

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(национальный исследовательский университет)  
Факультет машиностроения  
Кафедра технологии автоматизированного машиностроения

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

Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления  
детали «Колесо зубчатое механизма поворота»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ – 150305.2019.452.08 ПЗ ВКР

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

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

Автор работы,  
студент группы П-452  
\_\_\_\_\_ М.Д. Кузнецова  
\_\_\_\_\_ 2019 г.

Челябинск 2019

## АННОТАЦИЯ

Кузнецова М.Д.                      Разработка  
 конструкторско-технологического  
 обеспечения изготовления детали  
 «Колесо зубчатое механизма  
 поворота».                      Выпускная  
 квалификационная работа – Челябинск:  
 ЮУрГУ, 2019, 112 стр., 63 илл., 14  
 табл., библиограф. список – 13 наим., 0 прил.

В выпускной квалификационной работе разработан новый, проектный вариант технологического процесса изготовления детали «Колесо зубчатое механизма поворота» и описан узел редуктора механизма поворота автокрана Челябинец, в котором работает выбранная деталь.

В конструкторской части произведён обзор и выбор стандартной технологической оснастки, режущего инструмента, станочного приспособления. Выполнен расчёт специального режущего инструмента. Для операции контроля подобрана координатно-измерительная машина.

На этапе автоматизации технологического процесса разработана схема ГПС, позволяющая обеспечить безлюдный режим работы.

Рассмотрены мероприятия по обеспечению безопасности работы на предприятии. Обеспечения безвредных условий труда, мероприятия по электробезопасности и пожарной безопасности.

					<i>ЮУрГУ.150305.2019.452.08. ПЗ ВКР</i>					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>						
<i>Разраб.</i>	<i>Кузнецова М.Д.</i>				<i>Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления детали «Колесо зубчатое механизма поворота».</i>					
<i>Пров.</i>	<i>Шаламов П.В.</i>							<i>ЮУрГУ</i>		
<i>Н.контр</i>	<i>Столярова Т.В.</i>				<i>Кафедра ТАМ</i>					
<i>Утв.</i>	<i>Гузеев В.И.</i>									

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ.....	7
1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия.....	7
1.2 Служебное назначение детали «Колесо зубчатое редуктора механизма поворота» и технические требования, предъявляемые к детали.....	9
1.3 Анализ технологичности конструкции детали.....	10
1.4 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для краностроения.....	15
1.5 Формирование целей и задач проектирования.....	16
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	17
2.1 Анализ существующей на предприятии документации по конструкторско-технологической подготовке действующего производства.....	17
2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса.....	17
2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента.....	24
2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса.....	28
2.1.4 Выводы по разделу.....	32
2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Колесо зубчатое редуктора механизма поворота».....	32
2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки.....	32
2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования.....	34

					<i>ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		3

2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта.....	40
2.2.4 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса.....	43
2.2.5 Расчёт режимов резания и норм времени на все операции проектного варианта технологического процесса.....	47
2.2.6 Выводы по разделу.....	57
3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	58
3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки.....	58
3.2 Проектирование и расчёт специального станочного приспособления.....	60
3.3 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента.....	69
3.4 Проектирование и расчёт специального режущего инструмента.....	74
3.5 Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля.....	82
4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....	89
4.1 Анализ возможных направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали.....	89
4.2 Разработка структурной схемы гибкого производственного участка.....	90
4.3 Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы (промышленные роботы, накопители, транспортные системы, складские системы).....	99
4.4 Базирование заготовки, полуфабриката, готовой детали в промышленном роботе, транспортном устройстве, промежуточном накопителе.....	101
4.5 Анализ производительности автоматизированной системы.....	102

5	ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ.....	103
6	БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ.....	104
6.1	Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда.....	104
6.2	Мероприятия по электробезопасности.....	106
6.3	Мероприятия по пожарной безопасности.....	108
7	ВЫВОДЫ ПО КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ.....	110
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	112

## ВВЕДЕНИЕ

Опыт изготовления деталей показал, что недостаточно четкое понимание служебного назначения детали заставляет вносить множество существенных изменений в конструкцию изделия не только в период производственного изготовления, но и при последующей эксплуатации и ремонте готового изделия. Эти изменения технических условий или конструкции изделия влекут за собой пересмотр технологических процессов, переделку технологической оснастки, оборудования и т.д. В результате удлиняются сроки подготовки производства и освоения выпуска новой продукции. Отсюда следует необходимость предельно четкого определения служебного назначения детали и правильного его отражения в технических условиях и различных нормах, которым должна соответствовать новое изделие.

Проектирование технологических процессов изготовления деталей должно вестись в соответствии с требованиями единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП), которая предусматривает широкое применение прогрессивных типовых технологических процессов, стандартная технологической оснастки и оборудования средств механизации и автоматизации производственных процессов, инженерно-технических и управленческих работ.

					<i>ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докц.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

# 1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

## 1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия

Рабочим узлом для детали «Колесо зубчатое механизма поворота» является редуктор механизма поворота автокрана Челябинец (рисунок 1).

Механизмом поворота является приводное устройство, которое предназначено для осуществления горизонтальных вращений поворотной части автокрана.

Эта конструкция состоит из редуктора, тормозной системы и гидромотора. В данной модификации автомобильного крана использован двухступенчатый вертикальный редуктор (соосный). Он изготовлен из качественного материала (чугуна), пригодного для долгой эксплуатации в разных условиях и температурных режимах.

Для того, чтобы механизм работал в штатном режиме, в корпусе постоянно должен поддерживаться нужный уровень масла. Оно заливается в редуктор через специальное отверстие, в обычном состоянии закупоренное пробкой. Для того, чтобы снизить вероятность протекания, в крышку встроены манжеты. Управляет механизмом крановщик с помощью левого джойстика, находящегося в кабине. Вручную можно повернуть платформу с помощью ключа, вращая шестеренку вала, оснащенную удобным хвостовиком.

Составные части редуктора механизма поворота представлены также на рисунке 1.

					<i>ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докц.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7





## 1.2 Служебное назначение детали «Колесо зубчатое механизма поворота» и технические требования, предъявляемые к детали

Колесо зубчатое это деталь в виде диска с зубьями на цилиндрической или конической поверхности, которые входят в зацепление с зубьями другого зубчатого колеса, тем самым обеспечивая передачу движения от источника (двигатель шасси), через коробку отбора мощности (КОМ автокрана), и далее по цепочке, вплоть до обеспечения вращательных движений.

Фрагмент рабочего чертежа детали «Колесо зубчатое механизма поворота» представлен на рисунке 2.

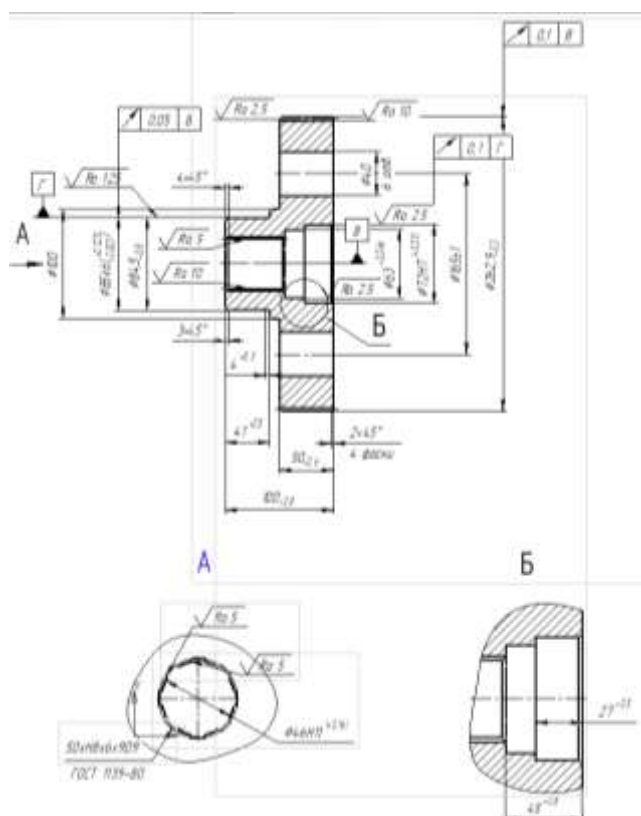


Рисунок 2 – Эскиз детали «Колесо зубчатое механизма поворота»

Основные требования к зубчатым колесам – износостойкость, плавность и бесшумность работы. Чем выше окружные скорости колес, тем точнее они должны быть сделаны, так как в противном случае будет большой износ и шум.

									Лист
									9
Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР				

Технические требования, предъявляемые к детали «Колесо зубчатое механизма поворота»:

1. Неуказанные предельные отклонения размеров  $\pm 0,5$  мм.
2. Термообработка 220...240 НВ.
3. Неуказанные шероховатости Ra 20 .
4. Допуск радиального биения относительно баз 0,1 и 0,05 мм.
5. Клеймить шрифтом 2.5–Пр3 ГОСТ 26.020–80 –клеймо ОТК.
6. Маркировать шрифтом 5–Пр3 ГОСТ 26.20–80 – модуль, число зубьев.

### 1.3 Анализ технологичности конструкции детали

Количественную оценку технологичности  $K$  проводят по частным и комплексным удовлетворяющим требованиям пределов их изменения:  $0 \leq K \leq 1$ . Более технологичной конструкции соответствуют большие значения коэффициентов. В работе необходимо определить частные показатели технологичности: коэффициенты точности  $K_{\text{тч}}$ , шероховатости  $K_{\text{ш}}$ , использования материала  $K_{\text{им}}$ , унификации конструктивных элементов детали  $K_{\text{уз}}$ , прогрессивности формообразование  $K_{\text{пфо}}$ . По частным показателям технологичности определяется комплексный показатель технологичности детали  $K$ , как среднее арифметическое значение рассчитанных показателей, который и сравнивается с базовым показателем технологичности КБ. Сравнение полученного комплексного показателя с аналогичным показателем для базовой конструкции позволяет сделать заключение о достигнутом уровне технологичности конструкции детали[8].

Показатель технологичности детали по точности размеров  $K_{\text{тч}}$  можно определить по формуле:

$$K_{\text{тч}} = \frac{3}{\frac{1}{K_{\text{лин}}} + \frac{1}{K_{\text{угл}}} + \frac{1}{K_{\text{фр}}}}, \quad (1)$$

									Лист
									10
Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР				





$$K_{цкс} = \frac{1 * 1,25}{1 * 1,25} = 1$$

Коэффициент шероховатости цилиндрических, конических и сферических поверхностей  $K_{пт}$  определяем по формуле:

$$K_{пт} = \frac{\sum_{i=1}^N R_{ai}}{2,5N_{пт}} \quad (7)$$

где  $R_{ai}$  – шероховатость  $i$  торцевой или плоской поверхности, мкм;  $N_{пт}$  – общее количество плоских и торцевых поверхностей, имеющих шероховатость  $R_a \leq 2,5$  мкм (поверхности с шероховатостью  $R_a$  более 2,5 мкм в расчете не учитываются).

$$K_{пт} = \frac{3 * 2,5 + 1 * 1,25}{4 * 2,5} = 0,87$$

Коэффициент использования материала  $K_{им}$  определяем по формуле[8]:

$$K_{им} = \frac{V_{дет}}{V_{заг}} \quad (8)$$

где  $V_{дет}$  – объем детали;  $V_{заг}$  – объем заготовки.

Объем детали считается следующим образом, складываются объемы ступеней зубчатого колеса и из них вычитаются объемы отверстий, которые получаются в ходе обработки детали.

$$V_{дет} = 2474528,6 \text{ мм}^3.$$

Заготовка представлена на рисунке 3.  $V_{заг} = 3100457 \text{ мм}^3$ .

$$K_{им} = \frac{2474528,6}{3100457} \approx 0,8$$

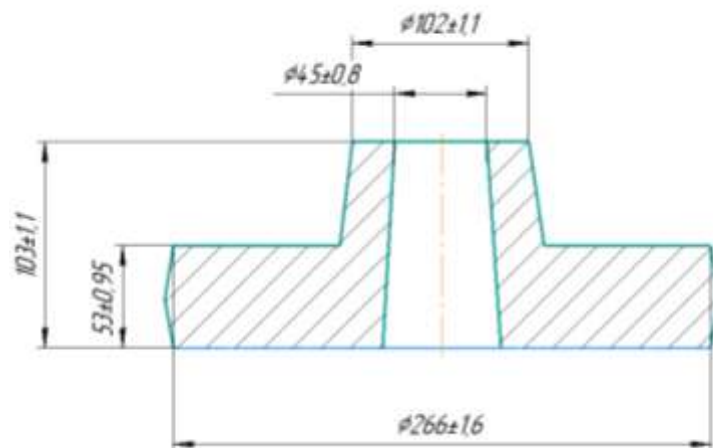


Рисунок 3 – Заготовка

Коэффициенты стандартизации и унификации конструктивных элементов детали Кс.у.э определяем по формуле:

$$K_{c.u.\varepsilon} = \frac{Q_{c.u.\varepsilon}}{Q} \quad (9)$$

где  $Q_{c.u.\varepsilon}$  – количество стандартных и унифицированных конструктивных элементов;  $Q$  – общее количество конструктивных элементов детали, включая стандартные и унифицированные.

$$K_{c.u.\varepsilon} = 1.$$

Коэффициент прогрессивности формообразования  $K_{пфо}$  определяется по формуле:

$$K_{пфо} = \frac{N_{пф}}{N} \quad (10)$$

$$K_{пфо} = 0.$$

Таким образом,

$$K = \frac{K_{тч} + K_{ш} + K_{им} + K_{c.u.\varepsilon} + K_{пфо}}{5} = \frac{0,9 + 0,46 + 0,8 + 1 + 0}{5} = 0,63$$

Общий коэффициент технологичности детали соответствует общим механическим нормам (0,3-0,7).

#### 1.4 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для краностроения

Основное достоинство отечественного краностроения – активное освоение сферы грузоподъемности. Безусловным достоинством кранов российского производства и всей сферы также можно назвать внедрение уникальным стрел со сложным профилем, который существенно отличается от коробчатого. Многие операции механической обработки производятся на современных металлорежущих станках и обрабатывающих центрах, но некоторые операции до сих пор производятся на станках-полуавтоматах и ручных станках.

За последние десять лет российские автокраны стали выигрышно отличаться ценой от зарубежных аналогов, предлагая схожие технические свойства техники. Тенденция к эксплуатации именно российских автомобильных кранов практически во всех областях строительства, ремонта и монтажа неуклонно растет.

Одним из главных российских конкурентов в отрасли изготовления запорной арматуры является немецкая компания «Liebherr». На сегодняшний день автомобильные краны Liebherr являются единственными, вылет стрелы у которых может достигать 141 метр, а несколько осей автомобильной базы способны поворачиваться независимо друг от друга. Эти свойства наделяют технику Liebherr высокой проходимостью и обеспечивает возможность движения по среднегористой местности. В остальном же, начиная от получения заготовок, заканчивая сборкой автокранов, отличий не наблюдается.

Как итогом можно сказать следующее: зарубежные технические решения пока что лучше, чем отечественные, хоть и отечественные автокраны пользуются большим спросом на мировом рынке. Главными отличиями зарубежных предприятий по созданию автокранов являются: применение только современного промышленного оборудования, использование современного режущего инструмента, автоматизация производства и исключение человеческого фактора.

					<i>ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		15

## 1.5 Формирование целей и задач проектирования

Целью курсового проектирования: разработка нового варианта технологического процесса изготовления детали «Колесо зубчатое механизма поворота», отличающегося по ряду конструкторских и технологических показателей от действующего на предприятии.

Для достижения заданной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Сделать анализ и обзор действующего на предприятии технологического процесса и спроектировать новый технологический процесс изготовления детали «Колесо зубчатое».
2. Спроектировать и рассчитать станочное приспособление, специальный режущий инструмент и выбрать измерительное оборудование для контрольной операции.
3. Разработать структурную схему гибкого производственного участка с учетом норм охраны труда и пожарной безопасности.
4. Разработать планировку участка механической обработки, встроенного в основную цех.

					<i>ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		16



## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Анализ существующей на предприятии документации по конструкторско-технологической подготовке действующего производства

#### 2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса

Операционные карты технологического процесса оформлены в соответствии с ГОСТ 3.1105-2011. Указаны номера операций, наименования и модели станков, станочных приспособлений, содержание переходов, наименования режущего инструмента, режимы резания, время, затрачиваемое на обработку.

Обрабатываемые поверхности выделены утолщенными линиями.

Операция 003 токарно-револьверная с ЧПУ.

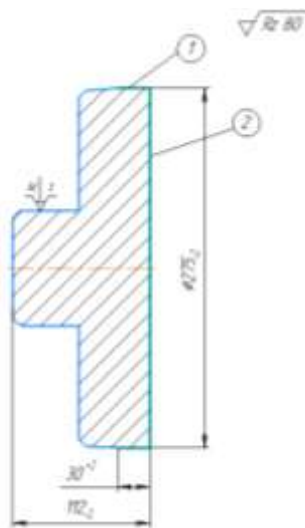


Рисунок 4 – Операция 003 токарно-револьверная с ЧПУ

На этой операции осуществляется точение поверхности, которая обозначена номером 1 и подрезание торца 2.

