{SM} \cdot K_{Sy} \cdot K_{Sr} \cdot K_{S\phi k} \quad (4)$$

$$S_O = 0,26 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,23 \text{ мм/об.}$$

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

По карте 32 [1] определяем табличные значения составляющих сил резания:  $P_{ХТ} = 1050 \text{ Н}$ ,  $P_{УТ} = 280 \text{ Н}$ .

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

- механических свойств обрабатываемого материала –  $K_{PMX} = K_{PMY} = 0,9$ ;
- главного угла в плане –  $K_{P\phi X} = K_{P\phi Y} = 0,7$ ;
- главного переднего угла –  $K_{P\gamma X} = K_{P\gamma Y} = 0,9$ ;
- угла наклона режущей кромки –  $K_{P\lambda X} = K_{P\lambda Y} = 1$ .

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Окончательно составляющие силы резания определяем по формулам:

$$P_X = P_{XT} \cdot K_{P_{MX}} \cdot K_{P_{\phi X}} \cdot K_{P_{\gamma X}} \cdot K_{P_{\lambda X}} = 1050 \cdot 0,9 \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot 1 = 595,4 \text{ Н};$$

$$P_Y = P_{YT} \cdot K_{P_{MY}} \cdot K_{P_{\phi Y}} \cdot K_{P_{\gamma Y}} \cdot K_{P_{\lambda Y}} = 280 \cdot 0,9 \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot 1 = 158,8 \text{ Н}.$$

Скорость резания для получистовой стадии обработки определяем по карте 21 [1]: при  $t = 1,5$  мм;  $S_0 = 0,61$  мм/об;  $V_T = 172$  м/мин. По карте 21 [1] определяем поправочный коэффициент на скорость резания для получистовой стадии обработки в зависимости от инструментального материала:  $K_{Vи} = 1$ .

Для чистовой:  $V_T = 295$  м/мин. [1, карта 22].

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

- группы обрабатываемого материала –  $K_{Vc} = 0,9$ ;
- вида обработки –  $K_{Vo} = 1$ ;
- жесткости станка –  $K_{Vj} = 1$ ;
- механических свойств обрабатываемого материала –  $K_{VM} = 1,3$ ;
- геометрических параметров резца –  $K_{V\phi} = 1$ ;
- периода стойкости режущей части –  $K_{VT} = 1$ ;
- наличия охлаждения –  $K_{Vж} = 1$ .

Окончательно произведение коэффициентов равно:

$$K_V = K_{Vи} \cdot K_{Vc} \cdot K_{Vo} \cdot K_{Vj} \cdot K_{VM} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{VT} \cdot K_{Vж} \quad (5)$$

Для получистовой стадии обработки:

$$K_V = 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,17;$$

для чистовой стадии:

$$K_V = 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,17.$$

Окончательно скорость резания на получистовой стадии:

$$V = V_T \cdot K_V;$$

$$V = 172 \cdot 1,17 = 201,2 \text{ м/мин}.$$

На чистовой стадии:

$$V = 295 \cdot 1,17 = 345,15 \text{ м/мин}.$$

					ИОУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}; \quad (6)$$

где :

D – диаметр детали, мм.

V – скорость резания, м/мин.

Для получистовой стадии частота вращения:

$$n = \frac{1000 \cdot 201,2}{3,14 \cdot 140} = 558 \text{ м/мин};$$

для чистовой стадии:

$$n = \frac{1000 \cdot 345,15}{3,14 \cdot 140} = 785 \text{ м/мин.}$$

Примем фактическую частоту вращения заготовки с учетом данных станка  $n_{\phi}=550$  м/мин для получистовой и  $n_{\phi}=760$  м/мин для чистовой обработки. Фактическую скорость резания рассчитываем по формуле:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000}; \quad (7)$$

для получистовой стадии:

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 140 \cdot 550}{1000} = 241,8 \text{ м/мин};$$

для чистового перехода:

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 140 \cdot 760}{1000} = 334,1 \text{ м/мин.}$$

Минутную подачу рассчитываем по формуле:

$$S_M = n_{\phi} \cdot S_o; \quad (8)$$

для получистового перехода:

$$S_M = 550 \cdot 0,51 = 280,5 \text{ мм/мин};$$

для чистового перехода:

$$S_M = 760 \cdot 0,2 = 152 \text{ мм/мин.}$$

Режимы резания для обработки остальных поверхностей представлены в таблице 7.

					ИОУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Таблица 7 – Режимы резания

№оп.	Пов-ть	Стадия обработки	Табл. подача $S_{от}$ , мм/об	Прин. подача $S_0$ , мм/об	Табл. скорость $V_T$ , м/мин	Факт. скорость $V_f$ , м/мин	Факт. обор.шп. $n_f$ , об/мин	Мин. Подача $S_m$ , мм/мин
005	8	II– подрез торца	0,61	0,51	172	241,8	550	280,5
	6	II– расстач. Ø27H14	0,42	0,37	200	233	520	192,4
	9	III- канавка	0,21	0,22	118	138,1	432	95,1
	11	II – фрезер.	0,22	0,18	193	225,8	610	109,8
	1	II– подрез торца	0,61	0,51	172	201,24	550	280,5
	13	II–сверлен. Ø9H14	0,13	0,15	35	39	1073	160,9
		II – нарез. резьбы	1	1	18	18	370	370
		III –зенков.	0,07	0,06	14,7	26,5	603	36,18
	2	III–расстач. Ø80H9	0,26	0,23	210	245.7	760	152
	3	II– расстач. Ø79H14	0,54	0,56	121	142	560	313,6
	4	III–расстач. Ø56H9	0,15	0,13	210	248	950	123,5
	5	II– расстач. Ø30H14	0,61	0,64	126	147,4	540	345,6
	10	II–сверлен. Ø14,5H14	0,19	0,18	33	35	605	108,9
		II – нарез. резьбы	1,5	1,5	21	21	461	691
		III –зенков.	0,07	0,06	14,7	26,5	603	36,18
	12	II–сверлен. Ø20H14	0,23	0,25	33	35	596	149
		II–сверлен. Ø40H14	0,41	0,43	17,4	18	640	275,2
		III –зенков.	0,07	0,06	14,7	26,5	603	36,18
	14	II–сверлен. Ø20H14	0,23	0,25	33	35	596	149
		II–сверлен. Ø22,5H14	0,27	0,29	35	39	620	179,8
II – нарез. резьбы		1,5	1,5	17	17	425	637,5	
III –зенков.		0,07	0,06	14,7	26,5	603	36,18	
16	II–сверлен. Ø20H14	0,23	0,25	33	35	596	149	

		II–сверлен. Ø31H14	0,35	0,37	21	23	780	286,6
		II – нарез. резьбы	2,0	2,0	15	15	391	782
		III –зенков.	0,07	0,06	14,7	26,5	603	36,18
	17	II–сверлен. Ø20H14	0,23	0,25	33	35	596	149
		II–сверлен. Ø37H14	0,39	0,41	19,4	21	810	332,1
		II – нарез. резьбы	2,0	2,0	13	13	372	744
		III –зенков.	0,07	0,06	14,7	26,5	603	36,18
18	III – фрезер	0,10	0,07	170	167,8	2643	185,01	
15	II – фрезер.	0,18	0,16	135	132,8	2405	384,8	
010	7	IV– шлиф. Ø56H9	0,091	0,097	35	35	190	18,43

Норма штучного времени определяется по формуле:

$$T_{шт} = (T_{ц.а.} + T_{в.}) \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{тех} + \alpha_{орг} + \alpha_{отл}}{100}\right), \quad (9)$$

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:

$$T_{ц.а.} = T_o + T_{м.в.}, \quad (10)$$

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

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

Основное время определяется:

$$T_o = \sum_1^i \frac{L_i}{S_{mi}}, \quad (11)$$

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 8.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Таблица 8 – Основное время

№ оп.	005							
№ пов.	8	6	9	11	1	13	2	3
То, мин	0,249	0,08	0,42	3,46	0,249	0,86	0,07	0,16
№ оп.	005							
№ пов.	4	5	10	12	14	16	17	18
То, мин	0,21	0,01	0,27	0,38	0,45	0,39	0,37	0,31
№ оп.	005							
№ пов.	15	Σ						
То, мин	0,13	8,068						
№ оп.	010							
№ пов.	4							
То, мин	1,36							

В машинно-вспомогательном времени учитывается время на смену режущего инструмента, технические перерывы. По характеристикам станка, время на смену инструмента 8 секунды. Поэтому примем для 005 операции  $T_{MB} = 2,8$  мин.

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

$$T_B = T_{B.Y} + T_{B.OP} + T_{B.IZM}, \quad (12)$$

где  $T_{B.Y}$  – вспомогательное время на установку и снятие детали;

$T_{B.OP}$  – вспомогательное время, связанное с операцией;

$T_{B.IZM}$  – время, связанное с измерением.

Вспомогательное время на установку и снятие детали:  $T_{B.Y} = 0,85$  мин [2, карта 12].

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



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].

$$T_{в.оп} = 0,32 + 0,15 + 0,03 = 0,5 \text{ мин.}$$

Суммарное вспомогательное время составит:

$$\text{для 005 операции } T_{в} = 0,85 + 0,5 + 2,98 = 4,33 \text{ мин;}$$

$$\text{для 010 операции } T_{в} = 0,85 + 0,5 + 0 = 1,35 \text{ мин;}$$

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

$$\text{Для 005 операции } \alpha_{тех} + \alpha_{орг} + \alpha_{отл} = 14\%,$$

$$\text{для 010 операции } \alpha_{тех} + \alpha_{орг} + \alpha_{отл} = 8\%.$$

Штучное время на 005 операцию:

$$T_{шт1} = (8,068 + 4,33) \cdot (1 + 0,08) = 13,39 \text{ мин;}$$

на 010 операцию:

$$T_{шт2} = (1,36 + 1,35) \cdot (1 + 0,08) = 2,93 \text{ мин.}$$

Норма штучного времени на изготовление детали:

$$T_{шт} = 13,39 + 2,93 = 16,32 \text{ мин.}$$

### 2.3 Сравнение 2-х вариантов технологического процесса

В результате сравнения двух технологических проектов, выбор делаем в пользу второго, так как:

- КИМ у заготовки стал в два раза выше чем в первом технологическом процессе, за счет того, что мы отказались от круглого проката, и выбрали литье по газифицированным моделям;

					ИОУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

- Время изготовления детали сократилось, за счет того, что деталь обрабатывается за два установка, и мы избежали большого количества переустановок, как это было в первом технологическом процессе.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

### 3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

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

Токарные патроны предназначены для установки на токарные специальные и универсальные станки. Конструкция подобного патрона обеспечивает передачу большего усилия зажима при намного меньшем крутящем моменте на зажимных ключах по сравнению с патронами спиральными. Все отечественные и зарубежные производители изготавливают патроны для токарных станков на базе закаленного корпуса из стали, они включают в себя комплект закаленных кулачков.

Патроны, которые имеют три радиальные пазы, имеют такую характерную особенность – центрирование, которое происходит одновременно с закреплением заготовки. Кулачки двигаются по спирали синхронно под действием усилия, которое прилагается в одной точке при помощи торцевого рычага или ключа, зависимо от механизма передачи, который используется в конструкции патрона.

На токарных станках применяются двухкулачковые патроны, трехкулачковые патроны и четырехкулачковые патроны.

В двухкулачковых самоцентрирующихся патронах закрепляют разнообразные фасонные отливки и поковки, причем часто делают специальные кулачки, предназначенные для закрепления только одной детали.

В трехкулачковых самоцентрирующихся патронах закрепляют детали круглой и шестигранной формы или круглые прутки больших диаметров.

В четырехкулачковых самоцентрирующихся патронах зажимаются прутки квадратного сечения, а в простых патронах с индивидуальной регулировкой кулачков — детали прямоугольного профиля и несимметричной формы.

					ИОУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Для закрепления детали выбираем трехкулачковый самоцентрирующийся пневматический патрон с клиновым механизмом (рисунок 27) и четырехкулачковый самоцентрирующийся патрон (рисунок 28).



Рисунок 27 – Трехкулачковый патрон



Рисунок 28 – Четырехкулачковый патрон

Такие патроны имеют следующие плюсы:

- компактность и жесткость;
- износоустойчивость;
- быстрота переналадки.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Для закрепления режущего инструмента выбираем оснастку фирмы EWS и ISCAR по каталогам, относительно выбранного режущего инструмента.

1) Для закрепления резца ISCAR S20S-SCLCR-09, выбираем державку HSK63AT25, изображенной, с размерами, на рисунке 29.

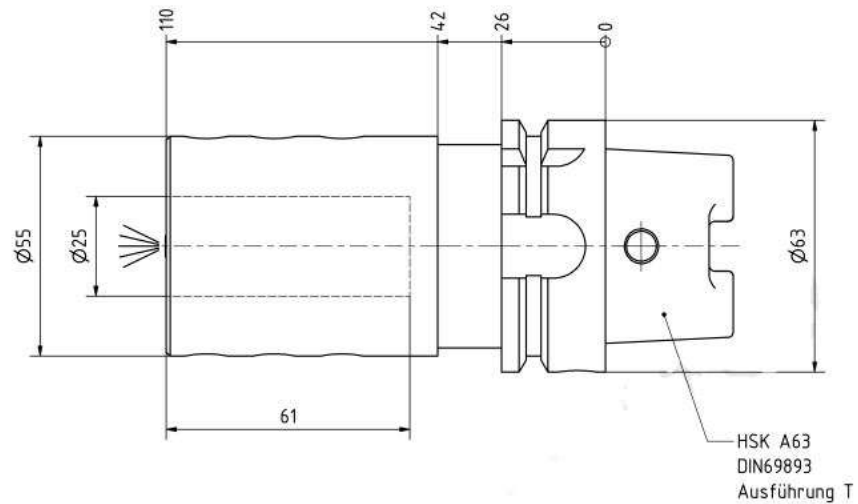


Рисунок 29 – Державка HSK63AT25

2) Для закрепления резца ISCAR PCLNL-2525-M12, выбираем державку HSK63AT25X8, изображенной, с размерами, на рисунке 30.

