

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

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

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления детали  
«Колесо редуктора ГТД»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

ЮУрГУ–15.03.05.2018.288.00 ПЗ ВКР

Нормоконтролер  
\_\_\_\_\_ Столярова Т.В.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Руководитель, к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ Шаламов П.В.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Автор работы,  
студент группы П-451  
\_\_\_\_\_ Кричевцева Е.А.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Челябинск 2018

## АННОТАЦИЯ

Кричевцева Е.А. Разработка  
 конструкторско-технологического  
 обеспечения изготовления детали «Колесо  
 редуктора ГТД»: Выпускная  
 квалификационная работа – Челябинск:  
 ЮУрГУ, 2018, – 111 с., 67 ил., 14 табл.,  
 библиогр. список – 9 наим., 9 листов ф.  
 А1, 3 листа ф. А2, 1 прил.

В записке описан узел, в котором работает деталь «колесо редуктора ГТД», его назначение и условия эксплуатации; служебное назначение детали и технические требования, предъявляемые к ней, проведены обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для соответствующих отраслей машиностроения. А так же сформированы цели и задачи проектирования, выполнены технологическая (проанализирован существующий технологический процесс и спроектирован новый) и конструкторская (аналитический обзор и выбор технологической оснастки и режущего инструмента, спроектированы и рассчитаны станочное приспособление и режущий инструмент) части. Рассчитаны режимы резания на все операции проектного варианта технологического процесса. Разработана схема ГПУ, подобрано оборудование для её функционирования.

ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ				
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
Разраб		Кричевцева Е.А.		
Пров		Шаламов П.В.		
Н. Контр.		Столярова Т.В.		
Утв		Гузеев В.И.		
Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления детали «Колесо редуктора ГТД»				
		Литера	Лист	Листов
			2	111
ЮУрГУ Кафедра ТАМ				

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ.....	6
1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия .....	6
1.2 Служебное назначение детали «колесо редуктора ГТД» и технические требования, предъявляемые к детали. ....	7
1.3 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для соответствующих отраслей машиностроения ..	9
1.4 Формирование целей и задач проектирования .....	11
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	13
2.1 Анализ существующей на предприятии документации по конструкторско-технологической подготовке действующего производства .....	13
2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса	13
2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента .....	13
2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса .....	20
2.1.4 Выводы по разделу .....	26
2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «колесо редуктора ГТД».....	26
2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки .....	26
2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования.....	27
2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта .....	35
2.2.4 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса .....	38
2.2.5 Расчёт режимов резания и норм времени на все операции проектного варианта технологического процесса .....	45
2.2.6 Выводы по разделу .....	69
3 Конструкторская часть.....	70
3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки .....	70
3.2 Проектирование и расчёт специального станочного приспособления .....	76
3.2.1 Выбор операции .....	76

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

3.2.2	Схема базирования заготовки.....	76
3.2.3	Схема силовая, расчёт режимов, сил резания.....	77
3.2.4	Определение силы резания.....	78
3.3	Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента.....	81
3.4	Проектирование и расчёт специального режущего инструмента.....	81
3.4.1	Расчёт и проектирование концевой фрезы.....	81
3.5	Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля.....	85
4	АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....	93
4.1	Анализ возможных направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали.....	93
4.2	Разработка структурной схемы гибкого производственного участка.....	94
4.3	Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы (промышленные роботы, накопители, транспортные системы, складские системы).....	97
4.4	Базирование заготовки, полуфабриката, готовой детали в промышленном роботе, транспортном устройстве, промежуточном накопителе.....	98
4.5	Анализ производительности автоматизированной системы.....	100
5	ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ.....	103
6	БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА.....	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.....	107
	ВЫВОД ПО КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ.....	110
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	111

## ВВЕДЕНИЕ

Современное развитие машиностроения ориентировано на повышение качества машиностроительной продукции, производительности, сокращение времени обработки и на комплексную автоматизацию. Для достижения этих критериев используются новые материалы, стали, обладающие лучшими свойствами, так же изобретается новое программное обеспечение, оборудование, станки для обработки, обрабатывающие центры и станочные приспособления.

Увеличение производительности и повышение качества при одновременном снижении трудовых затрат – главное направление машиностроения. Это обеспечивается путем совершенствования существующих и внедрения новых видов оборудования и технологических процессов, средств их механизации и автоматизации, а также улучшения организации и управления производством. При обеспечении технологичности конструкции изделия на этапах его разработки и освоения необходимо принимать во внимание намечаемые мероприятия по повышению уровня автоматизации производства. Они в значительной мере способствуют снижению ресурсоемкости изделия в процессе изготовления и требуют от разработчика умения принимать решения по обеспечению технологической рациональности и преемственности конструкции, которые, в свою очередь, создают предпосылки для дальнейшего повышения уровня автоматизации производства.

Основной тенденцией развития комплексной автоматизации производства является создание сквозной системы, включающей этапы конструкторских разработок и проектирования (САПР), технологической подготовки производства (АСТПП) и производственных процессов в механообрабатывающих и сборочных цехах. Эту задачу удастся решить на базе широкого использования в машиностроительном производстве CAD/CAM систем, станков с ЧПУ, промышленных роботов, а также специализированных систем САПР.

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

# 1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

## 1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия

Редуктор ГТД – главный элемент, который преобразует крутящий момент, что позволяет передавать мощность механической передачи от двигателя к исполнительному механизму. Редуктор снижает частоту вращения ГТД равную 14 тыс. об/мин до 3 – 3,2 тыс. об/мин. Редуктор состоит из корпуса, в котором помещают элементы передачи – зубчатые колеса, валы, подшипники и т.д.

Чертеж редуктора ГТД представлен на рисунке 1. Крутящий момент от ГТД передается на зубчатое колесо 7, затем на зубчатое колесо 67 и через шлицы на выходной вал 51.

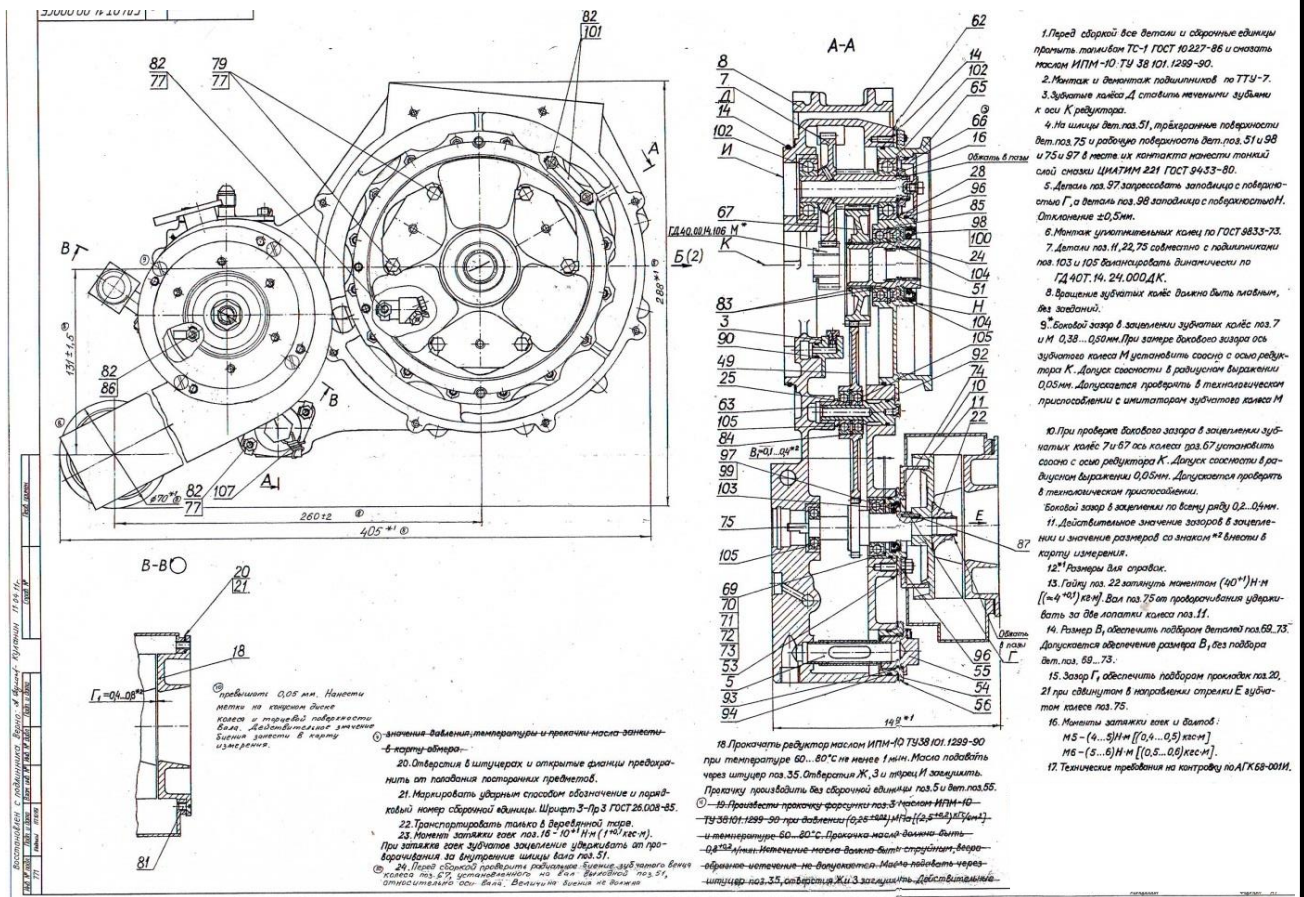


Рисунок 1 – Редуктор ГТД

Условия эксплуатации: данный узел находит применение в различных климатических условиях – от холодных (северных) районов до районов с умеренным и особенно жарким климатом. В районах с жарким климатом должна

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

обеспечиваться работа в тяжелейших условиях при высоких и сверхвысоких пылевых нагрузках.

## 1.2 Служебное назначение детали «колесо редуктора ГТД» и технические требования, предъявляемые к детали.

Колесо входит в состав узла редуктора ГТД и предназначено для удаления и очищения воздуха от пыли. Кроме того, данная деталь имеет еще одно предназначение. В пазы, расположенные на детали, напаяна проволока из магнитного материала, а на корпусе редуктора располагается индуктивный датчик. При вращении колеса, индуктивный датчик генерирует сигнал, когда в активную зону датчика попадает материал проволоки. Таким образом, контролируется частота вращения двигателя. Чертеж колеса представлен на рисунке 2.

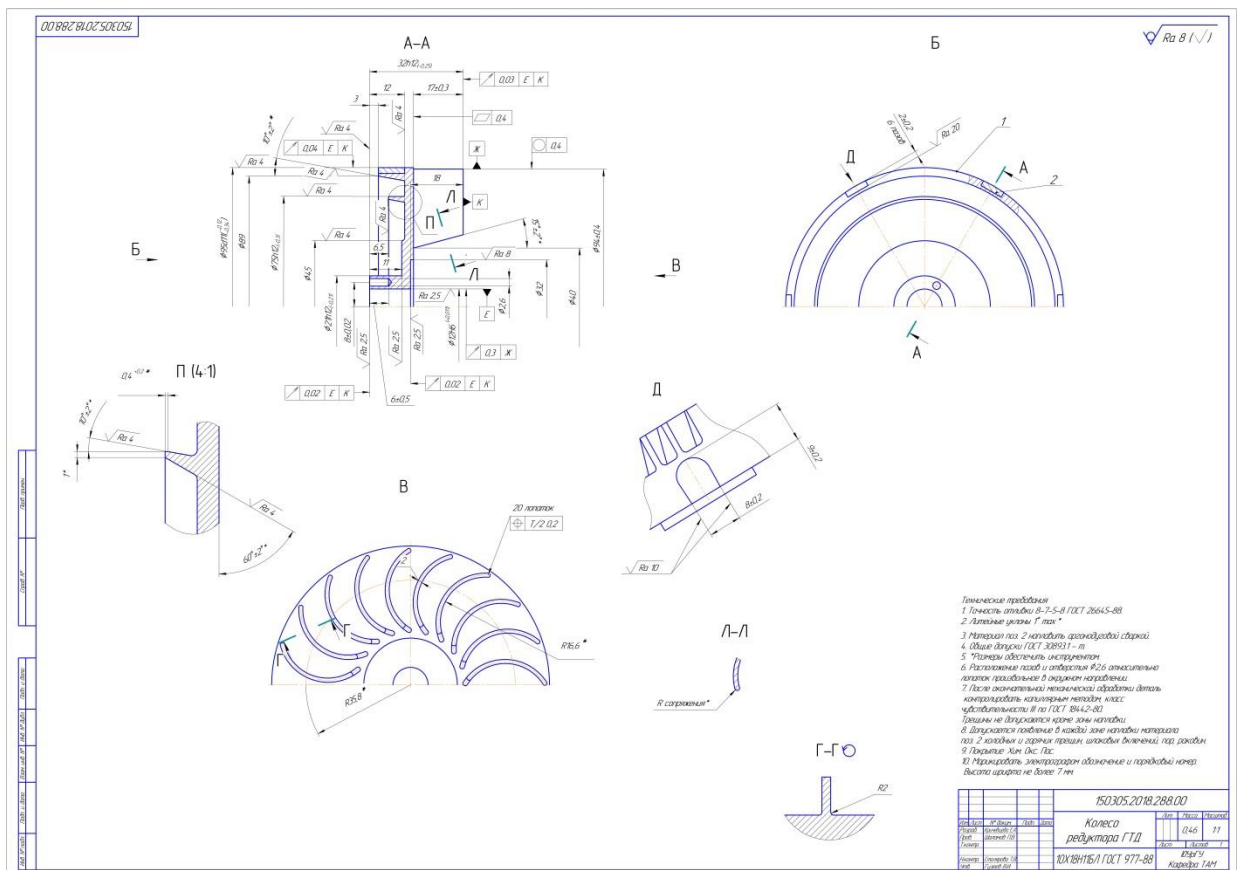


Рисунок 2 – Колесо

Рабочий чертеж дает полное представление о конфигурации, размерах всех поверхностей, технических требованиях и полностью соответствует стандартам

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
						7

ЕСКД на оформление чертежей. На чертеже представлены необходимые обозначения, технические требования, которые должны выполняться в процессе механической обработки.

В основном, размеры данной детали заданы по 14 и 12 качеству. Самый точный размер задан по 6 качеству ( $\text{Ø}12\text{H}6$ ). Также на  $\text{Ø}12\text{H}6$  задана самая низкая шероховатость  $Ra\ 2,5$ , так как по этому диаметру устанавливается колесо на вал. На торце детали и на внутренней поверхности детали задана шероховатость  $Ra\ 4$ , так как по этим поверхностям деталь контактирует с другими деталями, а значит необходимо обеспечить малые силы трения между трущимися поверхностями для уменьшения износа.

Торцевое биение относительно оси отверстия  $\text{Ø}12\text{H}6$  и поверхности К задано не более 0,02 мм. Торцевое биение относительно оси отверстия задано не более 0,03 мм. Радиальное биение относительно оси отверстия  $\text{Ø}12\text{H}6$  и поверхности К задано не более 0,04 мм. Радиальное биение относительно поверхности Ж задано не более 0,3 мм. Биения должны быть в заданных пределах, иначе при работе колеса возникнут вибрации, дисбаланс, и, следовательно, нагрузка не будет равномерно распределяться.

Позиционный допуск, заданный для оси лопаток, равен 0,2 мм. Данная точность позиционирования необходима для обеспечения правильного направления потока воздуха. Допуск плоскостности (не более 0,4 мм) также необходим для обеспечения правильного направления потока воздуха. Допуск круглости (не более 0,4 мм) задается для того, чтобы обеспечить равномерный зазор между индуктивным датчиком и поверхностью колеса.

Технические требования, предъявляемые к детали «колесо редуктора ГТД»:

1. точность отливки 8-7-5-8 ГОСТ 26645-88;
2. литейные уклоны  $1^\circ \text{ max}^*$ ;
3. материал поз. 2 наплавить аргонодуговой сваркой;
4. общие допуски ГОСТ 30893.1 – m;
5. \* размеры обеспечить инструментом;

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



6. расположение пазов и отверстия  $\varnothing 2,6$  относительно лопаток произвольное в окружном направлении;
7. после окончательной механической обработки деталь контролировать капиллярным методом, класс чувствительности III по ГОСТ 18442-80. Трещины не допускаются кроме зон наплавки;
8. допускается появление в каждой зоне наплавки материала поз. 2 холодных и горячих трещин, шлаковых включений, пор, раковин;
9. покрытие: Хим. Окс. Пас.;
10. маркировать электрографом обозначение и порядковый номер. Высота шрифта не более 7 мм.

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

Применяемые в отечественных ГТД моноколёса и крыльчатки, несмотря на относительно небольшую номенклатуру, значительно отличаются друг от друга конструктивным исполнением. Для изготовления моноколёс в основном применяются титановые сплавы ВТ3-1, ВТ5-1, ВТ-6, ВТ-8, ВТ-25, а также алюминиевые сплавы АК4-1, АК-6, ВД-17.

Размеры монолитных колёс находятся в диапазоне 170 – 700 мм по наружному диаметру и 25 – 175 мм по ширине. Количество лопаток, даже на колёсах примерно одного диаметра, различно. Высота лопаток составляет 0 – 200 мм, причём для осевых колёс она значительно выше, чем для центробежных.

Толщина лопаток составляет от 0,9 до 3,0 мм, что в значительной степени влияет на жёсткость технологической системы и требует продуманного выбора технологических переходов при обработке, а в некоторых случаях применения промежуточной заливки межлопаточного пространства перед фрезерованием.

Точность изготовления профилей лопаток моноколёс должна соответствовать ОСТ 102571-86 «Предельные отклонения размеров, формы и расположения пера», а шероховатость трактовых поверхностей –  $Ra = 0,32 - 0,63$  мкм.

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Почти во всех конструкциях монолитных колёс профиль межлопаточного пространства строится с использованием простых образующих, что облегчает составление управляющих программ обработки. Отечественные 5-координатные фрезерные станки типа ДФ-224Р, ДФ-966, МА 55С5Н, имеющие угол поворота инструмента  $\pm 22,5^\circ$ , позволяют обрабатывать моноколёса с простой формой межлопаточных каналов по 3-4 координатам. Фрезерование лопаток моноколёс, имеющих сложные поверхности, на таких станках с достаточной технологической точностью невозможно, так как обработка должна производиться одновременно по 5 координатам.

Западные производители газотурбинных двигателей используют для изготовления дисков три базовые технологии:

- фрезерование лопаток в монолитной заготовке;
- электрохимическая прошивка межлопаточных каналов после предварительного фрезерования или в монолитной заготовке;
- сварка лопаток с диском методом линейной сварки трением.

Каждая из этих технологий имеет свои преимущества и недостатки и используется в зависимости от сложности формы лопаток, материала и габаритов.

Обычно для изготовления блисков (blisk от сокращения английских слов bladed disk) применяется технология фрезерования. Этот способ особенно эффективен при опытном производстве. В серийном производстве этот метод может быть экономически выгоден при изготовлении титановых блисков сравнительно небольших размеров. Блиски из высокопрочных сталей и никелевых сплавов получать фрезерованием неэффективно вследствие низкой обрабатываемости этих материалов. Фрезерованием невозможно получить очень тонкие лопатки. При изготовлении блиска из титанового сплава диаметром 500 мм, имеющего 85 лопаток с хордой 33 мм, одна лопатка фрезеруется в течение 15 мин. Скорость резания при черновой обработке составляет 100 м/мин, а при чистовой – 300 м/мин. Такие высокие скорости резания, полученные путём оптимизации условий обработки, позволили увеличить производительность фрезерования на 50%. Шероховатость рабочих поверхностей лопаток после

										Лист
										10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ					

фрезерования составляет  $Ra = 1,5$  мкм. После фрезерования ручные доводочные работы не выполняются. В качестве финишной обработки используется виброполирование, а для предварительного прорезания пазов – абразивная струйная резка.

Электрохимическая обработка (ЭХО) является эффективным способом серийного производства блисков средних и малых размеров. К достоинствам ЭХО можно отнести высокую стабильность, производительность, отсутствие износа электродов. При использовании ЭХО не требуется ручная доработка поверхностей. Современное технологическое оборудование позволяет эффективно автоматически контролировать параметры процесса. В то же время, возникает ряд сложностей при подготовке производства. Это касается, в первую очередь, оптимизации формы электрода, выполняемой опытным путём в несколько итераций (до настоящего времени отсутствуют эффективные методики расчёта формы электрода для таких сложных поверхностей, как лопатки). Требуется квалифицированный опытный персонал. Перед чистовой ЭХО пазы между лопатками могут быть предварительно получены фрезерованием или струйно-абразивной резкой.

В настоящее время налажено серийное производство моноколёс диаметром 650 мм, имеющих 40 лопаток с хордой 72 мм и высотой 100 мм, из титанового сплава Ti-6Al-4V. ЭХО выполняется после предварительного чернового фрезерования с припуском 2 мм при плотности тока  $0,5 \text{ А/мм}^2$  и подаче 1 мм/мин. Шероховатость поверхности после обработки составляет  $Rz = 5 - 10$  мкм, время обработки одной лопатки – 5 мин.

Линейная сварка трением первоначально была разработана для ремонта повреждённых лопаток, которые нельзя было ремонтировать обычной сваркой. Сегодня этот метод применяется для получения блисков с лопатками большого размера. Каждая лопатка приваривается отдельно.

#### 1.4 Формирование целей и задач проектирования

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Цель проектирования: разработка нового технологического процесса обработки детали «колесо редуктора ГТД» на основе действующего производства.

Задачи проектирования:

- провести анализ существующей на предприятии документации по конструкторско-технологической подготовке действующего производства;
- выбрать наиболее эффективный метод получения заготовки;
- подобрать оборудование и оснастку;
- провести размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса;
- рассчитать режимы резания и нормы времени на все операции проектного варианта технологического процесса;
- провести аналитический обзор и выбрать режущий инструмент;
- спроектировать и рассчитать специальный режущий инструмент;
- спроектировать и рассчитать специальное станочное приспособление;
- выбрать измерительное оборудование и оснастку на операции технического контроля.

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

## 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

Комплектность технологической документации неполная. Операционные карты действующего технологического процесса отсутствуют.

2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента

На операции 015 токарная применяется следующее оборудование: токарно-винторезный станок 1К62.

Комплект баз:

- двойная направляющая база;
- опорная база.

Определенность базирования обеспечивается, так как зажимом лишается последняя степень свободы – вращение вокруг оси.

Станочные приспособления:

- трехкулачковый патрон Ø250.

Режущий инструмент:

- державка (Tungaloy) PCLNR2525M12;
- пластина (TaeguTec) CNMG120408ML TT8020;
- резец подрезной левый 2110-7358, BK8

На операции 020 токарная применяется следующее оборудование: токарно-винторезный станок 1К62.

Комплект баз:

- двойная направляющая база;
- опорная база.

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Определенность базирования обеспечивается, так как зажимом лишается последняя степень свободы – вращение вокруг оси.

Станочные приспособления:

- трехкулачковый патрон Ø250;
- кулачки сырые 7120-5473.

Режущий инструмент:

- державка (Tungaloy) PCLNR2525M12;
- пластина (TaeguTec) CNMG120408ML TT8020;
- сверло центровочное (Plix) 6144 d2,0;
- сверло Ø10,1 (TaeguTec) SHO 3101 TT9030.

На операции 025 фрезерная применяется оборудование: вертикальный консольно-фрезерный станок 6M12П.

Комплект баз:

- двойная направляющая база;
- опорная база.

Определенность базирования обеспечивается, так как зажимом лишается последняя степень свободы – вращение вокруг оси.