Комплект баз: двойная направляющая. Опорная база на карте эскиза отсутствует.

Станочные приспособления: трехкулачковый гидравлический патрон 380.

					<i>ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		17





Операция 015 радиально-сверлильная.

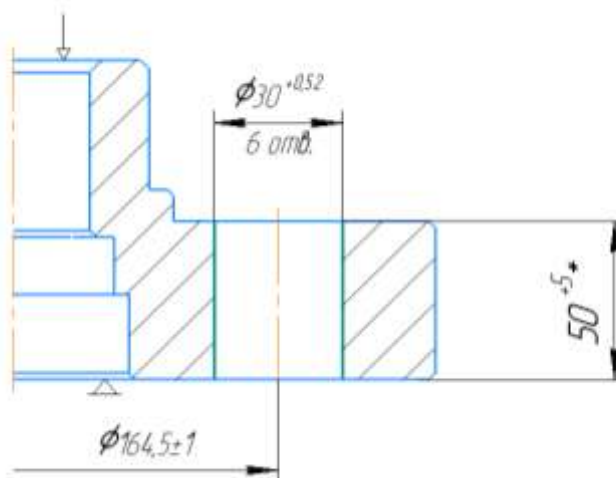


Рисунок 7 – Операция 015 радиально-сверлильная

На этой операции осуществляется сверление шести отверстий  $\text{Ø}30^{+0,52}$ .

Комплект база: опорная база. Схема базирования не корректна.

Станочные приспособления: пневмостол ПЗ-2035.

Мерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 ГОСТ 166-89.

Применяемые станки: радиально-сверлильный станок 2М55.

В качестве режущего инструмента используется сверло 30 2301-0106 ГОСТ 10903-77.

Перед сверлением нужно разместить центры отверстий и накернить с помощью кернера 7843-0042 ГОСТ 7213-72 и молотка 7850-0103 ГОСТ 2310-77.

После сверления зачистить заусенцы напильником.

На данном эскизе технологического процесса видны некоторые ошибки:

1) неправильно указанный размер  $\text{Ø}30^{+0,52}$  отверстия, по сравнению с диаметром, который указан на чертеже детали ( $\text{Ø}40$ );

2) неправильно указанный размер  $\text{Ø}164,5\pm 1$ , т.к на чертеже детали указан размер  $\text{Ø}165\pm 1$ .

Операция 020 горизонтально-протяжная.

										Лист
										20
Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата						

ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР

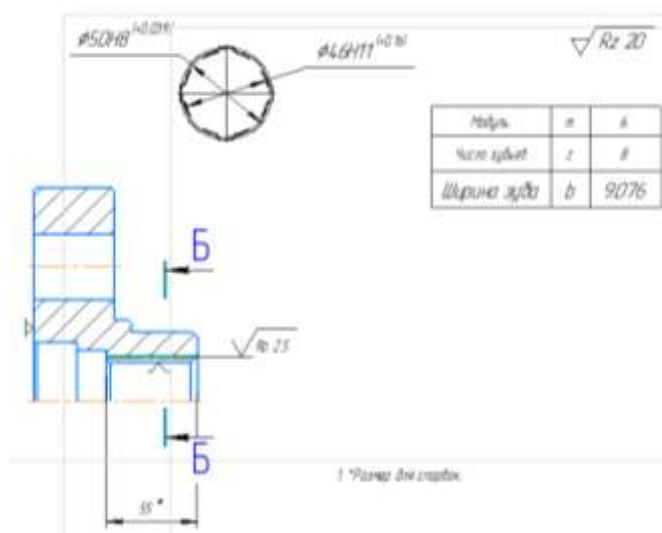


Рисунок 8 – Операция 020 горизонтально-протяжная

На этой операции протягивается отверстие с прямобочными шлицами.

Комплект баз: опорная. Схема базирования не корректна.

Станочные приспособления: планшайба ПР-4356, патрон ВД-976.

Мерительный инструмент: пробка РП-1195-05.

Применяемые станки: горизонтально-протяжном станке 7Б57.

В качестве режущего инструмента используется протяжка 50xH8x6x9D9 2402-1313 ГОСТ 1139-80.

Операция 025 токарно-револьверная с ЧПУ.

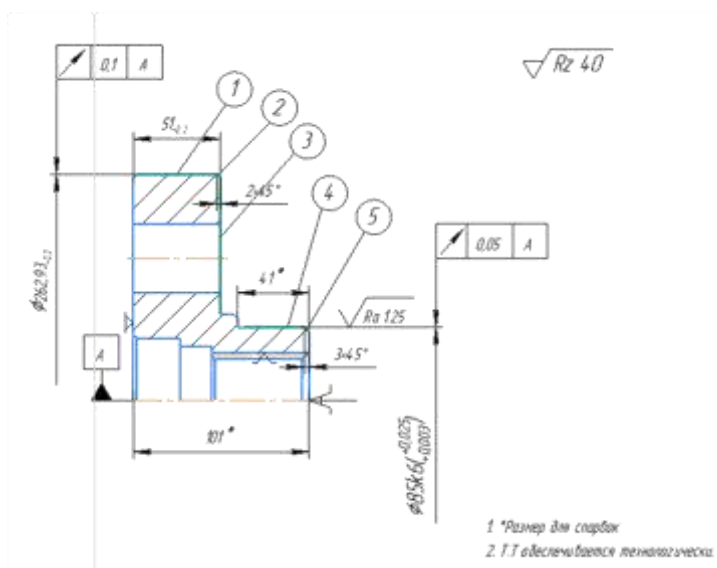


Рисунок 9 – Операция 025 токарно-револьверная с ЧПУ

На этой операции осуществляется подрезание торца 3, точение поверхностей 1,4 и фасок 2,5.

Комплект баз: опорная. Схема базирования не корректна.

Технологическая оснастка: оправка ПЗ-2873.

Станочные приспособления: патрон гидравлический 250, центр 362082 600-20 МК4.

Мерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 ГОСТ 166-89, штангенциркуль ШЦ-III-300-0.1 ГОСТ 166-89.

Применяемые станки: токарно-револьверный станок с ЧПУ SL-30TNE.

В качестве режущего инструмента используется токарная державка DCLNR 2525M 12 со сменной пластиной CNMG 12 04 08-PR 4225.

На данной технологической операции допущена ошибка, т.к на эскизе показано что центр упирается в отверстие детали, что на практике невозможно.

Операция 030 токарно-револьверная с ЧПУ.

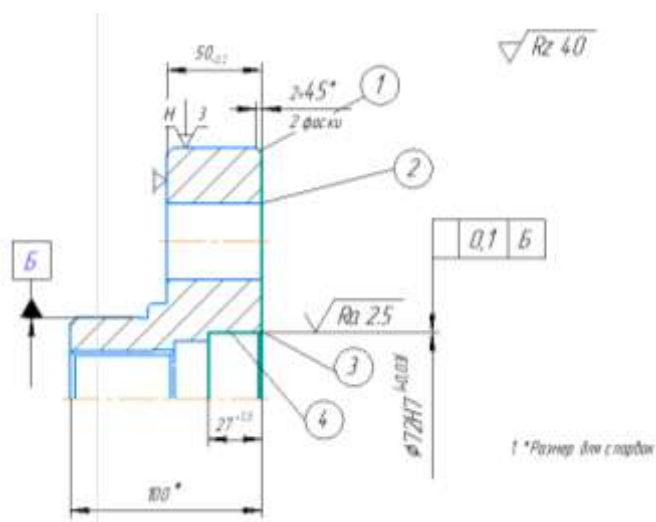


Рисунок 10 – Операция 030 токарно-револьверная с ЧПУ

На этой операции осуществляется подрезание торца 2 и фаски 1, растачивание отверстия 4 и фаски 3.

Комплект баз: двойная направляющая и опорная.

Станочные приспособления: патрон гидравлический 250.

										Лист
										22
Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата						

ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР

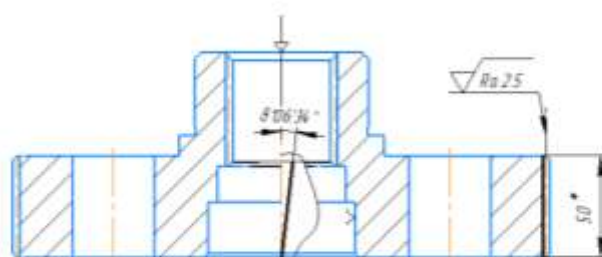
Мерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 ГОСТ 166-89, штангенциркуль ШЦ-II-250-0.1 ГОСТ 166-89.

Применяемые станки: токарно-револьверный станок с ЧПУ SL-30TNE.

В качестве режущего инструмента используется токарная державка DCLNR 2525M 12 со сменной пластиной CNMG 12 04 08-PR 4225.

Вспомогательный инструмент: оправка S32U-SVUBR 16; пластина VBMT 16 04 04-PF 4215.

Операция 035 зубофрезерная.



Модуль	<i>m</i>	3,5
Число зубьев	<i>z</i>	71
Угол наклона зубьев	<i>β</i>	8°06'34"
Направление зубьев	-	правое
Нормальный исходный контур	-	ГОСТ 13755-68
Коэффициент смещения	<i>x</i>	-0,300
Сталь по ГОСТ 1643-81		8-9-8-8
Длина общей нормали	<i>W</i>	8046 <sup>+0,127</sup> <sub>0,001</sub>
Допуск на радиальное биение зубчатого венца	<i>F<sub>r</sub></i>	0,100
Делительный диаметр	<i>d</i>	258,09
Обозначение чертёжа сопряжённого колеса	-	КС-357728073

Рисунок 11 – Операция 035 зубофрезерная

Комплект баз: опорная. Схема базирования некорректна.

На этой операции фрезеруются зубья.

Станочные приспособления: приспособление ПЗ-2850, шайба ПЗ-2850-19, шайба ПЗ-2850-7.

Мерительный инструмент: скоба РС-1083-70 W=80,46, штангенциркуль ШЦ-II-200-0.05 ГОСТ 166-89.

Применяемые станки: зубофрезерный станок 53А50Н.

В качестве режущего инструмента используется фреза (*m*=3.5) 2510-4169 В ГОСТ 9324-80.

После зубофрезерования нужно зачистить заусенцы, притупить острые кромки на зубьях и маркировать.

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

Технологический процесс изготовления детали «Колесо зубчатое механизма поворота» проходит на пяти различных станках.

На рисунке 21 представлен токарно-револьверный центр с ЧПУ LTC-30BP, на котором проходят операции 003 и 006.



Рисунок 12 – Токарно-револьверный центр с ЧПУ LTC-30BP

Токарные станки серии LTC имеют массивную чугунную наклонную станину. Широкие направляющие скольжения и шарико-винтовые пары увеличенного диаметра придают конструкции дополнительную жесткость. Особенно хорошо станки этой серии подходят для обработки труднообрабатываемых материалов, точения поковок и отливок.

Станки с приводным инструментом могут быть оснащены револьверной головкой по стандарту ВМТ. Он имеет большой посадочный диаметр и большую опорную плоскость. Державки крепятся к головке с помощью 4х болтов. Макси-



мальный диаметр обработки до 550мм. Максимальная скорость вращения главного шпинделя 2500 об/мин. Количество позиций в револьверной головке 10.

Производственные системы на базе данного станка позволяют выполнять широкий диапазон задач:

- 1) нарезание наружной и внутренней резьбы;
- 2) обработка различных поверхностей тел вращения (точение, подрезка торца);
- 3) отрезка и обработка канавок.

На рисунке 13 представлен радиально-сверлильный станок 2М55, на котором проходит 015 операция.



Рисунок 13 – Радиально-сверлильный станок 2М55

Станок радиально-сверлильный 2М55 предназначен для сверления, рас-сверливания, зенкерования, развертывания, растачивания отверстий, нарезания резьбы метчиками, подрезки торцов резцом.

Радиально-сверлильный станок 2М55 имеет двухколонную компоновку станочной части, что позволяет создать жесткую конструкцию узла, недопускающую смещение оси шпинделя при зажиме колонны. Специальный зажим колонны центрального типа создает тормозной момент, гарантирующий высокопроизводи-

тельное сверление. Станок 2м55 имеет механизм автоматического выключения при достижении заданной глубины сверления.

Для поворота колонны требуется незначительное усилие на самом малом радиусе сверления, что также обеспечивает высокую производительность работы и снижает утомляемость оператора. Широкий диапазон чисел оборотов и подач шпинделя обеспечивает высокопроизводительную работу при любых сочетаниях обрабатываемых материалов, инструмента размеров и т. д. Частота прямого вращения шпинделя 20...2000 об/мин. Пределы рабочих подач на один оборот шпинделя 0,056...2,5 мм/об.

На рисунке 14 представлен горизонтально-протяжной станок 7Б57, на котором проходит 020 операция.

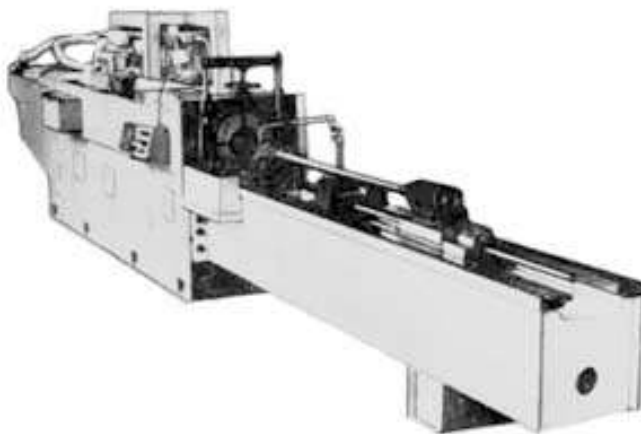


Рисунок 14 – Горизонтально-протяжной станок 7Б57

Горизонтально-протяжной станок 7Б56 предназначен для обработки методом протягивания предварительно обработанных или черновых сквозных отверстий различной геометрической формы и размеров деталей из черных и цветных металлов и сплавов. При помощи специальных приспособлений можно обрабатывать наружные поверхности.

Станок отличается большой производительностью, высокой точностью обработки. Скорость рабочего хода 1,5...11,5 м/мин.

					<i>ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		26

На рисунке 15 представлен токарно-револьверный центр с ЧПУ SL-30TNE, на котором проходит 025 операция.



Рисунок 15 – Токарно-револьверный центр с ЧПУ SL-30TNE

Универсальный токарный станок повышенной точности HAAS SL-30 предназначен для выполнения самых разнообразных токарных, резьбонарезных и сверлильных работ повышенной точности.

Занимаемая площадь модели SL-30TNE составляет всего 3,8 x 2,8 м, при этом станок обеспечивает максимальный диаметр обработки 762 мм и длину 768 мм. Частота вращения шпинделя 3400 об/мин.

На рисунке 16 представлен зубофрезерный станок 53A50H, на котором проходит 035 операция.



Рисунок 16 – Зубофрезерный станок 53A50H

Универсальный зубофрезерный станок полуавтомат 53А50 предназначен для нарезания (фрезерования) цилиндрических прямозубых, косозубых и червячных колес в условиях единичного и серийного производства. Нарезание зубчатых колес производится по способу обкатки червячной фрезы и обрабатываемой заготовки попутным или встречным методами фрезерования. Станок работает по замкнутому полуавтоматическому циклу и по циклу наладки. Наличие циклов радиальной, тангенциальной и диагональной подачи значительно расширяет технологические возможности полуавтоматов.

Пределы оборотов фрезы 40...405 мм/об. Пределы продольных (вертикальных) подач 0,75..7,5мм/об. Пределы радиальных подач 0,2..2,25 мм/об. Пределы тангенциальных подач 0,13..2,6 мм/об. Наибольший диаметр нарезаемых цилиндрических прямозубых колес (0°) с задней стойкой (с контрподдержкой) 500 мм.

Специальное станочное приспособление используется только для зубофрезерной операции. На остальных операциях отдают предпочтение стандартным станочным приспособлениям, например трехкулачковый гидравлический патрон.

В качестве режущего инструмента на предприятии используются современные токарные державки для токарно-револьверных операций, но названия берутся по устаревшим каталогам.

### 2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса

Одним из инструментов определения рациональности конструкторских решений является анализ размерных связей. В проектировании необходимо, чтобы назначенные припуски были минимальными и достаточными. Припуски не должны быть чрезмерно большими, чтобы не удорожать обработку, и чрезмерно маленькими, чтобы не было «черноты».

В графической части на плакате представлена размерная схема действующего технологического процесса изготовления вала.

					<i>ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		28

Вычислим припуски на обработку и сравним их с минимально необходимыми.

Минимально необходимый припуск для любой операции рассчитывается по формуле:

$$Z_{min} = Df + Rz, \quad (11)$$

где  $Df$  – величина дефектного слоя, мм;  $Rz$  – шероховатость с предыдущей операции, мм.

Для примера рассчитаем один из припуска, остальные припуски были посчитаны в специальной программе, а результаты сведены в таблицу (приложение А).

Для операции 003 и 005 при черновом точении  $Df = 0,1$  мм,  $Rz = 0,16$  мм.