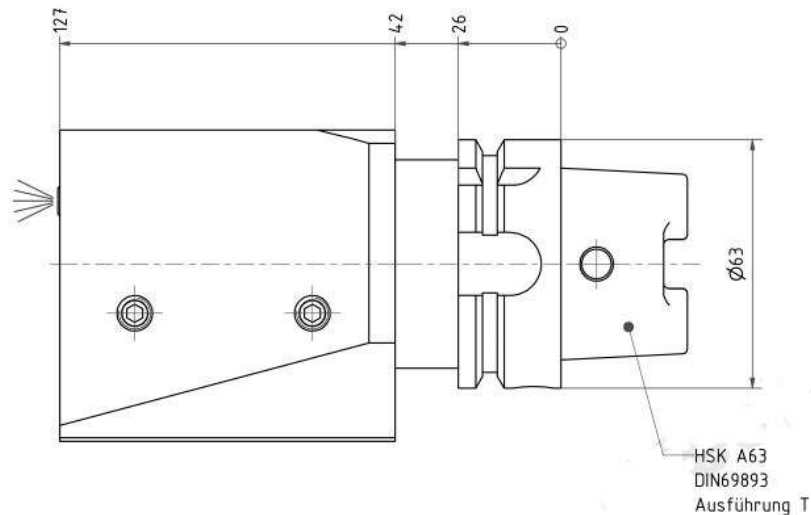


Рисунок 30 – Державка HSK63AT25X8

3) Для закрепления MVVNN 2525-M16 резца, выбираем державку HSK63AT2, изображенной, с размерами, на рисунке 31.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

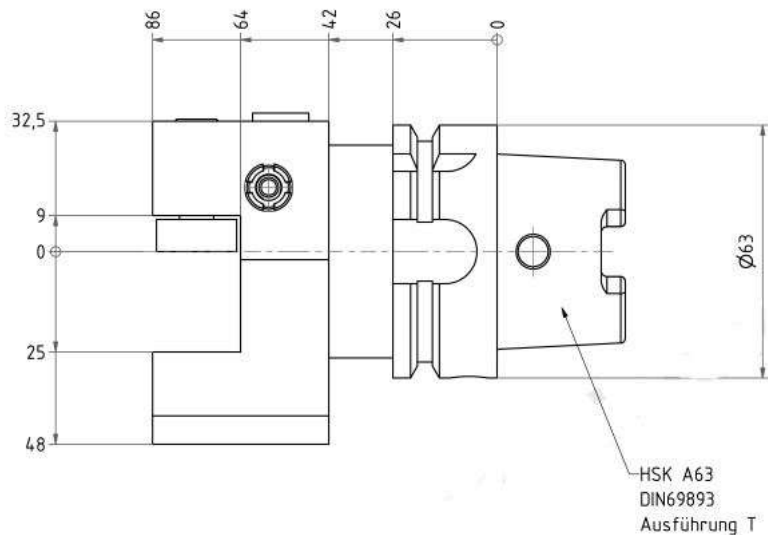


Рисунок 31 – Державка HSK63AT2

4) Для закрепления фрезы FUDS-100N32-R8SD13 ,выбираем патрон для насадных фрез HSK A100 SEM32X50 изображенный на рисунке 32. Размеры патрона (DCONMS=100; DCONWS=32; BD=66; LF=50; LSCWS=24; LB=21).

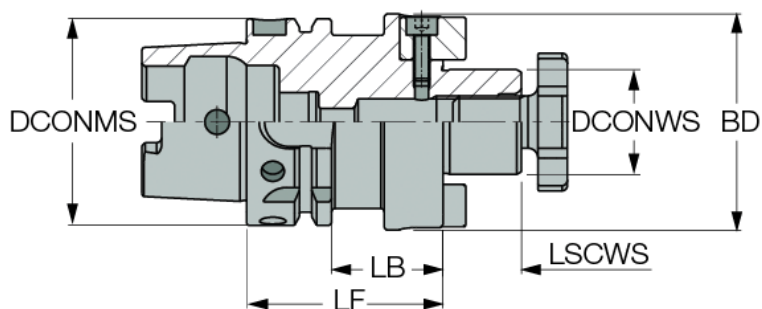


Рисунок 32 – Патрон HSK A100 SEM32X50

5) Для закрепления сверл, метчиков, зенковок, используем цанговые патроны HSK AE-R изображенные на рисунке 33,34.

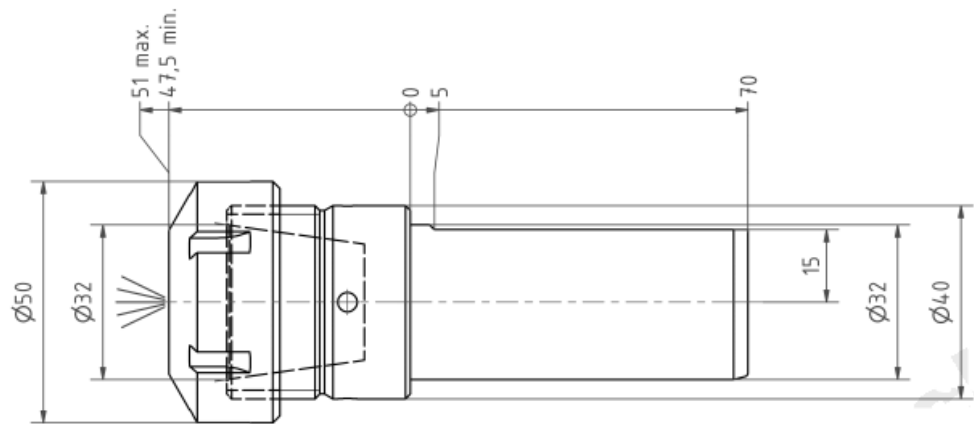


Рисунок 33 – Цанговый патрон HSK AE-R 32

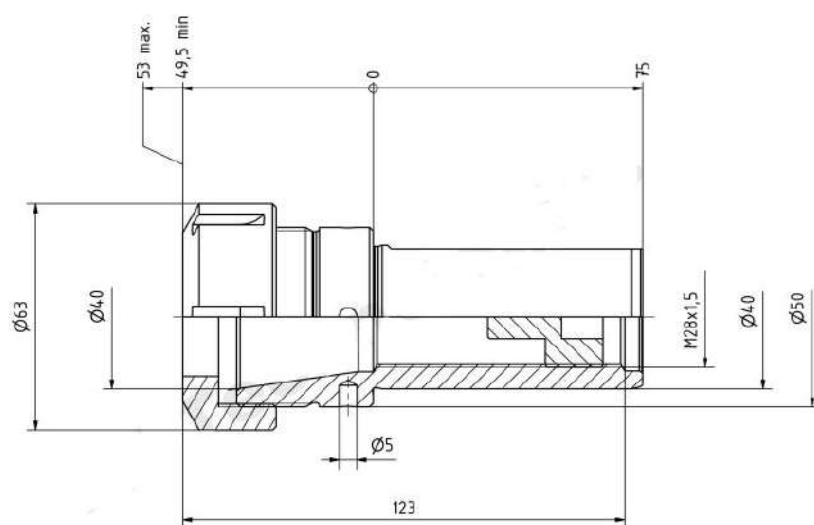


Рисунок 34 – Цанговый патрон HSK AE-R 40

Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата

### 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 грузоподъемности

Для выбора типа ПР по грузоподъемности найдем массу заготовки:

$$m = \frac{G}{10}, \text{ кг}; \quad (13)$$

$$G = V \cdot \rho \cdot g, \quad (14)$$

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

$\rho$  – плотность заготовки (сталь),  $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$ ;

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

Заготовка имеет округлую форму и ступенчатые отверстия (см. рисунок), поэтому объём заготовки найдем по формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot (D_1^2 \cdot l_1 - (d_1^2 \cdot l_1 + d_2^2 \cdot l_2 + d_3^2 \cdot l_3))}{4}, \quad (15)$$

где  $D_i$ , – диаметры ступеней заготовки, м;

$d$  – диаметр отверстия, м;

$l_i$  – длина ступеней и отверстия заготовки, м;

$$V = \frac{3,14 \cdot (144^2 \cdot 92 - 80^2 \cdot 38 + 56^2 \cdot 45 + 30^2 \cdot 12)}{4},$$

$$V = 1105342,8 \text{ мм}^3 = 0,001105 \text{ м}^3;$$

$$G = 0,001105 \cdot 7800 \cdot 9,8 = 84,5 \text{ Н}.$$

Следовательно,

$$m = \frac{84,5}{10} = 8,45 \text{ кг}.$$

Принимаем промышленный робот Fanuc M-710ic/12L (рисунок 35) с пневмоприводом и грузоподъемностью до 12 кг. Основные характеристики робота приведен в таблице 9.

					ИОУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		





Рисунок 35 – Промышленный робот FanucM-710ic/12L.

Таблица 9 – Технические характеристики робота

Специализация робота	Универсальный
Тип запястья	Классический
Число степеней свободы	6 осей
Максимальная досягаемость	3123 мм
Грузоподъемность	12 кг
Точность (повторяемость)	$\pm 0,09$ мм
Вес манипулятора	535 кг
Привод	пневматический

## 2) Выбор схемы схвата

Для выбранного робота подберем типовую схему схвата, по которой ведется расчет сил и размеров привода (рисунок 36). Принцип работы схвата основан на элементарных правилах геометрии и физики. Пневмоцилиндр создает давление на шток, который в свою очередь приводит в движение реечную передачу, тем самым сжимая и разжимая губки схвата посредством сегмента.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

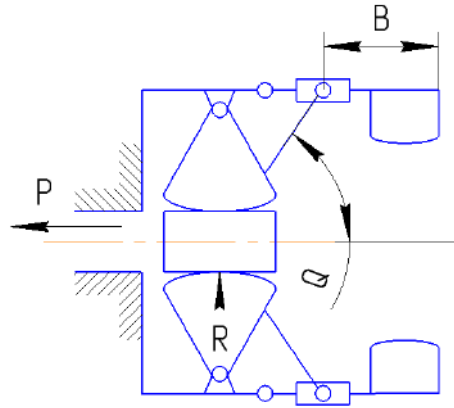


Рисунок 36 – Типовая схема схвата

Достоинства:

- Губки можно легко получить отливкой;
- Простота установки реечной передачи, не требует большой точности установки; высокая скорость передачи (до 10 м/с и выше), длина хода практически не ограничена;
- Пневматические приводы в виде поршневых цилиндров широко используются в конструкциях наиболее простых манипуляторов небольшой грузоподъемности, он значительно дешевле гидравлического привода, надежнее, проще в изготовлении и эксплуатации.

Недостатки:

- Происходит износ в местах контакта зубчатой передачи;
- Повышенный шум работы схвата, из-за реечной передачи.

### 3) Определение удерживающей силы

Усилие привода для данной схемы схвата будет находится по формуле:

$$P = \frac{2 \cdot B \cdot F \cdot \operatorname{tg} Q}{R}, \quad (16)$$

где:

- B - назначим конструктивно: B=45 мм
- Q = 30°

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

- R - радиус сегмента, будет находится по формуле:

$$R = \frac{mz}{2}, \quad (17)$$

где:

- $m = 5$  – модуль
- $z = 7$  – количество зубьев

$$R = \frac{5 \cdot 7}{2} = 17,5 \text{ мм}$$

Определение необходимого усилия захвата детали роботом. Порядок определения зависит от характера движения детали, поэтому следует рассмотреть его для следующих основных видов перемещения.

При вертикальном линейном перемещении:

$$P_1 = \frac{kG}{f} \left(1 + \frac{a_B}{g}\right), \quad (18)$$

- k - Коэффициент запаса,  $k = 1.5$ ;
- G - Вес детали, кг;
- f - Коэффициент трения губок,  $f = 0,2$  (губки не рифлёные сталь по чугуно);
- $a_B$  - ускорение вертикального движения,  $\text{м/с}^2$ ;
- g - Ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

$$a_B = \frac{V_{\max}^B}{\Delta t}, \quad (19)$$

- $V_{\max}^B$  - скорость подъема максимальная,

$$V_{\max}^B = 0,6 \text{ м/с (6, с.33)}$$

- $\Delta t$  - время разгона,  $\Delta t = 0,2 \text{ с}$

$$a_B = \frac{0,6}{0,2} = 3 \text{ м/с}^2$$

$$F_1 = \frac{2 \cdot 82}{0,2} \left(1 + \frac{3}{9,81}\right) = 2194,1 \text{ Н.}$$

При горизонтальном линейном перемещении

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

$$P_1 = G\left(\frac{k}{f} + \frac{a_r}{g} \operatorname{tg}\alpha\right), \quad (20)$$

- $a_r$  - ускорение горизонтального перемещения
- $\alpha$  – угол центрирующих губок,  $\alpha = 0$

$V_{\max}^r$  - скорость подъема максимальная,

$$V_{\max}^r = 0,8 \text{ м/с (6, с.33)}$$

$$a_r = \frac{0,8}{0,2} = 4 \text{ м/с}^2$$

$$F_1 = 6,46 \left( \frac{2}{0,1} + \frac{4}{9,81} \right) = 134,8 \text{ Н,}$$

При вращении схвата в горизонтальной плоскости

$$P_1 = G\left(\frac{k}{f} + \frac{\omega^2}{g} R * \operatorname{tg}\alpha + \frac{\varepsilon}{g} R\right), \quad (21)$$

$R$  - длина вылета руки ПР,  $R = 0,8 \text{ м}$

$\omega$  - угловая скорость вращения ЗУ,  $\omega = 1,57 \text{ с}^{-1}$  (6, с.33)

$\varepsilon$  - угловое ускорение поворота ЗУ,  $\text{с}^{-2}$

$$\varepsilon = \frac{\omega}{\Delta t} = \frac{1,57}{0,2} = 7,85 \text{ с}^{-2}$$

$$F_1 = 6,46 \left( \frac{2}{0,1} + \frac{1,57^2}{9,81} \cdot 0,8 + \frac{7,85}{9,81} \cdot 0,81 \right) = 135,6 \text{ Н.}$$

При торможении всех трех движений:

$$P_T = G\left[\frac{k}{f} \left(1 + \frac{a_B}{g}\right) + \frac{1}{g} (a_r * \operatorname{tg}\alpha + \omega^2 * R * \operatorname{tg}\alpha + \varepsilon * R)\right], \quad (22)$$

$$F_T = 6,46 \left[ \frac{2}{0,1} \left(1 + \frac{3}{9,81}\right) + \frac{1}{9,81} (4 \cdot \operatorname{tg}45 + 1,57^2 \cdot 0,8 \cdot \operatorname{tg}45 + 7,85 \cdot 0,8) \right] \\ = 128,1 \text{ Н.}$$

Выбираем максимальное усилие зажима  $P_1 = 8751 \text{ Н}$  и произведём перерасчёт требуемой силы в штоке.

$$P = \frac{2 * B * F * \cos Q}{R} = \frac{2 * 45 * 135,6 * \cos 30}{17,5} = 598,3 \text{ Н}$$

Дальнейший расчёт будем вести относительно этой силы.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						52
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

4) Расчет сил, действующих на основные элементы конструкции схвата

Расчет сил, действующих в местах контакта.