Станочные приспособления:

- трехкулачковый патрон.

Режущий инструмент:

- фреза Ø8 2220-0009 ГОСТ 17025-71.

На операции 040 контрольная используют следующие измерительные инструменты:

- штангенциркуль ШЦ-I-160-0,05 ГОСТ 166-89;
- глубиномер ГМ-25-0,01 ГОСТ 7470-92;
- набор образцов шероховатости 0,4-12,5 Т, ТТ, Р, ФТ ГОСТ 9378-93.

Операция 065 токарная. Оборудование: токарно-винторезный станок 1К62.

Комплект баз:

- двойная направляющая база;

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

- опорная база.

Определенность базирования обеспечивается, так как зажимом лишается последняя степень свободы – вращение вокруг оси.

Станочные приспособления:

- трехкулачковый патрон Ø250;
- кулачки сырые 7120-5473.

Режущий инструмент:

- державка (Tungaloy) PCLNR2525M12;
- пластина (TaeguTec) CNMG120404ML TT8020.

Измерительный инструмент:

- индикатор ИЧ-02-0,01 ГОСТ 577-68.

На операции 070 токарная применяют следующее оборудование: токарно-винторезный станок 1К62.

Комплект баз:

- двойная направляющая база;
- опорная база.

Определенность базирования обеспечивается, так как зажимом лишается последняя степень свободы – вращение вокруг оси.

Станочные приспособления:

- трехкулачковый патрон Ø250.

Режущий инструмент:

- державка (Tungaloy) PCLNR2525M12;
- пластина (TaeguTec) CNMG120404ML TT8020;
- резец 2110-6344, BK8.

Операция 075 токарная. Оборудование: токарно-винторезный станок 1К62.

Комплект баз:

- двойная направляющая база;
- опорная база.

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Определенность базирования обеспечивается, так как зажимом лишается последняя степень свободы – вращение вокруг оси.

Станочные приспособления:

- трехлапчатый патрон Ø250.

Режущий инструмент:

- державка (Tungaloy) PCLNR2525M12;
- пластина (TaeguTec) CNMG120404ML TT8020;
- державка (Tungaloy) E08K-SCLCR06-D100;
- пластина (D'Andrea) CCGT060202L DP300.

Операция 080 токарная. Оборудование: токарно-винторезный станок 1К62.

Комплект баз:

- двойная направляющая база;
- опорная база.

Определенность базирования обеспечивается, так как зажимом лишается последняя степень свободы – вращение вокруг оси.

Станочные приспособления:

- трехлапчатый патрон Ø250.

Режущий инструмент:

- резец 2110-6344, BK8;
- резец 2110-7374, BK8.

Измерительный инструмент:

- индикатор 1 МИГ ГОСТ 9696-82.

На операции 090 координатно-расточная применяется следующее оборудование: координатно-расточный станок 2А430.

Комплект баз:

- двойная направляющая база;
- опорная база.

Определенность базирования обеспечивается, так как зажимом лишается последняя степень свободы – вращение вокруг оси.

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16



Станочные приспособления:

- трехкулачковый патрон.

Режущий инструмент:

- сверло Ø2,6 155-90056 ГОСТ 10902-77.

Измерительный инструмент:

- пробка глад. Ø2,6 (ПР) 8190-4629-33;
- пробка глад. Ø2,85 (НЕ) 8190-4629-38.

На операция 105 контрольная применяют следующие измерительные инструменты:

- штангенциркуль ШЦК-I-125-0,02 ГОСТ 166-89;
- микрометр МК 100-1 ГОСТ 6507-90;
- глубиномер ГМ-25-0,01 ГОСТ 7470-92;
- штангенрейсмас ШРК-250-0,02 ГОСТ 164-90;
- нутромер НИ 10-18 ГОСТ 868-82;
- набор ПК-1 ГОСТ 4119-76;
- концевые меры 1-Н1 ГОСТ 9038-90;
- пробка глад. Ø2,6 (ПР) 8190-4629-33;
- пробка глад. Ø2,85 (НЕ) 8190-4629-38;
- угломер УН-180 мод. 127 ГОСТ 5378-88;
- набор образцов шероховатости 0,4-12,5 Т, ТТ, Р ГОСТ 9378-93.

Операция 115 внутришлифовальная. Оборудование: 3А227 станок внутришлифовальный.

Комплект баз:

- двойная направляющая база;
- опорная база.

Определенность базирования обеспечивается, так как зажимом лишается последняя степень свободы – вращение вокруг оси.

Станочные приспособления:

- трехкулачковый патрон.

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Измерительный инструмент:

- штангенциркуль ШЦК-I-125-0,02 ГОСТ 166-89;
- глубиномер ГМ-25-0,01 ГОСТ 7470-92;
- индикатор 1 МИГ ГОСТ 9696-82;
- пробка Ø12Н6 8190-5441-24.

Контрольные приспособления:

- штатив ШМ-ПН-8 ГОСТ 10197-70.

Операция 125 круглошлифовальная. Используется следующее оборудование: универсальный круглошлифовальный станок 3У12АФ1.

Комплект баз:

- двойная направляющая база;
- опорная база.

Станочные приспособления:

- оправка 7130-4779.

Измерительный инструмент:

- микрометр МК 100-1 ГОСТ 6507-90;
- индикатор ИЧ-02-0,01 ГОСТ 577-68.

Контрольные приспособления:

- штатив ШМ-ПН-8 ГОСТ 10197-70.

На операции 145 контрольная используют применяют следующие измерительные инструменты:

- штангенциркуль ШЦК-I-125-0,02 ГОСТ 166-89;
- микрометр МК 100-1 ГОСТ 6507-90;
- глубиномер ГМ-25-0,01 ГОСТ 7470-92;
- штангенрейсмас ШРК-250-0,02 ГОСТ 164-90;
- пробка Ø12Н6 8190-5441-24;
- угломер УН-180 мод. 127 ГОСТ 5378-88;
- пробка глад. Ø2,6 (ПР) 8190-4629-33;
- пробка глад. Ø2,85 (НЕ) 8190-4629-38;

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

- набор образцов шероховатости 0,4-12,5 Т, ТТ, Р ГОСТ 9378-93;
- ПБМ-500 ТУ2-034-543-81;
- индикатор 1 МИГ ГОСТ 9696-82.

Контрольные приспособления:

- оправка легкоконусная Ø12 7110-0001.

Специальные кулачки 7120-5473 представлены на рисунке 3. Данные кулачки отличаются от стандартных тем, что они более широкие, следовательно, площадь захвата увеличивается.

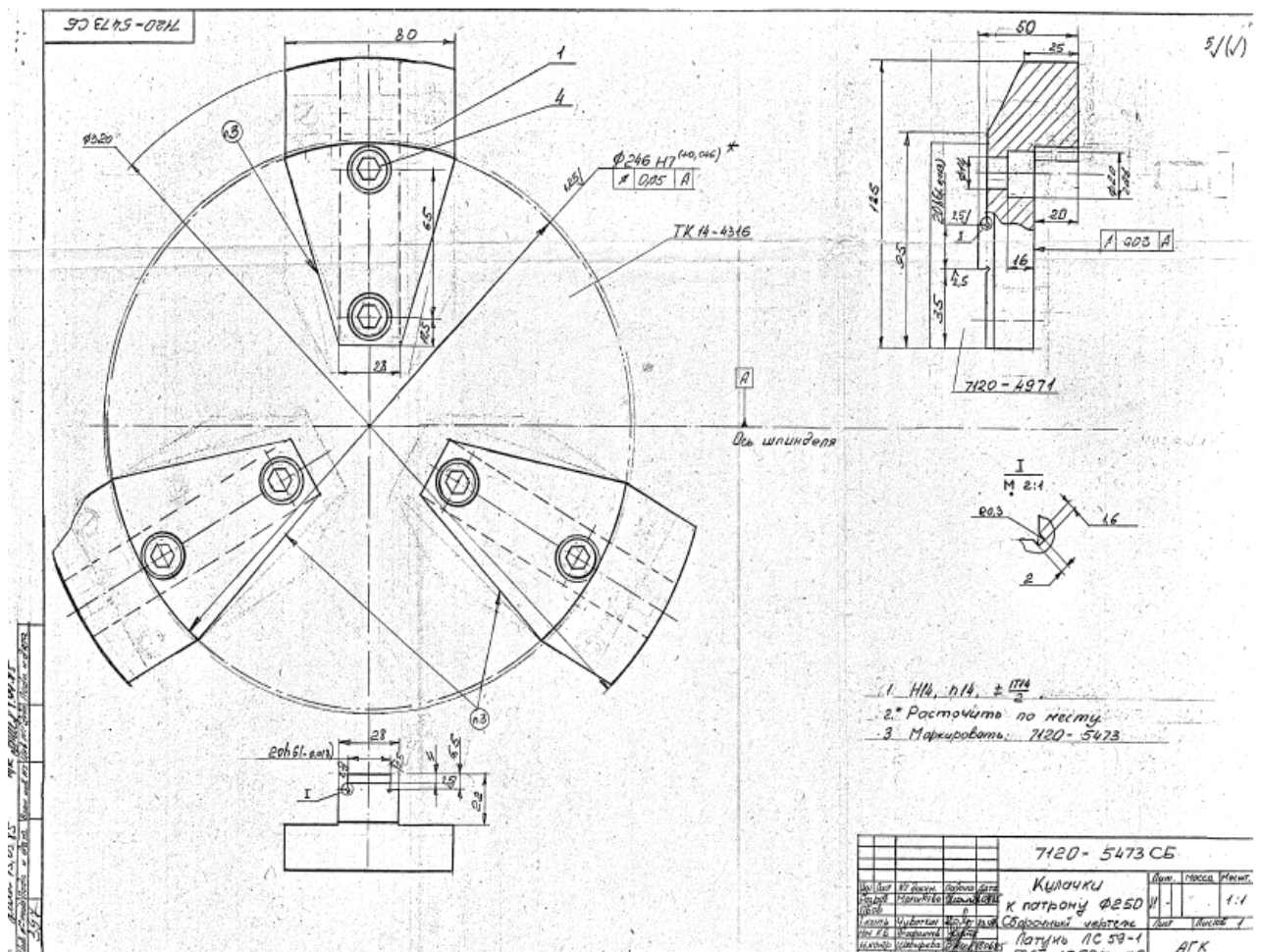


Рисунок 3 – Кулачки к патрону Ø250

На круглошлифовальной операции применяется оправка шлифовальная 7130-4779. Деталь устанавливается на оправку 1 до упора по лопаткам и прижимается гайкой 6. После установки и закрепления детали проверяется биение Её применение обусловлено высокой точностью взаимного расположения

поверхностей, полученных на финишной шлифовальной операции. Чертеж оправки представлен на рисунке 4.

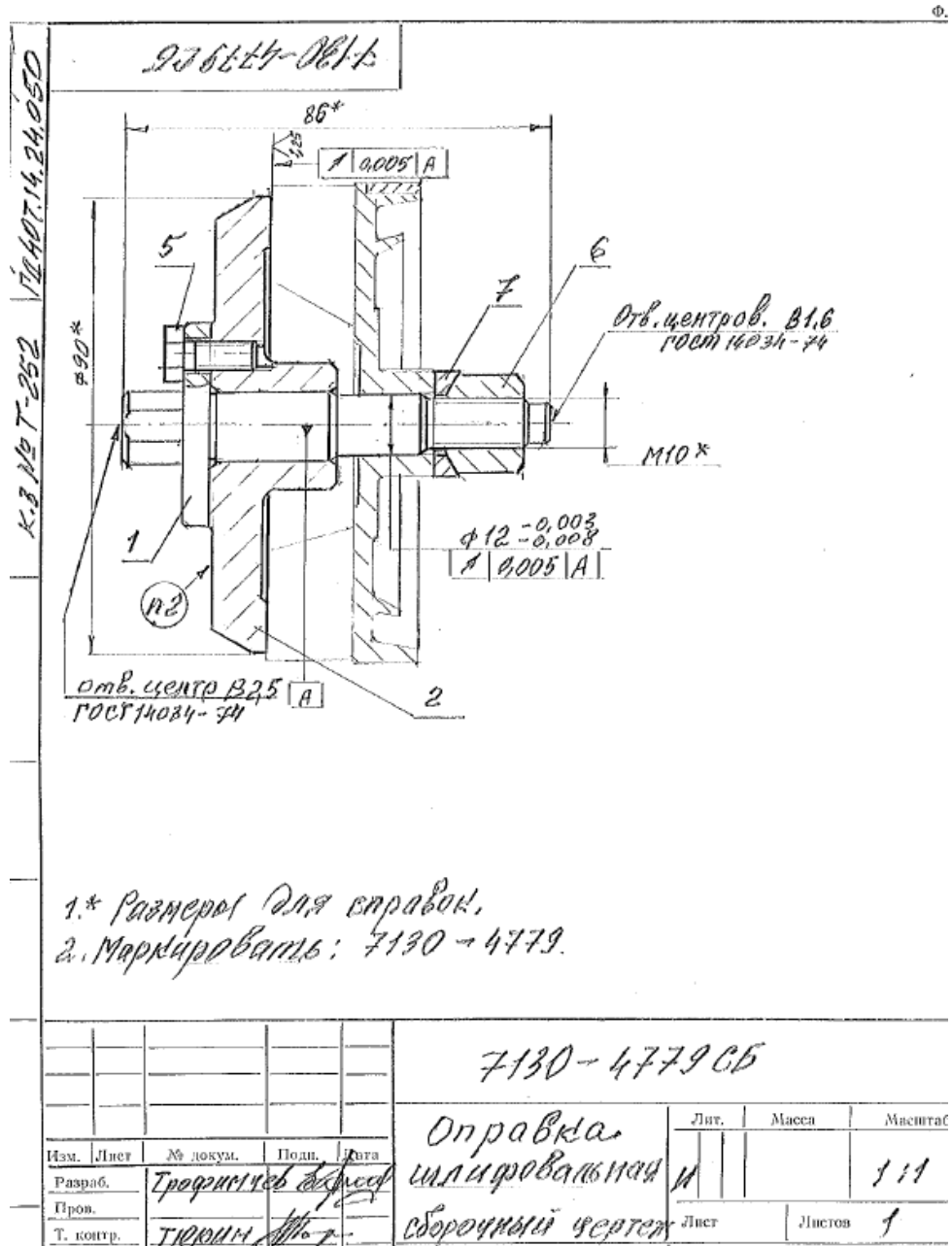


Рисунок 4 – Оправка шлифовальная 7130-4779

2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса

Размерная цепь представлена на рисунке 5.

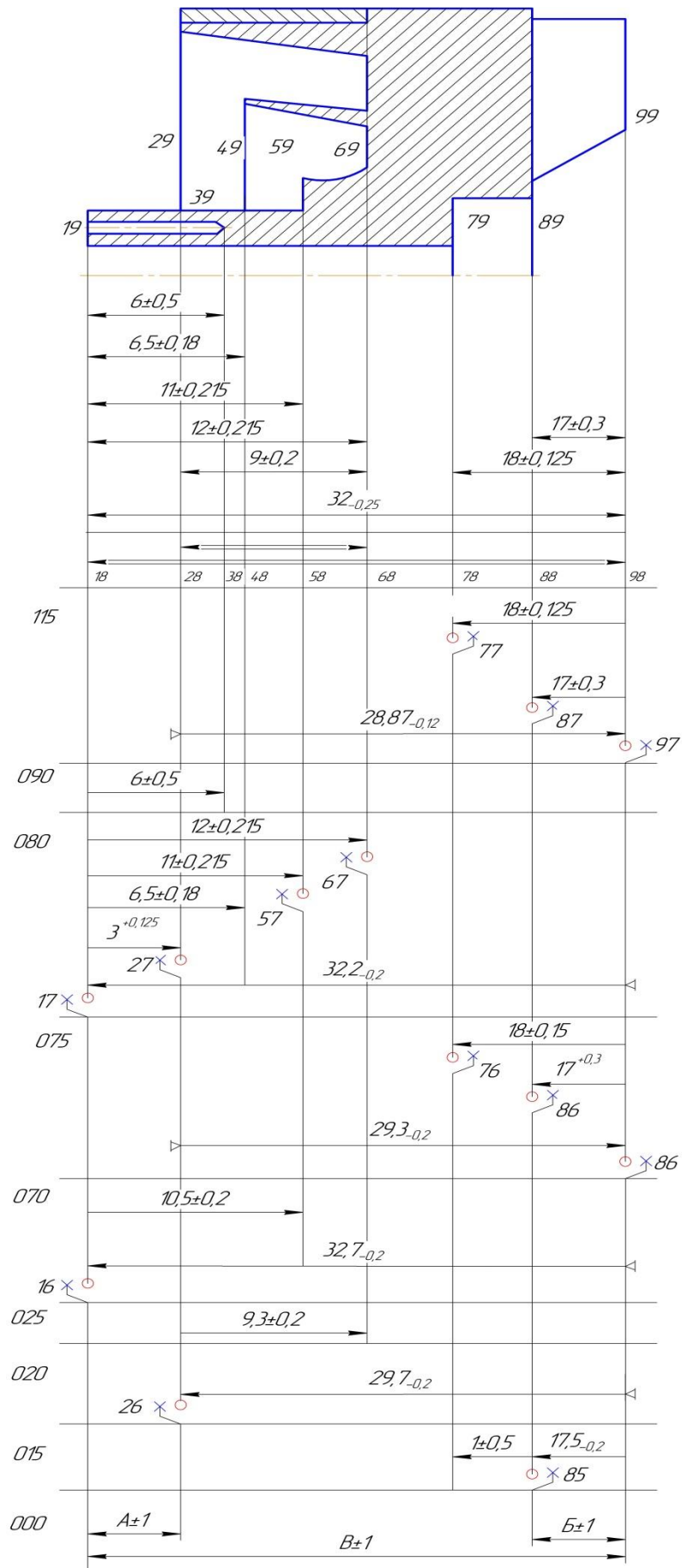


Рисунок 5 – Размерная цепь действующего технологического процесса

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Найдем замыкающие звенья:

$$1. [28 \dots 68] = (68 \dots 18) - (18 \dots 28) = 12 \pm 0,215 - 3^{+0,125} = 9_{-0,34}^{+0,215} \text{ мм};$$

$$T_{A\Delta} = 0,43 + 0,125 = 0,555 \text{ мм}$$

$$T_{A\text{зад.}} = 0,4 \text{ мм}$$

$$T_{A\text{зад.}} < T_{A\text{расч.}}$$

Графическое изображение звена [28...58] представлено на рисунке 6.



Рисунок 6 – Графическое изображение звена [28...58]

$$2. [18 \dots 98] = (98 \dots 28) + (28 \dots 18) = 28,87_{-0,12} + 3^{+0,125} =$$

$$31,87_{-0,12}^{+0,125} \text{ мм};$$

$$T_{A\Delta} = 0,12 + 0,125 = 0,245 \text{ мм}$$

$$T_{A\text{зад.}} = 0,25 \text{ мм}$$

$$T_{A\text{зад.}} > T_{A\text{расч.}}$$

Графическое изображение звена [18...88] представлено на рисунке 7.



Рисунок 7 – Графическое изображение звена [18...88]

Расчет действующих припусков:

- Припуск [97...98]:

$$[97 \dots 98] = -(98 \dots 28) - (28 \dots 18) + (18 \dots 97) = -28_{-0,12} - 3^{+0,125} + 32,2_{-0,2} \\ = 0,33_{-0,325}^{+0,12} \text{ мм};$$

Расчет номинального значения припуска через минимальное значение:

$$T_{[97\dots 98]} = 0,12 - (-0,325) = 0,445 \text{ мм};$$

$$\Delta_0 A_{[97\dots 98]} = \left( \frac{0 + (-0,2)}{2} \right) - \left( \frac{0 + (-0,12)}{2} + \frac{0,125 + 0}{2} \right) = -0,1025 \text{ мм};$$

$$A_{[97\dots 98]\text{min}} = 0,01 + 0,025 = 0,035 \text{ мм};$$

$$A_{[97...98]_H} = 0,035 + \frac{0,445}{2} - (-0,1025) = 0,36 \text{ мм};$$

Припуск на данной операции занижен.

Найдем все остальные припуски аналогичным образом:

- Припуск  $[67...68] = -0,2_{-0,615}^{+0,615}$  мм

$$A_{[67...68]_H} = 0,725 \text{ мм}$$

Припуск получился отрицательным, что невозможно

- Припуск  $[27...28] = 0,1_{-0,2}^{+0,325}$  мм

$$A_{[27...28]_H} = 0,31 \text{ мм}$$

Припуск занижен.

- Припуск  $[17...18] = 0,1 \pm 0,4$  мм

$$A_{[17...18]_H} = 0,51 \text{ мм}$$

Припуск занижен.

- Припуск  $[86...87] = 0,1_{-0,4}^{+0,5}$  мм

$$A_{[86...87]_H} = 0,66 \text{ мм}$$

Припуск занижен.

- Припуск  $[96...97] = 0,4 \pm 0,2$  мм

$$A_{[96...97]_H} = 0,46 \text{ мм}$$

Припуск занижен.

Также был произведен расчет замыкающих звеньев и припусков в программе Visual KursAR. Результаты представлены на рисунках 8 и 9.

11  
 Файл: Действ. тп.гкс  
 Организация: Деканат МТ факультета  
 Расчётчик: Кричевцева Е.А.  
 Изделие: Колесо редуктора ГТД  
 Дата (д.м.г): 16.5.2018

-----  
 Диагностическая информация по схеме

-----  
 Все размеры схемы связаны и не имеют циклов.