Тогда:

$$Z_{min} = 0,1 + 0,16 = 0,26 \text{ мм.}$$

Фактический припуск равен:

$$[86 \dots 85] = (85 \dots 18) - (18 \dots 86) = 275_{-2} - 265_{-0,5} = 10_{-2}^{+0,5}$$

Минимально необходимый припуск для данной операции равен:

$$Z = Z_{min} + \frac{T_Z}{2} - \Delta_0 Z, \quad (12)$$

где  $T_Z$  – допуск замыкающего звена, мм;  $\Delta_0 Z$  – координата середины поля допуска замыкающего звена, мм.

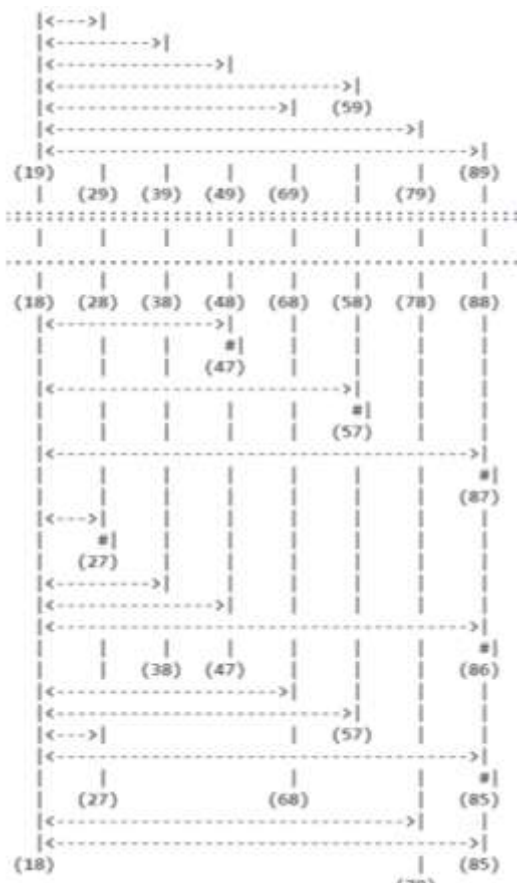
$$Z = 0,26 + \frac{2,15}{2} - (-1,075) = 1,41 \text{ мм.}$$

$10 > 1,41$  – припуск завышен, чрезмерный расход материала.

Припуск на обработку не совпадает с расчетными. Там где припуск занижен, будет появляться «чернота», а где завышен, неэкономно используется материал. В действующем технологическом процессе в одном положении при размерном анализе замыкающих звеньев нет. В другом положении при размерном анализе выявлено два замыкающих звена. На рисунках 17 и 18 представлены размерная цепь и расчет размерной цепи в программе «Visual KursAR».

					ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата		29





11: 0 10 29 46 0,10 0	21: 0 10 29 63 0,6 0
12: 0 10 49 72 0,01 0	41: 0 10 50 85 0,025 0,001
5: 0 10 69 84,5 0 -0,8	61: 0 10 70 100 0 -0,87
7: 0 10 89 262,0 0 -0,3	81: 0 10 46 72 0,01 0
9: 2 40 47 0,055	10: 0 10 50 85 0,025 0,001
11: 2 50 57 0,055	12: 0 10 80 262,0 0 -0,1
13: 2 80 87 0,055	14: 0 10 20 46 0,16 0
15: 2 20 27 0,055	16: 0 10 30 63 0,6 0
17: 0 10 47 70 0,6 0	18: 0 10 87 265 0 -0,5
19: 2 07 86 0,11	20: 0 10 60 84,5 0 -0,8
21: 0 10 57 87 0 -0,7	22: 0 10 27 43 0,16 0
23: 0 10 86 265 0 -0,15	24: 2 00 85 0,26
25: 0 10 70 100 1,1 -1,1	26: 0 10 85 275 0 -2

- Гр. 0 и 1 ... - замыкающие звенья в обратной задаче - [0] = 0.
- Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче ... - [-] = 0.
- Гр. 5 ..... - замыкающие-замыкающие размеры-звенья - [-] = 0.
- Гр. 6 ..... - составляющие определяемые размеры ... - [-] = 0.
- Гр. 7 и 8 ... - составляющие известные размеры ..... - [+] = 13.
- Гр. 9 ..... - исходные (чертежные) размеры ..... - [+] = 7.

Диагностическая информация по схеме  
 Все размеры схемы связаны и не имеют циклов.

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

- Цели размерные.  
 Уравнения решены методом Максимиума-Минимиума)
1. [48047] += [18+47] - [18+48]
  2. [50057] += [18+57] - [18+58]
  3. [80087] += [18+87] - [18+88]
  4. [20027] += [18+27] - [18+28]
  5. [07006] += [18+06] - [18+07]
  6. [06005] += [18+05] - [18+06]

Г	Цели	Изнач.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчета
р	Левой и	значения	отклон.	отклон.	значение	предельных зна-
у	правой	.....	.....	.....	.....	.....
h	поверхности	Если нет	Предельн.	значен.	размер	исходного звена
на	ствей звена	значения:	Min и	Max	значен.	по Min и по Max
18	48	47	-2,030	-1,400	-1,715	-2,005
18	50	57	1,275	1,997	1,636	1,220
18	80	87	1,000	2,400	2,000	1,545
18	20	27	-1,160	-2,840	-1,000	-1,215
18	07	06	-0,150	0,500	0,175	0,200
18	06	05	0,000	10,150	0,075	2,740

Рисунок 18 – Расчет размерной цепи в программе «Visual KursAR»

#### 2.1.4 Выводы

Заготовка получается путем горячей объемной штамповки. В качестве заготовки штамповки применяю прокат круглого профиля Ø275 мм. Материал исходной заготовки является: Сталь 40Х. Существенным недостатком является коэффициент использования материала:  $\approx 0,5$ .

В качестве станочных приспособлений и технологической оснастки в действующем технологическом процессе используются стандартные и специальные приспособления и оснастка, что эффективно для любых типов производств. В качестве контрольных приспособлений используются стандартные приспособления, что эффективно для крупносерийного производства.

После проведения размерного анализа действующего технологического процесса стало видно, что припуски на обработку не совпадают с расчетными. Там где припуск занижен, будет появляться «чернота», а где завышен, неэкономно используется материал. Невысокий КИМ обуславливается перепадом максимального и минимального диаметральных размеров готовой детали.

### 2.2 Проектирование технологического процесса изготовления детали «Колесо зубчатое механизма поворота»

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

Заготовки для зубчатых колёс получают из проката, свободной ковкой, штамповкой в подкладных штампах на молотах и прессах, штамповкой в закреплённых штампах на молотах, прессах и горизонтально-ковочных машинах.

В мелкосерийном производстве применяют штамповку в подкладных штампах. В этом случае форма заготовки ближе к форме детали, но имеет большие припуски под механическую обработку. Штамповка производится на прессах и ковочных молотах[4].

					<i>ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		32



В крупносерийном и массовом производстве применяется штамповка в закреплённых штампах. Закреплённые штампы бывают открытые и закрытые. В этом случае заготовка имеет наиболее правильную форму. К недостаткам метода следует отнести повышенный расход штампов.

Штамповка на горизонтально-ковочных машинах позволяет получать заготовки, как с хвостовиком, так и с отверстием. Метод характерен высокой производительностью и достаточно высокой точностью получаемых заготовок. Различают холодную и горячую штамповку.

При горячей штамповке металл разогревается до определённой температуры, облегчающей процесс пластического деформирования. Затем заготовки подвергаются термической обработке – нормализации, и очистке от окалины химическим травлением или подвергаются дробеструйной обработке. Штамповочные уклоны облегчают удаление поковки из ручья. Минимально допустимые штамповочные уклоны для данной заготовки 15°.

Материал детали Сталь 40Х. Самым рациональным методом получения заготовки для детали «Колесо зубчатое механизма поворота» является горячая объемная штамповка, после чего пробивается центральное отверстие. Горячая объемная штамповка обладает такими достоинствами, как:

- 1) изготовление поковок весьма сложной формы;
- 2) снижение потерь материалов;
- 3) снижение удельной трудоемкости;
- 4) нет необходимости в высокой квалификации штамповщика;

точность соблюдения габаритов и конфигурации.

Коэффициент использования материала  $K_{им}$  определяем по формуле 8:

$$K_{им} = 0,8$$

Эскиз заготовки представлен на рисунке 19.

					<i>ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		33

√ Rz 100

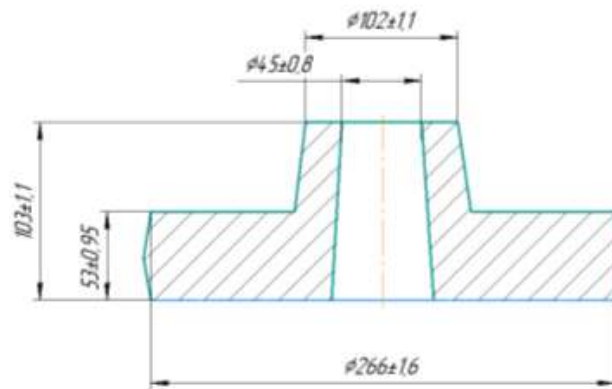


Рисунок 19 – Эскиз заготовки

### 2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования

Так как заготовкой является горячая штамповка, то поверхности получают по 16 качеству. Для того чтобы получить нужные нам размеры в нужных качествах в процессе механической обработки обрабатывается вся поверхность заготовки.

При проектировании нового технологического процесса в качестве нового технологического оборудования выберем обрабатывающий центр «DL20M» от немецкого производителя «ОPTIMUM». Высокоскоростной многофункциональный токарный станок с ЧПУ предназначен для прецизионной обработки деталей среднего размера в условиях серийного производства. Данный центр специально разработан с учетом возможности встраивания в состав автоматических и роботизированных поточных линий.

Характеристики данного обрабатывающего центра приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики станка DL20M

Наименование	Ед. измерения	Значение
Макс. диаметр обработки	мм	440
Револьверная головка		
Количество позиций	шт	12

Продолжение таблицы 1

Максимальный размер державки резца	мм	25x25
Время смены инструмента (соседний / противоположный)	с	0,36/1,6
Перемещения и подачи		
Перемещение по оси X	мм	265
Перемещение по оси Z	мм	640/2040
Габаритные размеры		
Длина	мм	3990
Ширина	мм	1900
Высота	мм	1845



Рисунок 20 – Обрабатывающий центр DL20M

Для протяжной операции выберем один из самых распространенных на производствах горизонтально-протяжной станок 7Б57, технические характеристики которого представлены в таблице 2.



раем по каталогу «DETRON» поворотный стол GXH-170S. Технические характеристики станка представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики зубофрезерного станка 53В30ПФ3

Наименование	Ед. измерения	Значение
Наиб. диаметр обрабатываемого зубчатого колеса	мм	320
Наиб. модуль обрабатываемого зуб. колеса	модуль	6
Пределы частоты вращения фрезерного шпинделя	об/мин	50-500
Пределы величин подач		
Вертикальной	мм/мин	0,63-7,3
Радиальной	мм/мин	1-16
Габаритные размеры		
Длина	мм	2300
Ширина	мм	1300
Высота	мм	1950



Рисунок 21 – Зубофрезерный станок 53В30ПФ3

Для автоматизированного производства и практически безлюдного режима работы участка необходим промышленный робот, способный переставлять деталь в нужные моменты во время механической обработки и компоновать детали в тару для дальнейшего перемещения тары по автоматизированной линии производства. Так как деталь имеет массу 13,1 кг, применим промышленный робот КУКА KR 30-3, представленный на рисунке 20.

Данный робот грузоподъемностью 30 кг и радиусом действия 2м, обладает средней грузоподъемностью и способен выполнять мощные и точные движения. Технические характеристики данного робота представлены на рисунке 21.



Рисунок 22 – Промышленный робот KUKA KR 30-3


		KR 30-3
Радиус действия, макс.	_____	2033 мм
Номин. грузоподъемность	_____	30 кг
Номин. дополнительная нагрузка на манипулятор/балансир/карусель	— 35 кг/—/—	
Макс. грузоподъемность	_____	65 кг
Повторяемость позиционирования	_____	±0,06 мм
Количество осей	_____	6
Монтажное положение	_____	на полу, потолке
Исполнение	_____	 
Площадь установки робота	_____	850 мм x 950 мм
Вес (без системы управления), прибл.	_____	665
<b>Данные по осям/</b>		<b>Скорость при ном.</b>
<b>Зона перемещения</b>		<b>грузоподъемности 30 кг</b>
Ось 1 (A1)	_____ +/-185°	140°/с
Ось 2 (A2)	_____ +35°/-135°	126°/с
Ось 3 (A3)	_____ +158°/-120°	140°/с
Ось 4 (A4)	_____ +/-350°	260°/с
Ось 5 (A5)	_____ +/-119°	245°/с
Ось 6 (A6)	_____ +/-350°	322°/с

Рисунок 23 – Технические характеристики робота KUKA KR 30-3

### 2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии

Маршрутный технологический процесс представлен в таблице 5.

Таблица 4 – Маршрутный технологический процесс

Название и номер операции	Оборудование
000 Заготовительная (горячая штамповка)	
005 Токарная с ЧПУ	Обрабатывающий центр «DL20M»
010 Токарно-винторезная с ЧПУ	Обрабатывающий центр «DL20M»
015 Горизонтально-протяжная	Горизонтально-протяжной станок 7Б57
020 Зубофрезерная	Зубофрезерный станок 53В30ПФ3
025 Моечная	Моечная машина АМ50
030 Контрольная	

Операция 005 токарная с ЧПУ.

Операционный эскиз 005 токарно-револьверная с ЧПУ представлен на рисунке 24.

Комплект баз: двойная направляющая и опорная.





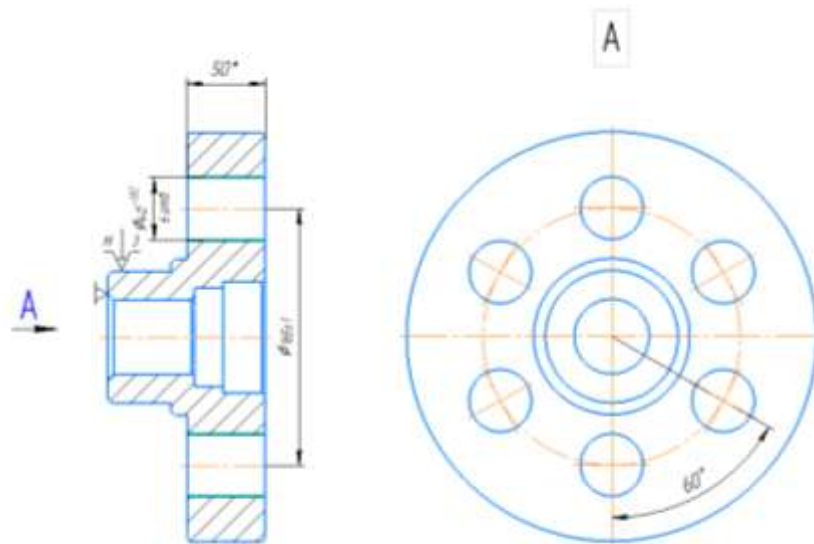


Рисунок 26 – Операционный эскиз 010 операции

Операция 015 горизонтально-протяжная.

Комплект баз: двойная направляющая и опорная.

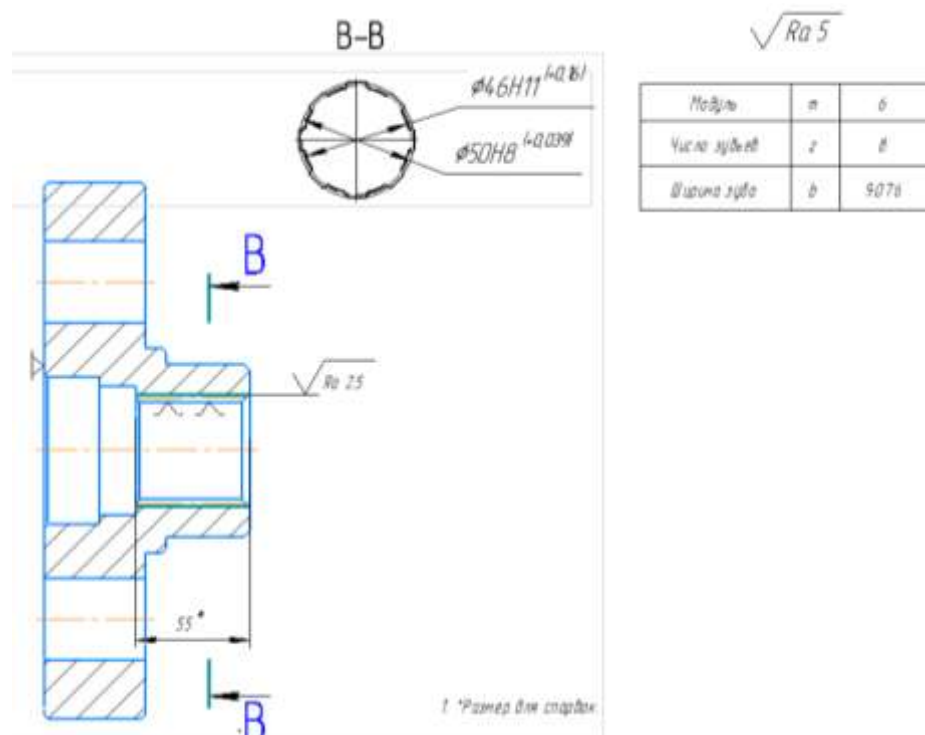


Рисунок 27 – Операционный эскиз 015 операции

Операция 020 зубофрезерная.