Силы F равны.

$$F = R_n \cdot \frac{\sin \varphi_{1,2} - \mu \cdot \cos \varphi_{1,2}}{\sin(\varphi_1 + \varphi_2) - 2 \cdot \mu \cdot \cos(\varphi_1 + \varphi_2)}, \quad (23)$$

$N_{1,2}$  - усилия контакта между деталью и губкой, Н

$R_n$  - реакция на губку захвата, Н

$\mu$  - коэффициент трения,  $\mu=0,2$

$\varphi_{1,2}$  - угол контакта,  $\varphi_{1,2}=90^\circ$

$$N_{1,2} = 598,3 \cdot \frac{\sin 90 - 0,15 \cos 90}{\sin 180 - 2 \cdot 0,2 \cos 180} = 1124,2 \text{ Н.}$$

5) Определение тягового усилия пневмоцилиндра

Определение тягового усилия пневмоцилиндра Р определено формулами ранее. Пользуясь значением этой силы, по ГОСТ 15608-81 выберем необходимые размеры и давление в пневмоцилиндре.

Силе Р в 598,3 Н соответствует пневмоцилиндр диаметром 50 и диаметром штока 18. При давлении в 0,4МПа. Такой цилиндр выдаёт силу 660 Н на штоке которая с запасом окупает наши требования.

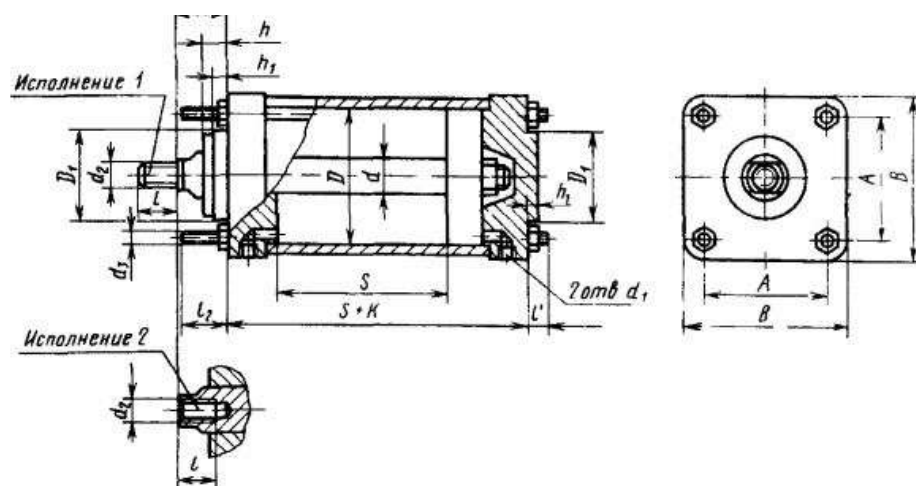


Рисунок 37 – Цилиндр без торможения с креплением на удлиненных стяжках

									Лист
									53
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР				

Размеры в мм:

$D=50$ ,  $d=18$ ,  $D1=52$ ,  $d1=M12$ ,  $d2=M12$ ,  $d3=M8$ ,  $A=52$ ,  $B=70$ ,  $l=24$ (при внутренней резьбе),  $h=12$ ,  $h1=4$ ,  $K=106$ , ход поршня 10-500.

### б) Выбор фланца

В сборочном чертеже захватного устройства необходимо показать крепление его к руке робота. Это отверстия во фланце и т. п. элементы, определяемы моделью выбранного ПР. В производственных условиях применяются две схемы крепления ЗУ к промышленному роботу в соответствии с их конструктивным исполнением (сменные или быстросменные).

Места их крепления определены РТМ 2 Р00–1–78. В качестве конструктивного исполнения мест крепления сменных ЗУ предложено фланцевое крепление, причем на руке ПР выполняется фланец с центрирующим отверстием по оси и резьбовыми крепежными отверстиями по периферии.

Выбранный робот соответствует стандарту ИСО 9283.

Этому стандарту соответствует ГОСТ 26063-84. По нему выберем подходящие для крепления пневмоцилиндра присоединительные размеры фланца(рисунок 38).

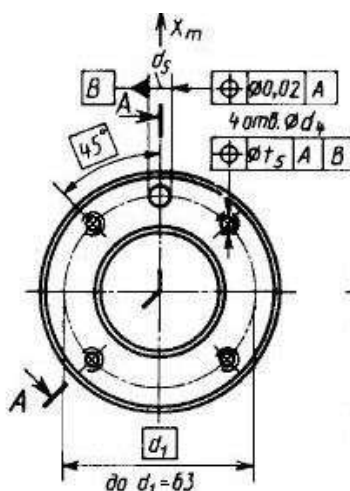


Рисунок 38 – Размеры фланца.

									Лист
									54
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР				

### 3.3 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента

Для механической обработки детали выберем режущий инструмент фирмы ISCAR. Для удобства выбора режущих инструментов воспользуемся обозначенными поверхностями на рисунке 26.

1) Выбор токарного резца для обработки поверхности 1 и 8, проводим по следующей методике:

- Вид обрабатываемой поверхности – цилиндрическая, требования по шероховатости – Ra 6.3.
- Тип выполняемой операции – подрезание торца.
- Производится черновая обработка.
- Группа резания углеродистая и легированная сталь (P).
- Система крепления пластины P – для прерывистого резания при черновой обработке.
- Типоразмер державки R.
- Выбор геометрии пластины и марки материала режущих пластин:
  - Выбор заднего угла СМП:  $\alpha=0$ .
  - Форма передней поверхности: геометрия М (получистовой стружколом), где  $t=1,5-5$  мм,  $S_o=0,2-0,3$ .
  - Марка сплава СМП TR0501, так как он наиболее универсален и подходит для большинства операций.
  - Для чернового точения выбираем пластину с радиусом при вершине 0,8.

По этой методике выбираем резец с СМП марки ISCAR PCLNL-2525-M12 изображенная на рисунке 39. И пластину CNMG-120408 из материала IC9025 изображенная на рисунке 40.

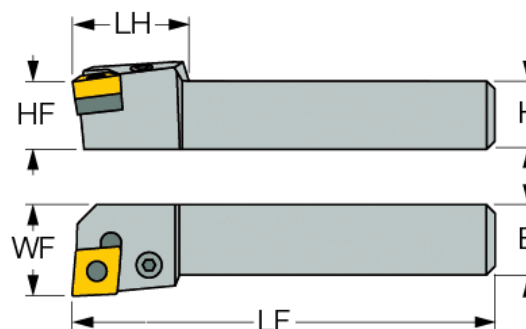


Рисунок 39 – Резец ISCAR PCLNL 2525 M12 (H=25мм; B=25мм; HF=25мм; LH=27.8мм; WF=32мм; LF=150мм)

						Лист
					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	55
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

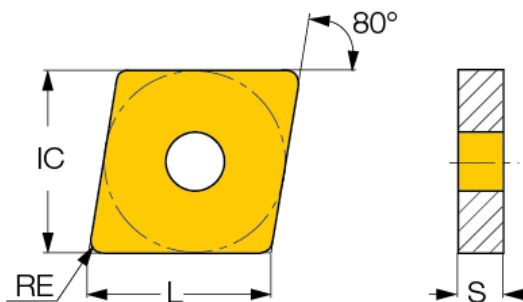


Рисунок 40 – Пластина ISCAR CNMG 120408 (L=12.96мм; S=4.76мм;  
IC=12.7мм; RE=0.8мм)

Расшифровка державки:

- P – система крепления (прижим рычагом за отверстие);
- C – форма пластины (ромб);
- L – главный угол в плане ( $95^\circ$ );
- N – задний угол пластины ( $0^\circ$ );
- L – направление резанья;
- 25 – высота державки;
- 25 – ширина державки;
- M – длина державки;
- 12 – длина режущей кромки.

Расшифровка пластины:

- C – форма пластины (ромб);
- N – задний угол ( $0^\circ$ );
- M – класс допуска:
  - d= от  $\pm 0,05$  до  $\pm 0,15$
  - m= от  $\pm 0,08$  до  $\pm 0,2$
  - s=  $\pm 0,13$
- G – конструктивные особенности (с отверстием, форма отверстия – цилиндрическая, стружколом – двусторонний);
- 12 – значение размера пластины (12.7);
- 04 – значение толщины пластины (4,76);
- 08 – обозначение углового радиуса пластины (0,8);

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		



Для полукриволинейной и чистовой обработки поверхностей 2,3,4,5,6,7 используем расточной резец фирмы ISCAR S20S-SCLCR-09 изображенный на рисунке 41. Для черновой используем пластину этой же фирмы CCMT-09T308 из материала IC20N, изображенной на рисунке 42. Для чистовой используем пластину этой же фирмы CCMT-09T304 из материала IC907, изображенной на рисунке 43.

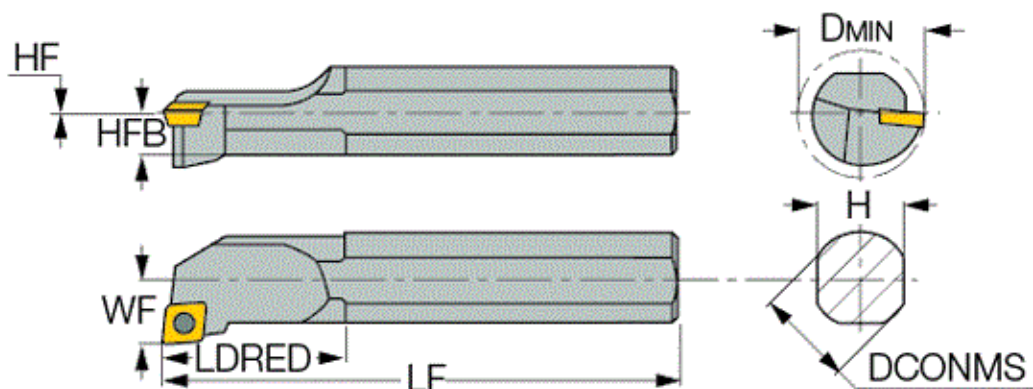


Рисунок 41 – Резец ISCAR S20S-SCLCR -09 (H=18мм; LF=200мм; HFB=9мм; WF=13мм; LDRED=50мм; DMIN=25мм; DCONMS=20мм)

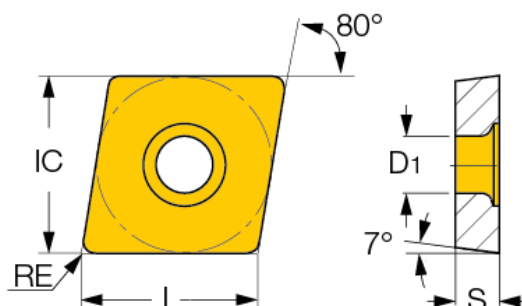


Рисунок 42 – Пластина ISCAR CCMT-09T308 (L=9.7мм; S=3.97мм; IC=9.52мм; D1=4.40; RE=0.8мм)

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

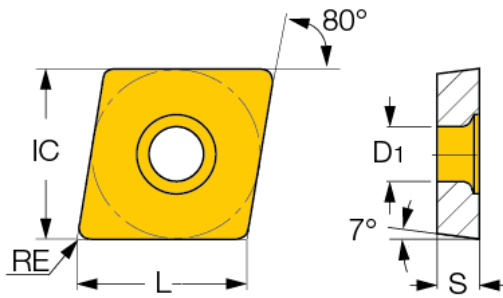


Рисунок 43 – Пластина ISCAR CCMT-09T304 ( $L=9.7\text{мм}$ ;  $S=3.97\text{мм}$ ;  
 $IC=9.52\text{мм}$ ;  $D1=4.40$ ;  $RE=0.4\text{мм}$ )

Для обработки поверхности 9 используем канавочный резец фирмы ISCAR HFHL 25-75-3T25 (рисунок 44) и пластину этой же фирмы HFPL 3003 (рисунок 45) из материала IC 808, а для растачивания канавки принимаем канавочный резец ISCAR MVVNN 2525-M16 изображенный на рисунке 46. И пластину этой же фирмы VNMG-160408 из материала IC507, изображенной на рисунке 47.

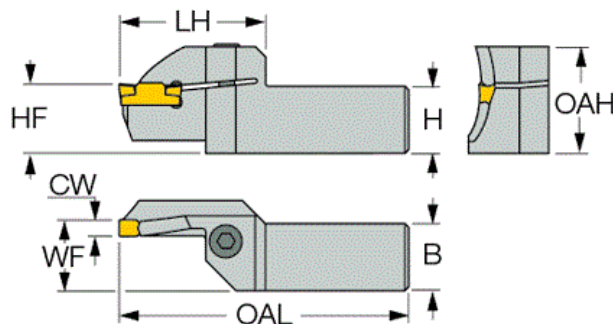


Рисунок 44 – Резец ISCAR HFHL 25-75-3T25 ( $h=25\text{мм}$ ,  $b=25\text{мм}$ ,  $l_1=150\text{мм}$ ,  
 $l_2=43\text{мм}$ ,  $f=25,5\text{мм}$ ,  $W=3\text{мм}$ ,  $T_{\text{max}}=25\text{мм}$ ,  $D_1=75\dots 100\text{мм}$ ,  $H_2=36\text{мм}$ )

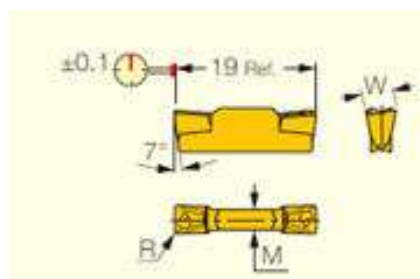


Рисунок 45 – Пластина ISCAR HFPL 3003 ( $W=3\text{мм}$ ,  $R=0,3\text{мм}$ ,  $M=2,1\text{мм}$ )

						Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	

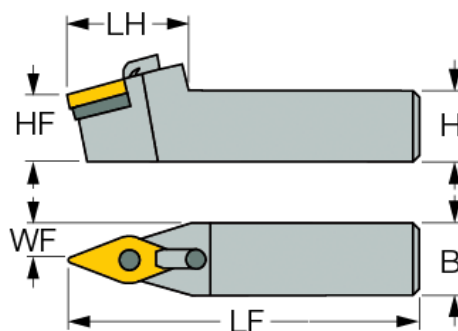


Рисунок 46 – Резец ISCAR MVVNN 2525-M16 (H=25мм; B=25мм;  
LF=150мм; LH=48мм; WF=12.5мм; HF=25мм)

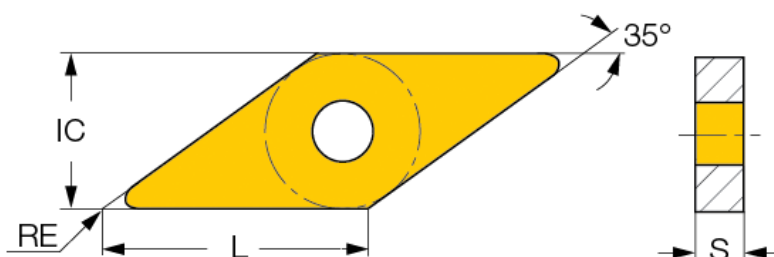


Рисунок 47 – Пластина ISCAR VNMG-160408 (L=16.6мм; S=4.76мм;  
IC=9.52мм; RE=0.8мм)

## 2) Выбор фрезерного инструмента.

Выбор фрезерного инструмента для обработки поверхностей 11 проводим по следующей методике:

- Вид обрабатываемой поверхности – цилиндрическая, требования по шероховатости – Ra 6.3.
- Черновая обработка, нормальные условия.
- Группа резания углеродистая и легированная сталь (P).
- Торцевая фреза.
- $\varphi=45$ , операции общего назначения, большие вылеты инструмента для уменьшения вибраций, уменьшение толщины стружки, при котором происходит повышение производительности.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

- $D=(1,25 \dots 1,5)B=100$  мм.
- Нормальный шаг фрезы (M) – для большинства операций.
- Универсальная геометрия M пригодна для обработки заготовок как с наличием корки, так и без нее.