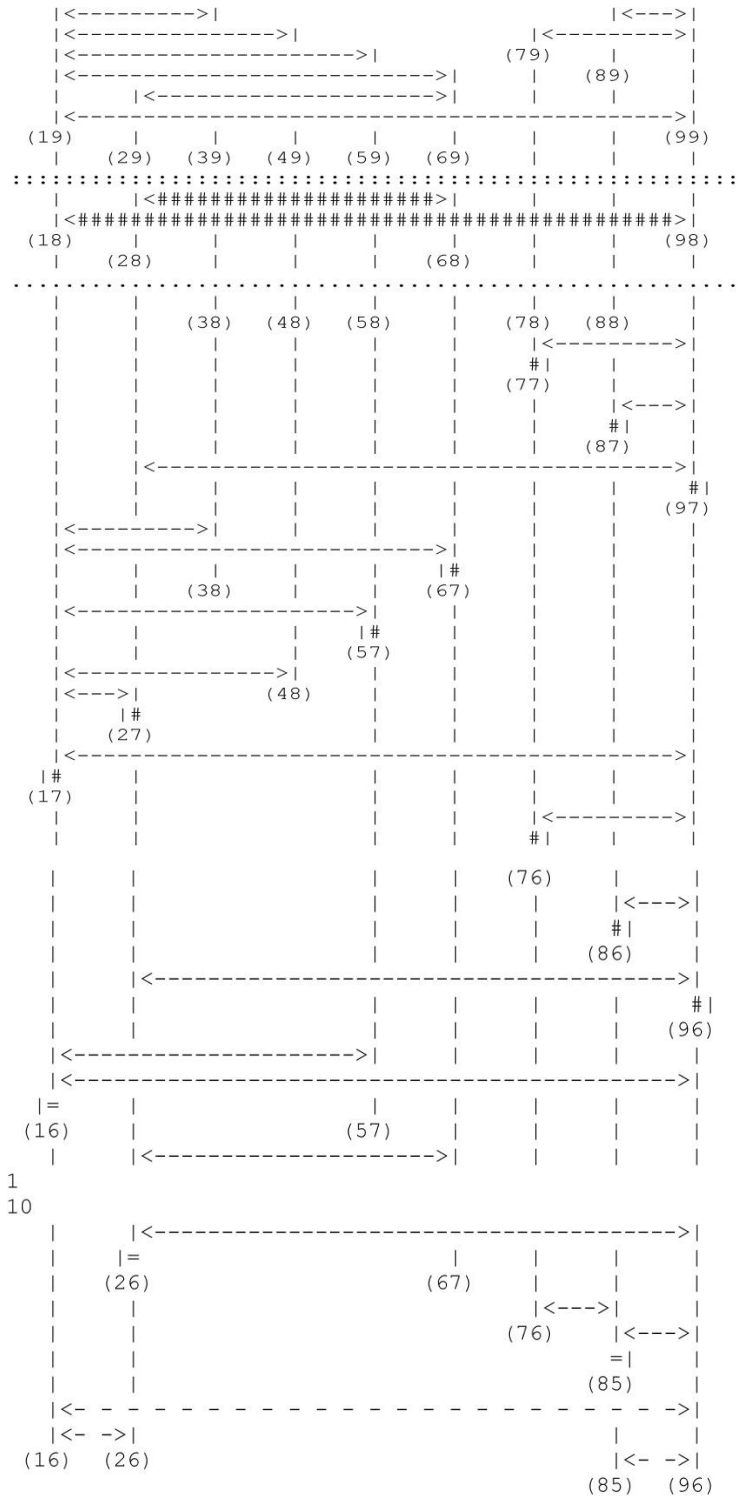


Рисунок 8 – Размерная цепь в программе Visual KursAR



Исходная размерная информация

```

-----
1: 9 19 39 6 0,5 -0,5      2: 9 19 49 6,5 0,18 -0,18
3: 9 19 59 11 0,215 -0,215  4: 9 19 69 12 0,215 -0,215
5: 9 89 99 17 0,3 -0,3      6: 9 29 69 9 0,2 -0,2
7: 9 79 99 18 0,125 -0,125  8: 9 19 99 32 0 -0,25
9: 3 28 68 9 0,2 -0,2      10: 3 18 98 32 0 -0,25
11: 8 78 98 18 0,125 -0,125  12: 2 78 77 0,035
13: 8 88 98 17 0,3 -0,3    14: 2 88 87 0,035
15: 8 28 98 28,87 0 -0,12  16: 2 98 97 0,035
17: 8 18 38 6 0,5 -0,5    18: 8 18 68 12 0,215 -0,215
19: 2 67 68 0,11          20: 2 57 58 0,11
21: 8 18 58 11 0,215 -0,215  22: 8 18 48 6,5 0,18 -0,18
23: 8 18 28 3 0,125 0      24: 2 27 28 0,11
25: 2 17 18 0,11          26: 7 18 97 32,2 0 -0,2
27: 7 77 97 18 0,15 -0,15  28: 2 77 76 0,26
29: 7 87 97 17 0,3 0       30: 2 87 86 0,26
31: 7 27 97 29,3 0 -0,2    32: 2 97 96 0,26
33: 7 17 57 10,5 0,2 -0,2  34: 7 17 96 32,7 0 -0,2
35: 2 16 17 0,26          36: 7 27 67 9,3 0,2 -0,2
37: 7 27 96 29,7 0 -0,2    38: 2 26 27 0,26
39: 7 76 86 1 0,5 -0,5     40: 7 86 96 17,5 0 -0,2
41: 2 86 85 0,26          42: 6 16 96 2 -2 2
43: 6 16 26 1 -1 2        44: 6 85 96 1 -1 2

```

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 0.  
 Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 15.  
 Гр. 5 ..... - заменяющие-замыкающие размеры-звенья - {~} = 0.  
 Гр. 6 ..... - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 3.  
 Гр. 7 и 8 .. - составляющие известные размеры ..... - (+) = 18.  
 Гр. 9 ..... - исходные (чертежные) размеры ..... - (+) = 8.

Диагностическая информация по схеме

-----  
 Все размеры схемы связаны и не имеют циклов.

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 12.  
 Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 3.  
 Гр. 6 ..... - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 3.

Цепи размерные.

Уравнения решены методом Максимума-Минимума:

1. [16=17]=-(17+96)+(16-96)
2. [26=27]=-(27+96)+(16\_96)-(16-26)
3. [86=85]=-(85-96)+(86+96)
4. [28#68]=+(18+68)-(18+28)
5. [18#98]=+(28+98)+(18+28)
8. [98#97]=+(18+97)-(18+28)-(28+98)
9. [67#68]=+(18+68)-(18+97)+(27+97)-(27+67)
11. [27#28]=+(18+28)-(18+97)+(27+97)
12. [17#18]=-(18+97)+(27+97)-(27+96)+(17+96)
14. [87#86]=-(86+96)+(27+96)-(27+97)+(87+97)
15. [97#96]=+(27+96)-(27+97)

Вероятностный метод решения. Тип производства: массовое.

6. [78#77]=-(77+97)+(18+97)-(18+28)-(28+98)+(78+98)
7. [88#87]=-(87+97)+(18+97)-(18+28)-(28+98)+(88+98)
10. [57#58]=+(18+58)-(18+97)+(27+97)-(27+96)+(17+96)-(17+57)
13. [77#76]=-(76+86)-(86+96)+(27+96)-(27+97)+(77+97)

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

Гр	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расч.	Значение	отклон.	отклон.	номинальный	пределных значений
р	левой и	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
у	правой	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
п	поверхно-	Если нет	Предельн.значен.:	размер	исходного звена	-----	-----	-----	-----	-----	-----
па	стей звена	номинала	Min и	Max	звена	по Min	и по Max	-----	-----	-----	-----
1#	28 68	9,000	0,215	-0,340	8,938	-0,140	-0,015				
1#	18 98	32,000	-0,005	-0,250	31,873	0,000	0,005				
1#	78 77		-0,008	0,464	0,228	0,043					
1#	88 87		-0,283	0,439	0,078	-0,318					
1#	98 97		0,005	0,450	0,228	-0,030					
1#	67 68		-0,815	0,415	-0,200	-0,925					
1#	57 58		0,245	0,956	0,600	0,135					
1#	27 28		-0,100	0,425	0,163	-0,210					
1#	17 18		-0,300	0,500	0,100	-0,410					
1#	77 76		-0,550	0,550	0,000	-0,810					
1#	87 86		-0,300	0,600	0,150	-0,560					
1#	97 96		0,200	0,600	0,400	-0,060					
2=	16 17		0,260	4,460	2,360	0,000					
2=	26 27		0,260	6,460	3,360	0,000					
2=	86 85		0,260	2,460	1,360	0,000					
6+	16 96	34,960	2,000	-2,000	34,960						
6+	16 26	2,000	1,000	-1,000	2,000						
6+	85 96	16,040	1,000	-1,000	16,040						

Рисунок 9 – Результат расчета в программе Visual KursAR

Исходя из расчета, можно сделать вывод, что не все припуски назначены верно. Назначение заниженных припусков не обеспечивает удаления дефектных слоев материала. Также данный технологический процесс не обеспечивает точность конструкторского размера.

#### 2.1.4 Выводы по разделу

Анализ применяемой технологической оснастки и режущего инструмента показал, что в действующем тех процессе используются, как стандартные оснастка и режущий инструмент, так и специальные. Применение специальных инструментов является менее эффективным по сравнению с универсальным, так как специальный инструмент спроектирован под конкретную деталь, и его изготовление производится мелкими партиями, что увеличивает его себестоимость. Применение инструментов с СМП является эффективным, так как многократно используется державка, устраняются переточки, а также возникает возможность быстрой переналадки.

Размерный анализ показал, что практически все припуски являются заниженными. Назначение заниженных припусков не обеспечивает удаления дефектных слоев материала. Можно сделать вывод, что действующий технологический процесс не обеспечивает заданной точности технологических размеров, его необходимо корректировать.

### 2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «колесо редуктора ГТД»

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

Колесо изготавливается методом литья по выплавляемым моделям, с точностью отливки 8-7-5-8 ГОСТ 26645-88. Применяется именно такой метод, так как он обеспечивает довольно высокую степень точности, полученная отливка максимально приближена по форме и размерам к готовой детали.

Материал заготовки: 10X18H11БЛ – легированная сталь для отливок. Отливка представлена на рисунке 10.

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

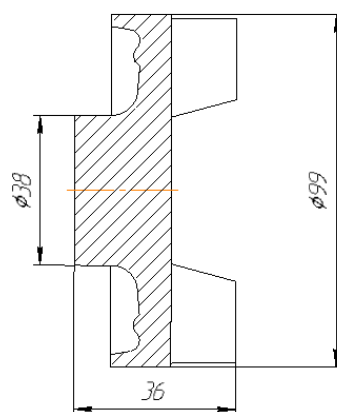


Рисунок 10 – Отливка

### 2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования

Для токарной обработки принимаем токарно-револьверный обрабатывающий центр Haas ST-15 (рисунок 11). HAAS ST-15 занимает малую площадь, однако имеет вместительную зону обработки 406×406 мм с наибольшим диаметром устанавливаемого изделия 413 мм. Гидравлический патрон 210 мм вращается со скоростью до 4000 об/мин, а векторный привод мощностью 14,9 кВт обеспечивает максимальный крутящий момент 203 Нм. Наибольший диаметр прутка 44 мм. Скорость быстрых перемещений равна 63,5 м/мин по осям X и Z, а 12-позиционный автоматический револьвер VDI или BOT осуществляет смену инструментов за 0,5 сек. Технические характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики токарно-револьверного обрабатывающего центра Haas ST-15

Максимальный устанавливаемый диаметр над станиной, мм	641
Максимальный устанавливаемый диаметр над кареткой, мм	413
Максимальный обрабатываемый диаметр (зависит от револьвера), мм	228
Максимальная длина обработки (без патрона), мм	406

Продолжение таблицы 1

Диаметр 3-х кулачкового патрона, мм	210
Максимальный диаметр обрабатываемого прутка, мм	63,5
Диаметр отверстия в шпинделе, мм	88,9
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин	4000
Максимальный крутящий момент, Нм	203
Максимальная мощность шпинделя, кВт	14,9
Перемещение по оси X, мм	200
Перемещение по оси Y, мм	-
Перемещение по оси Z, мм	406
Максимальное осевое усилие, кН	14,7
Максимальная скорость холостых подач, м/мин	30,5
Исполнение посадочного гнезда револьвера	VDI40
Количество инструментальных гнезд в револьвере, шт	12
Максимальное количество приводных станций, шт	-
Максимальная скорость приводного инструмента, об/мин	-
Конус пиноли задней бабки, №	3*
Точность позиционирования, мм	±0,0050
Повторяемость, мм	±0,0025
Объем бака СОЖ, л	114
Ориентировочная масса станка, кг	3585

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Рисунок 11 – Токарно-револьверный обрабатывающий центр Haas ST-15  
 Для фрезерной операции принимаем вертикальный фрезерный станок VFM 4 (рисунок 12). Технические характеристики представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики вертикального фрезерного станка VFM 4

Технологический ход, ось X, мм	1000
Технологический ход, ось Y, мм	300
Технологический ход, ось Z, мм	400
Зажимная поверхность стола, мм	1320×320
T-образные пазы, число, шт	5
T-образные пазы, ширина, мм	14
T-образные пазы, расстояние, мм	63
Вылет, мм	360
Диапазон поворота головки, град.	± 35°
Масса заготовки (макс.), кг	300
Ускоренный ход по оси X, мм/мин	1200
Ускоренный ход по оси Y, мм/мин	1200
Ускоренный ход по оси Z, мм/мин	600
Скорость подачи по оси X, мм/мин	(8) 20 – 360
Скорость подачи по оси Y, мм/мин	(8) 20 – 360
Диапазон частоты вращения, об/мин	58 – 1710
Зажим шпинделя (вертик.)	ISO 50
Ход пиноли, мм	70

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Продолжение таблицы 2

Расстояние вертик. шпиндель/стол, мм	45 – 445
Мощность двигателя гл. привода, кВт	4
Мощность двигателя подачи, кВт	0,55
Мощность двигателя насоса СОЖ, кВт	0,09
Габариты, мм	2220×1820×1880
Масса, кг	2300



Рисунок 12 – Вертикальный фрезерный станок VFM 4

Для сверления отверстия  $\varnothing 2,6$  мм принимаем координатно-расточный станок 2A450 (рисунок 13). На станке можно выполнять сверление, легкое (чистовое) фрезерование, разметку и проверку линейных размеров, в частности и межцентровых расстояний. Станок снабжен поворотными столами, что дает возможность производить обработку отверстий, заданных в полярной системе координат, наклонных и взаимно перпендикулярных отверстий и проточку торцовых плоскостей. Технические характеристики этого станка приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики координатно-расточного станка  
2А450

Наименьшее и наибольшее расстояние от торца шпинделя до поверхности стола, мм	240...750
Расстояние от оси шпинделя до стойки (вылет), мм	710
Наибольший диаметр сверления, мм	30
Наибольший диаметр расточки, мм	250
Наибольший диаметр фрезы, мм	110
Наибольший вес обрабатываемого изделия, кг	600
Точность установки координат, мм	0,004
Рабочая поверхность стола, мм	630x1100
Наибольшее продольное перемещение стола, мм	1000
Наибольшее поперечное перемещение стола, мм	630
Диаметр универсального поворотного стола, мм	440
Диаметр горизонтального поворотного стола, мм	600
Конус отверстия шпинделя	Специальный
Наибольший конус инструмента Морзе	№4
Наибольшее перемещение шпинделя, мм	250
Наибольшее перемещение шпиндельной коробки (от руки), мм	250
Пределы числа оборотов шпинделя в минуту	50-2000
Пределы подач шпинделя, мм/об	0,03-0,16
Скорость перемещения, стола, мм/мин	
- рабочая (при фрезеровании)	30-200
- (бесступенчатое регулирование) ускоренная	1200



Рисунок 13 – Координатно-расточный станок 2А450

Для обработки лопаток принимаем 5-ти координатный фрезерный станок с ЧПУ Femco F5X-630 (рисунок 14). Технические характеристики этого станка приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические 5-ти координатного фрезерного станка с ЧПУ Femco F5X-630

Перемещение по оси X	мм	860
Перемещение по оси Y	мм	660
Перемещение по оси Z	мм	500
Перемещение по оси B	град	-95÷+95
Перемещение по оси C		360
Расстояние от торца шпинделя до плоскости стола	мм	100-600
Размеры стола	мм	Ø630
Макс. весовая нагрузка на стол	кг	500
Ширина Т-образных пазов	мм	22
Макс. частота вращения шпинделя	об/мин	8000

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Продолжение таблицы 4

Вращающий момент на шпинделе (пост/пик 30 мин)	Н*м	48/70
Конус шпинделя	ISO	40
Ёмкость инструментального магазина	шт	24
Тип инструментальной оправки		ISO.40
Макс. длина устанавливаемого инструмента	мм	300
Макс. диаметр устанавливаемого инструмента с занятыми соседними гнёздами	мм	90
Макс. диаметр устанавливаемого инструмента со свободными соседними гнёздами	мм	150
Макс. масса устанавливаемого инструмента	кг	8
Время смены инструмента	с	1,3
Приводы		
Мощность привода шпинделя (пост/пик 30 мин)	кВт	7,5/11
Мощность привода подач по оси X	кВт	3
Мощность привода подач по оси Y	кВт	3
Мощность привода подач по оси Z	кВт	3
Мощность привода оси B	кВт	4,5
Мощность привода оси C	кВт	4,5
Скорость холостых ходов по оси X	м/мин	48
Скорость холостых ходов по оси Y	м/мин	48
Скорость холостых ходов по оси Z	м/мин	48
Диапазон рабочих подач по осям X,Y,Z	мм/мин	
Система ЧПУ		Fanuc 31i-A5
Общая потребляемая мощность	кВА	40
Габаритные размеры станка (ДхШхВ)	мм	2825x2350x2650
Масса станка (нетто)	кг	6500



Рисунок 14 – Фрезерный станок с ЧПУ Femco F5X-630

Для шлифовальной операции принимаем станок с ЧПУ JHI-150CNC (рисунок 15). Технические характеристики станка представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики станка JHI-150CNC

Диаметр шлифования, мм	6 – 150
Максимальная глубина шлифования, мм	150
Время подачи по оси X, м/мин	8
Точность позиционирования по оси X, мм	0.001
Время подачи по оси Z, м/мин	8
Точность позиционирования по оси Z, мм	0.001
Скорость работы шпинделя, об/мин	1000
Угол поворота шпинделя, град.	8
Мощность основного двигателя, л.с.	2
Мощность двигателя головки, Вт	1500
Мощность сервопривода оси Z, Вт	1200
Мощность сервопривода оси X, Вт	750
Мощность гидравлической системы, л.с.	0,25
Мощность системы охлаждения, л.с.	0,13
Габариты станка, мм	2900x1900x2100
Масса станка, т	2,5
Снаряжённая масса станка, т	2,7



Рисунок 15 – шлифовальный станок с ЧПУ JHI-150CNC

2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта

Маршрутная технология проектного варианта представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Маршрутная технология проектного варианта

№ операции	Название операции	Оборудование
000	Заготовительная	
005	Контрольная	
010	Токарная с ЧПУ	Haas ST-15
015	Токарная с ЧПУ	Haas ST-15
020	Фрезерная	VFM 4
025	Промывка	Simplex 100
030	Контрольная	
035	Комплектование	
040	Сварка	Tetrix 350 AC/DC
045	Контрольная	
050	Токарная с ЧПУ	Haas ST-15
055	Токарная с ЧПУ	Haas ST-15
060	Координатно-расточная	2A450
065	Фрезерная с ЧПУ	Femco F5X-630
070	Шлифовальная с ЧПУ	JHI-150CNC
075	Промывка	Simplex 100
080	Контроль	Carl Zeiss Accura II
085	Маркирование	
090	Получение покрытия	

Эскиз 010 токарной операции с ЧПУ представлен на рисунке 16.

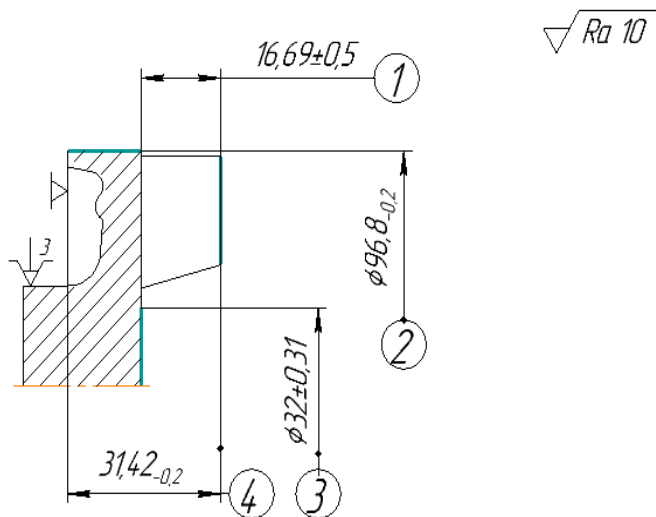


Рисунок 16 – Эскиз 010 токарной операции с ЧПУ

Эскиз 015 токарной операции с ЧПУ представлен на рисунке 17.

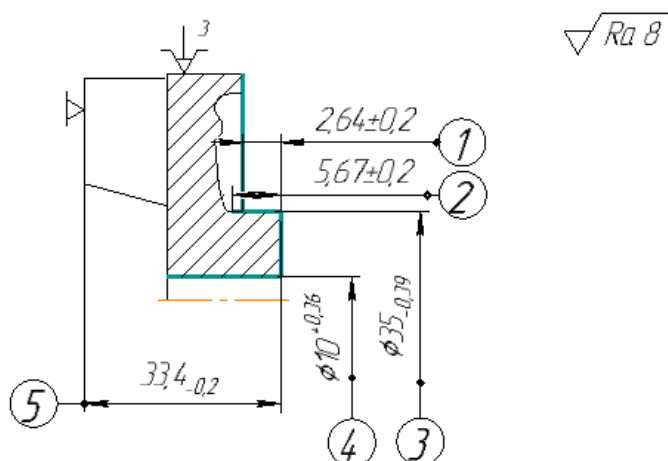


Рисунок 17 – Эскиз 015 токарной операции с ЧПУ

Эскиз 020 фрезерной операции представлен на рисунке 18.

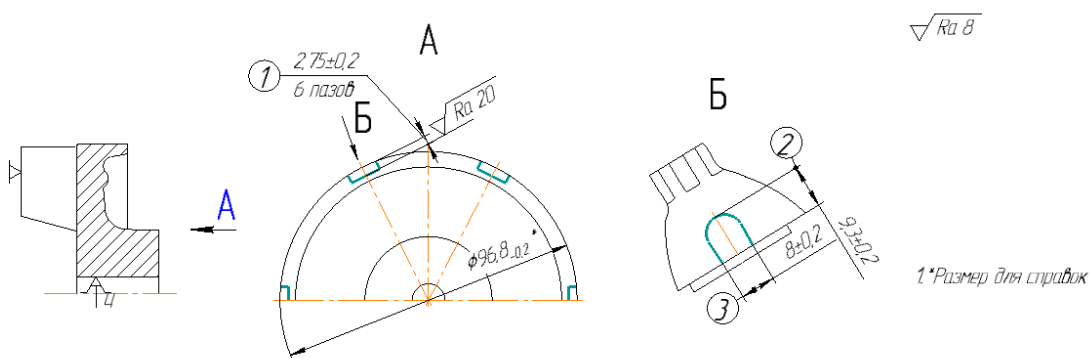


Рисунок 18 – Эскиз 020 фрезерной операции

Эскиз 050 токарной операции с ЧПУ представлен на рисунке 19.

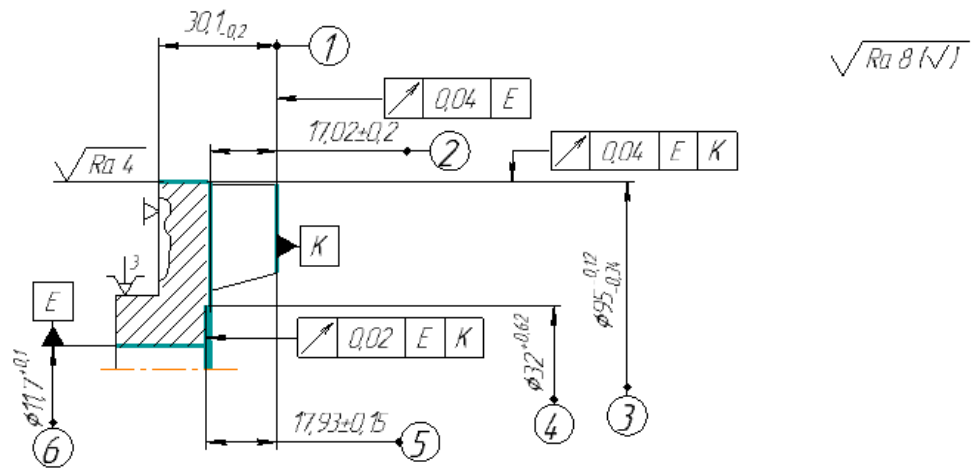


Рисунок 19 – Эскиз 050 токарной операции с ЧПУ

Эскиз 055 токарной операции с ЧПУ представлен на рисунке 20.