Комплект баз: двойная направляющая, опорная.

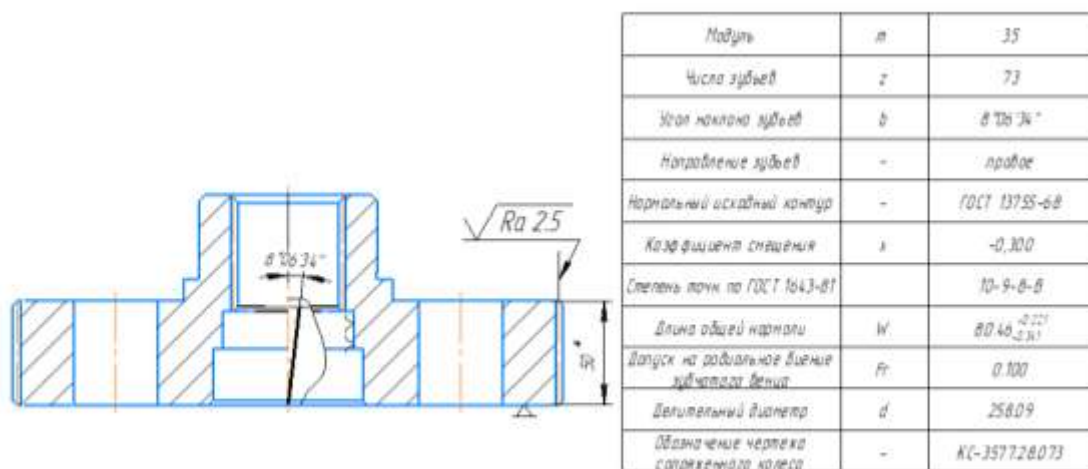


Рисунок 28 – Операционный эскиз 020 операции

## 2.2.4 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса

Размерная схема представлена в графической части на плакате.

Для проектного варианта ТП составим размерную схему, составим уравнения припусков и рассчитаем размеры заготовки.

Замыкающие звенья в размерных схемах отсутствуют. Для расчета составляющих определяемых размеров и необходимых припусков воспользуемся специальной программой. Но в качестве примера произведем расчет одного припуска и найдем один размер заготовки способом ручных расчетов.

Расчёт выполняется по формулам:

$$z = z_{min} + \frac{T_{Ai}}{2} - \Delta 0A_i \quad (13)$$

$$T_{A\Delta} = \sum_{i=1}^{n=1} T_{Ai} \quad (14)$$

$$\Delta 0A_{\Delta} = \sum \Delta 0A_{iув} - \sum \Delta 0A_{iум} \quad (15)$$

$$\Delta 0A_i = \frac{в.о.A_i + н.о.A_i}{2}, \quad (16)$$

где  $z$  – минимальный необходимый припуск;  $z_{min}$  – сумма шероховатости и величины дефектного слоя поверхностей; в. о.  $A_i$  – верхнее отклонение; н. о.  $A_i$  – нижнее отклонение;  $\Delta 0A_\Delta$  – координата середины поля допуска замыкающего звена;  $\Delta 0A_i$  – координата середины поля допуска составляющего звена;  $T_{Ai}$  – допуск звена.

Минимальный припуск рассчитывается по формуле 11:

Для черновой токарной обработки (операция 005)  $Rz = 160$  мкм и  $Df = 100$  мкм, соответственно получаем:

$$z_{min} = 160 + 100 = 260 \text{ мкм} = 0,26 \text{ мм.}$$

Составим размерную цепь методом максимума-минимума:

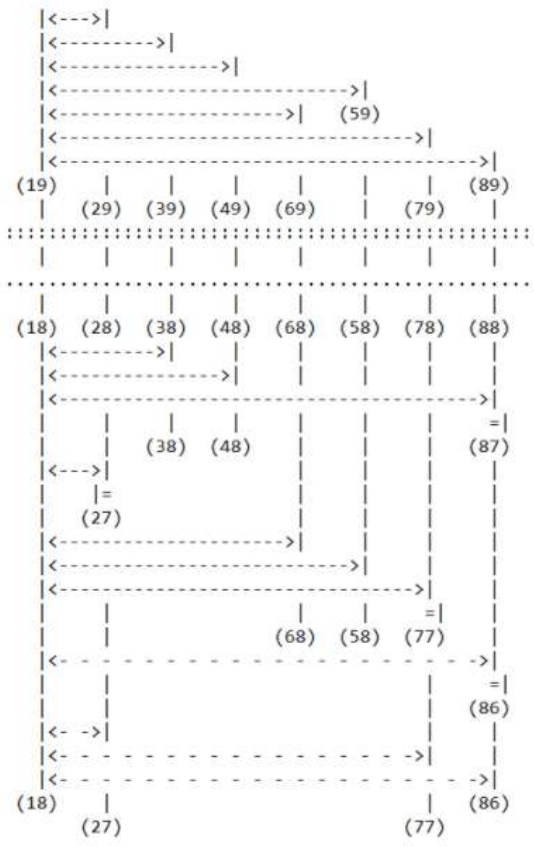
$$[87 \dots 86] = +(86 \dots 18) - (18 \dots 87)$$

$$[87 \dots 86] = 0,26 + \frac{3,2+1,3}{2} - (-0,65) = 1,36 \text{ мм}$$

$$[18 \dots 86] = 263,9_{-1,3} - 1,36 = 265,8 \pm 1,6 \text{ мм}$$

Таким образом, для того чтобы расход материала был минимальным и при обработке не образовалась чернота идеальным габаритным размером заготовки будет  $\varnothing 265,8 \pm 1,6$  мм. На рисунках 29 и 30 представлены размерная цепь и расчет размерной цепи в программе «Visual KursAR».





```

1: 0 10 20 40 0,10 0          2: 0 10 20 63 0,040 0
3: 0 10 40 72 0,03 0          4: 0 10 50 85 0,025 0,003
5: 0 10 60 84,5 0 -0,8        6: 0 10 70 100 0 -0,67
7: 0 10 80 262,9 0 -0,3        8: 0 10 90 63 0,040 0
9: 0 10 40 72 0,03 0          10: 0 10 60 262,9 0 -0,3
11: 2 80 87 -0,3              12: 0 10 20 46 0,16 0
13: 2 27 28 0,11              14: 0 10 60 84,5 0 -0,8
15: 0 10 58 85 0,025 0,003    16: 0 10 70 100 0 -0,67
17: 2 70 77 0,11              18: 0 10 67 0 -1,3 3
19: 2 87 86 0,26              20: 0 10 27 0,8 -0,8 3
21: 0 10 77 1,1 -1,1 3        22: 0 10 86 1,5 -1,6 3

```

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

Диагностическая информация по цепи  
 Все размеры цепи связаны и не имеют циклов.  
 Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [5] = 4.  
 Гр. 6 ..... - составляющие определяющие размеры .. - (-) = 4.  
 Целевые размеры.  
 Уравнения решены методом Рунге-Кутты:  
 1. [80-87] += (10-67) - (10-86)  
 2. [27-28] += (10-20) - (10-27)  
 3. [70-77] += (10-77) - (10-70)  
 4. [87-86] += (10-86) - (10-87)

Гр	Имя	Начальное значение	Изменение	Среднее значение	Запасы расчета
[2]	80 87	-0,900	1,300	0,500	0,000
[2]	27 28	0,110	1,070	0,900	0,000
[2]	70 77	0,110	1,100	1,645	0,000
[2]	87 86	0,260	4,760	2,510	0,000
[6]	10 87	262,900	0,000	-1,000	261,750
[6]	10 27	45,000	0,000	-0,800	45,000
[6]	10 77	101,210	1,100	-1,100	101,210
[6]	10 86	265,700	1,000	-1,000	265,700

Рисунок 30 – Расчет размерной цепи в программе «Visual KursAR»

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

При точении обработка может производиться за один или несколько проходов в зависимости от точности и диаметра заготовки и требуемой точности и диаметра детали.

Исходные данные:

Деталь:

- наименование детали – Колесо зубчатое;
- материал – сталь 40Х (220...240 НВ);
- параметр шероховатости поверхности  $Ra=20$  мкм.

Заготовка:

- штамповка 16 квалитет точности;
- масса: 13,1 кг
- припуск на обработку 1,36 (по результатам размерного анализа)
- состояние поверхности: с коркой.

Оборудование: обрабатывающий центр с ЧПУ «DL20M».

Частота вращения шпинделя: 265...2040 об/мин.

Операция:

- приспособление: трехкулачковый патрон;
- содержание операции: точение наружных поверхностей и растачивание внутреннего отверстия ( $\varnothing 46$ ).

Выбор стадий обработки.

При токарной операции 005 обработанные поверхности соответствуют разным квалитетам. По карте 1[1] назначают необходимые стадии обработки. Для получения размера  $262,9h14_{(-0,3)}$  необходимо выполнение черновой и чистовой стадий обработки.

Выбор глубины резания.

По карте 2[1] определяем необходимую глубину резания для соответствующих стадий обработки.

					<i>ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		47

Для чистовой стадии обработки: рекомендуется  $t=1,2$  мм. Глубину резания для черновой стадии определяют исходя из общего припуска на обработку и суммы глубин резания на других стадиях обработки. Значит  $t=0,7$  мм.

Используемый инструмент.

Применяемый режущий инструмент описан в пункте 3.3.

Выбор подачи.

Для черновой стадии обработки значение подачи определяем по карте 4 [1]  
 $S_{от} = 0,83$  мм/об.

По карте 5 [1] выбираем поправочные коэффициенты в зависимости от:

- сечения державки резца  $K_{S_d} = 1$ ;
- прочности режущей части  $K_{S_h} = 1$ ;
- механических свойств обрабатываемого материала  $K_{S_M} = 1$ ;
- схемы установки заготовки  $K_{S_y} = 1,2$ ;
- состояния поверхности заготовки  $K_{S_{п}} = 1$ ;
- геометрических параметров резца  $K_{S_{\phi}} = 1$ ;
- жесткости станка  $K_{S_j} = 0,1$ .

Таким образом, подача для черновой стадии равна:

$$S = 0,83 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,99 \text{ мм/об.}$$

Аналогично находим подачи для чистовой стадии обработки с учетом поправочных коэффициентов:  $S = 0,42$  мм/об.

Рассчитаем скорость резания.

Рекомендуемую скорость резания для черновой стадии обработки выбирают по карте 21 [1]  $V_T = 140$  м/мин, поправочный коэффициент в зависимости от инструментального материала  $K_{V_{и}} = 1,2$ .

По карте 23 [1] выбираем остальные поправочные коэффициенты на скорость резания для черновой стадии обработки для измененных условий в зависимости от:

- группы обрабатываемости материала  $K_{V_C} = 1$ ;



- вида обработки  $K_{V_0} = 1$ ;
- жесткости станка  $K_{V_j} = 1$ ;
- механических свойств обрабатываемого материала  $K_{V_M} = 1$ ;
- геометрических параметров резца  $K_{V_\phi} = 1,2$ ;
- периода стойкости режущей части  $K_{V_T} = 1$ ;
- наличия охлаждения  $K_{V_{жк}} = 1$ .

С учетом поправочных коэффициентов скорость резания равна:

$$V_{\text{черн}} = 140 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 201,6 \text{ м/мин.}$$

Аналогично определяем скорость резания для чистовой стадии обработки  $V_{\text{ч}} = 150 \text{ м/мин.}$

Частота вращения шпинделя:

$$n_{\text{черн}} = \frac{1000 \cdot 201,6}{3,14 \cdot 262,9} = 244 \text{ об/мин,}$$

$$n_{\text{чист}} = \frac{1000 \cdot 150}{3,14 \cdot 262,9} = 181 \text{ об/мин}$$

Выбранные режимы резания удовлетворяют паспорту станка.

Расчет режимов резания для сверления.

Исходные данные для расчета.

- точность обработки: отверстия  $\text{Ø}40 \text{ мм}$  – 14 квалитет;
- параметры шероховатости обработанной поверхности:  $R_a = 20 \text{ мкм.}$

Заготовка:

- состояние поверхности – без корки.

Выбор маршрута обработки. По карте 44 [1] в зависимости от требований, предъявляемых к готовому отверстию по точности размера и шероховатости поверхности и заданного диаметра отверстия, выбирается маршрут обработки отверстия. Для отверстий  $\text{Ø}40$  выбран следующий маршрут: сверление. Глубина резания при сверлении принимается равной половине диаметра сверла.

Режущий инструмент был выбран в пункте 3.3. Выбор подачи, скорости, мощности и осевой силы резания осуществляется по карте 46 [1]. Значения выбранных параметров режимов резания сведены в таблице 6.

Таблица 5 – Значения параметров режимов резания

Выполняемый переход	$S_{OT}$ , мм/об	$V_T$ , м/мин	$N_T$ , кВт	$P_T$ , Н	$n_T$ , мин <sup>-1</sup>
Сверление	0,28	20,5	6804	1,7	1576

Значения частоты вращения шпинделя  $n_T$  для табличных значений скорости резания  $v_T$  определяют по формуле:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} \quad (17)$$

Подставив числовые значения, получим:

$$n = \frac{1000 \cdot 20,5}{3,14 \cdot 40} = 1576 \text{ об/мин}$$

Подачу корректируют по формуле:

$$S_O = S_{OT} K_{SM} \quad (18)$$

Коэффициент  $K_{SM}$  выбирают по карте 53, лист 1 [1],  $K_{SM} = 0,85$ .

$$S_O = 0,28 * 0,85 = 0,238 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

Поправочные коэффициенты для скорости выбираем по карте 53 [1] в зависимости от:

- обрабатываемого материала  $K_{VM} = 0,85$ ;
- применения охлаждения  $K_{VЖ} = 1$ ;
- состояния поверхности заготовки  $K_{VW} = 1$ ;
- инструментального материала  $K_{Vi} = 1$ ;
- формы заточки инструмента  $K_{V3} = 1$ ;
- длины рабочей части сверла  $K_{Vl} = 1$ ;

- покрытия инструментального материала  $K_{V_{II}} = 1$ ;
- отношения фактического и номинального периода стойкости  $K_{V_T} = 1.15$ .

Таким образом скорость резания равна:

$$V_1 = 20,5 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,15 = 20,04 \frac{\text{М}}{\text{МИН}}$$

Тогда частота вращения равна:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 20,04}{3,14 \cdot 40} = 1495 \text{ об/мин}$$

Выбранные режимы резания удовлетворяют паспорту станка.

Расчет режимов резания для зубофрезерования.

Исходные данные:

- наименование детали – Колесо зубчатое механизма поворота
- материал – Сталь 40Х (220...240 НВ)
- точность обработки поверхностей IT11
- параметр шероховатости Ra =20мкм
- модуль – 3,5
- число зубьев – 73
- точность 10-9-8-В

Заготовка:

- штамповка 16 квалитет точности;
- масса: 13,1 кг
- состояние поверхности: с коркой.

Оборудование: зубофрезерный станок 53В30ПФ3

Пределы частоты вращения фрезерного шпинделя: 50...500 об/мин.

Выбор стадий обработки.

По карте 3[2] выбираем обработку в 2 прохода.

Выбор подачи.

По карте 4[2] в зависимости от модуля и числа зубьев  $S_o=3.75$  мм/об.

					<i>ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		51

Подачу корректируют по формуле:

$$S = S_0 * K_1 * K_2 \quad (19)$$

Поправочные коэффициенты для подачи выбираем по карте 4[2] в зависимости от:

- обрабатываемого материала  $K_1=0,8$ ;
- угла наклона зуба колеса  $K_2=0,9$ .

$$S = 3,75 * 0,8 * 0,9 = 2,7 \text{ мм/об}$$

Выбор скорости резания.

По карте 3[2] в зависимости от характера обработки и модуля колеса выбираем:  $V_{\text{табл}} = 49 \text{ м/мин}$ .

Скорость корректируют по формуле:

$$V = V_{\text{табл}} * K_1 * K_2 * K_3 \quad (20)$$

Поправочные коэффициенты для подачи выбираем по карте 4[2] в зависимости от:

- обрабатываемого материала  $K_1=0,7$ ;
- количеством проходов  $K_2=1$ ;
- материалом режущей части фрезы  $K_3 = 1$ .

$$V = 49 * 0,7 * 1 * 1 = 34,3 \text{ м/мин}$$

Значения частоты вращения шпинделя  $n_T$  для табличных значений скорости резания  $v_T$  определяют по формуле 17[2]:

$$n = \frac{1000 \cdot 34,3}{3,14 \cdot 262,9} = 41,5 \text{ об/мин}$$

Полученные режимы резания вносим в таблицу 6.