По этой методике выбираем торцевую фрезу с СМП марки КЗТС FUDS-100N32-R8SD13, изображенную на рисунке 48. И пластину КЗТС SDHT 1305 из материала TP25AM, изображенную на рисунке 49.

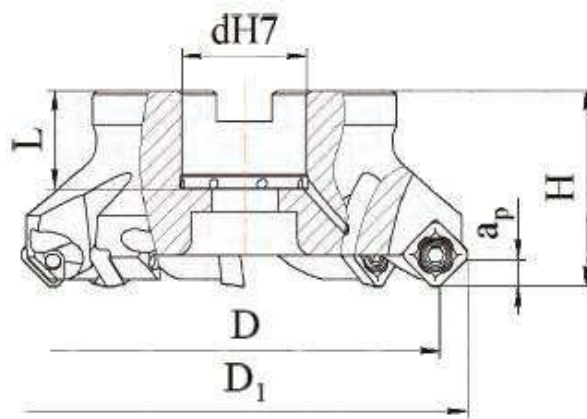


Рисунок 48 – Торцевая фреза КЗТС FUDS-100N32-R8SD13 ( $D=100$ мм;  $D1=114.5$ мм;  $d=32$ мм;  $L=25$ мм;  $H=50$ мм;  $a_p = 68$ мм;)

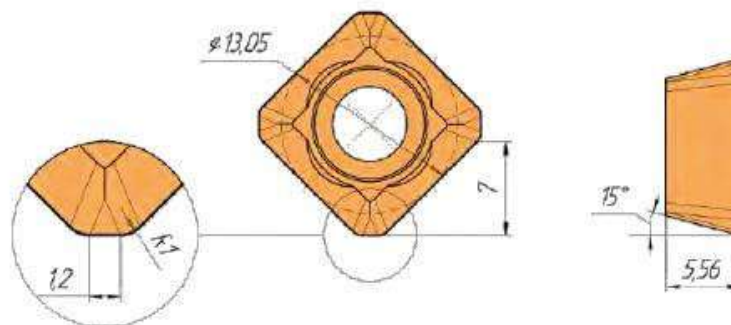


Рисунок 49 – Пластина КЗТС SDHT 1305.

Расшифровка фрезы:

- F – фрезерование плоскостей и уступов.
- U – универсальная.
- D – угол в плане  $45^\circ$ .

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

- S – стандартная (фреза общего применения).
- 100 – диаметр фрезы.
- N – насадная.
- 32 – диаметр посадки.
- R – направление в обработке.
- 8 – количество зубьев.
- SD13 – пластина.

Расшифровка пластины:

- S – форма пластины.
- D – задний угол  $15^\circ$ .
- H – класс допуска
  - m  $\pm 0.013$
  - s  $\pm 0.025$
  - d  $\pm 0.013$
- T = форма передней поверхности.
- 13 – длина режущей кромки.
- 05 – толщина пластины.

Для фрезерования поверхностей 15 и 18 принимаем монолитную фрезу ISCAR 16-32C16CFR0.8T92 изображенную на рисунке 50.



Рисунок 50 – Монолитная фреза ISCAR 16-32C16CFR0.8T92 (DC=16мм; DCONMS=16мм; APMX=32мм; OAL=92мм; NOF=9мм; RE=0.8мм; RMPX=5.0мм)

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Для снятия фаски в отверстиях 10 используем зенковку ISCAR N290 ELN D16-04-C16-05 (рисунок 51), и сменную головку MM ECF45-160-6T10 (рисунок 52). Размеры державки:  $T_s=T10$ ,  $d=16$ ,  $d_1=15.2$ ,  $h_1=18$ ,  $H=20$ ,  $L=100$ , материал сталь. Размеры головки:  $D=16$ ,  $Z=6$ ,  $a=6.5$ ,  $d_{\min}=3$ ,  $T_s=T10$ ,  $L=20.5$  Материал головки IC 908. А для снятия фаски в отверстиях 12, 14, 16, 17 используем зенковку ISCAR ED60 D24-W24 (рисунок 53).

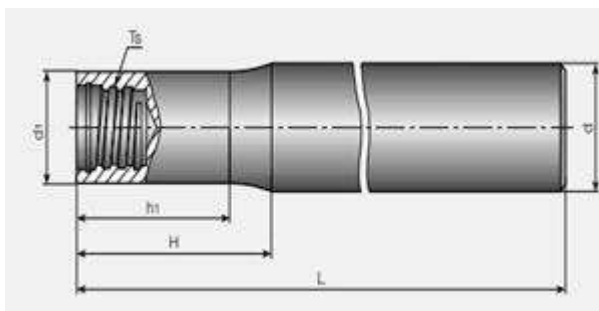


Рисунок 51 – Зенковка ISCAR N290 ELN D16-04-C16-05 ( $T_s=T10$ ,  $d=16$ мм,  $d_1=15.2$ мм,  $h_1=18$ мм,  $H=20$ мм,  $L=100$ мм)

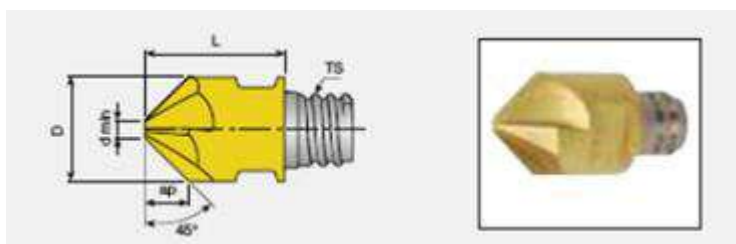


Рисунок 52 – Сменная головка MM ECF45-160-6T10 ( $D=16$ мм,  $Z=6$ ,  $a=6.5$ мм,  $d_{\min}=3$ мм,  $T_s=T10$ ,  $L=20.5$ мм)

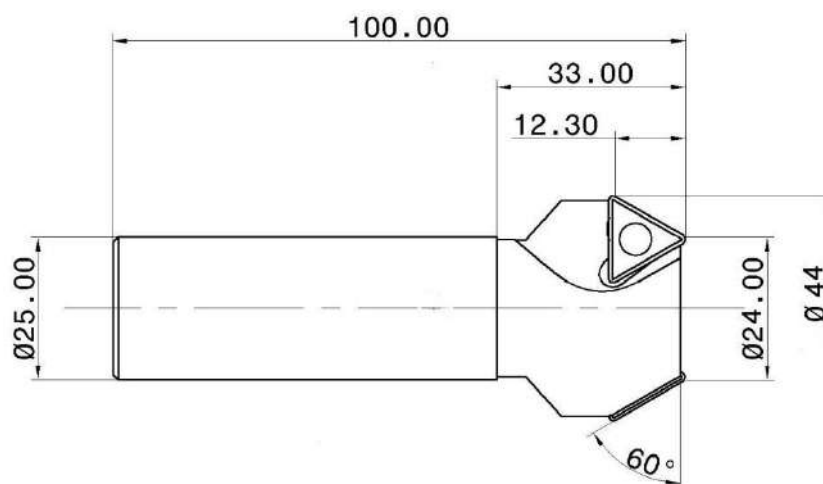


Рисунок 53 – Зенковка ISCAR ED60 D24-W24

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

### 3) Выбор режущего инструмента для обработки отверстий.

При сверлении поверхности 10, можно применить сверло ISCAR SCD 145-063-160 ACP5, материал IC908. Чертеж изображен на рисунке 54.

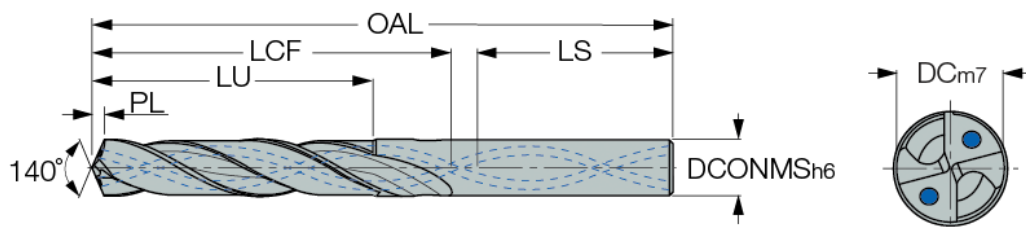


Рисунок 54 – Сверло ISCAR SCD 145-063-160 ACP5 (DC=14.5мм; DCONMS=16мм; PL=2.64мм; LU=63мм; LCF=83мм; LS=45мм; OAL=133мм;)

Расшифровка сверла:

- SCD – цельные твердосплавные сверла.
- 145 – режущий диаметр.
- 063 – эффективная глубина сверления.
- 160 – диаметр хвостовика.
- A – цилиндрический хвостовик.
- C – внутренняя подача СОС.
- P – для стали.

При сверлении поверхностей 12, 14, 16, 17, можно использовать сверло ISCAR DR020-065-16-8-2D-N. Чертеж изображен на рисунке 55.

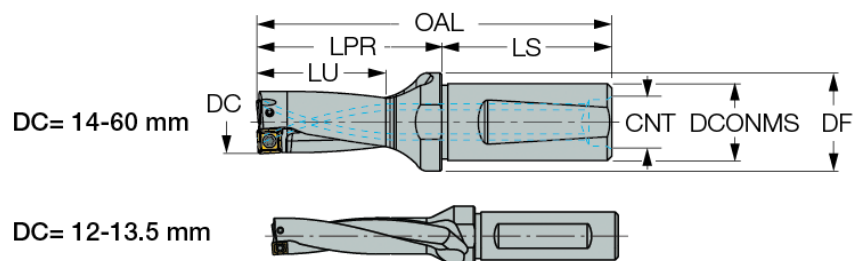


Рисунок 55 – Сверло ISCAR DR020-065-16-8-2D-N (DC=20мм; LU=65мм; LPR=85мм; LS=38мм; OAL=128мм; CNT=G1/2-1; DCONMS=25мм; DF=30мм;)

					ИОУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

При рассверливании поверхности 12, можно использовать это же сверло ISCAR DR040-080-40-12-2D-N, но с другими параметрами.

При сверлении поверхностей 13 примем сверло ISCAR SCD 090-045-100 AH5, материал IC908. Чертеж и таблица размеров изображены на рисунке 56.

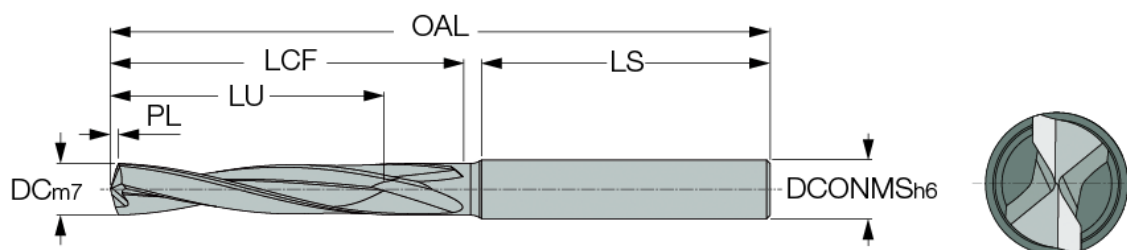


Рисунок 56 – Сверло ISCAR SCD 090-045-100 AH5 (DC=9мм; LU=45мм; LCF=63мм; DCONMS=10мм; LS=46мм; OAL=112мм; PL=1.64мм;)

Для нарезания резьбы на поверхностях 10,14,16,17 можно использовать метчики фирмы ISCAR. Чертеж изображен на рисунке 57. Для поверхности 13 используем метчик представленный в таблице 8, под номером 1, для поверхности 10 используем метчик под номером 2, для поверхности 14 используем метчик под номером 3, для поверхности 16 используем метчик под номером 4, а для поверхности 17 используем метчик под номером 5.

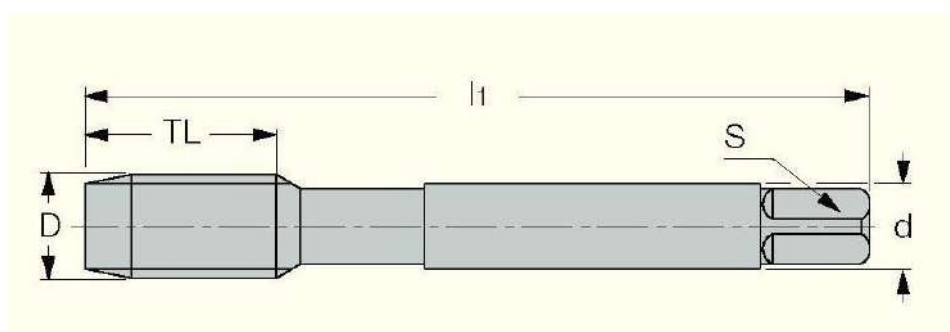


Рисунок 57 – Метчик ISCAR TPG MF.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						64
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		



Таблица 10. Обозначение метчиков.

№ метчика:	Обозначение метчиков
1	ISCAR TPG MF-10X1.0-M (D=M10; TL=18мм; l1=90мм; d=7мм; S=5.5мм)
2	ISCAR TPG MF-16X1.5-M (D=M16; TL=22мм; l1=100мм; d=12мм; S=9мм)
3	ISCAR TPG MF-24X1.5-M (D=M24; TL=27мм; l1=140мм; d=18мм; S=14.5мм)
4	ISCAR TPG MF-33X2-M (D=M33; TL=29мм; l1=160мм; d=20мм; S=18мм)
5	ISCAR TPG MF-39X2-M (D=M39; TL=31мм; l1=180мм; d=22мм; S=22.5мм)

Для шлифования поверхности 4, выбираем из ГОСТа 2424-83 шлифовальный круг 1-го типа (рисунок 58)

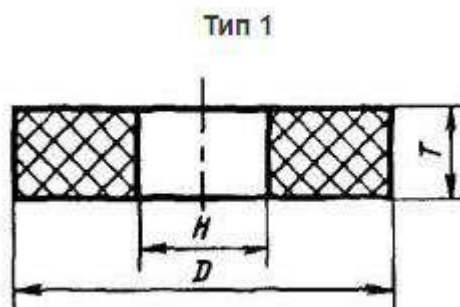


Рисунок 58 – Шлифовальный круг (D=32мм, T=25мм, H=13мм)

### 3.4 Проектирование и расчет специального режущего инструмента

Для обработки поверхностей 14, 16, 17 показанных на рисунке 25, нужно спроектировать комбинированное сверло с двумя диаметрами: Ø22,5 и Ø24,5, Ø31 и Ø33,5, Ø37 и Ø39,5. Для этого проведём расчет режимов резания, определение геометрических и конструктивных параметров, обзор технических требований для одного комбинированного сверла, и аналогично этому расчету, проектируются аналогичные комбинированные сверла. Так как обрабатываемый материал Сталь 09Г2С, для обработки подойдёт быстрорез марки Р6М5.