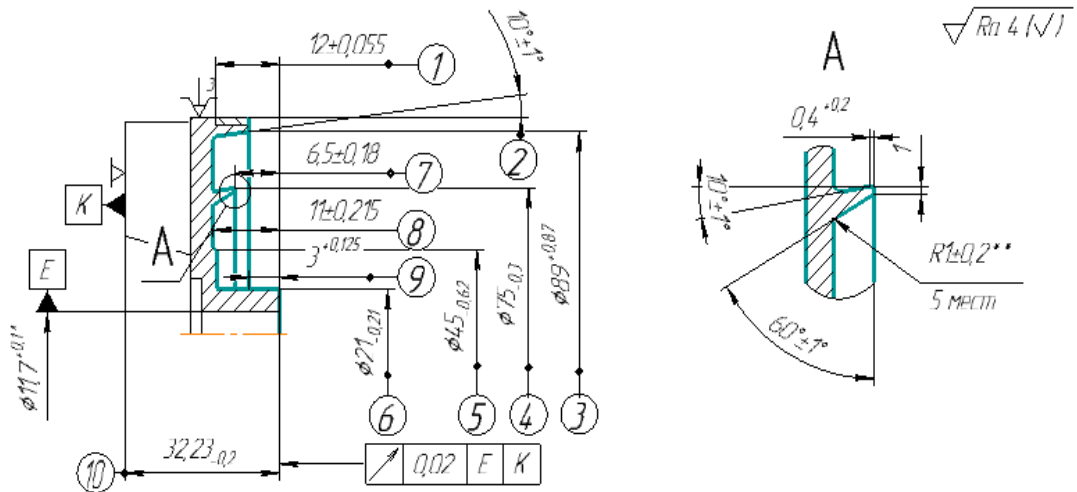


Рисунок 20 – Эскиз 055 токарной операции с ЧПУ

Эскиз 060 координатно-расточной операции представлен на рисунке 21.

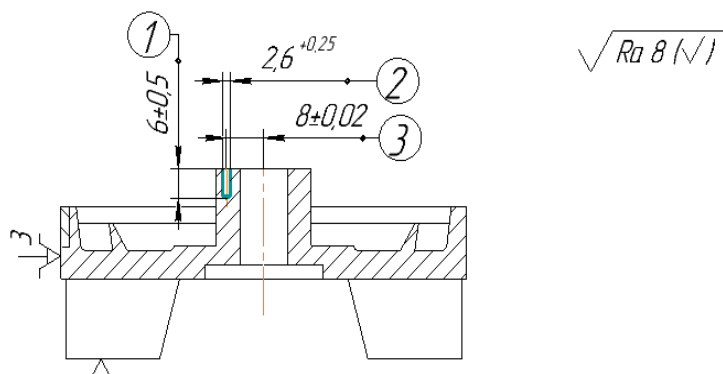


Рисунок 21 – Эскиз 060 координатно-расточной операции

Эскиз 065 фрезерной операции с ЧПУ представлен на рисунке 22.

$\sqrt{Ra\ 8\ (\sqrt{V})}$

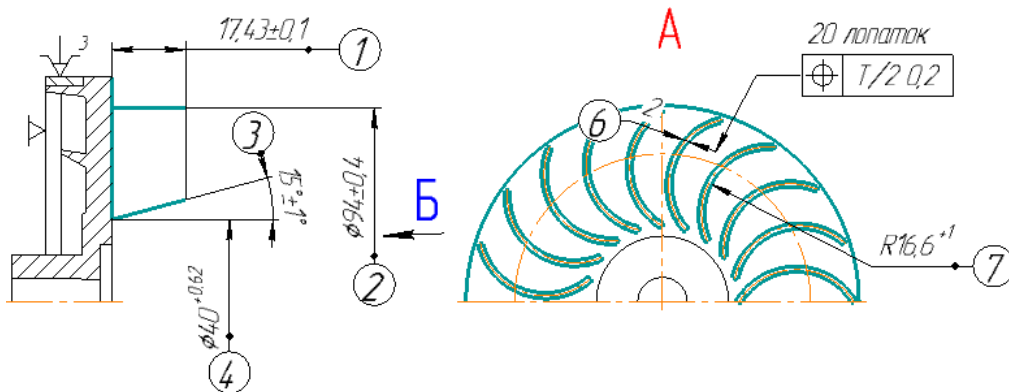


Рисунок 22 – Эскиз 065 фрезерной операции с ЧПУ

Эскиз операции 070 шлифовальной с ЧПУ представлен на рисунке 23.

$\sqrt{Ra\ 4\ (\sqrt{V})}$

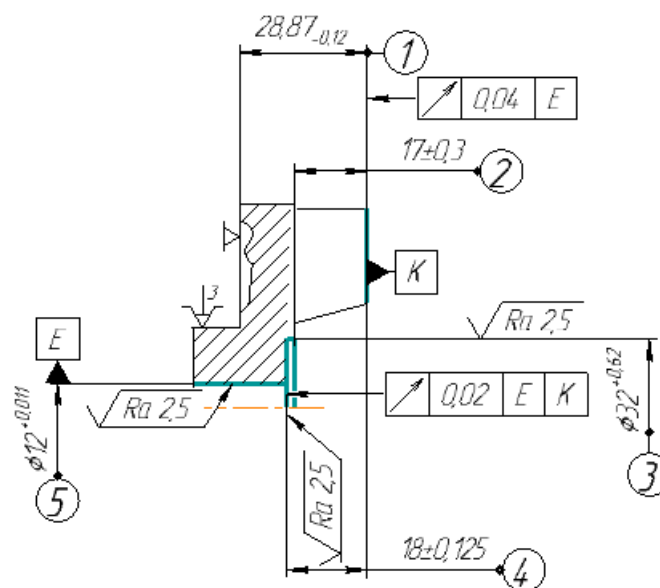


Рисунок 23 – Эскиз 070 шлифовальной операции с ЧПУ

2.2.4 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса

Размерная цепь представлена на рисунке 24.

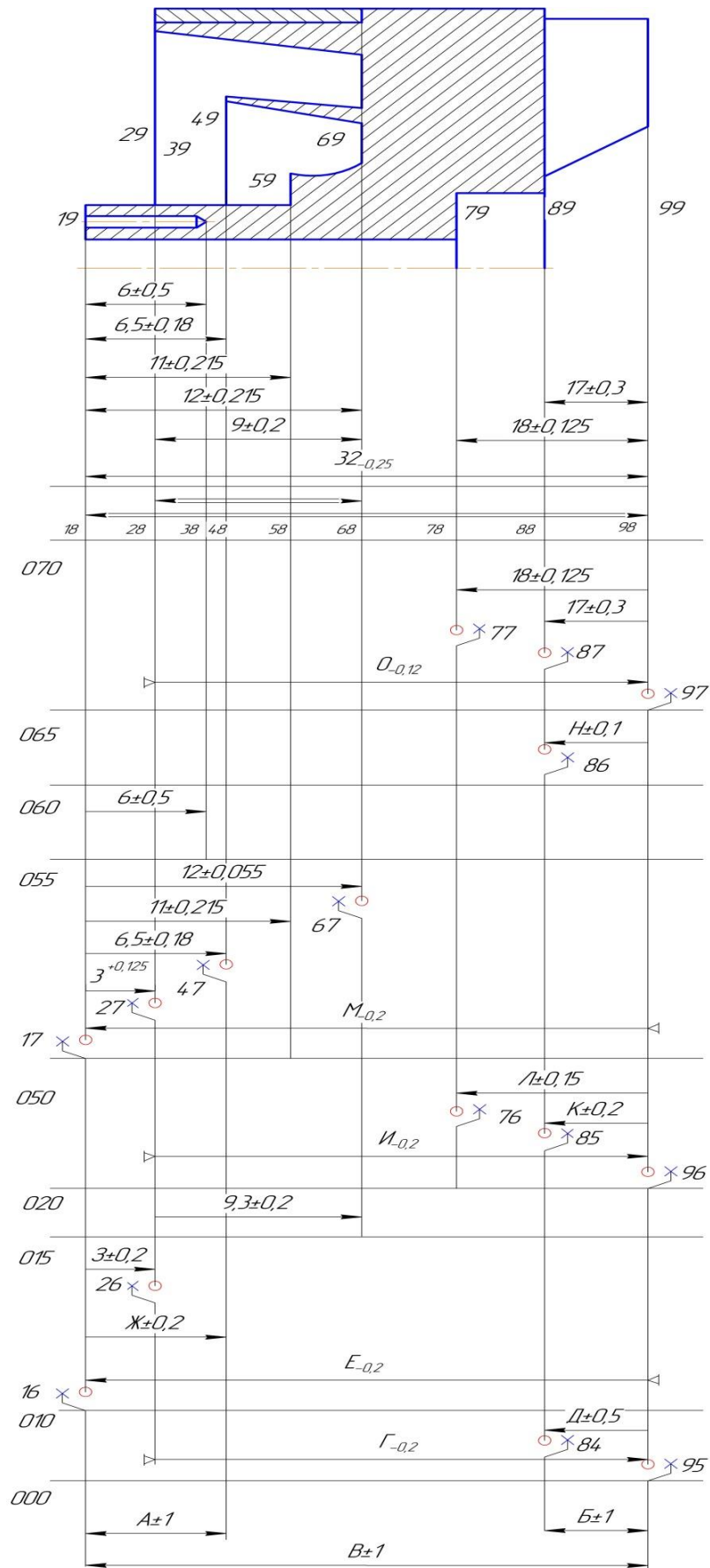


Рисунок 24 – Размерная цепь проектного варианта технологического процесса

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Уравнения замыкающих звеньев:

$$1. [28 \dots 68] = (68 \dots 18) - (18 \dots 28) = 12 \pm 0,055 - 3^{+0,125} = 9_{-0,18}^{+0,055} \text{ мм};$$

$$T_{\Delta\Delta} = 0,11 + 0,125 = 0,235 \text{ мм}$$

$$T_{\text{Азад.}} = 0,4 \text{ мм}$$

$$T_{\text{Азад.}} > T_{\text{Арасч.}}$$

Графическое изображение звена [28...58] представлено на рисунке 25.

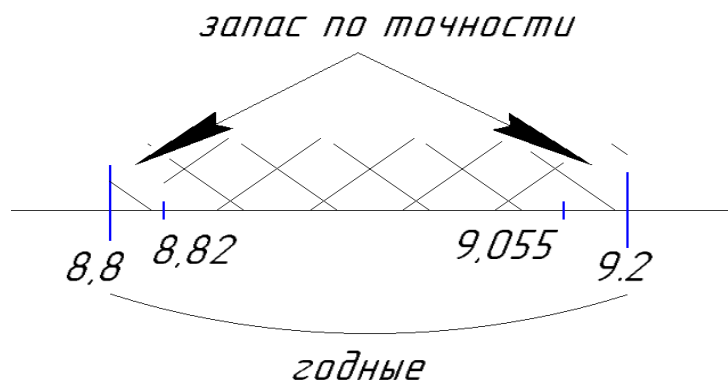


Рисунок 25 – Графическое изображение звена [28...58]

$$2. [18 \dots 98] = (98 \dots 28) + (28 \dots 18) = 0_{-0,12} + 3^{+0,125};$$

$$T_{\Delta\Delta} = 0,12 + 0,125 = 0,245 \text{ мм}$$

$$T_{\text{Азад.}} = 0,25 \text{ мм}$$

$$T_{\text{Азад.}} > T_{\text{Арасч.}}$$

Из уравнения замыкающего звена [18...98] найдем неизвестный операционный размер О:

$$[18 \dots 98] = (98 \dots 28) + (28 \dots 18)$$

$$[18..98]_{\text{н}} = N_{\text{ср}} - \Delta W;$$

$$N_{\text{ср}} = \frac{32 + 31,75}{2} = 31,875 \text{ мм};$$

$$\Delta W = \left( \frac{0 + (-0,12)}{2} + \frac{0,125 + 0}{2} \right) = 0,0025 \text{ мм};$$

$$[18..98]_{\text{н}} = N_{\text{ср}} - \Delta W = 31,875 - 0,0025 = 31,8725 \text{ мм};$$

$$31,8725 = 0 + 3$$

$$0 = 28,87 \text{ мм.}$$

Рассчитаем операционный размер М через припуск [97...98]:

$$[97 \dots 98] = -(98 \dots 28) - (28 \dots 18) + (18 \dots 97) = -28,87_{-0,12} - 3^{+0,125} + M_{-0,2};$$

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Расчет номинального значения припуска через минимальное значение:

$$T_{[97...98]} = 0,12 + 0,125 + 0,2 = 0,445 \text{ мм};$$

$$\Delta_0 A_{[97...98]} = \left( \frac{0 + (-0,2)}{2} \right) - \left( \frac{0 + (-0,12)}{2} + \frac{0,125 + 0}{2} \right) = -0,1025 \text{ мм};$$

$$A_{[97..98]_{\min}} = 0,01 + 0,025 = 0,035 \text{ мм};$$

$$A_{[97...98]_{\text{н}}} = 0,035 + \frac{0,445}{2} - (-0,1025) = 0,36 \text{ мм};$$

$$0,36 = -28,87 - 3 + M;$$

$$M = 32,23 \text{ мм}$$

Аналогично найдем остальные неизвестные размеры:

- A= 7,13 мм;
- Б= 16,76 мм;
- В= 37,32 мм;
- Г= 31,42 мм;
- Д= 16,69 мм;
- Е= 33,4 мм;
- Ж= 5,67 мм;
- З= 2,64 мм;
- И= 30,1 мм;
- К= 17,02 мм;
- Л= 17, 93 мм;
- Н= 17,43 мм.

Также был произведен расчет неизвестных размеров в программе Visual KursAR. Результаты представлены на рисунках 25, 26, 27.

11  
 Файл: Проектный вариант.rkc  
 Организация: Деканат МТ факультета  
 Расчётчик: Кричевцева Е.А.  
 Изделие: Колесо редуктора ГТД  
 Дата (д.м.г): 16.5.2018

Диагностическая информация по схеме

-----  
 Все размеры схемы связаны и не имеют циклов.

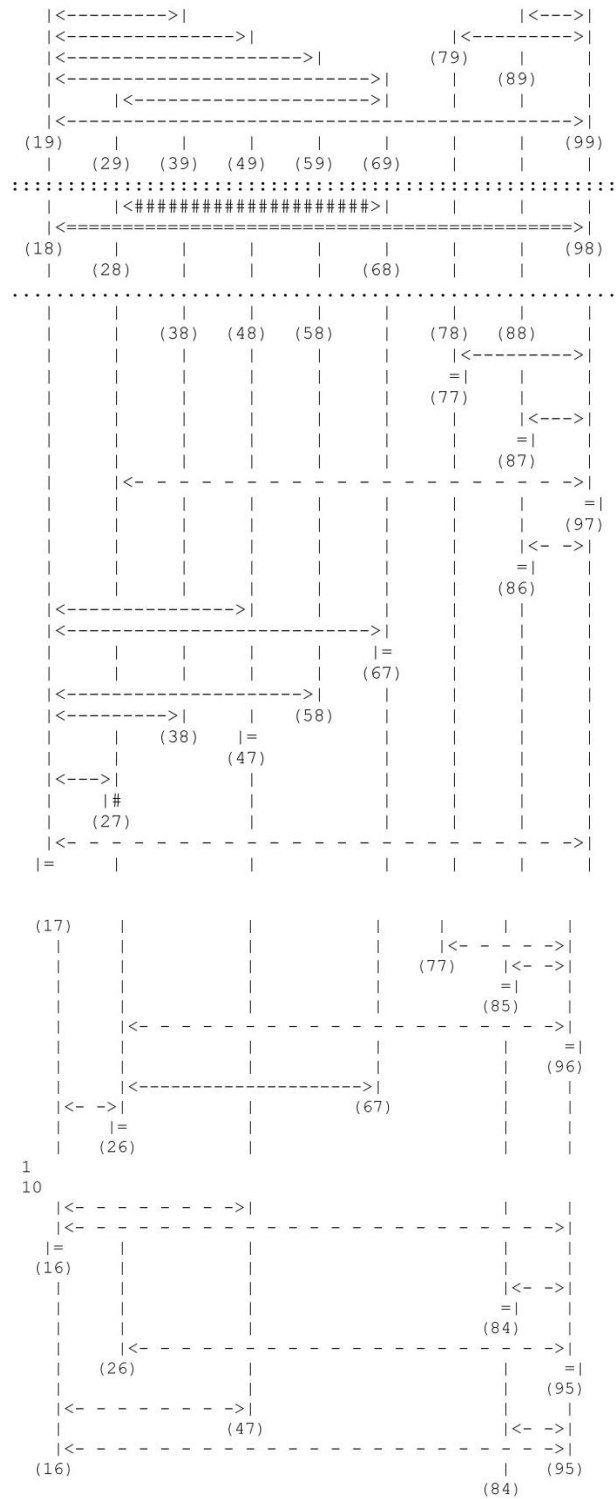


Рисунок 26 – Размерная цепь проектного технологического процесса в Visual KursAR

									Лист
									42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ				

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

Файл: Проектный вариант.rkc  
 Организация: Деканат МТ факультета  
 Расчетчик: Кричевцева Е.А.  
 Изделие: Колесо редуктора ГТД  
 Дата (д.м.г): 16.5.2018

Исходная размерная информация

```
-----
1: 9 19 39 6 0,5 -0,5          2: 9 19 49 6,5 0,18 -0,18
3: 9 19 59 11 0,215 -0,215    4: 9 19 69 12 0,215 -0,215
5: 9 29 69 9 0,2 -0,2         6: 9 89 99 17 0,3 -0,3
7: 9 79 99 18 0,125 -0,125    8: 9 19 99 32 0 -0,25
9: 3 28 68 9 0,2 -0,2         10: 3 18 98 32 0 -0,25
11: 8 78 98 18 0,125 -0,125   12: 2 78 77 0,035
13: 8 88 98 17 0,3 -0,3       14: 2 88 87 -0,6
15: 6 28 98 0 -0,12 2         16: 2 98 97 0,035
17: 6 87 97 0,1 -0,1 2        18: 2 87 86 0,11
19: 8 18 48 6 0,5 -0,5        20: 8 18 68 12 0,055 -0,055
21: 2 67 68 0,11              22: 8 18 58 11 0,215 -0,215
23: 8 18 38 6,5 0,18 -0,18    24: 2 47 48 0,11
25: 8 18 28 3 0,125 0         26: 2 27 28 0,11
27: 6 18 97 0 -0,2 2         28: 2 17 18 0,11
29: 6 77 97 0,15 -0,15 2     30: 6 86 97 0,2 -0,2 2
31: 2 86 85 0,26              32: 6 27 97 0 -0,2 2
33: 2 97 96 0,26              34: 7 27 67 9,3 0,2 -0,2
35: 6 17 27 0,2 -0,2 2       36: 2 26 27 0,26
37: 6 17 47 0,2 -0,2 2       38: 6 17 96 0 -0,2 2
39: 2 16 17 0,26              40: 6 85 96 0,5 -0,5 2
41: 2 85 84 0,26              42: 6 26 96 0 -0,2 2
43: 2 96 95 0,26              44: 6 16 47 1 -1 2
45: 6 84 95 1 -1 2           46: 6 16 95 1 -1 2
```

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 0.  
 Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 16.  
 Гр. 5 ..... - заменяющие-замыкающие размеры-звенья - {~} = 0.  
 Гр. 6 ..... - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 14.  
 Гр. 7 и 8 .. - составляющие известные размеры ..... - (+) = 8.  
 Гр. 9 ..... - исходные (чертежные) размеры ..... - (+) = 8.

Диагностическая информация по схеме

-----  
 Все размеры схемы связаны и не имеют циклов.

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 2.  
 Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 14.  
 Гр. 6 ..... - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 14.

Цепи размерные.  
 Уравнения решены методом Максимума-Минимума:

Рисунок 26 – Расчет размерной цепи в программе Visual KursAR

1. [18=98]=+(28-98)+(18+28)
2. [98=97]=+(18-97)-(18+28)-(28\_98)
5. [87=86]=- (86-97)+(87\_97)
6. [67=68]=+(18+68)-(18\_97)+(27-97)-(27+67)
7. [17=18]=- (18\_97)+(27\_97)+(17-27)
9. [97=96]=+(17-96)-(17\_27)-(27\_97)
11. [26=27]=+(17\_27)-(17\_96)+(26-96)
12. [16=17]=- (17\_47)+(16-47)

1

13. [96=95]=+(16-95)-(16\_47)+(17\_47)-(17\_96)
15. [28#68]=+(18+68)-(18+28)
16. [27#28]=+(18+28)-(18\_97)+(27\_97)

Вероятностный метод решения. Тип производства: серийное.

3. [78=77]=- (77-97)+(18\_97)-(18+28)-(28\_98)+(78+98)
4. [88=87]=- (87-97)+(18\_97)-(18+28)-(28\_98)+(88+98)
8. [47=48]=+(18+48)-(18\_97)+(27\_97)+(17\_27)-(17-47)
10. [86=85]=- (85-96)+(17\_96)-(17\_27)-(27\_97)+(86\_97)
14. [85=84]=- (84-95)+(16\_95)-(16\_47)+(17\_47)-(17\_96)+(85\_96)

Таблица .....

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

Гр	Номера левой и правой поверхно- стей звена	Номинал. значение ----- Если нет номинала	Верхнее отклон. ----- Предельн. значен. : Min и	Нижнее отклон. ----- Max	Средний номи- нальный размер звена	Запасы расчетн. пределных зна- чений относит. исходного звена по Min и по Max
1#	28 68	9,000	0,055	-0,180	8,938	0,020 0,145
3=	18 98	32,000	-0,005	-0,250	31,873	0,000 0,005
2=	78 77		0,039	0,617	0,328	0,004
2=	88 87		-0,592	0,248	-0,172	0,008
2=	98 97		0,035	0,480	0,258	0,000
2=	87 86		0,110	0,710	0,410	0,000
2=	67 68		0,115	1,025	0,570	0,005
2=	47 48		0,116	1,565	0,840	0,006
1#	27 28		0,670	1,195	0,933	0,560
2=	17 18		0,110	0,910	0,510	0,000
2=	86 85		0,266	1,715	0,990	0,006
2=	97 96		0,260	1,060	0,660	0,000
2=	26 27		0,260	1,060	0,660	0,000
2=	16 17		0,260	2,660	1,460	0,000
2=	85 84		0,266	4,715	2,490	0,006
2=	96 95		0,260	4,860	2,560	0,000
6+	28 98	28,870	0,000	-0,120	28,810	
6+	77 97	17,930	0,150	-0,150	17,930	
6+	87 97	17,430	0,100	-0,100	17,430	
6+	18 97	32,230	0,000	-0,200	32,130	
6+	86 97	17,020	0,200	-0,200	17,020	
6+	27 97	30,100	0,000	-0,200	30,000	
6+	17 47	5,670	0,200	-0,200	5,670	
6+	17 27	2,640	0,200	-0,200	2,640	
6+	85 96	16,690	0,500	-0,500	16,690	
6+	17 96	33,400	0,000	-0,200	33,300	
6+	26 96	31,420	0,000	-0,200	31,320	
6+	16 47	7,130	1,000	-1,000	7,130	
6+	84 95	16,760	1,000	-1,000	16,760	
6+	16 95	37,320	1,000	-1,000	37,320	

Рисунок 27 – Продолжение расчета размерной цепи в программе Visual KursAR

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

1) Точить поверхность  $\varnothing 95d11(-0,12/-0,34)$  и подрезать торец 8.

Обработка будет вестись в 2 стадии обработки: получистовую и чистовую.

Исходные данные:

- материал детали – 10X18Н11БЛ (легированная сталь для отливок);
- вид заготовки – отливка (литье по выплавляемым моделям);
- диаметр заготовки до обработки – 99 мм;
- диаметр готовой детали – 95 мм.

По общемашиностроительным нормативам времени и режимов резания произведем расчет режимов резания.

Расчет режимов резания.