Таблица 6 – Сводная таблица режимов резания

Опера-ция	Диаметр поверхности, мм	Описание перехода	Глубина резания $t$ , мм	Подача $S$ , мм/об	Скорость резания $v$ , м/мин	Частота вращения $n$ , об/мин

Продолжение таблицы 6

005	Ø262,9	Черновое точение	0,7	0,99	201,6	244
	Ø 100	Черновое точение	2,47	0,69	220	700,6
	Ø 85	Черновое точение (2 прохода)	7,8	0,37	195,8	733,6
	Ø 85	Получистовое точение	1,7	0,51	247	928
	Ø 85	Отделочное точение	0,3	0,07	365	1367,5
	Ø 84,5	Черновое точение	0,5	0,5	125	471
010	Ø262,9	Чистовое точение	1,2	0,42	150	181
	Ø 46	Черновое растачивание	1,06	0,93	157,5	1090,7
	Ø 46	Чистовое растачивание	0,7	0,58	171	1184,2
	Ø72	Черновое растачивание (2 прохода)	11,1	0,84	110,8	490,2
	Ø72	Получистовое растачивание	1,5	0,76	174,2	770,7
	Ø72	Отделочное растачивание	0,3	0,34	240	1061,6
	Ø63	Черновое растачивание (2 прохода)	6,6	0,45	124	626,3
	Ø63	Получистовое растачивание	1,5	0,26	194	979,8
	Ø63	Отделочное растачивание	0,3	0,16	395	1996,9
	Ø40	Сверление	20	0,28	20,5	1576

Продолжение таблицы 6

015	Ø50	Протяжная	4	0,03	3	19,1
020	Ø262,9	Зубофрезерная	9	2,7	34,3	41,5
	Ø262,9	Зубофрезерная	0,62	2	26,2	38,2

Расчет норм времени.

Произведем подробное нормирование операции 005 комплексной на обрабатывающем центре с ЧПУ. Норма времени состоит из нормы штучного времени и подготовительно-заключительного времени и определяется по формуле[1]:

$$T = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n}, \quad (21)$$

где  $n$  – количество деталей в партии, шт;  $T_{шт}$  – норма штучного времени, мин;  $T_{пз}$  – норма подготовительно-заключительного времени, мин.

Норма штучного времени для станков с ЧПУ определяется по формуле:

$$T_{шт} = (T_o + T_B \cdot K_{ТВ}) \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{обс} + \alpha_{от.л}}{100}\right), \quad (22)$$

где  $K_{ТВ} = 1$  – коэффициент ручного вспомогательного времени, определяемый по по карте 1 [4]);  $T_B$  – ручное вспомогательное время, определяется по формуле :

$$T_B = T_{B.у.} + T_{B.оп.} + T_{B.изм.}, \quad (23)$$

где  $T_{B.у.}$  – время на установку и снятие детали, по карте 3 [3] определяем:  $T_{B.У.} = 0,2$  мин;  $T_{B.оп.}$  – вспомогательное время, связанное с операцией (не вошедшее в программу: время на включение и выключение станка, проверку возврата инструмента в заданную точку после обработки), по карте 14 [3] определяем:  $T_{B.оп} = 3,5$ ;  $T_{B.изм.}$  – вспомогательное не перекрываемое время на измерение, по карте 15 [4] определяем :  $T_{B.изм} = 0,25$  мин.

Подставляя значения в формулу, получим:

$$T_B = 0,2 + 3,5 + 0,25 = 4,45 \text{ мин}$$







### 2.2.6 Выводы по разделу

Проектный вариант технологического процесса обработки детали «Колесо зубчатое механизма поворота» усовершенствовался за счет уменьшения операций механической обработки и выбора более современных станков с ЧПУ.

					<i>ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		57

### 3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

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

Технологическая оснастка играет немаловажную роль в эффективности предприятия, так как правильно подобранные компоненты способны значительно расширить функционал оборудования и повысить качество изготавливаемой продукции. Благодаря широкому ряду моделей производитель сможет найти необходимую оснастку для конкретных станков.

Процесс токарной обработки детали «Колесо зубчатое механизма поворота» происходит на токарном обрабатывающем центре CNC DL20M.

Гидравлическая резцедержка на 12 инструментов позволяет устанавливать как осевой, так и радиальный инструмент (VDI диск опция). В ходе работы станка заняты лишь 4 из 12 инструментальных позиций, остальные предусмотрены для переналадки станка. Достоинства: может использоваться как с осевыми, так и с радиальными блоками; гидравлическое управление; высокоскоростная индексация; присоединение в соответствии с DIN 5480; различные посадки под инструмент (VDI)(рисунок 31).

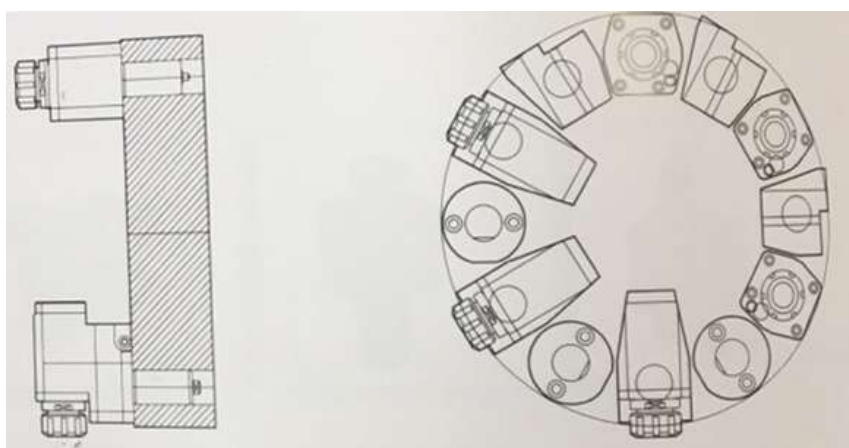


Рисунок 31 – VDI диск

Для закрепления токарных резцов для наружной обработки на револьверной головке используется держатель VDI-B1-40x25 (рисунок 32), где  $D=40\text{мм}$ ,  $h=25\text{мм}$ ,  $H=80.5\text{мм}$ ,  $L2=22\text{мм}$ ,  $L1=44\text{мм}$ ,  $B=85\text{мм}$ . Резец устанавливается в посадочный паз VDI-держателя и зажимается в нём планкой с винтами. Далее VDI-держатель вставляется хвостовиком в отверстие на револьверной головке токарного станка и закрепляется на ней.

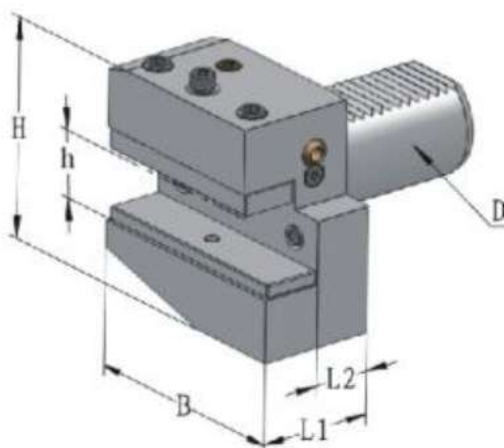


Рисунок 32 – Держатель

Для закрепления токарных резцов для внутренней обработки на револьверной головке используется держатель VDI-E2-30x25 (рисунок 33), где  $h1=28\text{мм}$ ,  $h2=30\text{мм}$ ,  $l2=60\text{мм}$ ,  $l1=22\text{мм}$ ,  $d2=25\text{мм}$ ,  $d4=68\text{мм}$ ,  $D=55\text{мм}$ ,  $d1=30\text{мм}$ .

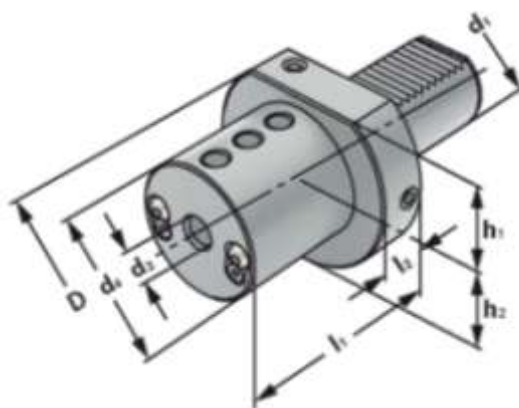


Рисунок 33 – Держатель

Для закрепления сверла на револьверной головке используется патрон DIN 69880 (рисунок 34), где  $A=113\text{мм}$ ,  $B=50\text{мм}$ ,  $C=80\text{мм}$ ,  $S=63\text{мм}$ ,  $X=40\text{мм}$ .

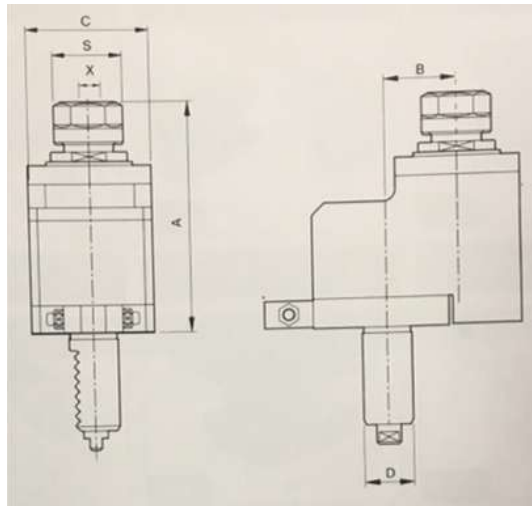


Рисунок 34 – Патрон

### 3.2 Проектирование и расчет специального станочного приспособления

Выбор операции для использования специального станочного приспособления.

Проанализировав, действующий технологический процесс изготовления зубчатого колеса, было решено, что необходимо спроектировать зажимное станочное приспособление для нарезания зубьев червячной фрезой.

Обоснование базирования.

Базированием называют придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат станка. Схема базирования представлена на рисунке 32. На схеме поверхность №1 является установочной базой, а поверхность №2 – двойной опорной.

Для того чтобы погрешность базирования была минимальная примем искусственную базу – отверстие  $\varnothing 63^{+0,046}$ . Для этого обрабатываем  $\varnothing 63$  до 8 квалитета, отличным от чертежа детали (14 квалитет), а палец оправки берем по 7 квалитету. Тогда, в соединении  $63 \frac{H8}{h7}$ , гарантирован зазор.

Минимальный зазор = 0. Максимальный зазор = + 0,076.

Таким образом погрешность базирования будет укладываться в допуск на размер  $\varnothing 262,9$  на 020 зубофрезерной операции в которой применяется данное приспособление.

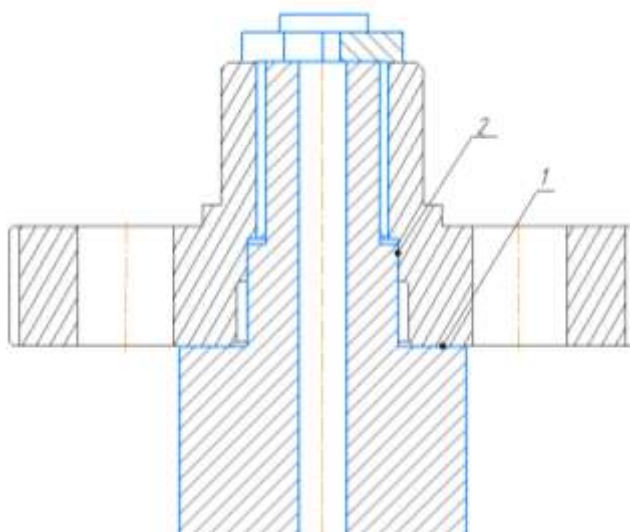


Рисунок 35 – Схема базирования

На рисунке 36 представлена силовая схема, на которой изображены силы, действующие в процессе обработки фрезой.

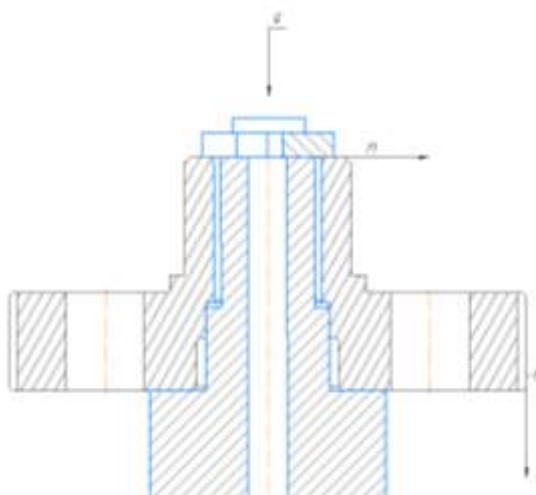


Рисунок 36 – Силовая схема

Так же на деталь действует другая сила, если смотреть на виде сверху (рисунок 37).

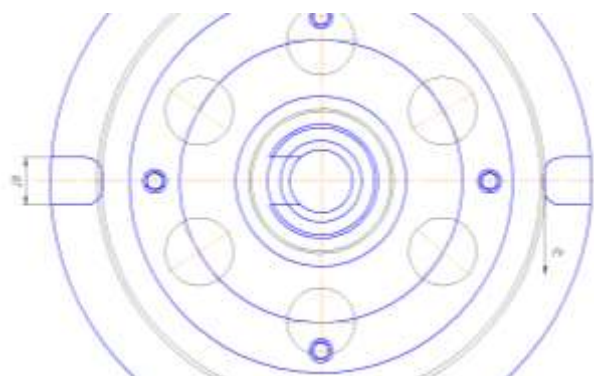


Рисунок 37 – Силовая схема

### Расчет приспособления на точность

Заданная точность приспособления определяется допуском изделия. Суммарная погрешность должна быть на много меньше допуска на размер 262,9мм ( $T_{\Pi} = 0,3$  мм).

$$\sum \omega_{\text{пр}} \leq T_{\Pi} \quad (27)$$

$$\sum \omega_{\text{пр}} = 1,2 \cdot \sqrt{\omega_{\text{м}}^2 + \omega_{\text{ув}}^2 + \omega_{\text{б}}^2 + \omega_{\text{з}}^2 + \omega_{\text{изн}}^2 + \omega_{\text{уст}}^2 + \omega_{\text{рег}}^2 + \omega_{\text{изм}}^2 + \omega_{\text{смещ}}^2 + \Delta_{\text{с}} + \Delta_{\text{инст}} - \Delta_{\text{т}} + \Delta_{\text{д}}}, \quad (28)$$

где  $T_{\Pi}$  – допуск на размер, мм;  $\omega_{\text{м}}$  – мгновенное рассеивание, мм;  $\Delta_{\text{с}}$  – погрешность станка, мм;  $\Delta_{\text{инст}}$  – погрешность инструмента, мм;  $\omega_{\text{ув}}$  – погрешность, связанная с уводом инструмента, мм;  $\omega_{\text{б}}$  – погрешность базирования, мм;  $\omega_{\text{з}}$  – погрешность закрепления, мм;  $\omega_{\text{изн}}$  – погрешность износа установочных элементов, мм;  $\omega_{\text{уст}}$  – погрешность установки на столе станка, мм;  $\omega_{\text{рег}}$  – погрешность регулирования, мм;  $\omega_{\text{изм}}$  – погрешность измерения, мм;  $\omega_{\text{смещ}}$  – погрешность смещения центра группирования размеров пробных заготовок относительно среднего поля рассеивания, мм;  $\Delta_{\text{т}}$  – погрешность вызванные тепловыми деформациями, мм;  $\Delta_{\text{д}}$  – погрешность, вызванная деформацией технологической системы под действием сил резания, мм.

Проведем расчет всех составляющих погрешностей:

#### 1. Погрешность станка

Погрешность станка определяется по формуле:

$$\Delta_c = \frac{l \cdot T}{L}, \quad (29)$$

где  $l$  – длина обработки, мм;  $L$  – длина, на которой определяется погрешность  $T$ ;  $T$  – погрешность на длине обработки  $L$ .

В данном случае погрешность станка не будет влиять на обработку, поэтому  $\Delta_c = 0$ .

## 2. Погрешность, связанная с термическими деформациями

Для нарезания зубьев термическая деформация варьируется в пределах 0,005–0,025 мм. Принимаем значение 0,005 мм.

## 3. Погрешность инструмента

$$\Delta_{и} = \text{Из} * \text{tg}\alpha, \quad (30)$$

где Из – износ по задней поверхности, для фрезы 0,4-0,5, мм;  $\alpha$  – задний угол режущей кромки, для срезаемого слоя больше 0,08мм угол принимают 18°-20°.

$$\Delta_{и} = 0,4 * \text{tg}18^\circ = 0.12 \text{ мм.}$$

$$\Delta'_{\text{инст}} = \frac{\text{Иинс}}{m + 1}, \quad (31)$$

где  $m$  – количество подналадок, для ограничения этой погрешности введем две подналадки за период стойкости фрезы.

$$\Delta'_{\text{инст}} = 0.04 \text{ мм}$$

## 4. Мгновенное рассеивание

По таблице 7.3[2] мгновенное рассеивание для фрезерных станков принимаем равным 0,005 мм.

## 5. Погрешность, связанная с уводом инструмента

Для фрезерования данная погрешность будет равна 0.

## 6. Погрешность базирования

Для фрезерования данная погрешность будет равна 0.