Ход решения следующий.

1) Определение режимов резания по нормативам [3]:

а) подача на оборот (табл. 25, с.277)

$S=0,23-0,26$  мм/об (для  $d=20-25$  мм).

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

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{Tm \cdot S^y} \cdot K_v; \quad (24)$$

$$v = \frac{9,8 \cdot 22,5^{0,4}}{50^{0,2} \cdot 0,26^{0,5}} \cdot 0,77 = 27,65 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

в) рассчитываем осевую силу резания

$$P_x = 9,81 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_{MP}; \quad (25)$$

$$P = 9,81 \cdot 68 \cdot 22,5^{0,4} \cdot 0,4^{0,7} \cdot 0,76 = 2402,5 \text{ Н};$$

г) рассчитываем момент сил сопротивления резанию

$$M_{cp} = 9,81 \cdot C_M \cdot D^x \cdot S^y \cdot K_P; \quad (26)$$

$$M_{cp1} = 9,81 \cdot 0,0345 \cdot 22,5^2 \cdot 0,4^{0,7} \cdot 0,76 = 68,56 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

2) Лыску на хвостовике выбираем по ГОСТ 28706-90. Длину сверла выбираем конструктивно, специально для обрабатываемого отверстия, соблюдая ГОСТ 10903-77.

					ИОУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						66
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

### 3) Определение геометрических и конструктивных параметров рабочей части сверла.

По справочнику инструментальщика подберём необходимые углы и размеры сверла:

- Обратная конусность на длину рабочей части 0,03мм
- Диаметр рабочей части  $d=22,5$ мм по ГОСТ 885-77
- $R=(0,15-0,2)d$  – диаметр сердцевины  
 $R_1=3,4$  ;  $R_2=3,7$ ;
- Высота ленточки  $\Delta=0,025d$   
 $\Delta_1=0,5$ ;  $\Delta_2=0,6$ ;
- Диаметр спинки  $q=0,95d$   
 $q_1=21,4$ ;  $q_2=23,3$ ;
- Ширина ленточки  $f = 0,5\sqrt[3]{d}$   
 $f_1=1,4$ ;  $f_2=1,5$ ;
- $\omega = 30^\circ$ .

Углы режущей части сверла подберём по справочнику Фельдштейна. Для стали 09Г2С:

- Передний угол  $\gamma = 7 \pm 2^\circ$
- Угол в плане  $2\varphi = 118 \pm 3^\circ$
- Задний угол  $\alpha_1 = 16 \pm 3^\circ$ ,  $\alpha_2 = 16 \pm 3^\circ$
- Угол наклона поперечной режущей кромки  $\psi=55^\circ$  ( $d$  свыше 16мм)

Основной диаметр сверла  $D=25$  мм, так как максимальный диаметр на фаске будет равен 24,5 мм.

Шаг винтовой канавки рассчитаем по формуле:

$$S = \frac{\pi * D}{tg\omega} = \frac{78,5}{0,6} = 130,8 \text{ мм}$$

4) Технические требования по ГОСТ 2034-80.

5) Чертеж спроектированного сверла представлено на рисунке 59.

					ИОУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

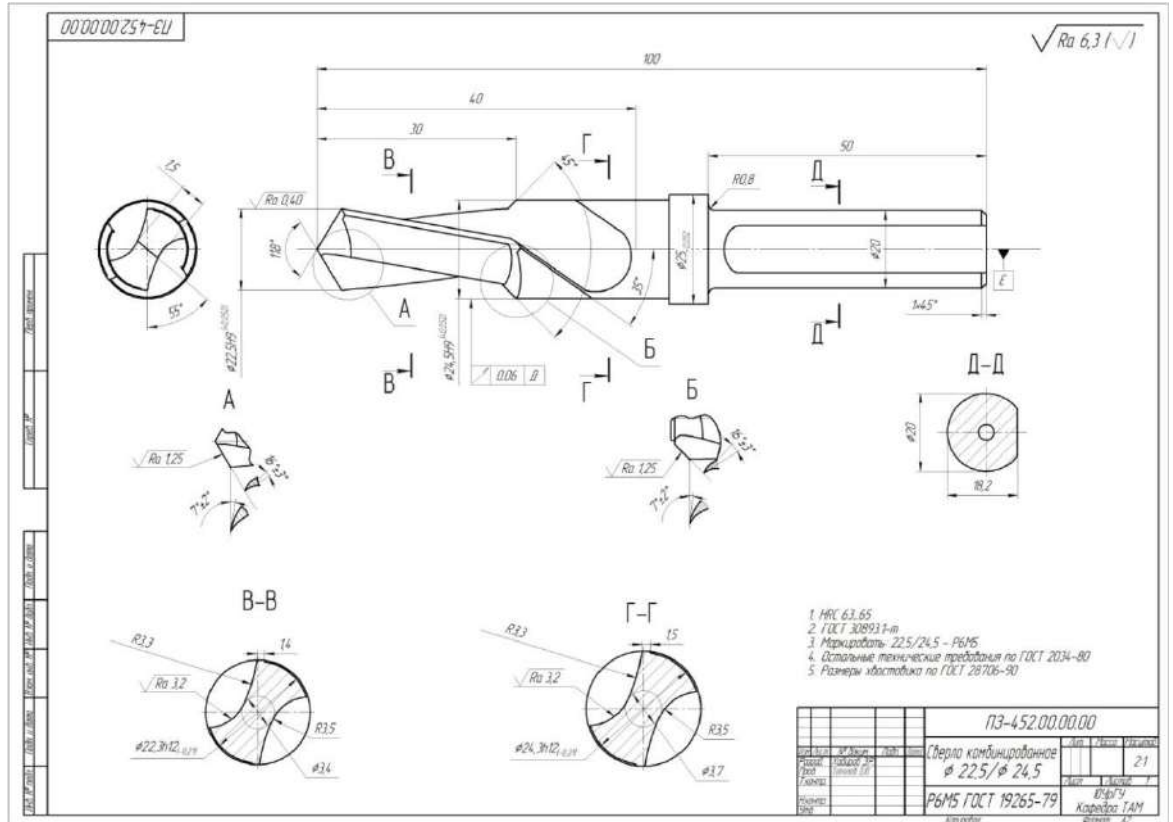


Рисунок 59 – Чертеж сверла

Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата

ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР

Лист

68

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

Для контроля полученных размеров могут использоваться следующие измерительные приборы либо координатно-измерительные машины:

#### 1) Штангенциркуль.

Для контроля наружных диаметров, длины детали и выступов выбираем цифровой штангенциркуль ШЦЦ II – 150-0,01 ГОСТ 166-89 (рисунок 60).

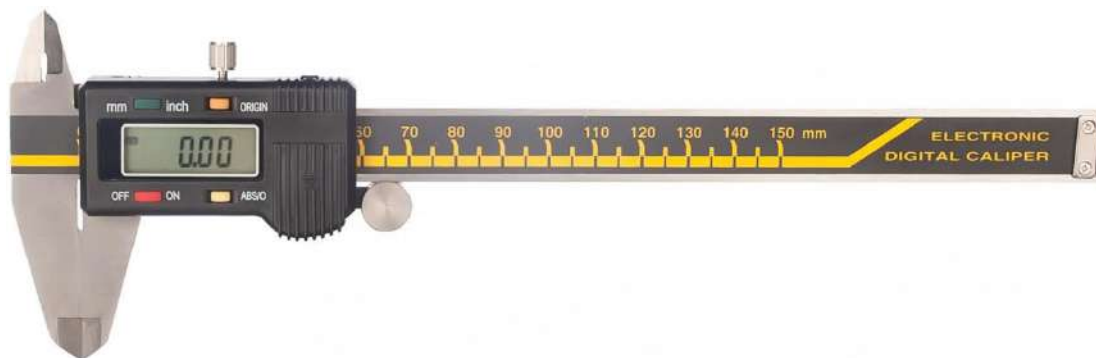


Рисунок 60 – Цифровой штангенциркуль

#### 2) Глубиномер

Для контроля глубины пазов, канавок, отверстий выбираем цифровой глубиномер микрометрический ГМЦ – 100 0,001 ГОСТ 7470-92 электронный (рисунок 61).



Рисунок 61 – Цифровой глубиномер

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						69
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

### 3) Нутромер

Для измерения диаметра внутренне канавки выбираем нутромер Ø80H14 цифровой (рисунок 62).



Рисунок 62 – Цифровой нутромер

### 4) Пробка

Для внутренних диаметров выбираются калибры-пробки с проходной и непроходной стороной (рисунок 63).



Рисунок 63 – Калибр-пробка

### 5) Шаблоны

Для контроля резьбы, радиуса скругления и ширины канавки выбираем резьбовой шаблон, радиусный шаблон. Радиусный шаблон представлен на рисунке 64.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		



Рисунок 64 – Радиусный шаблон

6) Контроль фасок

Для контроля фасок, выбираем Цифровой фаскомер INSIZE 1180 (рисунок 65).



Рисунок 65 – Фаскомер INSIZE1180

7) Контроль биения

Для контроля радиального и торцового биения выбираем индикатор часового типа ИЧ10 Кл.1 ГОСТ 577-68 и штатив ШМ-ПН ГОСТ 10197-70 (рисунок 66).



Рисунок 66 – Индикаторная стойка

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

## 8) Контроль шероховатости

Для контроля шероховатости поверхностей выбираем профилометр Time Group TR 200 (рисунок 67).



Рисунок 67 – Профилометр TR 200

Координатно-измерительные машины позволяют определить геометрические параметры, физические характеристики и математическую модель формы изделия. Основными критериями выбора определённой модели контрольно-измерительной машины (далее – КИМ) являются:

- 1) величина рабочей зоны;
- 2) погрешность измерения;
- 3) система координат.

Исходя из формы детали «корпус крана шарового дроссельного» более удобно использование КИМ с прямоугольной системой координат. Деталь в приспособление имеет следующие габариты: 140мм\*92мм. По этим данным были подобраны 3 контрольно-измерительные машины.

Сравним следующие КИМ, имеющие портальную конструкцию:

GLOBAL Silver от фирмы DEA, Crysta C500 Series от фирмы Mitutoyo, и CONTURA от фирмы Carl Zeiss.

						Лист
					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	72
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		



Таблица 11 – Сравнение основных технических характеристик КИМ

КИМ	Габариты рабочей зоны, мм	Предельное значение погрешности	
		МРЕ <sub>Е</sub> , мкм	МРЕ <sub>Р</sub> , мкм
GLOBAL Silver	700× 700× 500	1,9+L/300	3,5
Crysta C500 Series	505× 405× 405	1,9 + 3 L/100	1,9
CONTURA	700× 700× 600	1,8+L/300	1,8

Рассчитаем погрешности каждой машины:

- 1) Расчет погрешности измерения линейных размеров МРЕ<sub>Е</sub> производится для самого точного размера 29,5±0,105:

$$\text{МРЕ}_{\text{Е1}} = \pm \left( 1,9 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left( 1,9 + \frac{29,5}{300} \right) = 3,95 \text{ мкм};$$

$$\text{МРЕ}_{\text{Е2}} = \pm \left( 1,9 + \frac{3 \cdot L}{300} \right) = \pm \left( 1,9 + \frac{88,5}{300} \right) = 4,26 \text{ мкм};$$

$$\text{МРЕ}_{\text{Е3}} = \pm \left( 1,8 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left( 1,8 + \frac{29,5}{300} \right) = 3,75 \text{ мкм};$$

$$\frac{\text{МРЕ}_{\text{Е1}}}{T} = \frac{0,00395}{0,084} = 4,7\%;$$

$$\frac{\text{МРЕ}_{\text{Е2}}}{T} = \frac{0,00426}{0,084} = 5,1\%;$$

$$\frac{\text{МРЕ}_{\text{Е3}}}{T} = \frac{0,00375}{0,084} = 4,46\%;$$

- 2) Расчет погрешности МРЕ<sub>Р</sub> для диаметрального размера 56Н9:

$$\text{МРЕ}_{\text{Р1}} = \pm 3,5 = 7 \text{ мкм}; \quad \frac{\text{МРЕ}_{\text{Р1}}}{T} = \frac{0,007}{0,07} = 10\%;$$

$$\text{МРЕ}_{\text{Р2}} = \pm 1,9 = 3,8 \text{ мкм}; \quad \frac{\text{МРЕ}_{\text{Р3}}}{T} = \frac{0,0038}{0,07} = 5,4\%;$$

$$\text{МРЕ}_{\text{Р3}} = \pm 1,8 = 3,6 \text{ мкм}; \quad \frac{\text{МРЕ}_{\text{Р4}}}{T} = \frac{0,0036}{0,07} = 5,1\%.$$

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

КИМ можно использовать для контроля размеров, если объемная погрешность  $MPE_E$  составляет не более 20% от допуска на измеряемый размер ( $\frac{\Delta MPE_E}{TD} * 100\% \leq 20\%$ ), а  $MPE_P$  не более 20% от допуска на отклонение формы ( $\frac{\Delta MPE_P}{TD} * 100\% \leq 20\%$ ).

Анализируя данные таблицы 2 и расчеты погрешностей, произведем выбор КИМ в пользу Crysta C500 Series от фирмы Mitutoyo, так как она имеет оптимальную рабочую зону под габариты нашей детали и минимальное значение предельной погрешности. Изображение КИМ Crysta C500 Series от фирмы Mitutoyo приведено на рисунке 68.



Рисунок 68 – КИМ Mitutoyo Crysta C 500 Series

В основе успеха измерительных машин лежат высокая механическая точность компонентов машины, практичная и удобная для применения конструкция, использование инноваций в области машиностроения и метрологии. Портальные машины оснащены направляющими на воздушных подшипниках по всем осям, что гарантирует плавное и легкое перемещение без износа. Легкие материалы и инновационная структура машины, обеспечивающие высокую стабильность перемещения, а также высокую точность и доступность. Функция температурной компенсации (от 16°С до 26°С) может обеспечить точные измерения даже в цехе. Совместимость с видео

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						74
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

и сканирующими датчиками используется для возможности обеспечения гибких и эффективных измерений.