Глубина резания:

- для чистовой стадии обработки:  $t=0,9$  мм;
- для получистовой стадии обработки:  $t=1,1$  мм.

Выбираем из таблицы получистовую подачу:  $S_{от}=0,16$  об/мин.

$$S_o = S_{от} \cdot K_{сн} \cdot K_{сп} \cdot K_{сд} \cdot K_{sh} \cdot K_{сп} \cdot K_{сф} \cdot K_{sj} \cdot K_{см} \cdot K_{sy} \quad (1)$$

где  $K_{сн}=0,80$  – коэффициент в зависимости от инструментального материала;

$K_{сп} = 1,0$  – коэффициент в зависимости от способа крепления пластины;

$K_{сд}=0,9$  – коэффициент в зависимости от сечения державки резца;

$K_{sh}=0,90$  – коэффициент в зависимости от прочности режущей части;

$K_{сп}=0,85$  – коэффициент в зависимости от состояния поверхности заготовки;

$K_{sy}=1,2$  – коэффициент в зависимости от схемы установки заготовки;

$K_{сф}=1$  – коэффициент, в зависимости от геометрических параметров резца;

$K_{sj}=0,7$  – коэффициент, в зависимости от жесткости станка;

$K_{см}=1,25$  – коэффициент, в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала.[2]

Окончательная подача:

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$S_o = 0,16 \cdot 0,80 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,25 \cdot 1,2 = 0,09 \text{ об/мин.}$$

Табличные силы резания:

- $P_{\text{хт}}=530 \text{ Н};$
- $P_{\text{ут}}=160 \text{ Н.}$

Поправочные коэффициенты:

- $K_{P_{\text{мх}}} = K_{P_{\text{му}}}=0,75$  – в зависимости от свойств обрабатываемого материала;
- $K_{P_{\text{фх}}}=K_{P_{\text{фу}}}=1,0$  в зависимости от главного угла в плане;
- $K_{P_{\text{γх}}}=1,20$  – в зависимости от главного переднего угла;
- $K_{P_{\text{γу}}}=1,10$  – в зависимости от главного переднего угла;
- $K_{P_{\text{λх}}} = K_{P_{\text{λу}}}=1,0$  – в зависимости от угла наклона кромки.

Окончательные составляющие силы резания:

$$P_x = P_{\text{хт}} K_{P_{\text{мх}}} K_{P_{\text{фх}}} K_{P_{\text{γх}}} K_{P_{\text{λх}}} = 530 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,20 \cdot 1,0 = 477 \text{ Н}$$

$$P_y = P_{\text{ут}} K_{P_{\text{му}}} K_{P_{\text{фу}}} K_{P_{\text{γу}}} K_{P_{\text{λу}}} = 160 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,10 \cdot 1,0 = 132 \text{ Н}$$

Выбираем чистовую подачу из таблицы:  $S_{\text{от}}=0,08 \text{ об/мин.}$

$$S_o = S_{\text{от}} \cdot K_{S_{\text{м}}} \cdot K_{S_{\text{γ}}} \cdot K_{S_{\text{r}}} \cdot K_{S_{\text{к}}} \quad (2)$$

где  $K_{S_{\text{м}}}=1,25$  – коэффициент в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала;

$K_{S_{\text{γ}}}=1,2$  – коэффициент в зависимости схемы установки заготовки;

$K_{S_{\text{r}}}=0,52$ – коэффициент в зависимости от радиуса вершины резца;

$K_{S_{\text{к}}}=1,15$ – коэффициент в зависимости от качества точности. [2]

$$S_o = 0,08 \cdot 1,25 \cdot 1,2 \cdot 0,52 \cdot 1,15 = 0,07 \text{ об/мин.}$$

Табличные силы резания:

- $P_{\text{хт}}=530 \text{ Н};$
- $P_{\text{ут}}=160 \text{ Н.}$

Поправочные коэффициенты:

- $K_{P_{\text{мх}}} = K_{P_{\text{му}}}=0,75$  – в зависимости от свойств обрабатываемого материала;

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- $K_{p\phi x} = K_{p\phi y} = 1,0$  в зависимости от главного угла в плане;
- $K_{p_{yx}} = 1,20$  – в зависимости от главного переднего угла;
- $K_{p_{yy}} = 1,10$  – в зависимости от главного переднего угла;
- $K_{p_{\lambda x}} = K_{p_{\lambda y}} = 1,0$  – в зависимости от угла наклона кромки.

Окончательные составляющие силы резания:

$$P_x = P_{xt} K_{p_{mx}} K_{p\phi x} K_{p_{yx}} K_{p_{\lambda x}} = 530 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,20 \cdot 1,0 = 477 \text{ Н};$$

$$P_y = P_{yt} K_{p_{my}} K_{p\phi y} K_{p_{yy}} K_{p_{\lambda y}} = 160 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,10 \cdot 1,0 = 132 \text{ Н}.$$

Выберем табличные скорость и мощность.

Для получистовой стадии обработки:  $V_T = 165$  м/мин,  $N = 3,2$  кВт.

Для чистовой стадии обработки:  $V_T = 370$  м/мин

$$V = V_T \cdot K_{V_{и}} \cdot K_{V_c} \cdot K_{V_o} \cdot K_{V_j} \cdot K_{V_m} \cdot K_{V_\phi} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_{ж}} \quad (3)$$

где  $K_{V_{и}} = 0,95$  (0,80 – для чистовой стадии обработки) – поправочный коэффициент в зависимости от группы инструментального материала;

$K_{V_c} = 0,90$  – поправочный коэффициент в зависимости от группы обрабатываемости материала;

$K_{V_o} = 1,0$  – поправочный коэффициент в зависимости от вида обработки;

$K_{V_j} = 0,7$  – поправочный коэффициент в зависимости от жесткости станка;

$K_{V_m} = 1,7$  – поправочный коэффициент в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала;

$K_{V_\phi} = 1$  – коэффициент, в зависимости от геометрических параметров резца;

$K_{V_T} = 1$  – поправочный коэффициент в зависимости от периода стойкости режущей части;

$K_{V_{ж}} = 1$  – поправочный коэффициент в зависимости от наличия охлаждения.[2]

Для получистовой стадии обработки:

$$V = 165 \cdot 0,95 \cdot 0,90 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 167 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 167}{\pi \cdot 99} = 537,21 \text{ об/мин}$$

$$n_\phi = 500 \text{ об/мин}$$

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$V_{\phi} = \frac{\pi D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{\pi \cdot 99 \cdot 500}{1000} = 156 \text{ м/мин}$$

$$N = N_T \cdot K_N \frac{V_{\phi}}{V} = 3,2 \cdot 0,6 \frac{156}{167} = 1,78 \text{ кВт}$$

Для чистовой стадии обработки:

$$V = 370 \cdot 0,80 \cdot 0,90 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 317 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 317}{\pi \cdot 96,8} = 1042,93 \text{ об/мин}$$

$$n_{\phi} = 1000 \text{ об/мин}$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{\pi \cdot 96,8 \cdot 1000}{1000} = 304 \text{ м/мин}$$

## 2) Подрезать торец 7

По общемашиностроительным нормативам времени и режимов резания произведем расчет режимов резания.

Расчет режимов резания.

Глубина резания:

- для получистовой стадии обработки:  $t = 1,3 \text{ мм}$ .

Выбираем из таблицы получистовую подачу:  $S_{от} = 0,27 \text{ об/мин}$ .

$$S_o = S_{от} \cdot K_{си} \cdot K_{сп} \cdot K_{сд} \cdot K_{sh} \cdot K_{сп} \cdot K_{sj} \cdot K_{см} \cdot K_{sy} \quad (4)$$

где  $K_{си} = 1,0$  – коэффициент в зависимости от инструментального материала;

$K_{сп} = 1,10$  – коэффициент в зависимости от способа крепления пластины;

$K_{сд} = 0,9$  – коэффициент в зависимости от сечения державки резца;

$K_{sh} = 0,75$  – коэффициент в зависимости от прочности режущей части;

$K_{сп} = 0,85$  – коэффициент в зависимости от состояния поверхности

заготовки;

$K_{sy} = 1,2$  – коэффициент в зависимости схемы установки заготовки;

$K_{sj} = 0,7$  – коэффициент, в зависимости от жесткости станка;

$K_{см} = 1,25$  – коэффициент, в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала.

Окончательная подача:

$$S_o = 0,27 \cdot 1,0 \cdot 1,10 \cdot 0,9 \cdot 0,75 \cdot 0,85 \cdot 1,2 \cdot 0,7 \cdot 1,25 = 0,18 \text{ об/мин.}$$

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Табличные силы резания:

- $P_{\text{хт}}=530 \text{ Н}$ ;
- $P_{\text{ут}}=160 \text{ Н}$ .

Поправочные коэффициенты:

- $K_{P_{\text{мх}}} = K_{P_{\text{му}}}=0,75$  – в зависимости от свойств обрабатываемого материала;
- $K_{P_{\gamma\text{х}}} = K_{P_{\gamma\text{у}}} = 1,0$  – в зависимости от главного переднего угла;
- $K_{P_{\lambda\text{х}}} = K_{P_{\lambda\text{у}}}=1,0$  – в зависимости от угла наклона кромки.

Окончательные составляющие силы резания:

$$P_x = P_{\text{хт}} K_{P_{\text{мх}}} K_{P_{\gamma\text{х}}} K_{P_{\lambda\text{х}}} = 530 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 397,5 \text{ Н}$$

$$P_y = P_{\text{ут}} K_{P_{\text{му}}} K_{P_{\gamma\text{у}}} K_{P_{\lambda\text{у}}} = 160 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 120 \text{ Н}$$

Выберем табличные скорость и мощность.

Для получистовой стадии обработки:  $V_T=144 \text{ м/мин}$ ,  $N=3,4 \text{ кВт}$ .

$$V = V_T \cdot K_{V_{\text{и}}} \cdot K_{V_{\text{с}}} \cdot K_{V_{\text{о}}} \cdot K_{V_{\text{ж}}} \cdot K_{V_{\text{м}}} \cdot K_{V_{\text{т}}} \cdot K_{V_{\text{ж}}} \quad (5)$$

где  $K_{V_{\text{и}}} = 0,95$  – поправочный коэффициент в зависимости от группы инструментального материала;

$K_{V_{\text{с}}} = 0,90$  – поправочный коэффициент в зависимости от группы обрабатываемости материала;

$K_{V_{\text{о}}} = 1,0$  – поправочный коэффициент в зависимости от вида обработки;

$K_{V_{\text{ж}}} = 0,7$  – поправочный коэффициент в зависимости от жесткости станка;

$K_{V_{\text{м}}} = 1,7$  – поправочный коэффициент в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала;

$K_{V_{\text{т}}} = 1,0$  – поправочный коэффициент в зависимости от периода стойкости режущей части;

$K_{V_{\text{ж}}} = 1,0$  – поправочный коэффициент в зависимости от наличия охлаждения.

Для получистовой стадии обработки:

$$V = 144 \cdot 0,95 \cdot 0,90 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 146 \text{ м/мин.}$$

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 146}{\pi \cdot 39} = 1192 \text{ об/мин.}$$

$$n_{\phi} = 1000 \text{ об/мин.}$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{\pi \cdot 39 \cdot 1000}{1000} = 123 \text{ м/мин.}$$

$$N = N_T \cdot K_N \frac{V_{\phi}}{V} = 3,4 \cdot 0,6 \frac{123}{146} = 1,72 \text{ кВт.}$$

3) Точить Ø25h13 и подрезать торцы 1, 2

- диаметр заготовки до обработки – 38 мм;
- диаметр готовой детали – 25 мм.

По общемашиностроительным нормативам времени и режимов резания произведем расчет режимов резания.

Глубина резания:

- для получистовой стадии обработки:  $t = 1,3$  мм.

Выбираем из таблицы получистовую подачу:  $S_{от} = 0,14$  об/мин.

$$S_o = S_{от} \cdot K_{си} \cdot K_{сп} \cdot K_{сд} \cdot K_{sh} \cdot K_{сп} \cdot K_{сф} \cdot K_{sj} \cdot K_{см} \cdot K_{sy} \quad (6)$$

где  $K_{си} = 0,80$  – коэффициент в зависимости от инструментального материала;

$K_{сп} = 1,0$  – коэффициент в зависимости от способа крепления пластины;

$K_{сд} = 0,90$  – коэффициент в зависимости от сечения державки резца;

$K_{sh} = 0,90$  – коэффициент в зависимости от прочности режущей части;

$K_{сп} = 0,85$  – коэффициент в зависимости от состояния поверхности заготовки;

$K_{sy} = 1,2$  – коэффициент в зависимости от схемы установки заготовки;

$K_{сф} = 1$  – коэффициент, в зависимости от геометрических параметров резца;

$K_{sj} = 0,7$  – коэффициент, в зависимости от жесткости станка;

$K_{см} = 1,25$  – коэффициент, в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала.

Окончательная подача:

$$S_o = 0,14 \cdot 0,80 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,25 \cdot 1,2 = 0,08 \text{ об/мин.}$$

Табличные силы резания:

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- $P_{\text{хт}}=530 \text{ Н}$ ;
- $P_{\text{ут}}=160 \text{ Н}$ .

Поправочные коэффициенты:

- $K_{P_{\text{мх}}} = K_{P_{\text{му}}}=0,75$  – в зависимости от свойств обрабатываемого материала;
- $K_{P_{\text{фх}}}=K_{P_{\text{фу}}}=1,0$  – в зависимости от главного угла в плане;
- $K_{P_{\text{γх}}}=1,20$  – в зависимости от главного переднего угла;
- $K_{P_{\text{γу}}}=1,10$  – в зависимости от главного переднего угла;
- $K_{P_{\text{λх}}} = K_{P_{\text{λу}}}=1,0$  – в зависимости от угла наклона кромки.

Окончательные составляющие силы резания:

$$P_x = P_{\text{хт}} K_{P_{\text{мх}}} K_{P_{\text{фх}}} K_{P_{\text{γх}}} K_{P_{\text{λх}}} = 530 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,20 \cdot 1,0 = 477 \text{ Н}$$

$$P_y = P_{\text{ут}} K_{P_{\text{му}}} K_{P_{\text{фу}}} K_{P_{\text{γу}}} K_{P_{\text{λу}}} = 160 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,10 \cdot 1,0 = 132 \text{ Н}$$

Выберем табличные скорость и мощность.

Для получистовой стадии обработки:  $V_T=165 \text{ м/мин}$ ,  $N=3,2 \text{ кВт}$ .

$$V = V_T \cdot K_{V_{\text{и}}} \cdot K_{V_{\text{с}}} \cdot K_{V_{\text{о}}} \cdot K_{V_{\text{j}}} \cdot K_{V_{\text{м}}} \cdot K_{V_{\text{φ}}} \cdot K_{V_{\text{T}}} \cdot K_{V_{\text{ж}}} \quad (7)$$

где  $K_{V_{\text{и}}} = 0,95$  – поправочный коэффициент в зависимости от группы инструментального материала;

$K_{V_{\text{с}}} = 0,90$  – поправочный коэффициент в зависимости от группы обрабатываемости материала;

$K_{V_{\text{о}}}=1,0$  – поправочный коэффициент в зависимости от вида обработки;

$K_{V_{\text{j}}}=0,7$  – поправочный коэффициент в зависимости от жесткости станка;

$K_{V_{\text{м}}}=1,7$  – поправочный коэффициент в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала;

$K_{V_{\text{φ}}}=1$  – коэффициент, в зависимости от геометрических параметров резца;

$K_{V_{\text{T}}}=1$  – поправочный коэффициент в зависимости от периода стойкости режущей части;

$K_{V_{\text{ж}}}=1$  – поправочный коэффициент в зависимости от наличия охлаждения.

Для получистовой стадии обработки:

											Лист
											51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ						

$$V = 165 \cdot 0,95 \cdot 0,90 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 167 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 167}{\pi \cdot 38} = 1399 \text{ об/мин}$$

$$n_{\phi} = 1200 \text{ об/мин}$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{\pi \cdot 38 \cdot 1200}{1000} = 143 \text{ м/мин}$$

$$N = N_T \cdot K_N \frac{V_{\phi}}{V} = 3,2 \cdot 0,6 \frac{143}{167} = 1,64 \text{ кВт}$$

4) Сверлить отверстие Ø10H14 мм.

Вначале будет использоваться центровое сверло Ø2 мм. Затем будет сверлиться отверстие Ø10. Для этого будет использоваться сверло Ø10 мм, материал ТТ9030. Глубина резания для сверления принимается равной половине диаметра сверла.

Режимы резания для центрования по карте 46 [2]:

$$S_{от} = 0,09 \text{ мм/об}; v_T = 26,5 \text{ м/мин}; P_T = 1156; N_T = 0,40 \text{ Н.}$$

Режимы резания для сверления по карте 46:

$$S_{от} = 0,18 \text{ мм/об}; v_T = 25,0 \text{ м/мин}; P_T = 2189; N_T = 0,62 \text{ Н.}$$

$$S_o = S_{от} \cdot K_{SM} \quad (8)$$

где  $K_{SM} = 1,04$  – коэффициент в зависимости от свойств обрабатываемого материала.

Окончательная подача для центрования:

$$S_o = S_{от} \cdot K_{SM} = 0,09 \cdot 1,04 = 0,094 \text{ мм/об.}$$

Окончательная подача для сверления:

$$S_o = S_{от} \cdot K_{SM} = 0,18 \cdot 1,04 = 0,19 \text{ мм/об.}$$

$$v = v_T K_{vM} K_{v3} K_{vж} K_{vT} K_{vW} K_{vи} K_{vI} \quad (9)$$

где  $K_{vM} = 1,04$  – коэффициент в зависимости от механических свойств

обрабатываемого материала;

$K_{v3} = 1,0$  – коэффициент в зависимости от формы заточки инструмента;

$K_{vж} = 1,0$  – коэффициент в зависимости от наличия охлаждения;

$K_{vT} = 1,0$  – коэффициент в зависимости от периода стойкости режущей

части;

										Лист
										52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ					

$K_{vw} = 0,85$  – коэффициент в зависимости от состояния поверхности заготовки;

$K_{vi} = 1,0$  (2,2 – для сверления) – коэффициент в зависимости от материала инструмента;

$K_{vl} = 0,9$  – коэффициент в зависимости от длины рабочей части сверла.

Окончательная скорость для центrovания:

$$v = 26,5 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 21,1 \text{ м/мин.}$$

Окончательная скорость для сверления:

$$v = 25,0 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 2,2 \cdot 0,9 = 43,8 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000v}{\pi D}$$

При центrovании:

$$n = \frac{1000 \cdot 21,1}{3,14 \cdot 6} = 1119 \text{ об/мин.}$$

$$n_{\phi} = 1000 \text{ об/мин}$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{\pi \cdot 6 \cdot 1000}{1000} = 18,84 \text{ м/мин.}$$

При сверлении:

$$n = \frac{1000 \cdot 43,8}{3,14 \cdot 10} = 1394 \text{ об/мин}$$

$$n_{\phi} = 1200 \text{ об/мин}$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{\pi \cdot 10 \cdot 1200}{1000} = 37,7 \text{ м/мин}$$

5) Фрезеровать 6 пазов.

Из таблицы 33 [3] подача на зуб при черновом фрезеровании торцовыми фрезами с пластинами из твердого сплава:  $S_z = 0,18$  мм.

Скорость определяется по формуле:

$$V = \frac{C_p \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_V \quad (10)$$

где  $C_p = 145$  – коэффициент;

$t = 8$  мм – глубина резания;

$x = 0,24$ ,  $y = 0,26$ ,  $u = 0,1$ ,  $q = 0,44$ ,  $m = 0,37$  – показатели степени;

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

$S_z=0,18$  мм/зуб – подача на зуб;

$B=9,3$  мм – ширина фрезерования;

$z=4$  – число зубьев фрезы

$K_v=1,52$  – поправочный коэффициент ( $K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} = 1 \cdot 0,8 \cdot 1,9 = 1,52$ );

$D=8$  мм – диаметр фрезы;

$T=80$  мин – период стойкости;

$$V = \frac{145 \cdot 8^{0,44}}{80^{0,37} \cdot 8^{0,24} \cdot 0,18^{0,26} \cdot 9,3^{0,1} \cdot 4^{0,13}} \cdot 1,52 = 69 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 69}{3,14 \cdot 8} = 2746 \text{ об/мин}$$

$$n_\phi = 1710 \text{ об/мин}$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 1710}{1000} = 43 \text{ м/мин}$$

Сила резания при фрезеровании определяется по формуле:

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \quad (11)$$

где  $C_p=12,5$  – коэффициент;

$t=8$  мм – глубина резания;

$x=0,85$ ,  $y=0,75$ ,  $u=1,0$ ,  $w=-0,13$ ,  $q=0,73$  – показатели степени;

$S_z=0,18$  мм/зуб – подача;

$B=9,3$  мм – ширина срезаемого слоя;

$z=4$  – число зубьев фрезы

$K_{mp}=0,62$  – поправочный коэффициент;

$D=8$  мм – диаметр фрезы;

$N=1710$  об/мин – частота вращения фрезы.[3]

$$P_z = \frac{12,5 \cdot 8^{0,85} \cdot 0,18^{0,75} \cdot 9,3^1 \cdot 4}{8^{0,73} \cdot 1710^{-0,13}} \cdot 0,62 = 269 \text{ Н.}$$

Мощность резания:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{269 \cdot 43}{1020 \cdot 60} = 0,18 \text{ кВт.}$$

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

б) Расточить отверстие  $\varnothing 32^{+0,62}$  и  $\varnothing 11,7^{+0,1}$

Обработка отверстия  $\varnothing 32$  ведется в одну полустивую стадию, глубина резания  $t=1,3$  мм.

Подача для полустивой стадии:  $S_{от}=0,13$  мм/об.

Поправочные коэффициенты на подачу:

- $K_{Si}=0,80$  – коэффициент в зависимости от инструментального материала;
- $K_{Sl}=0,5$  – коэффициент в зависимости от вылета резца;
- $K_{Sd}=0,62$  – коэффициент в зависимости от диаметра детали;
- $K_{Sp}=1,0$  – коэффициент в зависимости от способа крепления пластины;
- $K_{Sm}=1,25$  – коэффициент в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала;
- $K_{Sn}=1,0$  – коэффициент в зависимости от состояния поверхности заготовки;
- $K_{S\varphi}=1,0$  – коэффициент в зависимости от геометрических параметров резца;

Окончательная подача:

$$S_o = S_{от} \cdot K_{Si} \cdot K_{Sp} \cdot K_{Sd} \cdot K_{Sl} \cdot K_{Sm} \cdot K_{Sn} \cdot K_{S\varphi} = 0,04 \text{ мм/об.}$$

Табличные силы резания:

- $P_{хт}=530$  Н;
- $P_{yt}=160$  Н.

Поправочные коэффициенты:

- $K_{P_{mx}} = K_{P_{my}} = 0,75$  – в зависимости от свойств обрабатываемого материала;
- $K_{P_{\varphi x}} = K_{P_{\varphi y}} = 1,0$  – в зависимости от главного угла в плане;
- $K_{P_{\gamma x}} = 1,20$  – в зависимости от главного переднего угла;
- $K_{P_{\gamma y}} = 1,10$  – в зависимости от главного переднего угла;
- $K_{P_{\lambda x}} = K_{P_{\lambda y}} = 1,0$  – в зависимости от угла наклона кромки.

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Окончательные составляющие силы резания:

$$P_x = P_{xt} \cdot K_{рмх} \cdot K_{рфх} \cdot K_{рγх} \cdot K_{рλх} = 530 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,20 \cdot 1,0 = 477 \text{ Н}$$

$$P_y = P_{yt} \cdot K_{рму} \cdot K_{рфy} \cdot K_{рγy} \cdot K_{рλy} = 160 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,10 \cdot 1,0 = 132 \text{ Н}$$

Выберем табличные скорость и мощность.