## 7. Погрешность закрепления

										Лист
										63
Изм.	Лист	№ док.м.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР					

Погрешность закрепления зависит от того, каким устройством создается зажимное усилие[2]. В нашем случае силовым устройством является пневмопривод, следовательно, погрешность закрепления равна 0.

$$\omega_3 = 0 \text{ мм.}$$

#### 8. Погрешность износа установочных элементов

Погрешность износа установочных элементов определяется по формуле:

$$\omega_{\text{изн}} = \beta_2 \cdot N, \quad (32)$$

где  $\beta_2 = 0,001$  мкм (таблица 7.7 [2]);  $N = 1000$  – количество установок в приспособлении и снятий с него в год.

Подставив числовые значения, получим

$$\omega_{\text{изн}} = 0,001 \cdot 1000 = 10 \text{ мкм} = 0.01 \text{ мм}$$

#### 9. Погрешность установки на столе станка

Погрешность установки равна 0, так как плита, на которой находится приспособление, жестко закрепляется на столе станка.

$$\omega_y = 0 \text{ мм.}$$

#### 10. Погрешность регулирования

Погрешность регулирования зависит от точности регулировочных средств. В нашем случае регулировка происходит по оправке. Погрешность оправки варьируется в диапазоне от 0,04 до 0,10 мм (таблица 7.8[2]). Принимаем вариант.

$$\omega_{\text{рег}} = 0,08 \text{ мм.}$$

#### 11. Погрешность измерения

Погрешность измерения принимается равной предельной погрешности универсального измерительного инструмента при настройке (таблица П12-П13 [2]);

$$\omega_{\text{изм}} = 0,05 \text{ мм.}$$

#### 12. Погрешность смещения центра группирования размеров пробных заготовок относительно среднего поля рассеивания

Погрешность может учитываться только по пробным заготовкам.

Она определяется по формуле:



$$\omega_{\text{см}} = \frac{\omega_{\text{м}}}{\sqrt{m}}, \quad (33)$$

где  $m$  – число пробных заготовок;  $\omega_{\text{м}} = 0,005$  – мгновенное рассеяние (принимая по табл. 7.3[2])

$$\omega_{\text{см}} = \frac{0,005}{\sqrt{4}} = 0,0025 \text{ мм.}$$

### 13. Погрешность установки заготовки

Погрешность установки заготовки определяется по формуле:

$$\omega_{\text{уст}} = \sqrt{\omega_{\text{б}}^2 + \omega_{\text{зак}}^2 + \omega_{\text{пр}}^2}, \quad (34)$$

где  $\omega_{\text{б}} = 0,076$ мм – погрешность базирования;  $\omega_{\text{зак}} = 0$  – погрешность закрепления;  $\omega_{\text{пр}} = 0$  – погрешность приспособления.

$$\omega_{\text{уст}} = \sqrt{0,0176^2 + 0 + 0} = 0,07 \text{ мм.}$$

### 14. Погрешность настройки станка

Погрешность настройки станка определяется по формуле:

$$\omega_{\text{уст}} = \sqrt{\omega_{\text{рег}}^2 + \omega_{\text{изм}}^2 + \omega_{\text{смещ}}^2}, \quad (35)$$

где  $\omega_{\text{рег}} = 0,08$ мм – погрешность регулирования;  $\omega_{\text{изм}} = 0,05$ мм – погрешность измерения;  $\omega_{\text{смещ}} = 0,0025$ мм – погрешность смещения центра.

$$\omega_{\text{уст}} = \sqrt{0,08^2 + 0,05^2 + 0,0025^2} = 0,09 \text{ мм}$$

### 15. Погрешность, вызванная деформацией технологической системы под действием сил резания

Будем считать, что изменение жесткости технологической системы незначительно, тогда  $\Delta_{\text{д}} = 0$ .

### 16. Систематическая погрешность

Систематическая погрешность определяется по формуле:

$$\Delta_{\text{сист}} = \Delta_{\text{с}} + \Delta'_{\text{инс}} - \Delta_{\text{т}} + \Delta_{\text{д}}, \quad (36)$$





Расчет привода.

Кроме силы зажима необходимо рассчитать следующие параметры: силу на штоке ( $W$ ) и диаметр штока ( $D$ ). По силовой схеме принимаем, что  $W = Q$ .

Тогда:

$$W = \frac{\pi}{16} \cdot (D + d)^2 \cdot p, \quad (40)$$

где  $p = 0.4 \cdot 10^6$  – давление сжатого воздуха МПа;  $d = 0.7D$  – диаметр штока поршня, мм;  $W$  – сила на штоке, Н.

Отсюда получаем:

$$D = \sqrt{\frac{16 \cdot W}{0.4 \cdot \pi \cdot d^2}} \quad (41)$$

$$D = \sqrt{\frac{16 \cdot 869}{0.4 \cdot 3.14 \cdot 1.7^2}} = 62 \text{ мм.}$$

Для обеспечения рассчитанного усилия выбираем минимальный диаметр штока из ряда стандартных диаметров. Принимаем  $D = 125$  мм,  $d = 88$  мм.

Расчет на прочность слабого звена.

Слабым звеном в приспособлении является переходной диаметр штока. Он является наиболее нагруженным звеном. Он воспринимает повышенные нагрузки, связанные с зажимом обрабатываемых заготовок. Направления действия создаваемой силы пневмоцилиндра усиливается за счет зажима заготовки. Шток растягивается под действием сил, и звено работает на растяжение. Принимаем, что шток изготовлен из стали 40Х. По таблице П28[2] допускаемое напряжение на растяжение  $[\sigma_p] = 360$  МПа.

Условие прочности при растяжении:

$$\frac{N}{F} = [\sigma_p] < R_p, \quad (42)$$

где  $N (W)$  – сила, действующая на ось;  $F = \frac{\pi d^2}{4}$  – площадь поперечного сечения оси;  $R_p$  – расчетное сопротивление материала стержня растяжению.

									Лист
									68
Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР				

Силы  $W$  нам уже известна  $W = 52583.7$  Н,

Тогда минимальный диаметр штока равен:

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\sigma_p \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 869}{3,14 \cdot 360}} = 2 \text{ мм.}$$

Принимаем  $d = 15$  мм (рисунок 39), чтобы обеспечить надежную работу штока в приспособлении.

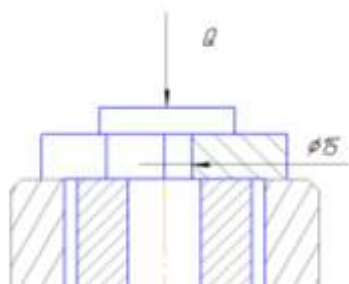


Рисунок 39 – Шейка штока

### 3.3 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента

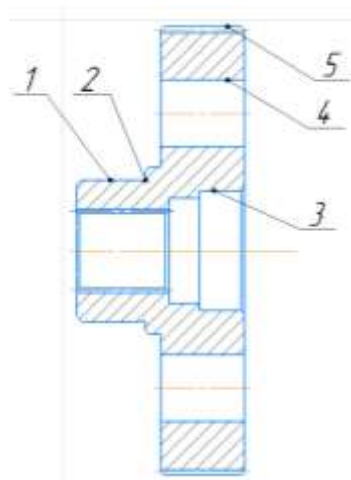
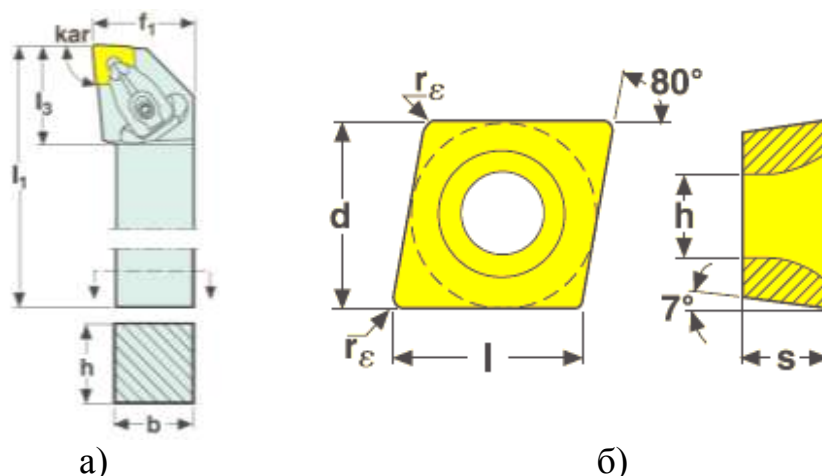


Рисунок 40 – Эскиз детали

Выбор токарного инструмента.

Для черной и получистовой обработки всех наружных поверхностей типа 1 (рисунок 40) по каталогу компании SecoTools[10] принимаем пластину CNMG 120412-M5 (рис. 41б), материал пластины TP0501. Вместе с этой пластиной реко-

мендуется использовать державку DCLNL 2525M12-M (рис. 41а). Размеры представлены в таблице 7.

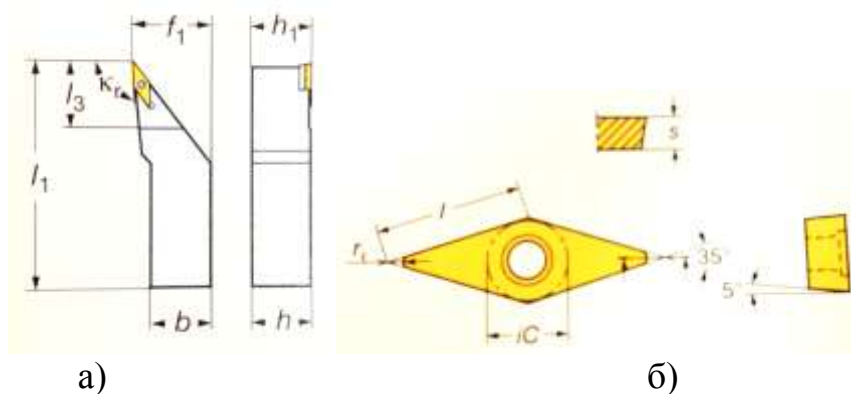


а) б)  
Рисунок 41 – Эскизы а) державки, б) СМП

Таблица 8 – Размеры державки и СМП

Державка					Пластина				
h	b	$l_1$	$f_1$	$l_3$	d	l	s	h	$r_\epsilon$
25	25	150	32,0	32	12,7	12,9	4,76	5,15	1,2

Для чистовой и отделочной стадий обработки всех наружных поверхностей типа 1 (рисунок 40) из каталога компании Sandvik Coromant выбираем пластину VBMT 110202-UF (рис. 42б) и державку к ней SVJBL 2525M11 (рис. 42а). Размеры представлены в таблице 8.



а) б)  
Рисунок 42 – Эскизы а) державки; б) СМП

Таблица 9 – Размеры державки и СМП

Державка							Пластина		
h	b	$l_1$	$f_1$	$l_3$	$h_1$	$K_r$	l	s	$r_\varepsilon$
25	25	150	32	27	25	93	11	2	0,4

Для черновой обработки канавки 2 (рисунок 40) из каталога компании Sandvik Coromant[10] выбираем пластину LCMF 160404–0400–FT (рис. 43б) и державку к ней CFIL 2525M04 (рис. 43а). Размеры представлены в таблице 9.

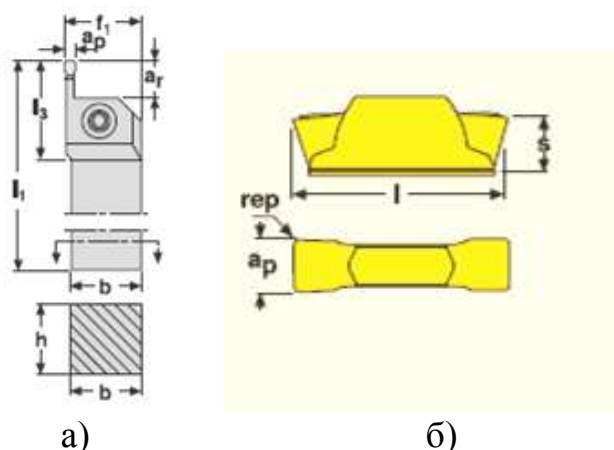


Рисунок 43 – Эскизы а) державки; б) СМП

Таблица 10 – Размеры державки и СМП

Державка						Пластина			
h	b	$l_1$	$f_1$	$l_3$	$a_r$	l	s	$r_\varepsilon$	
25	25	170	26,5	31	12	15.9	4.5	0,4	

Для обработки внутренних отверстий 3 (рисунок 40) из каталога компании КЗТС выбираем пластину DNMG-110404 F1 (рис. 44б) и державку к ней S25T-DDUNR/L 11 (рис. 44а). Размеры представлены в таблице 10.

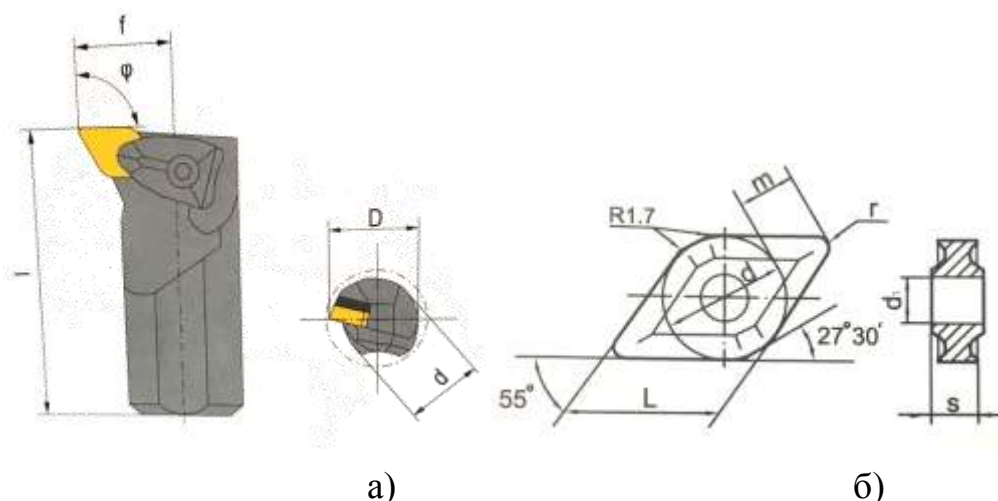


Рисунок 44 – Эскизы а) державки; б) СМП

Таблица 11 – Размеры державки и СМП

Державка				Пластина				
D	d	$l_1$	f	L	d1	r	s	d
32	25	300	17	11.6	3.81	0,4	4.76	9.525

Выбор зубообрабатывающего инструмента.

Выбор фрезерного инструмента для обработки поверхности №4, которая обозначена на рисунке 40 проводится по следующей методике:

1. Обработка осуществляется на зубофрезерном станке 53В30ПФ3.
2. Тип выполняемой операции: обработка зубчатых колес с эвольвентным профилем.
3. Условия обработки: получистовая.
4. Определяем группу применяемости: для заготовки из материала сталь 40Х(легированная, хромистая сталь) группа применяемости – Р20.

Выбираем червячную чистовую фрезу однозаходную.

5. Передний угол фрезы = 0, задний угол = 9-12. Главный угол в плане Диаметр фрезы 80мм, шаг резьбы 10,996мм – нормальный шаг (М).
6. Универсальная геометрия М пригодна для обработки заготовок, как с наличием корки, так и без неё.



7. Цельные фрезы и зубчатые рейки к сборным фрезам должны изготавливаться из быстрорежущей стали по ГОСТ 19265. Из ГОСТ 19265 выбираем сталь Р6М5.

С учетом всех требований выбираем фрезу 2510-4169 ГОСТ 9324-80, на рисунке 12, где  $d_{a0}=80\text{мм}$ ,  $d=32\text{мм}$ ,  $d_1=50\text{мм}$ ,  $L=71\text{мм}$ ,  $l=4\text{мм}$ , число стружечных канавок=10, модуль =3,5.

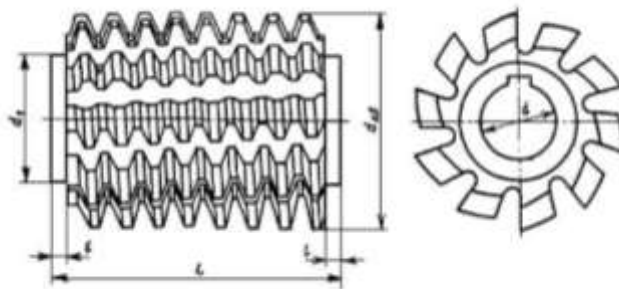


Рисунок 45 – Эскиз фрезы

Выбор режущего инструмента для обработки отверстий.

Для обработки отверстий №5, которые обозначены на рисунке 40 выберем сверло исходя из заданных параметров отверстия (диаметр отверстия = 40мм, глубина сверления 50мм).

Материал центр. пластины: сплав Т400D, материал периферийной пластины: сплав Т300D, материал сверла: сплав ТР2000.