Выбор измерительной головки (далее – ИГ):

КИМ фирмы Mitutoyo оснащаются измерительными головками Renishaw. Возможен выбор из:

- ручная поворотнo-вращательная головка МН (поворачивается вручную по 2-м осям с шагом 75°, для ручных КИМ (рисунок 69));



**Ручная поворотнo-вращательная головка МН**  
Дополнение для PRO<sup>®</sup> Compact

Ручная поворотнo-вращательная головка	Производитель Renishaw
Длина	100 mm
Диаметр	62 mm
Индексация оси поворота	±180° шаг 7,5°
Индексация оси наклона	105° шаг 7,5°
Воспроизводимость позиции	±1 мкм
Макс. удлинение	200 мм с TR6 / TR20
Прочие данные см. спецификацию производителя	

Рисунок 69 – ручная поворотнo-вращательная головка МН

- моторизованная поворотнo-вращательная головка Renishaw PH10M (автоматически поворачивается по 2-м осям в заданную позицию с шагом 75°, удлинители до 300 мм (рисунок 70));



**Моторизованная поворотнo-вращательная головка PH 10M**  
Дополнение для PRO<sup>®</sup> Compact

Моторизованная поворотнo-вращательная головка	Производитель Renishaw
Длина	117 mm
Диаметр	60 mm
Индексация оси поворота	±180° шаг 7,5°
Индексация оси наклона	105° шаг 7,5°
Воспроизводимость позиции	±0,5 мкм
Макс. удлинение	300 мм с TR20 200 мм с TR6
Прочие данные см. спецификацию производителя	

Рисунок 70 – Renishaw PH10M

Для нас подходит второй вариант (Renishaw PH10M), т.к головка автоматическая, что позволит значительно ускорить процесс измерения.

## 4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

### 4.1 Анализ возможных направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали

Цель автоматизации технологического процесса – это повышение производительности, качества и надежности изготавливаемых изделий.

Средством автоматизации основных операций является станок с ЧПУ, который по управляющей программе производит обработку детали без непосредственного участия человека.

Для того чтобы узнать о возможности автоматизации процесса изготовления детали «Корпус крана шарового дроссельного» необходимо произвести анализ проектного варианта технологического процесса.

#### 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 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 точения, сверления и фрезерования сократит такт выпуска деталей, при этом надежность не пострадает, т.к. технические характеристики станка позволяет выполнить данные действия.

					ИОУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						76
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

#### 4.1.4 Габаритные размеры детали и наличие поверхностей для захвата

Габаритные размеры готовой детали: Ø140мм x 92мм. Вес детали – 6,46 кг. Деталь можно устанавливать на станок вручную и при помощи средств автоматизации.

Конфигурация детали позволяет использовать робота-схвата для установки, снятия и перемещения детали со станка. На рисунке 71 показаны поверхности, пригодные для захвата детали роботом.

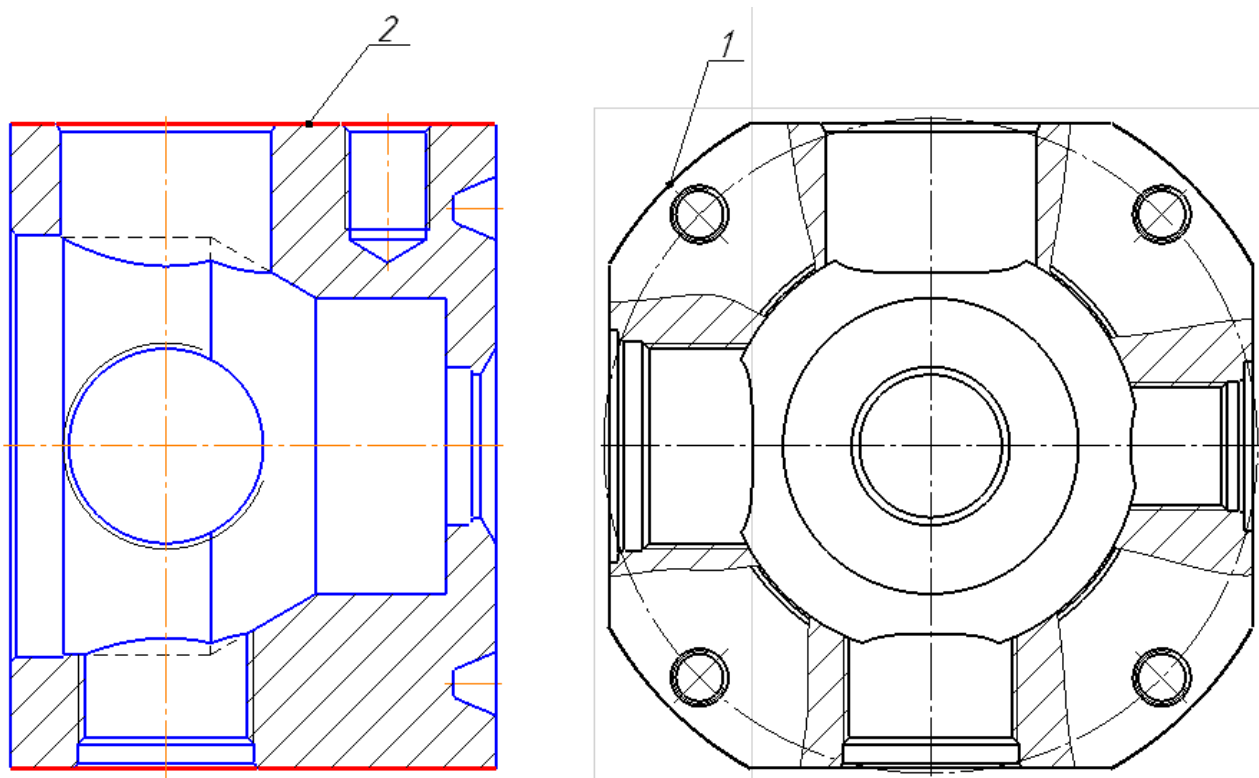


Рисунок 71 – Поверхности для захвата

#### 4.1.5 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 9.

										Лист
										77
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР					

Количественная оценка технологичности детали производится при помощи следующих показателей:

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

Таблица 12 - Качественная оценка технологичности детали

№ п.п.	Критерий оценки	Значение/ Показатель/ Сравнительная характеристика	Характеристика оценки
1	Унифицированность элементов форм детали	Все элементы унифицированы	Технологично
2	Простота формы детали	Форма детали сложная, имеет множество внутренних поверхностей, отверстий разных диаметров имеющих различные допуски.	Нетехнологично
3	Возможность обработки максимального количества поверхностей детали за один установ	За один установ максимально обрабатывается 42 поверхностей детали из 48.	Технологично
4	Доступность поверхностей детали для обработки	Все поверхности легкодоступны	Технологично
5	Наличие труднообрабатываем. поверхностей детали	На детали не имеется труднообрабатываемых поверхностей	Технологично
6	Возможность совмещения конструкторских и технологических баз	Все базы можно совместить	Технологично
7	Обеспечение конструкции детали нормальный подвод и отвод режущего инструмента	Конструкция обеспечивает нормальный подвод и отвод режущего инструмента	Технологично

Продолжение таблицы 12

№ п.п.	Критерий оценки	Значение/ Показатель/ Сравнительная характеристика	Характеристика оценки
8	Возможность достижения наиболее точных размеров детали на основном оборудовании	На основном оборудовании возможно получить точный размер 9 качества ( $\text{Ø}24,5\text{H}9$ )	Технологично
9	Возможность достижения минимальной заданной шероховатости поверхности детали на основном оборудовании	Достижения минимальной шероховатости ( $Ra\ 1,25$ ) на основном оборудовании возможно	Технологично
10	Высокая обрабатываемость основного материала	Материал 09Г2С поддается обработке хорошо	Технологично
11	Возможность обработки детали универсальным режущим инструментом	Обработка унифицированным режущим инструментом возможна	Технологично
12	Коэффициент использования материала	КИМ = 0,9	Технологично
13	Минимальная номенклатура режущего инструмента необходимая для обработки всех поверхностей детали при обеспечении заданной точности и шероховатости	Номенклатура режущего инструмента неминимальная, т.к. имеются отверстия, для обработки которого необходимо 3 инструмента (сверло, зенковка, резьбовой резец или метчик)	Нетехнологично

Окончание таблицы 12

№ п.п.	Критерий оценки	Значение/ Показатель/ Сравнительная характеристика	Характеристика оценки
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 71)	Технологично

На детали имеются множество отверстий и поверхностей которые имеют допуск по расположению осей, допуск формы, что не совсем технологично с точки зрения изготовления детали.



## 4.2 Разработка структурной схемы гибкого производственного участка

### 4.2.1 Определение состава и числа основного оборудования

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

$$K = \frac{C_{\text{ср}}}{T_{\text{ср}}}, \quad (27)$$

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.

$$T_{\text{ср}} = \frac{60 \cdot \Phi_0 \cdot K_{\text{исп}}}{N_{\text{год}}}, \quad (28)$$

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

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

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

$$T_{\text{ср}} = \frac{60 \cdot 4025 \cdot 0,85}{2000} = 82,11 \text{ мин.}$$

Результаты определения количества оборудования для каждой операции технологического процесса приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Количество оборудования на операции ТП

Наименование операции	Средняя станкоемкость, мин	Расчетное количество оборудования	Принятое количество оборудования
005 Токарная с ЧПУ	14,865	0,18	1
010 Шлифовальная	2,86	0,03	1

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

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

$$K_{\text{наим}} = \frac{60 \cdot \Phi_{\text{ст}} \cdot n_{\text{ст}}}{t_{\text{об}} \cdot N}, \quad (29)$$

где  $\Phi_{\text{ст}}$  – месячный фонд отдачи станка, ч ( $\Phi_{\text{ст}} = 305$  ч при двухсменном режиме 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:

$$K_{\text{наим}} = \frac{60 \cdot 305 \cdot 2}{9,433 \cdot 208} = 18,7 \text{ шт.}$$

Полученное число деталиустановок определяет число ячеек в стеллаже. Для обеспечения нормальной работы ГПС необходим запас ячеек в накопителе, равный примерно 10 % от  $K_{\text{наим}}$ , поэтому принимаем  $K_{\text{наим}} = 21$  шт.

Расчет необходимого числа позиций загрузки и разгрузки производят по формуле:

$$n_{\text{поз}} = \frac{t \cdot K_{\text{дет}}}{\Phi_{\text{поз}} \cdot 60}, \quad (30)$$

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.

$$K_{\text{дет}} = K_{\text{наим}} \cdot N, \quad (31)$$

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

Подставляя, получим:

$$K_{\text{дет}} = 21 \cdot 208 = 4368 \text{ шт.}$$

						Лист
					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	82
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

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:

$$n_{\text{поз}} = \frac{8 \cdot 4368}{305 \cdot 60} = 1,91 \text{ шт.}$$

Необходимое число позиций контроля  $n_{\text{поз.к}}$  в ГПС рассчитывается по формуле:

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{t_k \cdot K_{\text{дет.к}}}{\Phi_{\text{поз}} \cdot 60}, \quad (32)$$

где  $t_k$  – суммарное время контроля одной деталиустановки, мин;

$K_{\text{дет.к}}$  – число деталиустановок, проходящих контроль за месяц, шт.;

$\Phi_{\text{поз}}$  – месячный фонд времени работы позиции контроля, ч.

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{K_{\text{дет}}}{n}, \quad (33)$$

где  $K_{\text{дет}}$  – число деталиустановок, обрабатываемых на комплексе за месяц, шт.;

$n$  – число деталиустановок, через которое деталь выводится на контроль, шт.

$$n = \frac{n_1}{k_1 \cdot k_2}, \quad (34)$$

где  $n_1$  – плановое число деталиустановок, через которое деталь выводится на контроль по требованию технолога, шт.,  $n_1=7$ ;

$k_1$  и  $k_2$  – поправочные коэффициенты, связанные с выводом деталей на контроль по требованию наладчика соответственно для первой деталиустановки в начале смены ( $k_1$ ) и сразу же после установки нового инструмента ( $k_2$ ) [1];  $k_1 = 1,15$ ;  $k_2 = 1,05$ .

Подставляя, получим:

$$n = \frac{7}{1,15 \cdot 1,05} = 6 \text{ шт.};$$

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{4368}{6} = 728 \text{ шт.}$$

						Лист
					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	83
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Время контроля одной детали установки:

$$t_k = t_{k_1} + t_{k_2} + \dots + t_{k_i}, \quad (35)$$

где  $t_{k_1}, t_{k_2}, \dots, t_{k_i}$  – соответственно время контроля поверхностей детали после обработки на 1, 2 и т.д.  $i$ -м станках комплекса.

$$t_k = 0,87 + 2,7 + 3,92 = 7,49 \text{ мин.}$$

Подставляя получим:

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{7,49 \cdot 728}{305 \cdot 60} = 0,3 \approx 1 \text{ шт.}$$

#### 4.2.3 Проектирование предварительной компоновочной схемы 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:

- оп.000 – Заготовительная;
- оп.005 – Комплексная с ЧПУ;
- оп.010 – Шлифовальная;
- оп.013 – Закалка ТВЧ;
- оп.015 – Контрольная.