Для получистовой стадии обработки:  $V_T=187$  м/мин,  $N=3,6$  кВт.

$$V = V_T \cdot K_{Vi} \cdot K_{Vc} \cdot K_{Vo} \cdot K_{Vj} \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vφ} \cdot K_{Vt} \cdot K_{Vж} \quad (12)$$

где  $K_{Vi} = 1,05$  – поправочный коэффициент в зависимости от группы инструментального материала;

$K_{Vc} = 0,90$  – поправочный коэффициент в зависимости от группы обрабатываемости материала;

$K_{Vo}=1,0$  – поправочный коэффициент в зависимости от вида обработки;

$K_{Vj}=0,7$  – поправочный коэффициент в зависимости от жесткости станка;

$K_{Vm}=1,7$  – поправочный коэффициент в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала;

$K_{Vφ}=1,0$  – коэффициент, в зависимости от геометрических параметров резца;

$K_{Vt}=1,0$  – поправочный коэффициент в зависимости от периода стойкости режущей части;

$K_{Vж}=1,0$  – поправочный коэффициент в зависимости от наличия охлаждения.

Для получистовой стадии обработки:

$$V = 187 \cdot 1,05 \cdot 0,90 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 210 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 210}{\pi \cdot 32} = 2089 \text{ об/мин}$$

$$n_{\phi} = 2000 \text{ об/мин}$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{\pi \cdot 32 \cdot 2000}{1000} = 201 \text{ м/мин}$$

$$N = N_T \cdot K_N \frac{V_{\phi}}{V} = 3,6 \cdot 0,6 \frac{201}{210} = 2,07 \text{ кВт}$$

Обработка отверстия  $\varnothing 11,7$  ведется в 2 стадии получистовая и чистовая.

Глубина резания для чистовой стадии  $t=0,5$  мм, для получистовой –  $t=0,35$  мм.

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56



Подача для получистовой стадии:  $S_{от}=0,20$  мм/об.

Подача для чистовой стадии:  $S_{от}=0,10$  мм/об.

Поправочные коэффициенты на получистовую подачу:

- $K_{Si}=0,80$  – коэффициент в зависимости от инструментального материала;
- $K_{Sl}=0,5$  – коэффициент в зависимости от вылета резца;
- $K_{Sд}=0,62$  – коэффициент в зависимости от диаметра детали;
- $K_{Sp}=1,0$  – коэффициент в зависимости от способа крепления пластины;
- $K_{Sm}=1,25$  – коэффициент в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала;
- $K_{Sn}=1,0$  – коэффициент в зависимости от состояния поверхности заготовки;
- $K_{Sφ}=1,0$  – коэффициент в зависимости от геометрических параметров резца;

Окончательная получистовая подача:

$$S_o=S_{от} \cdot K_{Si} \cdot K_{Sp} \cdot K_{Sд} \cdot K_{Sl} \cdot K_{Sm} \cdot K_{Sn} \cdot K_{Sφ}=0,06 \text{ мм/об.}$$

Поправочные коэффициенты на чистовую подачу:

- $K_{Sr}=0,52$  – коэффициент в зависимости от радиуса вершины резца;
- $K_{Sl}=0,5$  – коэффициент в зависимости от вылета резца;
- $K_{Sд}=0,62$  – коэффициент в зависимости от диаметра детали;
- $K_{Sm}=1,25$  – коэффициент в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала;
- $K_{Sk}=1,15$  – коэффициент в зависимости от качества обрабатываемой детали;
- $K_{Sφк}=1,0$  – коэффициент в зависимости от кинематического угла в плане.

Окончательная чистовая подача:

$$S_o=S_{от} \cdot K_{Sr} \cdot K_{Sд} \cdot K_{Sk} \cdot K_{Sm} \cdot K_{Sl} \cdot K_{Sφк}=0,02 \text{ мм/об.}$$

Табличные силы резания:

- $P_{хт}=530$  Н;

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- $P_{yT}=160 \text{ Н}$ .

Поправочные коэффициенты:

- $K_{P_{mx}} = K_{P_{my}}=0,75$  – в зависимости от свойств обрабатываемого материала;
- $K_{P_{\phi x}}=K_{P_{\phi y}}=1,0$  – в зависимости от главного угла в плане;
- $K_{P_{\gamma x}}=1,20$  – в зависимости от главного переднего угла;
- $K_{P_{\gamma y}}=1,10$  – в зависимости от главного переднего угла;
- $K_{P_{\lambda x}} = K_{P_{\lambda y}}=1,0$  – в зависимости от угла наклона кромки.

Окончательные составляющие силы резания:

$$P_x = P_{xT} \cdot K_{P_{mx}} \cdot K_{P_{\phi x}} \cdot K_{P_{\gamma x}} \cdot K_{P_{\lambda x}} = 530 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,20 \cdot 1,0 = 477 \text{ Н}$$

$$P_y = P_{yT} \cdot K_{P_{my}} \cdot K_{P_{\phi y}} \cdot K_{P_{\gamma y}} \cdot K_{P_{\lambda y}} = 160 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,10 \cdot 1,0 = 132 \text{ Н}$$

Выберем табличные скорость и мощность.

Для полустойковой стадии обработки:  $V_T=187 \text{ м/мин}$ ,  $N=3,6 \text{ кВт}$ .

$$V = V_T \cdot K_{V_{и}} \cdot K_{V_c} \cdot K_{V_o} \cdot K_{V_j} \cdot K_{V_m} \cdot K_{V_{\phi}} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_{ж}} \quad (13)$$

где  $K_{V_{и}} = 1,05$  (0,80 – для чистовой стадии обработки) – поправочный коэффициент в зависимости от группы инструментального материала;

$K_{V_c}= 0,90$  – поправочный коэффициент в зависимости от группы обрабатываемости материала;

$K_{V_o}=1,0$  – поправочный коэффициент в зависимости от вида обработки;

$K_{V_j}=0,7$  – поправочный коэффициент в зависимости от жесткости станка;

$K_{V_m}=1,7$  – поправочный коэффициент в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала;

$K_{V_{\phi}}=1,0$  – коэффициент, в зависимости от геометрических параметров резца;

$K_{V_T}=1,0$  – поправочный коэффициент в зависимости от периода стойкости режущей части;

$K_{V_{ж}}=1,0$  – поправочный коэффициент в зависимости от наличия охлаждения.

										Лист
										58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ					

Для получистовой стадии обработки:

$$V = 187 \cdot 1,05 \cdot 0,90 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 210 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 210}{\pi \cdot 11,7} = 5716 \text{ об/мин}$$

$$n_{\phi} = 4000 \text{ об/мин}$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{\pi \cdot 11,7 \cdot 4000}{1000} = 147 \text{ м/мин}$$

$$N = N_T \cdot K_N \frac{V_{\phi}}{V} = 3,6 \cdot 0,6 \frac{147}{210} = 1,52 \text{ кВт}$$

Для чистой стадии обработки:  $V_T = 430$  м/мин

$$V = 430 \cdot 0,80 \cdot 0,90 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 368 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 368}{\pi \cdot 11,7} = 10016 \text{ об/мин}$$

$$n_{\phi} = 4000 \text{ об/мин}$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{\pi \cdot 11,7 \cdot 4000}{1000} = 147 \text{ м/мин.}$$

7) Расточить внутренние канавки, расположенные под углом  $10^\circ$

Ширина резца  $B = 5$  мм.

Из карты 27 величина подачи  $S_{от} = 0,12$  мм/об.

Поправочные коэффициенты на подачу:

- $K_{Si} = 0,9$  – в зависимости от инструментального материала;
- $K_{Sp} = 1,0$  – в зависимости от способа крепления пластины;
- $K_{Sm} = 1,3$  – в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала;
- $K_{Sy} = 1,0$  – в зависимости от схемы установки заготовки;
- $K_{Sh} = 0,85$  – в зависимости от шероховатости обработанной поверхности;
- $K_{Sd} = 1,10$  – в зависимости от отношения конечного и начального диаметров;
- $K_{So} = 0,85$  – в зависимости от вида обработки.

$$S_o = S_{от} \cdot K_{Si} \cdot K_{Sp} \cdot K_{Sm} \cdot K_{Sy} \cdot K_{Sh} \cdot K_{Sd} \cdot K_{So} = 0,12 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1,1 \cdot 0,85 = 0,11 \text{ мм/об.}$$

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

Скорость резания  $v_T = 139$  м/мин.

Коэффициенты на скорость резания:

- $K_{vи}=0,9$  – в зависимости от от инструментального материала;
- $K_{vр}=1,20$  – в зависимости от способа крепления пластины;
- $K_{vм}=1,5$  – в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала;
- $K_{vТ} = 1,0$  – в зависимости от периода стойкости режущей части;
- $K_{vж} = 1,0$  – в зависимости от наличия охлаждения;
- $K_{vс} = 0,95$  – в зависимости от группы обрабатываемости материала;
- $K_{vот} = 1,0$  – в зависимости от отношения диаметра поверхности к диаметру заготовки.

$$v = v_T \cdot K_{vи} \cdot K_{vр} \cdot K_{vм} \cdot K_{vТ} \cdot K_{vж} \cdot K_{vс} \cdot K_{vот} = 139 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 1 = 214 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 214}{\pi \cdot 89} = 765 \text{ об/мин.}$$

$$n_{\phi} = 700 \text{ об/мин}$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{\pi \cdot 89 \cdot 700}{1000} = 196 \text{ м/мин.}$$

#### 8) Подрезать торец 1,2

По общемашиностроительным нормативам времени и режимов резания произведем расчет режимов резания.

Расчет режимов резания.

Глубина резания:

- для чистовой стадии обработки:  $t=0,6$  мм.

Выбираем чистовую подачу из таблицы:  $S_{от}=0,08$  об/мин.

$$S_o = S_{от} \cdot K_{SM} \cdot K_{Sy} \cdot K_{Sr} \cdot K_{Sk}, \text{ где}$$

- $K_{SM}=1,25$  – коэффициент в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала.
- $K_{Sy}=1,2$  – коэффициент в зависимости схемы установки заготовки;
- $K_{Sr}=0,52$ – коэффициент в зависимости от радиуса вершины резца;

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

- $K_{SK}=1,15$  – коэффициент в зависимости от качества точности.

$$S_o = 0,08 \cdot 1,25 \cdot 1,2 \cdot 0,52 \cdot 1,15 = 0,07 \text{ об/мин.}$$

Выберем табличную скорость.

Для чистовой стадии обработки:  $V_T=430$  м/мин.

$$V = V_T \cdot K_{Vи} \cdot K_{Vс} \cdot K_{Vо} \cdot K_{Vj} \cdot K_{Vм} \cdot K_{VТ} \cdot K_{Vж}, \text{ где}$$

- $K_{Vи} = 0,8$  – поправочный коэффициент в зависимости от группы инструментального материала;
- $K_{Vс} = 0,90$  – поправочный коэффициент в зависимости от группы обрабатываемости материала;
- $K_{Vо}=1,0$  – поправочный коэффициент в зависимости от вида обработки;
- $K_{Vj}=0,7$  – поправочный коэффициент в зависимости от жесткости станка;
- $K_{Vм}=1,7$  – поправочный коэффициент в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала;
- $K_{VТ}=1,0$  – поправочный коэффициент в зависимости от периода стойкости режущей части;
- $K_{Vж}=1,0$  – поправочный коэффициент в зависимости от наличия охлаждения.

$$V = 430 \cdot 0,8 \cdot 0,90 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 368 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 368}{\pi \cdot 89} = 1316 \text{ об/мин.}$$

$$n_{\phi}=1200 \text{ об/мин}$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{\pi \cdot 89 \cdot 1200}{1000} = 335 \text{ м/мин.}$$

9) Расточить внутренние поверхности детали 4,5 и  $\varnothing 21h12$  мм

Обработка ведется в одну получистовую стадию, глубина резания  $t=1$  мм.

Подача для получистовой стадии:  $S_{от}=0,16$  мм/об.

Поправочные коэффициенты на подачу:

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- $K_{Si}=0,80$  – коэффициент в зависимости от инструментального материала;
- $K_{Sl}=1,0$  – коэффициент в зависимости от вылета резца;
- $K_{Sd}=0,62$  – коэффициент в зависимости от диаметра детали;
- $K_{Sp}=1,0$  – коэффициент в зависимости от способа крепления пластины;
- $K_{Sm}=1,25$  – коэффициент в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала;
- $K_{Sn}=0,85$  – коэффициент в зависимости от состояния поверхности заготовки;
- $K_{S\varphi}=1,0$  – коэффициент в зависимости от геометрических параметров резца;

Окончательная подача:

$$S_0 = S_{от} \cdot K_{Si} \cdot K_{Sp} \cdot K_{Sd} \cdot K_{Sl} \cdot K_{Sm} \cdot K_{Sn} \cdot K_{S\varphi} = 0,08 \text{ мм/об.}$$

Табличные силы резания:

- $P_{хт}=530 \text{ Н}$ ;
- $P_{ут}=160 \text{ Н}$ .

Поправочные коэффициенты:

- $K_{P_{mx}} = K_{P_{my}} = 0,75$  – в зависимости от свойств обрабатываемого материала;
- $K_{P_{\varphi x}} = K_{P_{\varphi y}} = 1,0$  – в зависимости от главного угла в плане;
- $K_{P_{\gamma x}} = 1,20$  – в зависимости от главного переднего угла;
- $K_{P_{\gamma y}} = 1,10$  – в зависимости от главного переднего угла;
- $K_{P_{\lambda x}} = K_{P_{\lambda y}} = 1,0$  – в зависимости от угла наклона кромки.

Окончательные составляющие силы резания:

$$P_x = P_{хт} \cdot K_{P_{mx}} \cdot K_{P_{\varphi x}} \cdot K_{P_{\gamma x}} \cdot K_{P_{\lambda x}} = 530 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,20 \cdot 1,0 = 477 \text{ Н}$$

$$P_y = P_{ут} \cdot K_{P_{my}} \cdot K_{P_{\varphi y}} \cdot K_{P_{\gamma y}} \cdot K_{P_{\lambda y}} = 160 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,10 \cdot 1,0 = 132 \text{ Н}$$

Выберем табличную скорость и мощность.

Для полуступенчатой стадии обработки:  $V_T=165 \text{ м/мин}$ ,  $N=3,2 \text{ кВт}$ .

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$V = V_T \cdot K_{Vи} \cdot K_{Vс} \cdot K_{Vо} \cdot K_{Vj} \cdot K_{Vм} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{VТ} \cdot K_{Vж}, \text{ где}$$

- $K_{Vи} = 0,95$  – поправочный коэффициент в зависимости от группы инструментального материала;
- $K_{Vс} = 0,90$  – поправочный коэффициент в зависимости от группы обрабатываемости материала;
- $K_{Vо} = 1,0$  – поправочный коэффициент в зависимости от вида обработки;
- $K_{Vj} = 0,7$  – поправочный коэффициент в зависимости от жесткости станка;
- $K_{Vм} = 1,7$  – поправочный коэффициент в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала;
- $K_{V\phi} = 1,0$  – коэффициент, в зависимости от геометрических параметров резца;
- $K_{VТ} = 1,0$  – поправочный коэффициент в зависимости от периода стойкости режущей части;
- $K_{Vж} = 1,0$  – поправочный коэффициент в зависимости от наличия охлаждения.

Для полустойковой стадии обработки:

$$V = 165 \cdot 0,95 \cdot 0,90 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 168 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 168}{\pi \cdot 75} = 713 \text{ об/мин}$$

$$n_{\phi} = 700 \text{ об/мин}$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{\pi \cdot 75 \cdot 700}{1000} = 165 \text{ м/мин}$$

$$N = N_T \cdot K_N \frac{V_{\phi}}{V} = 3,2 \cdot 0,6 \frac{165}{168} = 1,89 \text{ кВт}$$

10) Сверлить отверстие  $\varnothing 2,6$  мм

Глубина резания равна  $t = 0,5D = 1,3$  мм.

Из таблицы 25 [3] выбираем подачу:  $S = 0,11$  мм/об. С учетом коэффициента на инструментальный материал  $K_{ис} = 0,6$  и коэффициента, учитывающего жесткость системы  $K_{жс} = 0,75$ , подача равна:

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$S = 0,11 \cdot 0,6 \cdot 0,75 = 0,05 \text{ мм/об.}$$

Скорость определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \quad (14)$$

где  $C_v=3,5$  – коэффициент;

$y=0,45$ ,  $q=0,5$ ,  $m=0,12$  – показатели степени;

$S=0,05$  мм/об – подача;

$K_v=1,9$  – поправочный коэффициент ( $K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} = 1 \cdot 1,9 \cdot 1 = 1,9$ );

$D=2,6$  мм – диаметр сверла;

$T=15$  мин – период стойкости. [3]

$$V = \frac{3,5 \cdot 2,6^{0,5}}{15^{0,12} \cdot 0,05^{0,45}} \cdot 1,9 = 16 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 16}{3,14 \cdot 2,6} = 1959 \text{ об/мин}$$

$$n_\phi = 2000 \text{ об/мин}$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 2,6 \cdot 2000}{1000} = 16 \text{ м/мин}$$

11) Фрезеровать лопатки

Глубина резания  $t=0,5$  мм. Обработка будет вестись в одну получистовую стадию. Подача для получистовой стадии:  $S_z=0,02$  мм/зуб.

Поправочные коэффициенты на получистовую подачу:

- $K_{Si}=1,0$  – коэффициент в зависимости от инструментального материала;
- $K_{Sl}=1,0$  – коэффициент в зависимости от вылета фрезы к диаметру;
- $K_{Sz}=1,3$  – коэффициент в зависимости от отношения фактического числа зубьев к нормативному;
- $K_{Sm}=1,20$  – коэффициент в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала;

Окончательная получистовая подача:

$$S_z = S_z \cdot K_{Si} \cdot K_{Sl} \cdot K_{Sm} \cdot K_{Sz} = 0,03 \text{ мм/зуб.}$$

Скорость и мощность резания: :  $V_T=22$  м/мин,  $N=0,06$  кВт

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
						64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Поправочные коэффициенты на получистовую подачу:

- $K_{vи}=1,0$  – коэффициент в зависимости от инструментального материала;
- $K_{vт}=1,0$  – коэффициент в зависимости от периода стойкости режущей части фрезы;
- $K_{vм}=1,6$  – коэффициент в зависимости от твердости обрабатываемого материала;
- $K_{vо}=0,5$  – коэффициент в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала;
- $K_{vп}=0,8$  – поправочный коэффициент в зависимости от состояния поверхности заготовки;
- $K_{vж}=1,0$  – поправочный коэффициент в зависимости от наличия охлаждения.[2]

Окончательная получистовая подача:

$$V=V_T \cdot K_{vи} \cdot K_{vт} \cdot K_{vм} \cdot K_{vо} \cdot K_{vп} \cdot K_{vж}=14 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 14}{3,14 \cdot 3} = 1486 \text{ об/мин}$$

$$n_{\phi} = 1400 \text{ об/мин}$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 3 \cdot 1400}{1000} = 13 \text{ м/мин}$$

12) Шлифовать торец 8,6 и Ø12Н6.

Квалитет до операции шлифования IT11

Из карты 106  $n_t = 145 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$ .

$$S_1 = S_{1т} K_{S_{1v}} K_{S_{1м}} K_{S_{1л}} K_{S_{1к}} K_{S_{14}} K_{S_{1и}} K_{S_{1ш}} \cdot$$

$$K_{S_{1v}} = 1; K_{S_{1л}} = 1; K_{S_{2л}} = 1; K_{S_{14}} = 1; K_{S_{1и}} = 1; K_{n_{ж}} = 1.$$

для Ø50 мм  $K_{S_{1м}} = 0,85; K_{S_{1к}} = 1; K_{пк} = 0,94; K_{тк} = 0,89; K_{S_{1ш}} = 0,60; K_{S_{2ш}} = 0,13; K_{тш} = 1,83;$

Проведем расчеты времени.

1) 010 токарная операция с ЧПУ (получистовое точение Ø95, обработка торцев 7 и 8)

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
						65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Длину рабочего хода определяют по формуле 15.

$$L_{p.x} = (l_0 + l_1 + l_2 + l_3)i \quad (15)$$

Из приложения 22[2] определяем:

$l_2 + l_3 = 2$  мм, длина врезания и перебега;

$l_1 = 5$  мм, длина подвода;

$l_0$ , длина обрабатываемой поверхности.

$i=1$  количество получистовых проходов.

Основное время автоматической работы станка определяют по формуле:

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{S_m} = \frac{2+5+15+47,5}{0,09 \cdot 500} + \frac{15,65+16}{0,18 \cdot 1000} = 1,76 \text{ мин.}$$

Машинно-вспомогательное время  $T_{м.в} = 0,17$  мин.

Время цикла по программе:

$$T_{ц.а} = \sum T_o + \sum T_{м.в.}$$

Определение нормы штучного времени:

$$T_{ш} = (T_{ц.а} + T_{всп}) \left( 1 + \frac{\alpha_{тех} + \alpha_{орг} + \alpha_{отл}}{100} \right).$$

Вспомогательное время:

$$T_{всп} = T_{уст} + T_{в.оп} + T_{в.из.}$$

$T_{уст} = 0,18$  мин, деталь в патроне с выверкой индикатором;

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

$T_{в.из.} = 0,26$  мин.

$\alpha_{тех} + \alpha_{орг} + \alpha_{отл} = 7\%$  от оперативного времени.

$$T_{ш} = (1,76 + 0,17 + 0,94)(1 + 0,07) = 3,07 \text{ мин}$$

2) 015 токарная операция с ЧПУ (получистовое точение  $\varnothing 25$ , обработка торцев 1 и 2, сверление отверстия  $\varnothing 10$ )

$T_{в.уст} = 0,18$  мин, деталь в патроне с выверкой индикатором;

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

$T_{в.из.} = 0,26$  мин.

$\alpha_{тех} + \alpha_{орг} + \alpha_{отл} = 7\%$  от оперативного времени.

Получистовое точение  $\varnothing 25$ , обработка торцев 1 и 2:

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

$$L_{p.x} = (l_0 + l_1 + l_2 + l_3)i$$

Из приложения 22[1] определяем:

$l_2 + l_3 = 2,5$  мм, длина врезания и перебега;

$l_1 = 5$  мм, длина подвода;

$l_0$  – длина обрабатываемой поверхности.

$i=1$  количество полусторовых проходов.

Из приложения 23 определяем:

- Центровочное сверло

$l_2 + l_3 = 3$  мм длина врезания и перебега для сверления;

$l_1 = 2$  мм длина подвода

- Сверло  $\varnothing 10$  мм

$l_2 + l_3 = 5$  мм длина врезания и перебега для сверления;

$l_1 = 2$  мм длина подвода;

Основное время автоматической работы станка определяют по формуле:

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{S_m} = \frac{2+5+12,5+2,465+36,1}{0,08 \cdot 1200} + \frac{3+2+5}{0,09 \cdot 1000} + \frac{5+2+17,8}{0,19 \cdot 1000} = 0,87 \text{ мин}$$

$$T_{м.в} = 0,12 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = (0,87 + 0,12 + 0,94)(1 + 0,07) = 2,06 \text{ мин}$$

3) 020 фрезерная

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{S_m} = \frac{9,3 \cdot 6}{0,18 \cdot 4 \cdot 1710} = 0,04 \text{ мин}$$

$$T_b = 0,7$$

$$T_{шт} = (0,04 + 0,7)1,1 = 0,814$$

4) 050 токарная с ЧПУ

$T_{уст} = 0,18$  мин, деталь в патроне с выверкой индикатором;

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

$T_{в.из} = 0,26$  мин.