По каталогу SECO[10] выбираем сверло SD502-40-80-40R7 (рисунок 43), где  $D_c=40\text{мм}$ ,  $l_4=80\text{мм}$ ,  $l_2=178\text{мм}$ ,  $l_{1s}=110\text{мм}$ ,  $l_c=68\text{мм}$ ,  $l_{3s}=85\text{мм}$ ,  $dm_m=40\text{мм}$ ,  $D_{5m}=50\text{мм}$  с центральной пластиной SPGX 12ТЗ-С1 (рисунок 44), где  $l=12.7\text{мм}$ ,  $s=3.97\text{мм}$  и периферийной пластиной SCGX 120408W-P2 (рисунок 45), где  $l=12.7\text{мм}$ ,  $s=4.76\text{мм}$ ,  $r_e=0.8\text{мм}$ ,  $m=2.302\text{мм}$ .



Устанавливаем схему расположения зубьев предварительно схему ФКШ. Окончательно схему распределения зубьев принимаем после расчета длины круглой части.

Группу обрабатываемости устанавливаем таблице П1[6].

Сталь 40Х к 1<sup>ой</sup> группе обрабатываемости.

Группу качества устанавливаем для каждой поверхности шлицевого отверстия отдельно по таблице П2[6]. Так как центрирование производится по наружному диаметра  $D=50H8$  и шероховатостью  $Ra \leq 2,5$  мкм, то группа качества впадин – 2<sup>ая</sup>, по боковым сторонам шероховатостью  $Ra=2,5$  мкм, группа качества тоже – 2<sup>ая</sup> и поверхности выступов при шероховатости  $Ra=2,5$  мкм. Для расчета принимаем 2<sup>ую</sup> группу качества.

Материал рабочей части протяжки (переходной конус, передняя направляющая, режущая часть, задняя направляющая) принимаем быстрорежущую сталь Р6М5 согласно рекомендациям таблице П3.

Конструкцию протяжки принимаем с приваренным хвостовиком, материал хвостовика – 40Х. Конструкцию и размеры переднего хвостовика принимаем по таблице П4; тип 2 исполнения 1, диаметр хвостовика  $d_1=45e8$  мм. Силу, допустимую прочностью переднего хвостовика рассчитываем по формуле:

$$P_{хв.} = F_{оп}[G]_p, \quad (43)$$

где площадь опасного сечения  $F_{оп}=907,9$  мм<sup>2</sup> по таблице П4[6] и рекомендуемое напряжение при растяжении  $[G]_p=300$  Мпа.

$$P_{хв} = 300 \times 907,9 = 272370 \text{ Н.}$$

Передние и задние углы выбираем по таблице П7[6] передний угол черновых и переходных зубьев  $\gamma = 20^0$ , чистовых и калибрующих  $\gamma = 20^0$ . Задний угол черновых и переходных  $\alpha_0=3^0$ , чистовых  $\alpha_ч=2^0$ , калибрующих  $\alpha_к=1^0$ . Допуски на передние и задние углы по ГОСТ 28442-90.

Скорость резания устанавливается по таблице П8[6] для каждой части, как имеющей наиболее высокую группу качества 2<sup>ую</sup>  $V=7$  мин. Эта скорость входит в диапазоне скоростей станка.

					ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата		75

















Предпочтителен выбор стандартных контрольных приспособлений, так как это уменьшает себестоимость детали при любом типе производства.

Основным видом контроля размеров детали «Колесо зубчатое механизма поворота» является текущий контроль, проводимый во время изготовления деталей. и контроль в отделе технического контроля, захватывающий выборочные готовые детали из партии. Как правило контроль подвергается около 10% всей продукции, так как общая точность изготовления зависит от настройки оборудования и точности измерительных датчиков, установленных на металлорежущем оборудовании.

Для промежуточного контроля выбираем следующие измерительные приспособления:

- Штангенциркуль электронный ШЦЦ-I-300-0,0.

Штангенциркули типа ШЦЦ-I имеют губки для наружных измерений, губки для измерений внутренних размеров и глубиномер для измерения глубины отверстий или пазов.

Штангенциркули ШЦЦ-I оснащены цифровой системой отсчета, имеют функцию обнуления результатов измерения. В штангенциркуле ШЦЦ может использоваться как абсолютная, так и относительная система отсчета.

Диапазон измерения от 0 до 300 мм с шагом дискретности цифрового отсчётного устройства 0,01 мм.



Рисунок 49 – Электронный штангенциркуль

					ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата		83

- Калибры комплексные для контроля шлицевых прямобоочных соединений.

Калибры предназначены для контроля суммарных отклонений наружного и внутреннего диаметров, ширины пазов или толщины зубьев, а так же отклонений формы и расположения элементов профиля шлицевых валов и отверстий с прямобоочным профилем зубьев по ГОСТ 1139-80. В зависимости от количества зубьев и диаметра отверстия выбираем калибр-пробку 8311-0457 ГОСТ 24960-81.



Рисунок 50 – Калибр-пробка для контроля шлицевых прямобоочных соединений

- Контроль шероховатости.

Профилометр – прибор, который предназначается для измерения шероховатости контактным методом. Контактный метод означает, что по исследуемой поверхности перемещается специальная алмазная игла, колеблющаяся от неровностей поверхности. Такие колебания иглы передаются на датчик, где преобразуются в малые электрические токи, которые, в свою очередь, усиливаются гальванометром и регистрируются. Показания выводятся на дисплей прибора и дают представление о характере неровностей исследуемой поверхности - их высоте и глубине. Часто, для оценки шероховатости выбираются другие параметры - средне-взвешенные, амплитудные, суммарные и деленные на длину поверхности.



Рисунок 51 – Профилометр

- Выбор координатно-измерительной машины

Координатно-измерительные машины (КИМ) – средства измерения, предназначенные для проведения координатных измерений по трем линейным координатам. Работа КИМ основана на координатных измерениях, т.е. на поочередном измерении координат определенного числа точек поверхности детали и последовательных расчетов линейных и угловых размеров, отклонений формы и расположения к поверхности.

Так как все детали, обрабатываемые на данном участке, являются зубчатыми, выбираем координатно-измерительную машину фирмы WenzelINOVAGear.

Зубоизмерительная машина INOVAGear является универсальной, простой в использовании и компактной измерительной машиной с широкими 61 техническими возможностями, которая способна решать любые задачи по измерению зубчатых колес диаметром до 300 мм.

Надежность технологии WENZEL гарантирует пользователю отличные результаты с наименьшими затратами. Простое и удобное программное обеспечение позволяет работать на машине без длительного обучения. Возможность измерения: все виды зубчатого зацепления.

Преимущества:

1. Высокая динамика и точность;
2. Высокотехнологическое измерение зубчатых колёс и цилиндрических деталей;
3. Многочисленные дополнительные возможности измерения;

4. Компактная конструкция обеспечивает высокую эффективность работы;
5. Занимает мало места;
6. Машина оснащена системой температурной компенсации;
7. Новая комбинация 4-х осей уменьшает вероятность ошибки, ось Z со встроенным поворотным столом размещается отдельно от осей X и Y;
8. Низкая цена.

Технические характеристики:

- Диаметр детали мин./макс. 5-300 мм;
- Модуль от (0,2) 0,5 мм;
- Ширина измеряемой поверхности макс. 500 мм;
- Количество осей 4;
- Расстояние между центрами мин./макс. 20-450 мм;
- Загрузка стола макс. 50 daN;
- Занимаемая площадь 2,17 м<sup>2</sup>;
- Длина осей ось X 350мм, ось Y 250 мм, ось Z 500 мм.



Рисунок 52 – Координатно-измерительная машина Wenzel INOVA Gear

Возможности:

- В дополнение к ассортименту щуповых головок Renishaw, возможно измерение шероховатости и определение прижогов;
- Встроенный магазин для смены щупов защищает неиспользуемые щупы от загрязнения и повреждений;
- Встроенная система пневматических демпферов вибраций позволяет устанавливать машину непосредственно на полу без дополнительного фундамента;
- Опция – встраиваемая центрирующая стойка;
- Модульный дизайн позволяет обеспечить индивидуальную конфигурацию машины.

В комплект машины входит измерительная головка SP600 фирмы RENISHAW (рисунок 53), а также автоматический, программно-управляемый магазин щупов на 3 места.

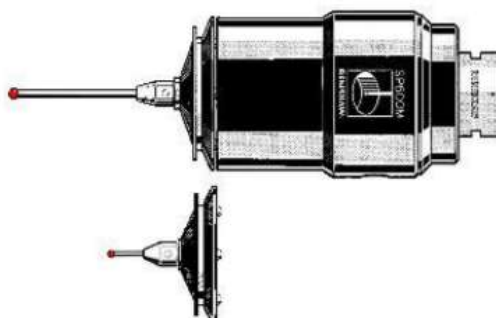


Рисунок 53 – Измерительная головка SP600 фирмы RENISHAW

На выбранной измерительной головке SP600 фирмы RENISHAW можно использовать щупы с резьбой М4.

При выборе щупа рекомендуется следовать следующим правилам:



- Использовать короткие щупы (чем больше изгиб или отклонение щупа, тем ниже точность);

– Обеспечить минимальное количество соединений (каждое соединение щупа и удлинителей означает появление новых точек возможного изгиба или отклонения);

– Использовать шарик наибольшего размера (это правило определяется двумя обстоятельствами: первое – при большем размере шарика увеличивается зазор между шариком и стержнем и, тем самым, снижается вероятность ложных срабатываний, вызванных случайным касанием измеряемой поверхности стержнем; второе – шарик большего размера снижает влияние качества обработки поверхности исследуемого компонента).

Исходя из этих условий, для измерения зубьев выбирается щуп из серии 20мм А-5003-4795, для контроля остальных параметров выбирается щуп из серии 150мм А-5000-7672 (таблица 13).

Таблица 13 – Щупы

А-5003-4795	А-5000-7672
	



## 4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

4.1 Анализ возможных направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали.

К выбранному в проектном варианте технологического процесса основному оборудованию можно добавить модули автоматической уборки стружки и автоматического открывания-закрывания дверей станков, а также имеется возможность добавления датчиков для наладки и диагностики оборудования и режущего инструмента.

Габаритные размеры детали:  $\varnothing 262,9 \times 100$  мм; вес – 13,1 кг. Данная деталь имеет небольшие габариты, что позволяет автоматизировать технологический процесс.

Для автоматизации процесса перемещения детали со стола в токарный станок и обратно можно использовать промышленного робота со схватом. Для этого можно использовать цилиндрическую поверхность 1 (рисунок 52).

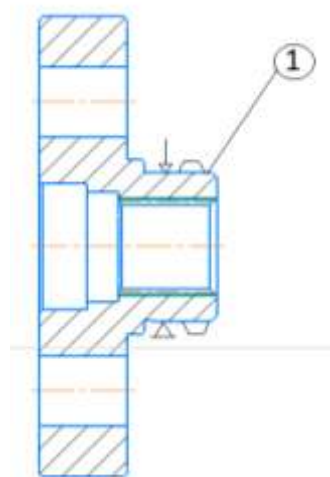


Рисунок 54 – Колесо зубчатое (поверхность для захвата промышленным роботом)

Проведенный анализ возможности автоматизации показал, что проектный вариант технологического процесса обработки детали «Колесо зубчатое редуктора механизма поворота» возможно частично автоматизировать.

#### 4.2 Разработка структурной схемы гибкого производственного участка

Для того чтобы спроектировать гибкий производственный участок необходимо:

- разгруппировать детали, изготавливаемые на гибком производственном участке;
- определить структуру и состав автоматизированной транспортно-складской системы.

Выбор типа станков, а так же их специализация по числу управляемых координат и определение количества выбранных станков в составе ГПС осуществляются на основе разработанных технологических процессов на типовые детали по следующей формуле:

$$K = \frac{C_{\text{ср}}}{T_{\text{ср}}}, \quad (59)$$

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.

$$C_{\text{ср}} = \frac{C_1 + C_2 + \dots + C_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i, \quad (60)$$

где  $n = 2$  – число типовых деталей;  $C_i = 1400$  мин – станкоемкость, приходящаяся на каждый станок по обработке  $i$ -го представителя типовых, мин.

$$C_{\text{ср}} = \frac{1400}{2} = 700 \text{ мин.}$$

Средний такт выпуска деталей находим по формуле:

$$T_{\text{ср}} = \frac{60\Phi_o K_{\text{исп}}}{N_{\text{год}}}, \quad (61)$$

										Лист
										90
Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР					

где  $\Phi_o$  – годовой фонд времени оборудования, ч ( $\Phi_o = 4025$  ч);  $K_{исп}$  – коэффициент использования оборудования по машинному времени ( $K_{исп} = 0,85$ );  $N_{год}$  – годовая программа выпуска деталей, шт.

$$T_{ср} = \frac{60 \cdot 4025 \cdot 0,85}{1000} = 205,3 \text{ мин.}$$

Результаты определения количества оборудования:

$$K = \frac{700}{205,3} = 3,4 \approx 4 \text{ станка.}$$

Автоматическая транспортно-складская система (АТСС) в гибкой производственной системе (ГПС) должна выполнять следующие функции: транспортировать детали от станка к станку, а также на позиции разгрузки и загрузки; оперативно пополнять накопители небольшой вместимости (приемно-передающие агрегаты, тактовые столы и др.), установленные около каждого станка; хранение в накопителях большой вместимости (складе) межоперационные заделы деталей и автоматически транспортировать их в заданный адрес по командам от ЭВМ; транспортировать обработанные детали на позиции контроля и возвращать их для продолжения дальнейшей обработки или на позиции загрузки-разгрузки.

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

$$K_{наим} = \frac{60 \cdot \Phi_{ст} \cdot n_{ст}}{t_{об} \cdot N}, \quad (62)$$

где  $\Phi_{ст}$  – месячный фонд отдачи станка, ч ( $\Phi_{ст} = 305$  ч);  $n_{ст}$  – число станков, входящих в ГПС;  $t_{об}$  – средняя трудоемкость обработки одной деталиеустановки, мин;  $N$  – средняя месячная программа выпуска деталей одного наименования.

Подставляя, получим:

$$K_{наим} = \frac{60 \cdot 305 \cdot 6}{80 \cdot 90} = 9 \text{ шт.}$$

										Лист
										91
Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата						







стола 11 к станку и обратно. После обработки на токарном станке детали робокар перемещает детали к фрезерному станку 6, потом детали проходят через моечную машину 7 и поступают в участок автоматического контроля 8. Пройдя участок автоматического контроля робокар перемещает детали на склад 1, при помощи кран-штабелера 2.

Для выявления всех суммарных перемещений была составлена матрица ориентировочных перемещений подвижных механизмов АТСС (рисунок 56).

Куда движется заготовка мм	Откуда движется заготовка мм											
	С	КШТ	Р	ПРС1	ПР	Т	ПРС2	Ф	МН	ПРС3	УАК	
С		3750										
КШТ	3750		2000									
Р		2000		1250			1250		1250			
ПРС1					600							
ПР						600						
Т												
ПРС2				1250								
Ф								600				
МН												
ПРС3												600
УАК												

Рисунок 56 – Матрица перемещений деталиустановок (вариант 1)

Суммарное перемещение при такой компоновке ГПС - 40450 мм

Граф перемещений транспортных средств изображен на рисунке 57.

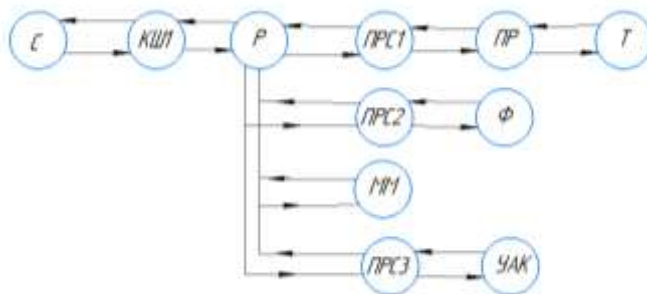


Рисунок 57 – Граф перемещений ТС (вариант 1)

Второй вариант расположения оборудования представлен на рисунке 58.





томатического контроля 8, детали на робокаре 5 поступают на склад готовой продукции 10, при помощи кран-штабелера 2.

Для выявления всех суммарных перемещений была составлена матрица ориентировочных перемещений подвижных механизмов АТСС (рисунок 59).

Адрес объекта кранового м/м	Детали движутся вправо/влево м/м											
С	КШ1	Р	ПРС1	ПР	Т	ПРС2	Ф	МН	ПРС3	УАК	КШ2	СГ
С	3750											
КШ1		2000										
Р			2750			2750	2750		2750			2750
ПРС1			250	800								
ПР				1600	800							
Т					800							
ПРС2						250		1500				
Ф							500					
МН								250				
ПРС3									250			
УАК										800		
КШ2												3750
СГ												3750

Рисунок 59 – Матрица перемещений детали-установок (вариант 2)

Суммарное перемещение при такой компоновке ГПС - 46450 мм

Граф перемещений транспортных средств изображен на рисунке 60.

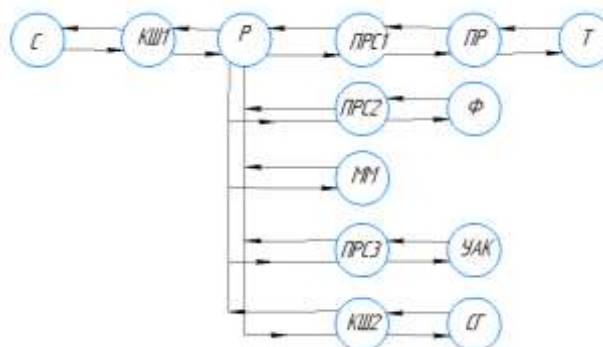


Рисунок 60 – Граф перемещений ТС (вариант 2)

Исходя из выбора наименьшего суммарного перемещения, выбираем компоновку ГПС вариант 1.