Составим два варианта предварительной компоновки ГПС для данного технологического процесса. На рисунке 72 изображена ГПС с кольцевым размещением станков.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						84
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

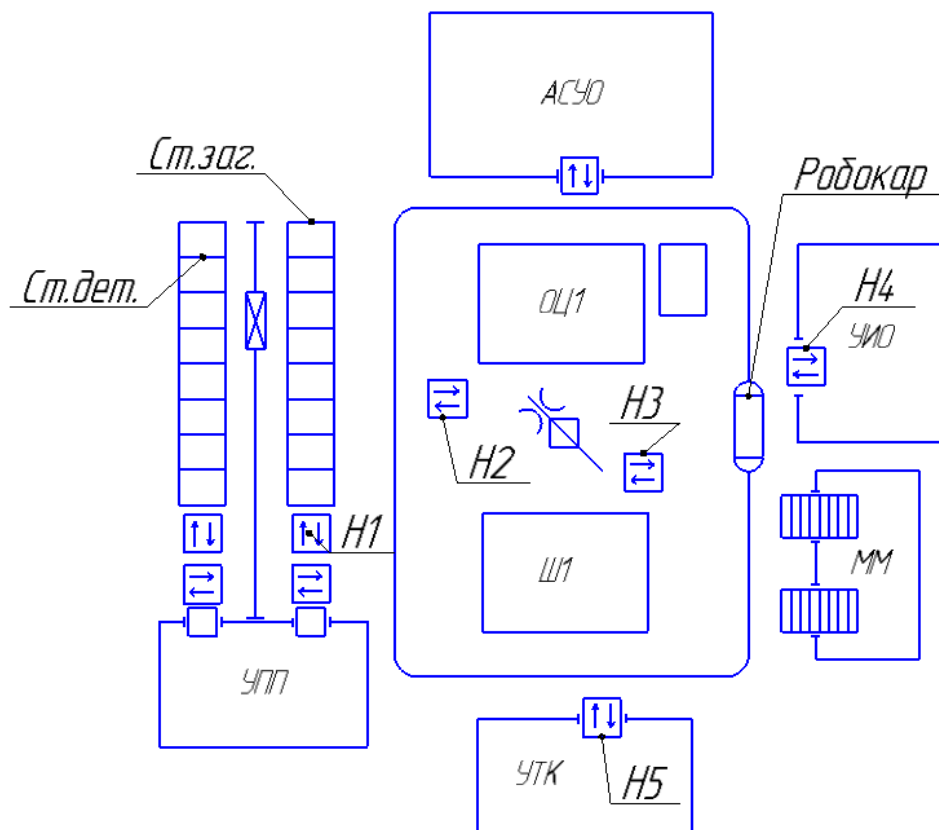


Рисунок 72 – Предварительная компоновка 1

При помощи крана-штабелера заготовка со стеллажа заготовок перемещается на приемо-раздаточный стол (Н1). Далее ее забирает робокар и перевозит на стол Н2, робот-схват устанавливает заготовку на станок ОЦ1. После обработки на станке ОЦ1 заготовка перемещается на стол Н3, перехватывается и устанавливается схватом на станок Ш1. После обработки на станке Ш1 робот-схват снимает деталь и перекладывает на стол Н3, с которого деталь забирается робокаром и отвозится на мойку (ММ). После этого деталь доставляется на стол Н5 участка технического контроля (УТК). После контроля деталь перемещается на стол Н1, с него на стеллаж деталей.

На рисунке 73 представлена циклограмма перемещения заготовки между основным оборудованием, на рисунке 74 представлен граф перемещений транспортного механизма.

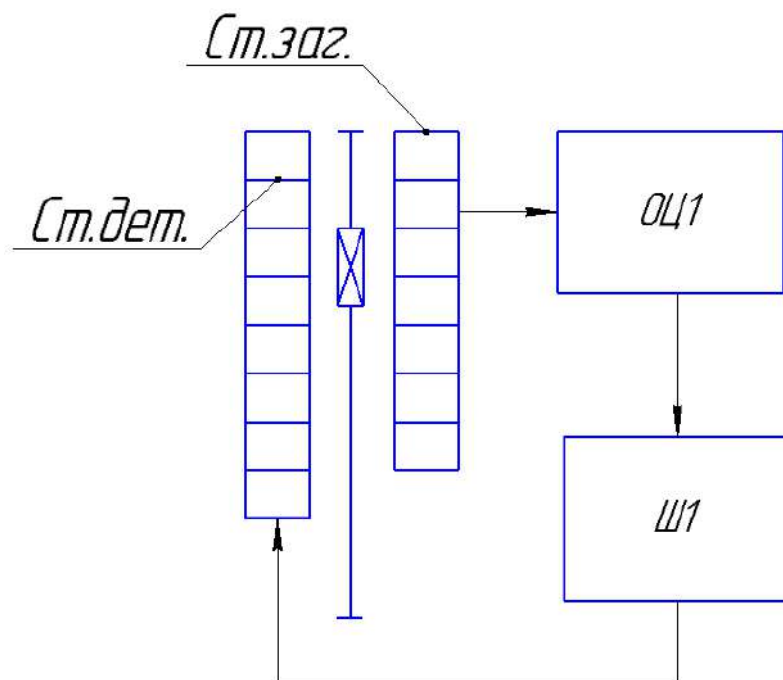


Рисунок 73 – Циклограмма станочной системы ГПС

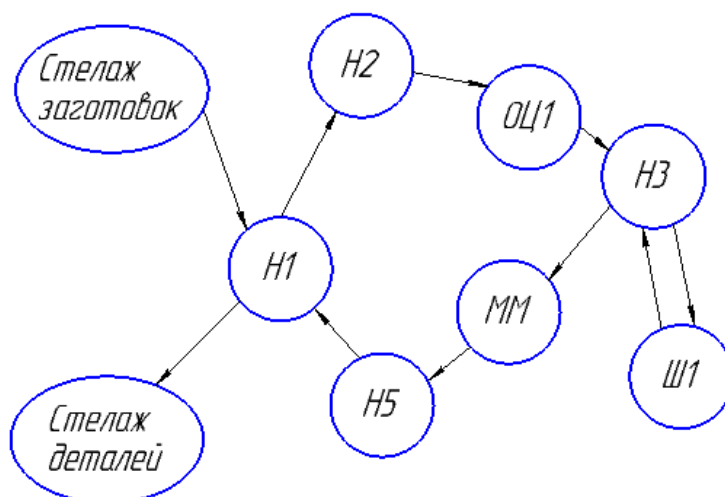


Рисунок 74 – Граф перемещений транспортного механизма

Для определения расстояния, которое проходит заготовка в процессе обработки по первой компоновке ГПС, строится матрица перемещения деталиустановок (таблица 14). 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 14 – Матрица перемещений деталиустановок

	Н1	Н2	Н3	Н5	ММ	Ст. дет.
Н1		2,46				1,7
Н2			3,42			
Н3					1,25	
Н5	5,72					
ММ				3,07		
Ст. заг.	1,2					
Σ	18,82 м.					

На рисунке 75 представлена вторая предварительная компоновка с отдельными стендами хранения деталей.

При помощи крана-штабелера заготовка со стеллажа заготовок перемещается на приемо-раздаточный стол (Н1). Далее ее забирает робокар и перевозит на стол Н2, робот-схват устанавливает заготовку на станок ОЦ1. После обработки на станке ОЦ1 заготовка заново перемещается на стол Н2, откуда ее забирает робокар и отвозит на стол Н3. Робот-схват устанавливает деталь на станок Ш1. После обработки на станке Ш1, деталь заново возвращается на стол Н3, с которого ее забирает робокар и отвозит на мойку (ММ). После этого деталь доставляется на стол Н5 участка технического контроля (УТК). После контроля деталь перемещается на стол Н6, с него на стеллаж деталей. Аналогично рассмотренному выше варианту компоновки строится циклограмма станочной системы (рисунок 76), граф перемещений (рисунок 77), матрица перемещений (таблица 15).

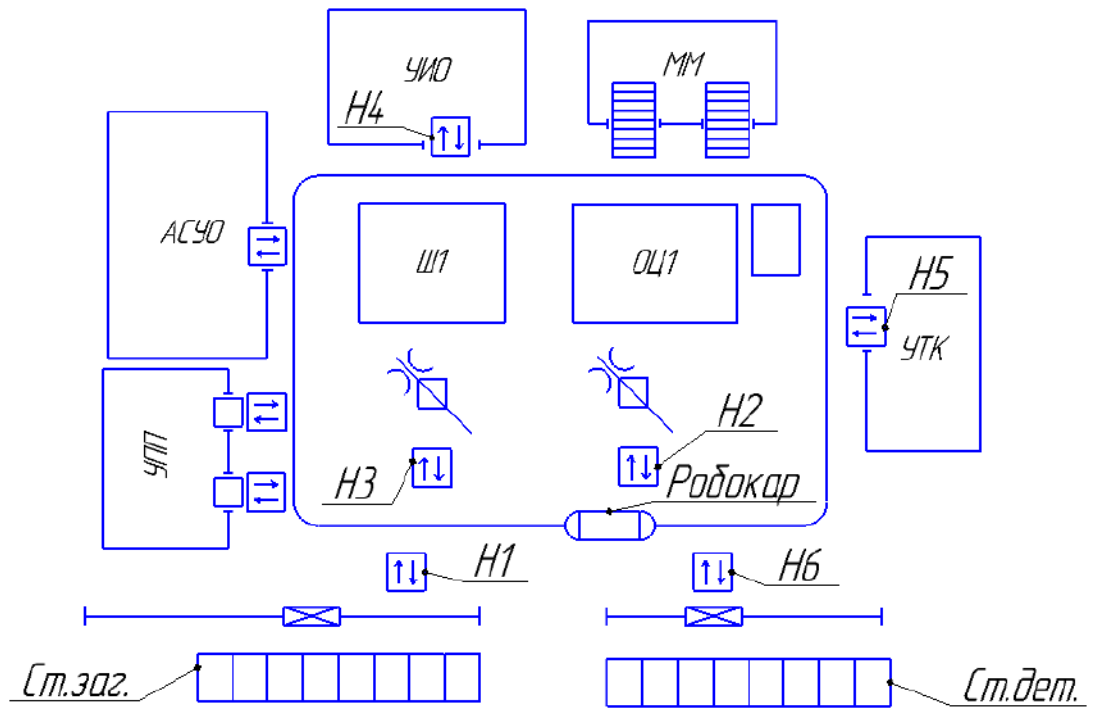


Рисунок 75 – Предварительная компоновка 2

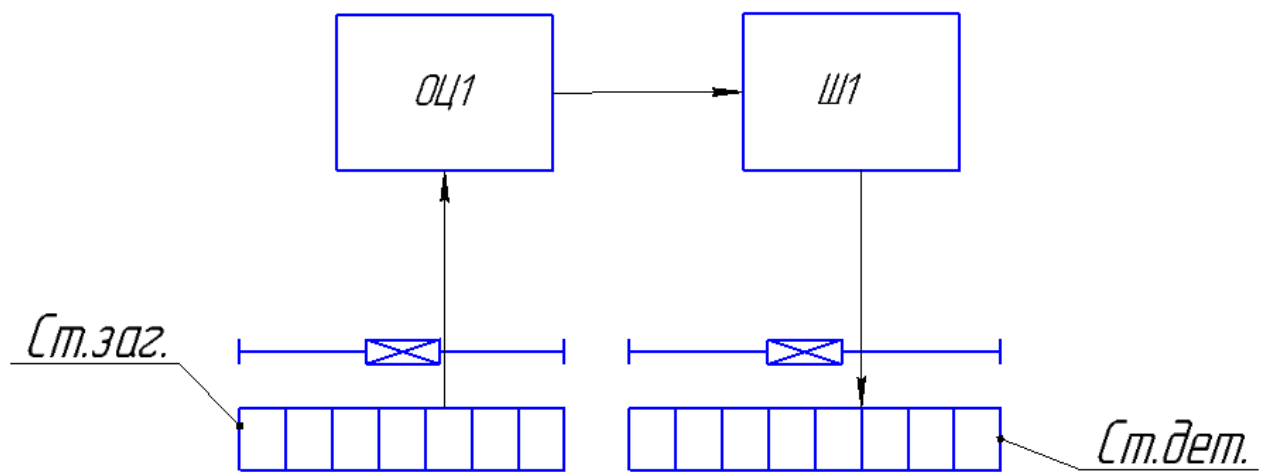


Рисунок 76 – Циклограмма станочной системы ГПС

Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата



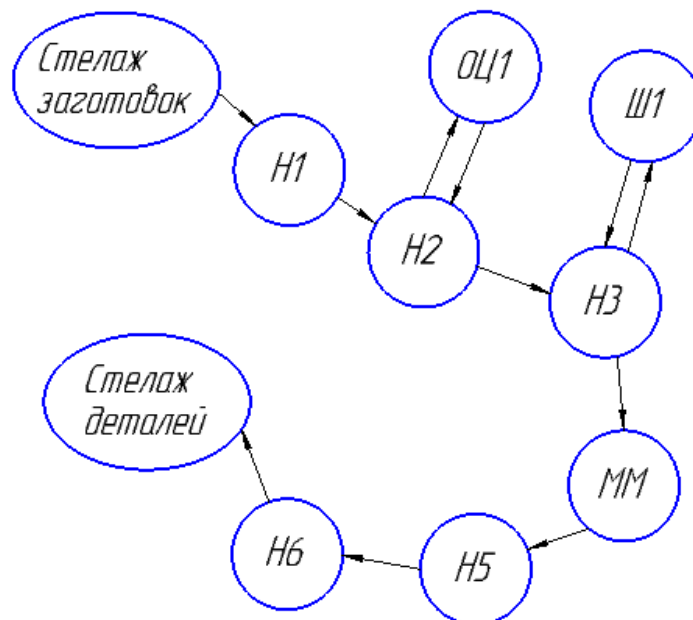


Рисунок 77 – Граф перемещений транспортного механизма

Таблица 15 – Матрица перемещений деталиустановок 2

	Н1	Н2	Н3	Н5	Н6	ММ	Ст. дет.
Н1		3,25					
Н2			3,82				
Н3						11,69	
Н5					3,98		
Н6							1,28
ММ				2,87			
Ст. заг.	1,54						
$\Sigma$		28,43м.					

Суммарное расстояние перемещений заготовки во время обработки для первой компоновки составляет 18,82 метров, для второй – 28,43 метра. В связи с этим для планировки участка выбираем первый вариант предварительной компоновки оборудования.

#### 4.2.4 Определение числа подвижных транспортных механизмов АТСС

Для обслуживания станков используется робокар. Зная маршрут перемещений заготовки, рассчитаем суммарное время работы транспорта в минутах по формуле:

$$T_{\text{обсл}} = K_{\text{стел.-ст.}} \cdot t_{\text{стел.-ст.}} + K_{\text{ст.-ст.}} \cdot t_{\text{ст.-ст.}}, \quad (36)$$

где  $K_{\text{стел.-ст.}}$  – число перемещений между стеллажом и станком;

$K_{\text{ст.-ст.}}$  – число перемещений между станками;

$t_{\text{стел.-ст.}}$  – среднее время, затрачиваемое на передачу заготовки со стеллажа на станок и обратно, мин;

$t_{\text{ст.-ст.}}$  – среднее время, затрачиваемое на передачу спутника со станка на станок, мин.

$$t_{\text{стел.-ст.}} = t_{\text{ст.-ст.}} = t_1 + t_2, \quad (37)$$

где  $t_1$  – время на подход и взятие заготовки, мин;

$t_2$  – время на подход и установку заготовки, мин.

$$t_1 = t_k + t_{\text{под}} + t_{\text{в.с.}},$$

$$t_2 = t_k + t_{\text{под}} + t_{\text{п.с.}},$$

где  $t_k$  – время расчета и передачи информации от системы ЧПУ робокару, мин;  $t_k = 5 \text{ с} = 0,08 \text{ мин}$  [1];

$t_{\text{под}}$  – время подхода робокара к заданной точке, мин;

$t_{\text{в.с.}}$  – время автоматики на выполнение команды по взятию заготовки, мин;

$t_{\text{п.с.}}$  – время автоматики на выполнение команды по установке заготовки, мин;  $t_{\text{в.с.}} = t_{\text{п.с.}} = 0,2 \text{ мин}$ .

$$t_{\text{под}} = \frac{L_x}{V_x} + \frac{L_y}{V_y}, \quad (38)$$

где  $L_x$  и  $L_y$  – длина перемещения робокара по осям X и Y соответственно, м;  $L_x = 13,74 \text{ м}$ ,  $L_y = 5,3 \text{ м}$ ;

					ИОУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						90
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

$V_x$  и  $V_y$  – скорость перемещения робокара по осям X и Y соответственно, м/мин;  $V_x = 60 \frac{м}{мин}$ ,  $V_y = 6 \frac{м}{мин}$  [1].

$$t_{под} = \frac{13,74}{60} + \frac{5,3}{6} = 1,1 \text{ мин.}$$

$$t_{стел.-ст.} = t_{ст.-ст.} = 2 \cdot (0,08 + 1,1 + 0,2) = 2,76 \text{ мин.}$$

Таким образом, суммарное время на обслуживание:

$$T_{обсл} = 2 \cdot 2,76 + 4 \cdot 2,76 = 16,56 \text{ мин.}$$

Определим количество робокаров, необходимых для выполнения этой работы по формуле:

$$K_{ТМ} = \frac{T_{обсл}}{\Phi_{ТМ} \cdot 60}, \quad (39)$$

где  $\Phi_{ТМ}$  – фонд времени транспортного механизма,  $\Phi_{ТМ} = 305$  ч.

$$K_{ТМ} = \frac{16,56}{305 \cdot 60} = 0,00181 \approx 1 \text{ шт.}$$

Для обслуживания станков и вспомогательных участков достаточно одного робокара.