$\alpha_{тех} + \alpha_{орг} + \alpha_{отл} = 7\%$  от оперативного времени.

- Чистовое точение  $\varnothing 95$ , обработка торца 8

Длину рабочего хода определяют по формуле:

										Лист
										67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ					

$$L_{p.x} = (l_0 + l_1 + l_2 + l_3)i.$$

Из приложения 22[1] определяем:

$l_2 + l_3 = 3$  мм, длина врезания и перебега;

$l_1 = 5$  мм, длина подвода;

$l_0$ , длина обрабатываемой поверхности.

$i=1$  количество проходов.

- Растачивание

Обработка отверстия Ø32:

$l_2 + l_3 = 3$  мм, длина врезания и перебега;

$l_1 = 5$  мм, длина подвода;

$l_0$ , длина обрабатываемой поверхности.

$i=1$  количество проходов.

Обработка отверстия Ø11,7:

$l_2 + l_3 = 2$  мм, длина врезания и перебега;

$l_1 = 5$  мм, длина подвода;

$l_0$ , длина обрабатываемой поверхности.

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{S_m} = \frac{2+5+14,4+47,5}{0,07 \cdot 1000} + \frac{3+5+17,85}{0,04 \cdot 2000} + \frac{5+2+15,7}{0,06 \cdot 4000} + \frac{5+2+15,7}{0,02 \cdot 4000} = 1,68 \text{ мин}$$

$$T_{м.в} = 0,23 \text{ мин}$$

$$T_{ш} = (1,68 + 0,23 + 1,44)(1 + 0,07) = 3,84 \text{ мин}$$

### 5) 055 токарная с ЧПУ

$T_{в.уст} = 0,18$  мин, деталь в патроне с выверкой индикатором;

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

$T_{в.из} = 0$  мин.

$\alpha_{тех} + \alpha_{орг} + \alpha_{отл} = 7\%$  от оперативного времени.

- Подрезать торец 1,2:

$l_2 + l_3 = 2$  мм, длина врезания и перебега;

$l_1 = 5$  мм, длина подвода.

- Расточить внутренние канавки, расположенные под углом 10°

- Расточить внутренние поверхности детали 4,5 и Ø21h12 мм:

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
						68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$l_2 + l_3 = 3,5$  мм, длина врезания и перебега;

$l_1 = 5$  мм, длина подвода

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{S_M} = \frac{2 + 5 + 12,5 + 6}{0,07 \cdot 1200} + \frac{5 + 5}{0,11 \cdot 700} + \frac{3,5 + 5 + 11 + 7 + 15}{0,08 \cdot 700} = 1,97 \text{ мин}$$

$$T_{м.в} = 0,47 \text{ мин}$$

$$T_{ш} = (1,97 + 0,47 + 1,7)(1 + 0,08) = 4,47 \text{ мин}$$

б) 060 координатно-расточная

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{S_M} = \frac{6}{0,05 \cdot 2000} = 0,06 \text{ мин}$$

$$T_B = 0,68$$

7) 065 фрезерная с ЧПУ

$T_{уст} = 0,18$  мин, деталь в патроне с выверкой индикатором;

$T_{в.оп} = 0,6 + 0,2 + 0,04 = 0,84$  мин ;

$T_{в.из} = 0$  мин.

$\alpha_{тех} + \alpha_{орг} + \alpha_{отл} = 8\%$  от оперативного времени.

$l_2 + l_3 = 4$  мм, длина врезания и перебега;

$l_1 = 2$  мм, длина подвода

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{S_M} = \frac{4 + 2 + 16,65 + 27}{0,03 \cdot 2 \cdot 1400} \cdot 20 = 11,82 \text{ мин}$$

$$T_{м.в} = 0,4 \text{ мин}$$

$$T_{ш} = (11,82 + 0,4 + 1,02)(1 + 0,96) = 13,93 \text{ мин}$$

## 2.2.6 Выводы по разделу

Метод получения заготовки остался прежним. Размерный анализ показал, что в проектном варианте технологического процесса выполняются все замыкающие звенья. Также было подобрано более современное оборудование. Были рассчитаны режимы резания и нормы времени. Штучное время на обработку уменьшилось примерно в 1,5 раза по сравнению с действующим технологическим процессом.

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

### 3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

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

На рисунке 2 представлена деталь с пронумерованными поверхностями, которые обрабатываются.

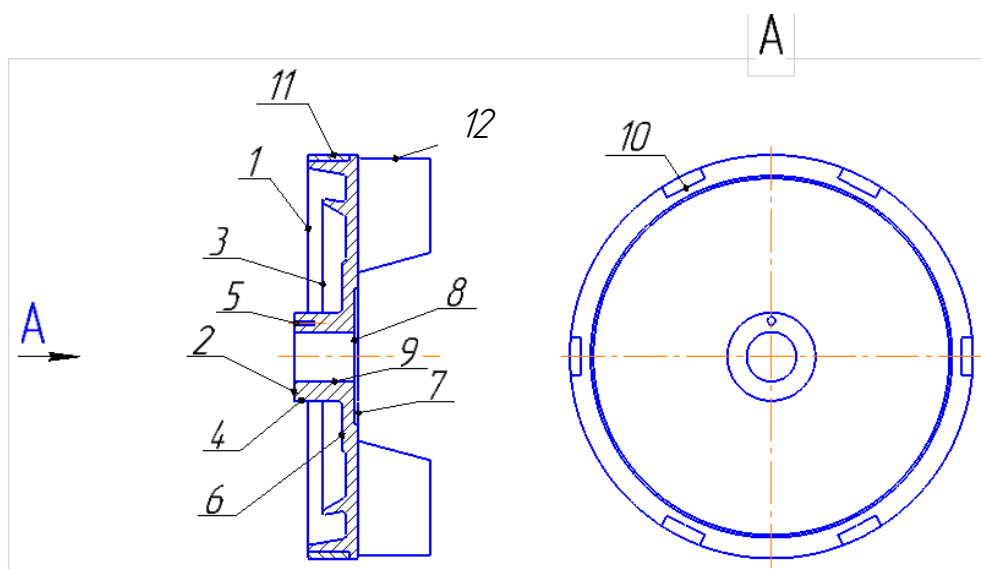


Рисунок 28 – Обрабатываемые поверхности

Поверхность 1, 2, 3, 4, 8, 11:

Выполняется подрезка торца, точение цилиндрической поверхности. Принимаем державку Tungaloy PCLNR2525M12 ( $h=25$  мм,  $b=25$  мм,  $L_1=150$  мм,  $L_2=28$  мм,  $h_1=25$  мм,  $f=32$  мм,  $f_2=18$  мм,  $r_\varepsilon=0,8$  мм). Державка представлена на рисунке 29. Также принимаем пластину TaeguTec CNMG120404ML ( $d=12,7$  мм,  $t=4,76$  мм,  $r=0,4$  мм), материал – ТТ8020 (М30-М50). Пластина представлена на рисунке 30.

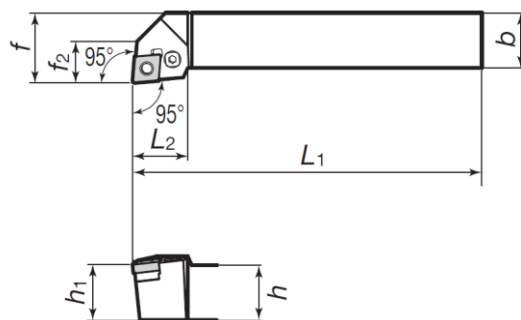


Рисунок 29 – Державка Tungaloy PCLNR2525M12

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

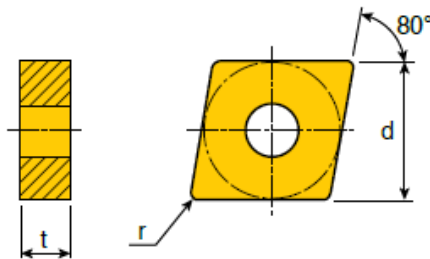


Рисунок 30 – Пластина TaeguTec CNMG120404ML

Поверхность 7,8:

Протачивается канавка. Принимаем державку TaeguTec TTFIR 25-4T 12 34-55 ( $h_1=11,5$  мм,  $l_1=200$  мм,  $l_2=31$  мм,  $f=11$  мм,  $T_{max}=12$  мм,  $d=25$  мм) и пластину TaeguTec TDXU 4E-0.4 ( $W=4$ ,  $R=0,4$ ,  $B=3$ ,  $L=20$ ,  $H=4,7$ ), материал – ТТ9080. Державка представлена на рисунке 31, пластина – на рисунке 32.



Рисунок 31 – Державка TaeguTec TTFIR 25-4T 12 34-55

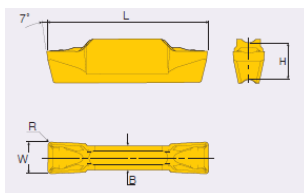


Рисунок 32 – Пластина TaeguTec TDXU 4E-0.4

Отверстие 5:

Выполняется сверление отверстия, принимаем сверло Tungaloy DSM0260G05 ( $\varnothing D_c=2,6$  мм,  $L=55$  мм,  $l=20,1$  мм,  $l_1=20,7$  мм), материал – АН725 (M20-M35). Сверло представлено на рисунке 33.

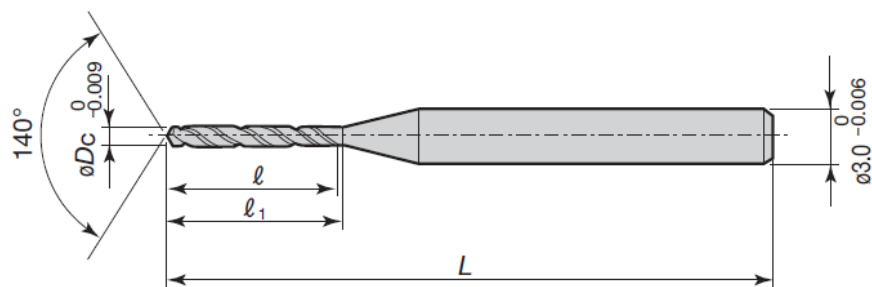


Рисунок 33 – Сверло Tungaloy DSM0260G05

Поверхность 6,7, 9:

Выполняется обработка внутренней поверхности, принимаем державку TaeguTec C08K SCLCR 06 ( $\varnothing D_m=11$  мм,  $f=6$  мм,  $l_1=127$  мм  $l=15$  мм,  $h=7$  мм,  $d=8$  мм) и пластину TaeguTec CCMT060204-FM TT8020 ( $d=2,8$  мм,  $S=2,38$  мм,  $r=0,4$  мм,  $\varnothing I.C=6,35$  мм). Державка представлена на рисунке 34, пластина – на рисунке 35.

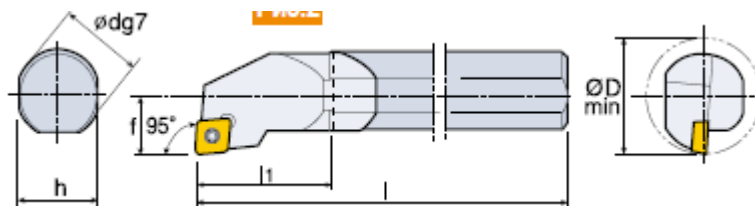


Рисунок 34 – Державка TaeguTec C08K SCLCR 06

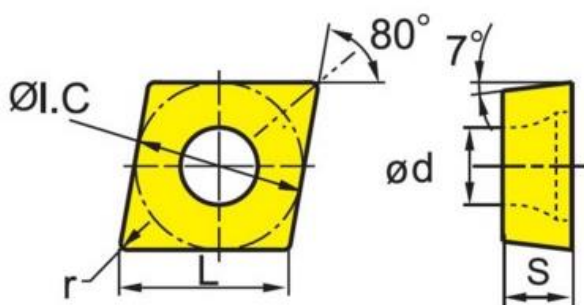


Рисунок 35 – Пластина TaeguTec CCMT060204-FM

Для прорезания канавок на внутренней поверхности детали б примем державку TaeguTec TTFR 25-80-5 RN ( $h=25$  мм,  $b=25$  мм,  $l_1=150$  мм,  $l_2=49$  мм,  $f=23,1$  мм,  $T_{max}=25$ ) и пластину TaeguTec TDXU 5E-0.8 ( $W=5$ ,  $R=0,8$ ,  $B=4$ ,  $L=25$ ,



H=5,2), материал – ТТ8020 (М30-М50). Пластина представлена на рисунке 36, державка представлена на рисунке 37.

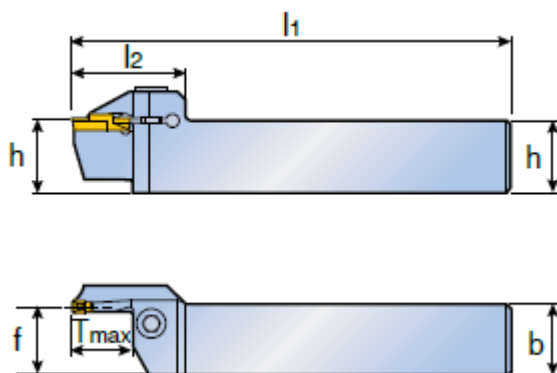


Рисунок 36 – Державка TaeguTec TFR 25-80-5 RN

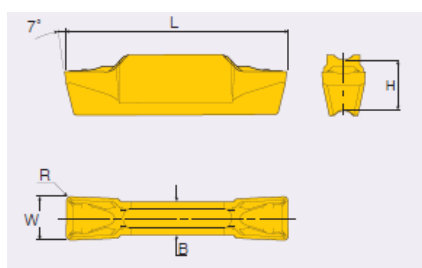


Рисунок 37 – Пластина TaeguTec TDXU 5E-0.8

Поверхность 9:

Перед тем, как сверлить отверстие, выполняется центровочное отверстие. Принимаем центровочное сверло Piix 6144 ( $\varnothing 2$  мм,  $d_2=6$  мм,  $l_1=89$  мм). Центровочное сверло представлено на рисунке 38



Рисунок 38 – Центровочное сверло Piix 6144

Выполняется сверление отверстия, принимаем сверло TaeguTec SHO 5100 ( $D=10$  мм,  $d=10$  мм,  $L=107$  мм,  $L_2=65$  мм,  $L_s=42$  мм), материал – ТТ9030 (М20-М40). Сверло представлено на рисунке 39.

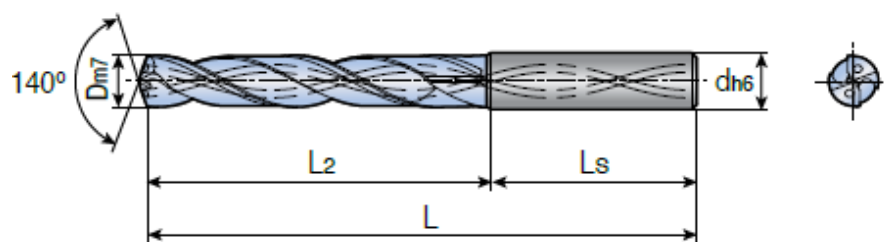


Рисунок 31 – Сверло TaeguTec SHO 5100

Поверхность 10:

Выполняется паз, примем концевую фрезу TaeguTec TE90AX 108-08-06-C ( $D=8$  мм,  $d=8$  мм,  $L=80$  мм,  $H=17$  мм,  $ap=5,5$  мм). Фреза представлена на рисунке 40. Также примем пластину TaeguTec AXMT 060208R-EM ( $l=6,7$  мм,  $d_1=4,20$  мм,  $t=2,6$  мм,  $ap=5,5$  мм,  $a=0,83$  мм,  $r=0,2$  мм), материал TT9030(M20-M40). Пластина представлена на рисунке 41.

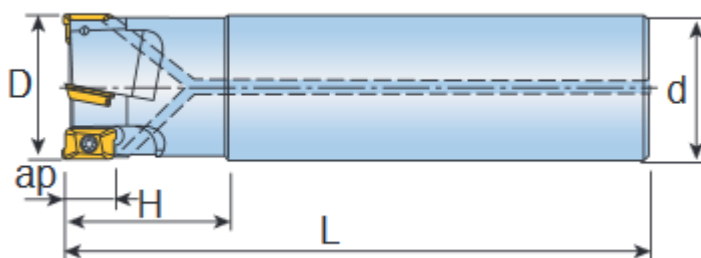


Рисунок 40 – Фреза TaeguTec TE90AX 108-08-06-C

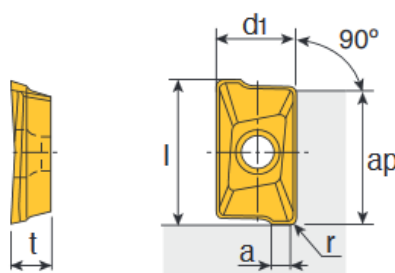


Рисунок 41 – Пластина TaeguTec AXMT 060208R-EM

Поверхность 12:

Выполняется обработка лопаток с помощью специального инструмента – концевой фрезы.

Также подберем необходимую оснастку для инструмента.

Для державки принимаем резцедержатель SYIC 150.B2.40.45.44 ( $d_1=40$  мм,  $b_1=85$  мм,  $b_2=42,5$  мм,  $b_3=12,5$  мм,  $h_1=25$  мм,  $h_2=34$  мм,  $h_3=35$  мм,  $h_4=30$  мм,

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

$h_5=32,5$  мм,  $h_6=48$  мм,  $h_8=-$ ,  $l_1=22$  мм,  $l_2=44$  мм,  $a=-$ ). Резцедержатель представлен на рисунке 42.

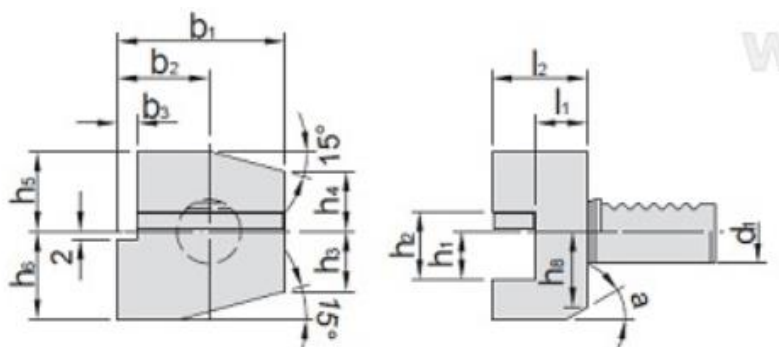


Рисунок 42 – Резцедержатель SYIC 150.B2.40.45.44

Для сверл Tungaloy DSM0260G05 и TaeguTec NHD 101-040-12 P13 принимаем приводную головку VERTEX DA 4018093250 ( $D=40$  мм,  $x=2-20$  мм,  $S=50$  мм,  $A=125,5$  мм,  $B=50$  мм,  $C=75$  мм). Приводная головка представлена на рисунке 43.

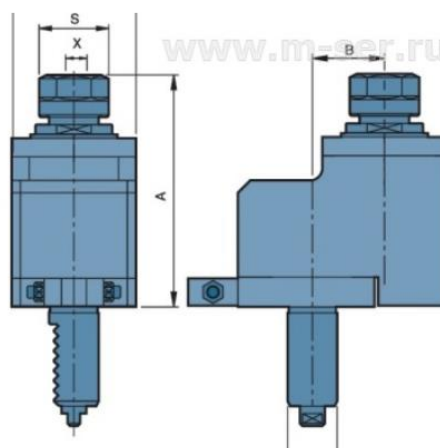


Рисунок 43 – Приводная головка VERTEX DA 4018093250

Для державки Tungaloy E08K-SCLCR06-D100 ( $\varnothing D_m=10$  мм,  $f=5,5$  мм,  $L_1=125$  мм  $L_2=22$  мм,  $h=7,5$  мм,  $\theta=0^\circ$ ,  $\alpha=-13^\circ$ ,  $r_\varepsilon=0,4$  мм) принимаем резцедержатель Evermore E2 40×10 ( $L_1=75$  мм  $L_2=22$  мм,  $L_3=61$  мм  $L_4=32,5$  мм,  $D=40$  мм). Резцедержатель представлен на рисунке 44.

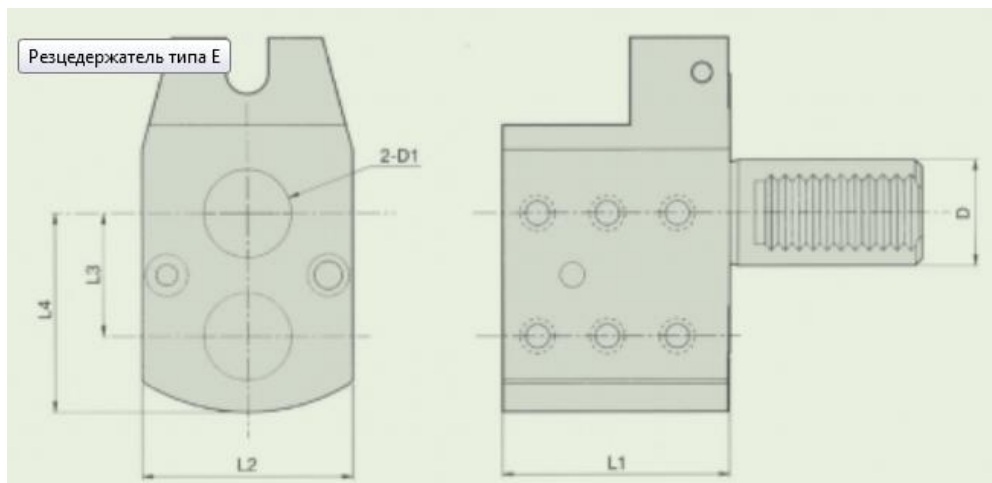


Рисунок 44– Резцедержатель Evermore E2 40×10

### 3.2 Проектирование и расчёт специального станочного приспособления

#### 3.2.1 Выбор операции

В качестве операции выберем фрезерование пазов (рисунок 45.).

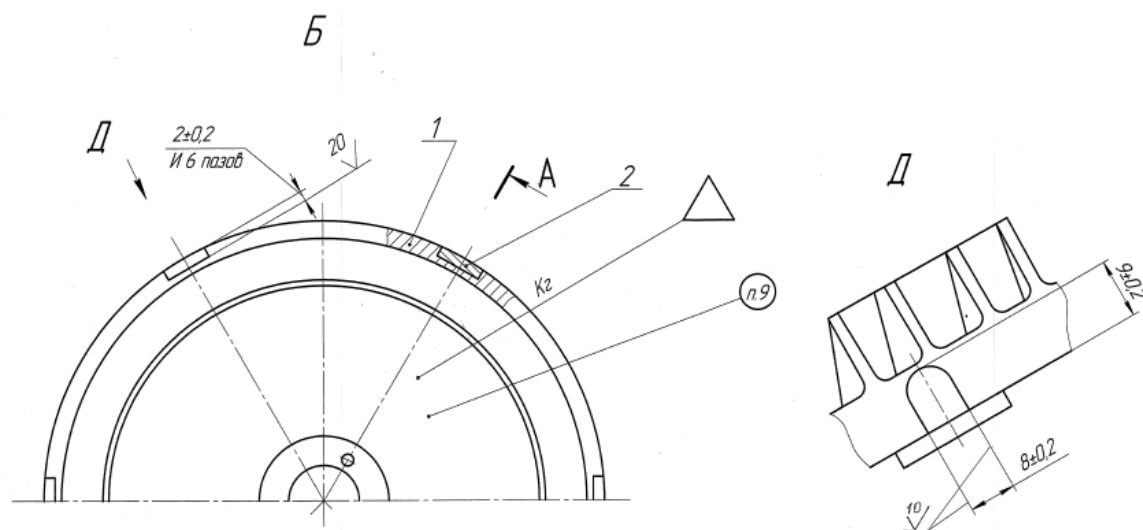


Рисунок 45 – Эскиз детали

#### 3.2.2 Схема базирования заготовки.

В качестве основных баз применяются:

- Двойная направляющая база – база, лишаящая заготовку или изделия четырёх степеней свободы, а именно: перемещение вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг этих же осей.
- Опорная база – база, лишаящая заготовку или изделия одной степеней свободы, а именно: перемещение вдоль одной координатной оси.