Рассчитаем суммарное время  $T_{обсл}$  работы кран-штабелера со стороны робокара:

$$T_{обсл} = \frac{K_{стел-ст} \cdot t_{стел-ст} + K_{ст-ст} \cdot t_{ст-ст}}{60}, \quad (68)$$



Расчитав суммарное время обслуживания станков, определим число роботов для выполнения этой работы:

$$K_{шт1} = \frac{T_{обсл}}{\Phi_{шт} \cdot 60}, \quad (73)$$

где  $\Phi_{шт}$  – фонд работы кран-штабелера, ч.

Подставляя получим:

$$K_{шт1} = \frac{1,18}{305 \cdot 60} = 0,65 \cdot 10^{-4} \approx 1.$$

Для выполнения работы по перемещению заготовок и готовых деталей требуется один кран-штабелер.

#### 4.3 Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы

Для установки и базирования заготовки на станке подходит робот KUKA KR 30-3 (рисунок 61), технические характеристики которого представлены на рисунке 62.



Рисунок 61 – Промышленный робот KUKA KR 30-3



		KR 30-3
Радиус действия, макс.	_____	2033 мм
Номин. грузоподъемность	_____	30 кг
Номин. дополнительная нагрузка на манипулятор/балансир/карусель	— 35 кг/—/—	
Макс. грузоподъемность	_____	65 кг
Повторяемость позиционирования	_____	±0,06 мм
Количество осей	_____	6
Монтажное положение	_____	на полу, потолке
Исполнение	_____	 
Площадь установки робота	_____	850 мм x 950 мм
Вес (без системы управления), прибл.	_____	665
<b>Данные по осям/</b>		<b>Скорость при ном.</b>
<b>Зона перемещения</b>		<b>грузоподъемности 30 кг</b>
Ось 1 (A1)	_____ +/-185° _____	140°/с
Ось 2 (A2)	_____ +35°/-135° _____	126°/с
Ось 3 (A3)	_____ +158°/-120° _____	140°/с
Ось 4 (A4)	_____ +/-350° _____	260°/с
Ось 5 (A5)	_____ +/-119° _____	245°/с
Ось 6 (A6)	_____ +/-350° _____	322°/с

Рисунок 62 – Технические характеристики робота KUKA KR 30-3

Преимущества:

- 1) высокие угловые скорости осей;
- 2) высокая производительность при перемещении заготовок;
- 3) внутренний кабельный пакет делает робота чрезвычайно простым в эксплуатации и обслуживании;
- 4) отсутствие риска контакта кабелей с внутренними частями обслуживаемого станка;

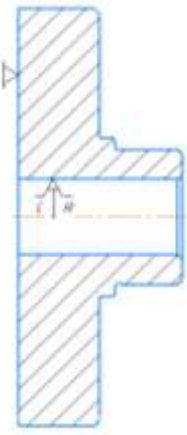

Для захвата корпуса необходим рабочий орган – схват промышленного робота.

Чертеж схвата представлен на рисунке 63.



ГПУ и при накоплении заготовок и готовых изделий на складах базирование изделий в тарах отсутствует.

Таблица 14 – Схемы базирования в промышленном роботе и на станке

Схема базирования на станке	Схема базирования в промышленном роботе
Операция 005 Токарная с ЧПУ	
	

#### 4.5 Анализ производительности автоматизированной системы

При разработке структурных схем гибкого производственного участка был произведен расчет расстояний перемещений детали. В первом случае перемещения составили 40450 мм, во втором варианте компоновки 46450 мм. Исходя из расчетов расстояния перемещения детали, выбираем первую схему расположения станков.

## 5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ

Участок механической обработки детали «Колесо зубчатое механизма поворота» включает в себя: склад, кран-штабелер, приемораздаточные столы, промышленный робот KUKA KR 30-3, токарные, горизонтально-протяжные и фрезерные станки, контрольный стол, моечная машина, участок подготовки производства, участок автоматизированной уборки отходов, участок инструментального контроля и участок автоматизированного контроля, ящик с песком, пожарный стенд. Заготовки из заготовительного цеха привозят и выгружают на приемораздаточный стол, откуда кран-штабелер перемещает их в робокар, который перемещает заготовки на участок подготовки производства, где заготовки устанавливают на паллеты, затем робокар переносит паллеты на приемо-раздаточный стол 1. Промышленный робот устанавливает заготовки в обрабатывающий центр, а после того, как обработка заготовки завершается, промышленный робот вновь устанавливает заготовки на приемо-раздаточный стол 1. Далее робокар переносит заготовки к приемо-раздаточному столу 3, где человек устанавливает заготовки в горизонтально-протяжной станок, а после обработки заготовки возвращают на приемо-раздаточный стол 3. Робокар перемещает заготовки с приемораздаточного стола 3 на приемо-раздаточный стол 2, где человек устанавливает детали в фрезерный станок. После фрезерной обработки детали возвращаются на приемо-раздаточный стол 2. Далее робокар перевозит готовые детали к моечной машины, где с деталей смывают остатки СОЖ, стружки и т.д, а после моечной операции детали робокаром перевозят на участок автоматизированного контроля 12, и если деталь годна робокар перевозит детали на склад.

При проектировании цеха были выбраны колонны 400x400 мм, с сеткой 230000x9000 мм. Высота от потолка до пола 10000 мм, для свободного размещения склада.

					<i>ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		103





заний и предписаний органов государственного надзора, а также за правильным освоением средств, ассигнованных на мероприятия по охране труда;

– участие в расследовании аварий, несчастных случаев в подведомственных организациях, учет несчастных случаев и участие в разработке мероприятий по предупреждению травматизма;

– анализ причин производственного травматизма и составление сводных отчетов о пострадавших при несчастных случаях и об освоении средств на мероприятия по охране труда;

– организация обучения и проверки знаний инженерно-техническими работниками, рабочими правил и инструкций по технике безопасности и производственной санитарии;

– осуществление контроля за обеспечением работающих спецодеждой, средствами индивидуальной и коллективной защиты и организацией их хранения и ремонта;

– организация пропаганды безопасных условий труда путем проведения смотров и конкурсов по охране труда, бесед, оборудования кабинетов по охране труда;

– обеспечение подведомственных подразделений правилами, памятками, плакатами и другими наглядными пособиями;

– проведение вводного инструктажа по технике безопасности;

– рассмотрение проектной документации в части полноты и обоснованности принятых решений по технике безопасности и подготовка по ним соответствующих заключений, контроль за качеством инструкций по охране труда.

Таким образом, работники службы ОТ выполняют контрольно- координационные функции.

На начальников участков и старших производителей работ возлагается осуществление мероприятий по охране труда, предусмотренных соответствующим законодательством, СНиП, годовыми планами, приказами,

распоряжениями и инструкциями; систематическое наблюдение и контроль за исправным состоянием ограждений, подмостей; проведение первичного, по-

					<i>ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докц.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		105

вторного, внепланового и текущего инструктажа рабочих с указанием адресов объектов, на которых осуществляется монтаж; обучение рабочих безопасным методам труда по 14...18-часовой программе; осуществление контроля за ежегодной сдачей экзаменов рабочими по специальностям; наблюдение за правильным и безопасным использованием механизмов, электрооборудования и электроинструментов; обеспечение рабочих оборудованными бытовыми помещениями.

Итак, начальники участков и старшие производители работ выполняют контрольно-обеспечивающие функции.

Начальник участка обязан иметь на участке инструкции по специальностям; журнал инструктажа рабочих по охране труда; журнал трехступенчатого контроля; журнал осмотра оборудования, проект производства работ и технологическую записку.

Производители работ (мастера) и бригадиры должны обеспечить производство работ в соответствии с технологическими картами; контролировать исправность оборудования, приспособлений и защитных средств; наличие утвержденных инструкций по технике безопасности; следить за санитарным состоянием бытовых помещений. При заключении коллективного договора о взаимных обязательствах администрации и коллектива рабочих и служащих предусматриваются обязательства по охране труда, которые оформляются в виде раздела коллективного договора и соглашения по охране труда. За основу при их составлении принимается Типовая сводная номенклатура мероприятий по охране труда.

## 6.2 Мероприятия по электробезопасности

Электрическое оборудование и контрольно-измерительная аппаратура, а также аппаратура управления комплексом выполнены в соответствии с

требованиями "Правил устройства и эксплуатации оборудования" и СНиП 3.05.06-65 "Электротехнические устройства". Оборудование рассчитано на электропитание от сети потребителя напряжением 380В переменного тока, 3 фазы,

					<i>ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		106

частота 50Гц. Качество подводимой электроэнергии должно соответствовать ГОСТ 13109.

Электрическая схема подключения оборудования Комплекса обеспечивает последовательный пуск электрических приводов, имеет звуковую и световую предупредительную предпусковую сигнализацию, общий аварийный останов агрегатов комплекса, оборудована электроизмерительными приборами, позволяющими контролировать нагрузку основных агрегатов.

Здание, в котором расположен Комплекс, должно быть снабжено молниезащитными устройствами. Молниезащита включает комплекс мероприятий и устройств, предназначенных для обеспечения безопасности людей, предохранения зданий, сооружений, оборудования и материалов от взрывов, загораний и разрушений, возможных при воздействии молний.

Для всех зданий и сооружений, не связанных с производством и хранением взрывчатых веществ (в нашем случае, шины - не взрывоопасны) проектирование и изготовление молниезащиты должно выполняться согласно «Инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений» РД 34.21.122 -87.

По степени защиты зданий и сооружений от воздействия атмосферного электричества молниезащита подразделяется на три категории. Категория молниезащиты определяется назначением зданий и сооружений, среднегодовой

продолжительностью гроз, а также ожидаемым числом поражений здания или сооружения молнией в год.

Ожидаемое годовое число поражений молнией прямоугольных зданий и сооружений

$$N = (S + 6h_{zd}) (L - 6h_{zd}) - 7,7h_{zd}^2 n l 0^{-6}, \quad (74)$$

где  $S$ ,  $L$  - ширина и длина зданий, м (для зданий и сооружений сложной конфигурации в плане при расчёте  $N$  в качестве  $S$  и  $L$  принимают ширину и длину наименьшего описанного прямоугольника);  $h_{zd}$  - наибольшая высота здания или сооружения, м;  $n$  - среднегодовое число ударов молний в  $1 \text{ км}^2$  земной поверхности (удельная плотность ударов молний в землю) в месте расположения зданий

										Лист
										107
Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата	ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР					

или сооружений. Информацию о средней за год продолжительности гроз можно получить в местном отделении Росгидромета.

Для создания зон защиты применяют одиночный стержневой молниеотвод, двойной стержневой молниеотвод, многократный стержневой молниеотвод.

Электрическое оборудование должно быть надежно заземлено через нулевой контур. Защиту занулением применяют в трёхфазных четырёхпроводных сетях с заземлённой нейтралью напряжением до 1000В. В строительстве и промышленности эти сети имеют напряжение 380/220 и 220/127 В, а иногда 660/380 В. Кроме того, зануляют однофазные сети переменного тока с заземлённым выводом.

### 6.3 Мероприятия по пожарной безопасности

Классификация помещений и зданий по степени взрывопожароопасности.

Все помещения и здания по ОНТП 24-86 подразделяются на 5 категорий:

А - взрывопожароопасные: та категория, в которой осуществляются технологические процессы, связанные с выделением горючих газов, ЛВЖ с т-рой вспышки паров до 28 °С,  $t_{всп} < 28$  °С; Р - свыше 5 кПа.

Б - помещения, где осуществляются технологические процессы с использованием ЛВЖ с температурой вспышки свыше 28 °С, способные образовывать взрывоопасные и пожароопасные смеси, при воспламенении которых образуется избыточное расчетное давление взрыва свыше 5 кПа.  $t_{всп} > 28$  °С; Р - свыше 5 кПа.

В - помещения и здания, где обращаются технологические процессы с использованием горючих и трудногорючих жидкостей, твердых горючих веществ, которые при взаимодействии друг с другом или кислородом воздуха способны только гореть. При условии, что эти вещества не относятся ни к А, ни к Б. Эта категория — пожароопасная.

Г - помещения и здания, где обращаются технологические процессы с использованием негорючих веществ и материалов в горячем, раскаленном или расплав-

					<i>ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		108

ленном состоянии (например, стекловаренные печи). Д - помещения и здания, где обращаются технологические процессы с использованием твердых негорючих веществ и материалов в холодном состоянии (механическая обработка металлов).

Классификация взрыво- и пожароопасных зон помещения в соответствии с ПУЭ - 86.

Для обеспечения конструктивного соответствия эл. технических изделий правила устройства эл. установок — ПУЭ-85 выделяются пожаро- и взрывоопасные зоны.

Пожароопасные зоны — пространства в помещении или вне его, в котором находятся горючие вещества, как при нормальном осуществлении технологического процесса, так и в результате его нарушения.

Зоны: П-I - помещения, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки паров свыше 61 °С; П-II - помещения в которых выделяются горючие пыли с нижним концентрационным пределом возгораемости > 65 г/м<sup>3</sup> П-IIIa - помещения, в которых обращаются твердые горючие вещества. П-III - пожароопасная зона вне помещения, к которой выделяются горючие ж-ти с т-ой вспышки более 61 °С или горючие пыли с нижним концентрационным пределом возгораемости более 65 г/м<sup>3</sup> Взрывоопасные зоны — помещения или часть его или вне помещения, где образуются взрывоопасные смеси как при нормальном протекании

В общей схеме противопожарной сигнализации производственного помещения должны быть предусмотрены датчики температуры саморазогрева и самовоспламенения материалов при измельчении и хранении продуктов переработки. Все перемещающиеся и вращающиеся части оборудования закрыты ограждениями.

					<i>ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		109

## 7 ВЫВОДЫ ПО КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

Проектирование технологических процессов изготовления деталей должно вестись в соответствии с требованиями единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП), которая предусматривает широкое применение прогрессивных типовых технологических процессов, стандартная технологической оснастки и оборудования средств механизации и автоматизации производственных процессов, инженерно-технических и управленческих работ.

Данная курсовая работа представляет собой расчетно-графическую работу, в которой обобщаются все технологические познания и навыки, приобретенные за время обучения. Здесь анализируется действующий технологический процесс, выявляются его недостатки и разрабатывается проектный вариант технологического процесса.

Для проектного варианта технологического процесса было изменено основное технологическое оборудование (обрабатывающий центр DL20M, зубофрезерный станок 53B30ПФЗ, горизонтально-протяжной станок 7Б57, промышленный робот КУКА KR 30-3) с учётом автоматизации механической обработки заготовки. Также была сформирована операционно-маршрутная технология, произведён размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса, рассчитаны режимы резания и нормы времени на все операции ( $T_{шт} \approx 112,25$  мин).

В конструкторской части была проанализированы и выбраны технологическая оснастка и режущий инструмент, был рассчитан специальный режущий инструмент (протяжка шлицевая  $8 \times 46H11 \times 50H8 \times bD9$ ), а так же спроектированы операции технологического контроля и выбрано измерительное оборудование.

Была разработана схема гибкого производственного участка для изготовления детали «Колесо зубчатое механизма поворота». Для автоматизации участка определены составы станочного и вспомогательного оборудования, а также разработана структура АТСС и АСУО. Были указаны меры и средства по созданию безо-

					<i>ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		110

пасных и безвредных условий труда, мероприятия по электробезопасности, а также мероприятия по пожарной безопасности.

					<i>ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		111

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гузеев В.И., Батуев В.А., Сурков И.В. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с ЧПУ. – Челябинск, 2005г – 367с.
2. Зубарев Ю. М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении: Учебник. – СПб.: Издательство «Лань», 2015г – 321с.
3. Корчемкна, А. Д., Костромин, Ф. П. Режимы резания металлов – Москва: Машиностроение, 1995г – 305с.
4. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. – Москва, 1986г – 648с.
5. Болотин, Х. Л., Костромин, Ф. П. Станочные приспособления. Изд. 5-е, переработ. и доп. – Москва: Машиностроение, 1973г – 381с.
6. Маргулис Д. К. Протяжки для обработки отверстий, 1986г – 229с.
7. Косов Н. П., Исаев А. Н., Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: Учебное пособие для вузов. – Москва, 2007 – 295с.
8. П.В. Шаламов. Анализ технологичности конструкции детали. Журнал и методические рекомендации к лабораторным работам. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2017. – 18 с.
9. Г. Н. Кирсанова. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов: Учебное пособие. – Москва, 1986г. – 288 с.
10. Общий каталог металлорежущего инструмента фирмы – SECO.
11. Общий каталог металлорежущего инструмента фирмы – Sandvik Coromant.
12. Охрана труда – [http://ohrana-bgd.narod.ru/edaproiz\\_40](http://ohrana-bgd.narod.ru/edaproiz_40).
13. Меры по пожарной безопасности – <http://bibliofond.ru>.

					<i>ЮУрГУ.150305.2019.452.08 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		112