#### 4.2.5 Определение вспомогательных систем и участков, необходимых для функционирования ГПС

Для обеспечения функционирования ГПС необходимы вспомогательные системы и участки. Они связаны с технологическим оборудованием единой транспортной системой и системой управления. Для проектирования ГПС рассмотрим наиболее необходимые участки:

- участок подготовки производства (УПП);
- участок инструментального обеспечения (УИО);
- участок технического контроля (УТК);
- автоматизированная система уборки отходов (АСУО);
- моечная машина (ММ).

УПП служит для установки, базирования, закрепления деталей с приспособления, изучения и подготовка технологической документации для работы и др.

									Лист
									91
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР				

УИО необходим для подготовки режущего инструмента, очистки и хранения, контроля и диагностики режущей части, сборки инструментов и инструментальных комплектов. УИО включает в себя стеллажи, контрольные приспособления, оборудование для сборки инструмента и другие средства, необходимые для решения задач.

УТК служит для входного, промежуточного и окончательного контроля изготавливаемых деталей. Он включает в себя стеллажи, рабочее место, необходимые контрольные инструменты и приспособления.

АСУО служит для своевременной уборки стружки от основного оборудования. Контейнеры со стружкой забираются транспортной системой (робокар) и перевозятся на участок, где она сортируется и прессуется для следующей переработки.

Моечная машина необходима для очистки деталей от стружки и СОЖ перед контрольной операцией.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						92
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

#### 4.3 Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы (промышленные роботы, накопители, транспортные системы, складские 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 Linde L-MATIC, представленный на рисунке 78. Высота подъема груза – 1.8 м, максимальная грузоподъемность – 1000 кг, лазерное ориентирование.



Рисунок 78 – Робокар

Для автоматизированного базирования, установки и закрепления деталей на станок, перемещения деталей со станка на накопитель и наоборот используем промышленный робот Fanuc M-710ic/12L, выбранный в разделе 3.2.

Для захвата детали необходим рабочий орган – схват промышленного робота. Схват имеет губки для захвата сферические поверхности. Эскиз схвата с зажатой заготовкой представлен на рисунке 79.

					ИОУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						93
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

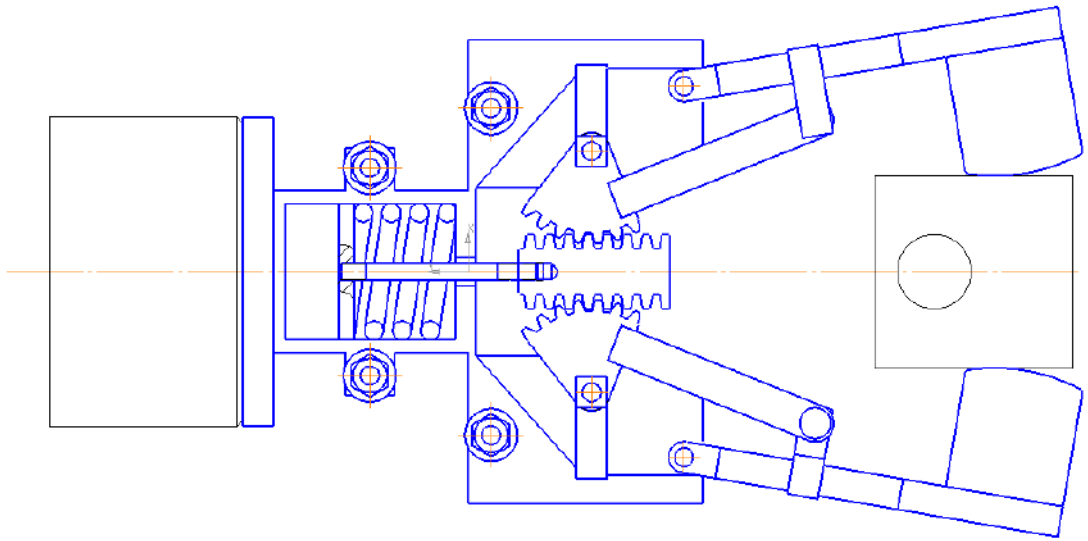


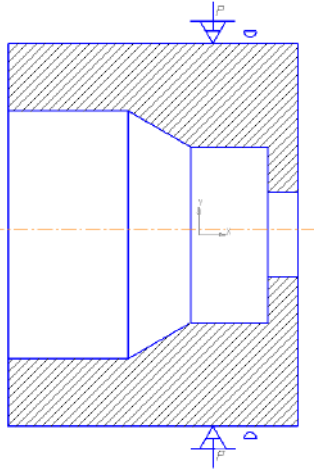
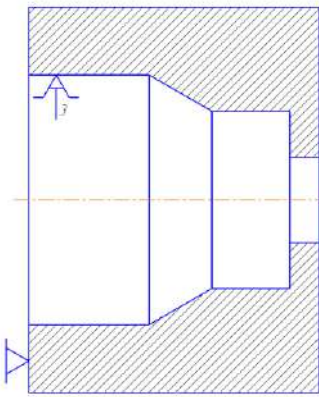
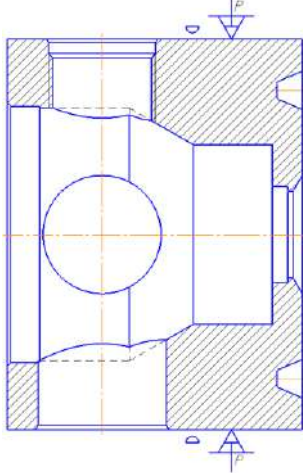
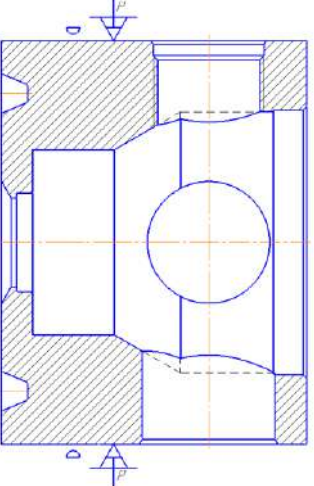
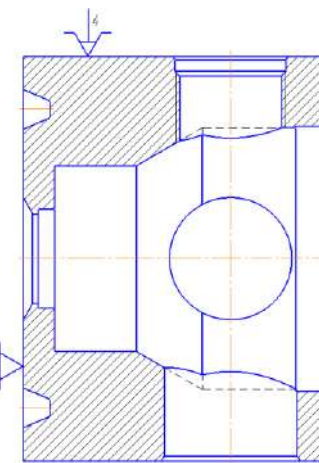
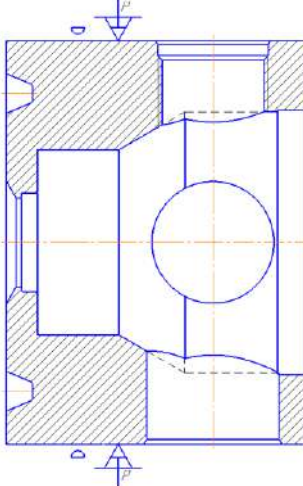
Рисунок 79 – Эскиз схвата промышленного робота

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						94
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

4.4 Базирование заготовки, полуфабриката, готовой детали в промышленном роботе, транспортном устройстве, промежуточном накопителе

В таблице 16 представлены схемы базирования заготовки на 005 и 010 операциях технологического процесса в схвате промышленного робота и в патроне токарного станка.

Таблица 16 – Схемы базирования заготовки

№ оп.	Схема установки	Схема закрепления	Схема снятия
005			
010			

Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата

#### 4.5 Анализ производительности автоматизированной системы

При разработке структурной схемы ГПС были спроектированы два варианта планировки участка, рассчитаны перемещения заготовки. Для первого варианта планировки участка, рассчитаны перемещения заготовки. Для первого варианта расстояние равно 18,82 метров, для второго – 28,43 метра. Выбран первый вариант планировки, детально разработан и представлен на рисунке 80.

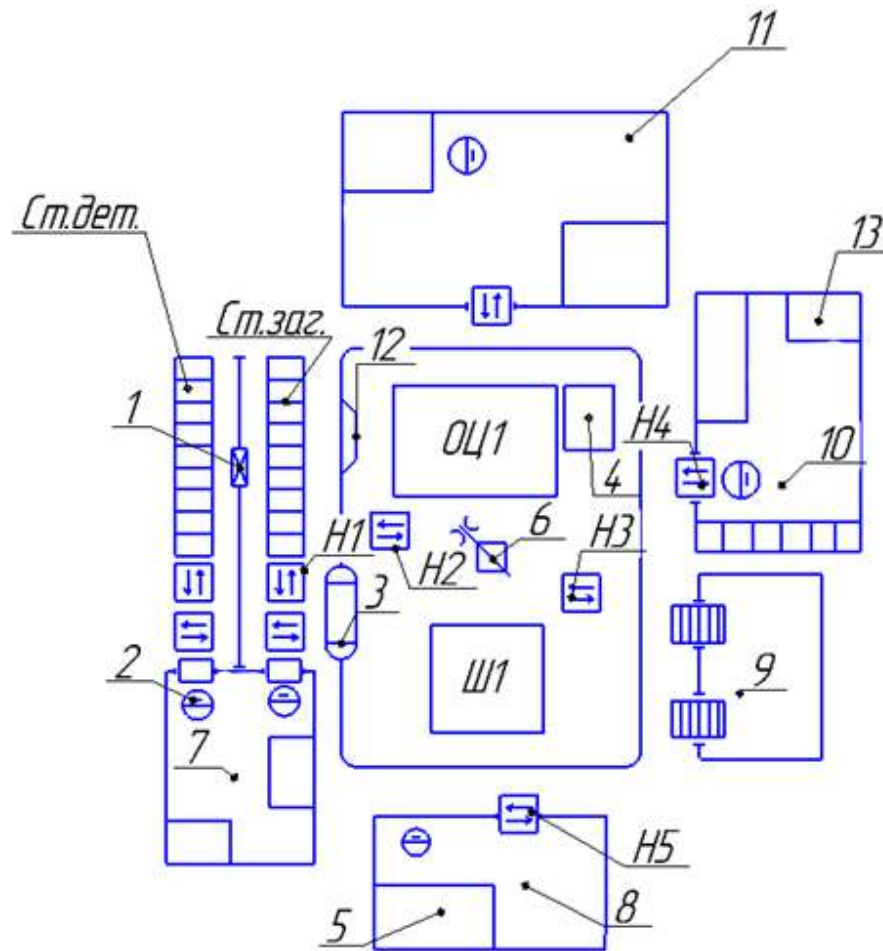


Рисунок 80 – Разработанная схема ГПС:

- 1 – кран-штабелер; 2 – рабочее место; 3 – робокар;  
4 – бак под стружку; 5 – контрольный стол; 6 – промышленный робот;  
7 – участок подготовки производства; 8 – участок технического контроля;  
9 – моечная машина; 10 – участок инструментального обеспечения;  
11 – автоматизированная система уборки отходов; 12 – станция подзарядки робокара; 13 – рабочий стол; Ст. дет. – стеллаж с готовыми деталями;  
Ст. заг. – стеллаж с заготовками; Н1-Н5 – накопительные столы;  
ОЦ1-Ш1 – токарный ОЦ и шлифовальный станки с ЧПУ.

									Лист
									96
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР				



## 5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ

Участок механической обработки детали «Корпус крана шарового дроссельного» включает в себя: стеллаж заготовок и готовых деталей, участок подготовки производства, приемо-раздаточные столы, токарно-фрезерный обрабатывающий центр DMG MORI CTX beta 800TC, шлифовальный станок с ЧПУ Grind 200D CNC, моечную машину, кран-штабелер, участок контроля, ящик с песком, пожарный стенд. При помощи крана-штабелера заготовка со стеллажа заготовок перемещается на приемо-раздаточный стол (Н1). Далее ее забирает робокар и перевозит на стол Н2, робот-схват устанавливает заготовку на станок ОЦ1. После обработки на станке ОЦ1 заготовка перемещается на стол Н3, перехватывается и устанавливается схватом на станок Ш1. После обработки на станке Ш1 робот-схват снимает деталь и перекладывает на стол Н3, с которого деталь забирается робокаром и отвозится на мойку (ММ). После этого деталь доставляется на стол Н5 участка технического контроля (УТК). После контроля деталь перемещается на стол Н1, с него на стеллаж деталей.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						97
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

## 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.

					ИОУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						98
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

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

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						99
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 запираение 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.

					ИОУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						100
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

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;

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						101
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.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						102
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

## 7 ВЫВОДЫ ПО КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

В ходе выполнения выпускной работы были разработаны два технологических процесса. По результатам сравнения, был выбран второй технологический процесс.

В результате проектирования второго технологического процесса, был выбран другой способ получения заготовки – литье по газифицированным моделям. Коэффициент использованного материала второго способа больше предыдущего в 2 раза. Был спроектирован новый вариант технологии по обработке детали, подобрано иное оборудование, оснастка, режущий и измерительный инструмент, выбран робот-схват для установки детали на станок. Для выбранного 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.

Выбранный технологический процесс оформлен в альбом, соблюдая нормы ЕСТД. К каждому разделу прилагается графическая часть: разработанные чертежи комбинированного инструмента, расчетно-технологическая карта для 005 операции, сравнение первого и второго технологических процессов и др.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						103
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

## 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.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						104
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		



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.150305.2019.452.15 ПЗ ВКР	Лист
						105
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		