Деталь будем устанавливать на оправку консольную с разрезной втулкой с упором по торцу.

Схема базирования представлена на рисунке 46.

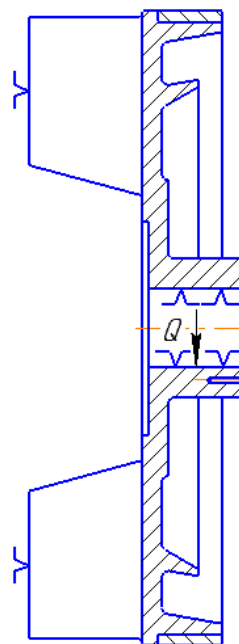


Рисунок 46 – Схема базирования.

### 3.2.3 Схема силовая, расчёт режимов, сил резания.

При фрезеровании паза возникают силы резания (рисунок 47):

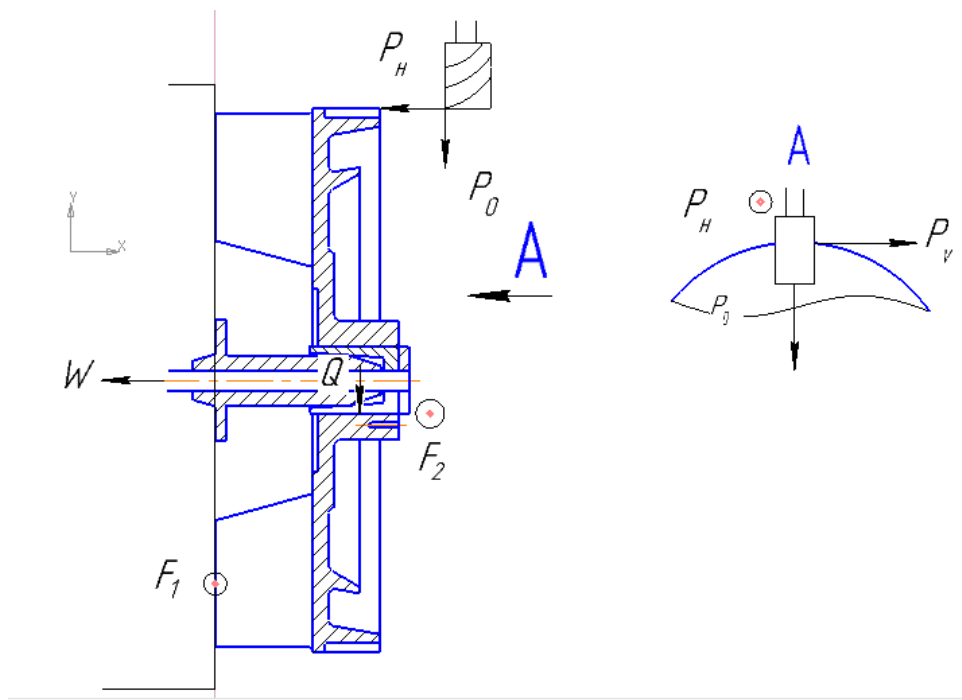


Рисунок 47 – Схема силовая

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

### 3.2.4 Определение силы резания

Сила резания при фрезеровании определяется по формуле:

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}} \quad (16)$$

где  $C_p=68,2$  – коэффициент;

$t=2$  мм – глубина резания;

$x=0,75$ ,  $y=0,6$   $u=1,0$ ,  $w=0$ ,  $q=0,86$  – показатели степени;

$S_z=0,06$  мм/зуб – подача;

$B=8$  мм – ширина срезаемого слоя;

$z=4$  – число зубьев фрезы

$K_{\text{мп}}=0,83$  – поправочный коэффициент;

$D=8$  – диаметр фрезы;

$n$  – частота вращения фрезы.

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}} = \frac{68,2 \cdot 2^{0,75} \cdot 0,06^{0,6} \cdot 8^1 \cdot 4}{8^{0,86} \cdot n^0} \cdot 0,83 = 23,54 \text{ Н}$$

Составляющие силы резания  $P_H$ ,  $P_v$  и  $P_0$  определим из соотношений:

$$P_H = 0,8 \cdot P_z = 18,83 \text{ Н}$$

$$P_v = 0,6 \cdot P_z = 14,12 \text{ Н}$$

$$P_0 = 0,5 \cdot P_z = 11,77 \text{ Н.}$$

Необходимо обеспечить условие от проворачивания заготовки:

$$M_{\text{рез}} = P_v \cdot R_1$$

$$K \cdot M_{\text{рез}} = M_{\text{тр}} \quad (17)$$

где  $K$  – коэффициент надежности закрепления детали.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (18)$$

где  $K_0=1,5$  – гарантированный коэффициент запаса;

$K_1=1,6$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
						78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$K_2=1,5$  – коэффициент, учитывающий увеличения сил резания от прогрессирующего затупления инструмента;

$K_3=1$  – коэффициент, учитывающий изменение сил резания при обработке прерывистых поверхностей;

$K_4=1$  – коэффициент, учитывающий непостоянство сил при зацеплении;

$K_5=1$  – коэффициент, учитывающий непостоянство сил зажимных устройств с ручным приводом;

$K_6=1$  – коэффициент, учитывающий  $M$ , на которую повернётся заготовка.

$$K = 1,5 \cdot 1,6 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 3,6$$

$$M_{\text{тр}} = (Q + P_0) \cdot f \cdot R_2 + P_H \cdot f \cdot R_3 = k \cdot P_v \cdot R_1$$

$$Q = \frac{k \cdot P_v \cdot R_1 - P_0 \cdot f \cdot R_2 - P_H \cdot f \cdot R_3}{f \cdot R_2}$$
$$= \frac{3,6 \cdot 14,12 \cdot 0,0475 - 11,77 \cdot 0,2 \cdot 0,006 - 18,83 \cdot 0,2 \cdot 0,0358}{0,2 \cdot 0,006}$$
$$= 876,80 \text{ Н}$$

$$W = Q[\text{tg}(\alpha + \varphi) + f] = 876,80[\text{tg}(30^\circ + 5^\circ) + 0,2] = 789,12 \text{ Н}$$

Коэффициент усиления:

$$i = \frac{Q}{W} = \frac{876,80}{789,12} = 1,11$$

По расчётной формуле определим диаметр пневмоцилиндра:

$$D = 2 \sqrt{\frac{W + q}{\pi \cdot p \cdot \eta}} = 2 \sqrt{\frac{789,12 + 100}{\pi \cdot 0,4 \cdot 0,9}} \approx 49,3 \text{ мм}$$

Примем пневмоцилиндр одностороннего действия (рисунок 48), основные размеры по ГОСТу  $D = 50 \text{ мм}$ ,  $d = 18 \text{ мм}$ , ход поршня 500 мм:

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

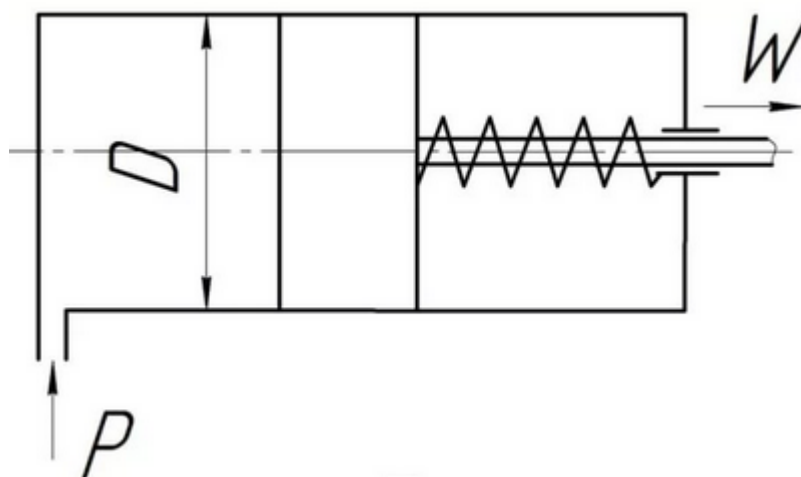


Рисунок 48 – Пневмоцилиндр одностороннего действия

Расчёт на точность приспособления.

Допуск на размер паза  $T_{A_i}=0,4$ .

$$\omega = \sqrt{\varepsilon_y^2 + \varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_H^2 + \varepsilon_{изн}^2 + \varepsilon_T^2}$$

$$\varepsilon_{уст} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2} = \sqrt{0^2 + 0^2 + 0,02^2} = 0,02$$

$$\varepsilon_{пр} = \sqrt{\varepsilon_{ис}^2 + \varepsilon_{изн}^2 + \varepsilon_{ст}^2} = \sqrt{0,01^2 + 0,01^2 + 0,02^2} = 0,01$$

$$\varepsilon_{пр} = \sqrt{0,01^2 + 0,01^2 + 0,02^2} = 0,02$$

$$\omega = \sqrt{\varepsilon_y^2 + \varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_H^2 + \varepsilon_{изн}^2 + \varepsilon_T^2}$$

$$= \sqrt{0,01^2 + 0,02^2 + 0,01^2 + 0,01^2 + 0,01^2} = 0,03$$

$$T_{A_i} \geq \omega$$

$$0,4 \geq 0,03$$

Расчёт на прочность.

Опасное сечение шейка штока. Расчет на прочность круглого сечения.

$$\sigma = \frac{P}{F} \leq [\sigma_p]$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



$$\sigma = \frac{4P}{\pi D^2} = \frac{3156,48}{0,001018} = 3,10 \text{ МПа}$$

$$3,10 \text{ МПа} \leq 230 \text{ МПа.}$$

Запас на прочность гарантирован.

3.3 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента

3.4 Проектирование и расчёт специального режущего инструмента

3.4.1 Расчёт и проектирование концевой фрезы

Для обработки лопаток колеса будем использовать концевую фрезу. Эскиз обрабатываемой поверхности представлен на рисунке 49.

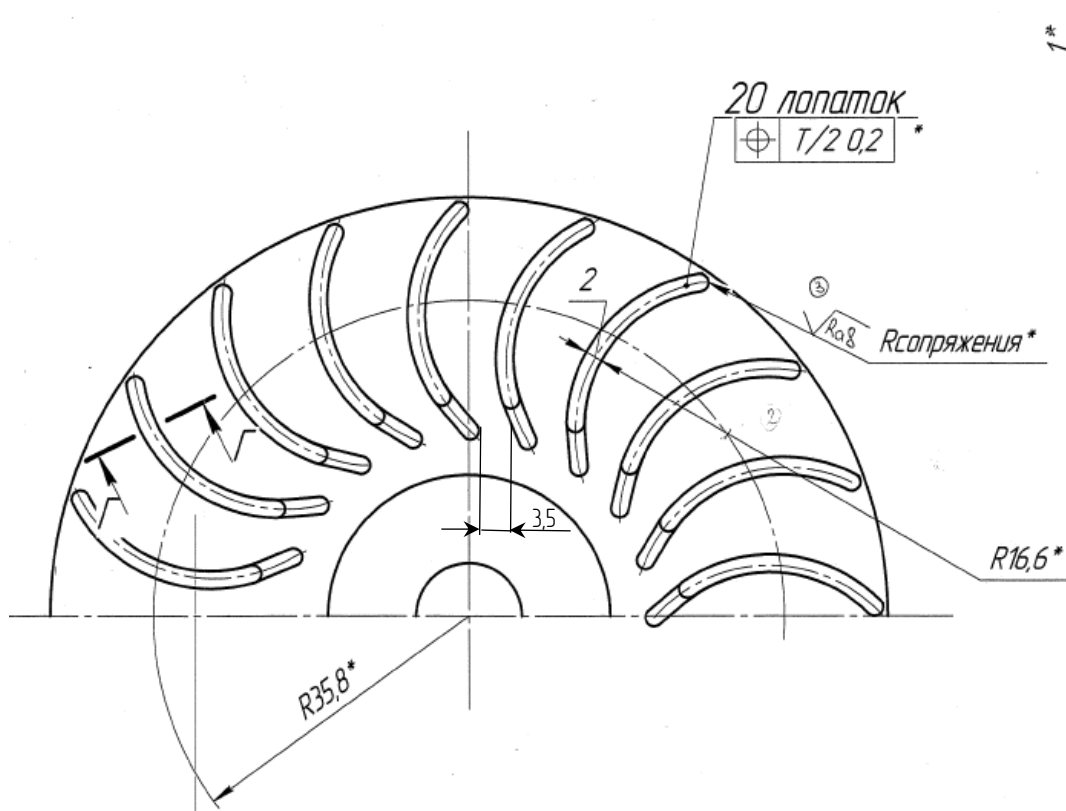


Рисунок 49 – Эскиз обрабатываемой поверхности

Так как минимальное расстояние между лопатками 3,5 мм, то диаметр фрезы принимаем  $d=3$  мм, согласно стандартным значениям по ГОСТ 2972-90. Материал обрабатываемой заготовки коррозионностойкая сталь, поэтому в качестве марки материала фрезы выбираем быстрорежущую сталь P9M5. Фрезы

						Лист
						81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	

из быстрорежущих сталей диаметром менее 12 мм – цельные. Фреза с цилиндрическим хвостовиком представлена на рисунке 50.



Рисунок 50 – Фреза

Конструктивные параметры принимаем в соответствии с рекомендациями [4].

- $L$  – длина фрезы = 36 мм;
- $l$  – длина режущей части = 8 мм;
- $d$  – диаметр фрезы = 3 мм;
- $\omega$  – угол наклона винтовой канавки =  $30^\circ$ ;
- $\varphi$  – главный угол в плане =  $90^\circ$ ;
- $\varphi_1$  – вспомогательный угол в плане =  $1^\circ$ .

Профиль зуба фрезы в нормальном сечении с обозначением всех геометрических параметров представлен на рисунке 51.

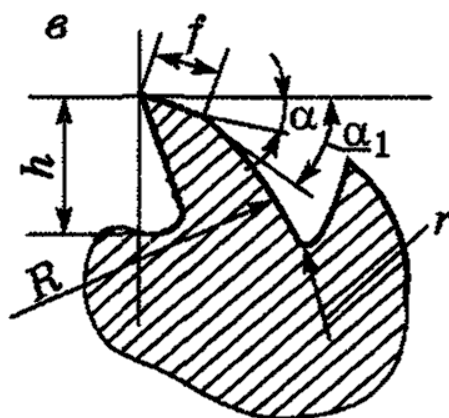


Рисунок 51 – Профиль зуба фрезы

Подберем геометрические параметры фрезы [4]:

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

- $h$  – высота зуба,  $h = \frac{k \cdot D}{z}$ , где  $k=0,9..1,2$ ;  $D$  – диаметр фрезы  $z$  – число зубьев фрезы;
- $\alpha$  – задний угол =  $25^\circ$ ;
- $\alpha_1$  – угол спинки =  $\alpha + (10^\circ..15^\circ) = 35^\circ$ ;
- $\gamma$  – передний угол =  $10^\circ$ ;
- $f$  – ширина ленточки = 1 мм;
- $r$  – радиус закругления дна стружечной канавки =  $(0,4..0,75)h = 0,9$  мм;
- $R = (0,3..0,45)D = 0,54$  мм;

Количество зубьев фрезы можно определить по формуле

$$z = \frac{0,2 \cdot D}{\sqrt{t_{max} \cdot S_{max}}} \quad (19)$$

где  $D$  – диаметр фрезы;

$t_{max}$  – глубина фрезерования;

$S_{max}$  – подача.

Глубина фрезерования и подача подбираются по справочнику [5]:  $t_{max} = 2$  мм,  $S_{max} = 0,02..0,06$  мм/об, принимаем  $S_{max} = 0,06$  мм/об.

$$z = \frac{0,2 \cdot D}{\sqrt{t_{max} \cdot S_{max}}} = \frac{0,2 \cdot 3}{\sqrt{2 \cdot 0,06}} = 1,73 \text{ мм}$$

Принимаем  $z = 2$  в соответствии с рекомендацией.

$$h = \frac{k \cdot D}{z} = \frac{1,2 \cdot 3}{2} = 1,8 \text{ мм.}$$

Назначение режимов резания.

По справочнику [5] определим основные параметры режимов резания, необходимые для данной концевой фрезы. Определенная подача на зуб составляет  $S_z = 0,08..0,05$  мм/зуб. Принимаем подачу, равную 0,06 мм/зуб. При данной подаче допустимая скорость резания составляет  $V_p = 24$  м/мин, с учетом коэффициентов  $V_p = 27,6$  м/мин

При данных значениях частота вращения шпинделя составляет

$$n = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 27,6}{3,14 \cdot 3} = 2929 \text{ об/мин.}$$

Главная составляющая силы резания определяется по формуле

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мр}} \quad (20)$$

где  $C_p$  – коэффициент, характеризующий обрабатываемый материал и другие условия;

$t$  – глубина резания;

$S$  – подача;

$B$  – ширина резания,

$z$  – число зубьев;

$D$  – диаметр фрезы;

$n$  – частота вращения шпинделя;

$x, y, u, q, w$  – показатели степени;

$K_{\text{мр}}$  – поправочный коэффициент в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала:

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_B}{75}\right)^{0,3} = \left(\frac{450}{75}\right)^{0,3} = 0,857.$$

Принимаем:  $C_p = 82$ ,  $t = 2$  мм,  $S = 0,06$  мм/об,  $B = 3$  мм,  $z = 2$ ,  $D = 3$  мм,  $n = 2929$  об/мин,  $x = 0,75$ ,  $y = 0,6$ ,  $u = 1,0$ ,  $q = 0,86$ ,  $w = 0$ .

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мр}} = \frac{10 \cdot 82 \cdot 2^{0,75} \cdot 0,06^{0,6} \cdot 3^1 \cdot 2}{3^{0,86} \cdot 2929^0} \cdot 0,857$$

$$= 509,67 \text{ Н}$$

Крутящий момент определяется по формуле

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{2000} = \frac{509,67 \cdot 3}{2000} = 0,76 \text{ Нм}$$

$$N_{\text{рез}} - \text{мощность резания} = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{60 \cdot 1000} = \frac{0,76 \cdot 2929}{60 \cdot 1000} = 0,04 \text{ кВт.}$$

$N_{\text{рез}}$  – мощность на шпинделе станка =  $N_{\text{эл.дв}} \cdot \text{КПД}$ . Применяемый станок Haas ST-10 имеет максимальную мощность двигателя шпинделя 11,2 кВт и КПД 0,8. Следовательно,  $N_{\text{шп}} = 8,96$  кВт, что удовлетворяет условию  $N_{\text{рез}} < N_{\text{рез}}$ .

Проверочный расчет показал, что мощности шпиндельного двигателя станка хватит для фрезерования лопаток колеса.

### 3.5 Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях

технического контроля

Для контроля линейных и диаметральных размеров будем использовать:

- штангенциркуль ШЦК-I-125-0,02 ГОСТ 166-89;
- микрометр МК 100-1 ГОСТ 6507-90;
- глубиномер ГМ-25-0,01 ГОСТ 7470-92;
- штангенрейсмас ШРК-250-0,02 ГОСТ 164-90;
- угломер УН-180 мод. 127 ГОСТ 5378-88;
- калибр-пробка 8133-0168 Н14 ГОСТ 16778-93;
- профилометр;

Также после окончания операций механической обработки, проконтролируем размеры и отклонения формы и расположения детали на КИМ. Исходя из формы детали более удобно использование КИМ с прямоугольной системой координат. Так как габаритные размеры детали являются небольшими (95×32), то наиболее выгодной является КИМ портальной компоновки. Такая компоновка дает возможность достичь наибольшей точности и сравнительно удобна в обслуживании. Портальная компоновка обладает высокой жесткостью и хорошими динамическими свойствами. Подберем три наиболее подходящие КИМ.

DEA GLOBAL Silver Classic 05.05.05 (рисунок 52). Ее характеристики приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Основные технические характеристики DEA GLOBAL Silver Classic 05.05.05

Максимально-допустимый диапазон измерений по осям X/Y/Z, мм	Погрешность линейного измерения МРЕ <sub>Е</sub> , мкм	МРЕ <sub>Р</sub>	МРЕ <sub>ТНР/Г*</sub>	Конфигурация головок и щупов	Допустимая масса детали, кг	Масса машины, кг	Идентификационное наименование ПО
500/500/500	1,9 + L/300	1,9	3,5/68	HP-S-X1C	227	543	PC-DMIS



Рисунок 52 – DEA GLOBAL Silver Classic 05.05.05

Лимитирующим параметром для контроля является отверстие диаметра  $12H6^{(+0,011)}$ , линейный размер  $32h12(-0,25)$  мм, по 12 качеству (нижнее отклонение  $-0,25$ ), отклонение от параллельности  $0,4$  и отклонение от цилиндричности  $0,4$ .

Проведем проверку обеспечения точности измерений при использовании данной координатно-измерительной машины для контроля детали КД.

МРЕ<sub>Е</sub>:

$$\text{диаметральный параметр: } \Delta_1 = \pm \left( 1,9 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left( 1,9 + \frac{11}{300} \right) = \pm 1,94 \text{ мкм};$$

$$\text{линейный параметр: } \Delta_2 = \pm \left( 1,9 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left( 1,9 + \frac{250}{300} \right) = \pm 2,73 \text{ мкм};$$

$$\text{отклонение расположения: } \Delta_3 = \pm \left( 1,9 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left( 1,9 + \frac{400}{300} \right) = \pm 3,23 \text{ мкм}.$$

Координатно-измерительная машина считается пригодной для измерения, если погрешность линейного измерения составляет не более 30% от допуска на измеряемый параметр:

						Лист
					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	86
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\frac{\Delta_{1\text{изм}}}{T} = \frac{3,88}{11} \cdot 100\% = 35\%;$$

$$\frac{\Delta_{2\text{изм}}}{T} = \frac{5,46}{250} \cdot 100\% = 2,2\%;$$

$$\frac{\Delta_{3\text{изм}}}{T} = \frac{4,46}{100} \cdot 100\% = 1,6\%.$$

MPE<sub>p</sub>:

$$\text{отклонение формы: } \frac{3,8}{400} \cdot 100\% = 0,95\%$$

Carl Zeiss Accura II (рисунок 53). Технические характеристики приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Основные технические характеристики Carl Zeiss Accura II

Максимально-допустимый диапазон измерений по осям X/Y/Z, мм	Погрешность линейного измерения MPE <sub>E</sub> , мкм	MPE <sub>p</sub>	MPE <sub>ТНР/с*</sub>	Конфигурация головок и щупов	Допустимая масса детали, кг	Скорость перемещения (вектор.), мм/сек	Идентификационное наименование ПО
460/460/800	1,6 + L/333	1,7	2,5/50	DT, VAST XT/gold, VAST gold, RDS, XDT, VAST XXT, ViScan, Line Scan	До 5000	800	CALYPSO, GEAR PRO, HOLOS



Рисунок 53 – Carl Zeiss Accura II

Проведем проверку обеспечения точности измерений при использовании данной координатно-измерительной машины для контроля детали КД.

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

МРЕ<sub>Е</sub>:

$$\text{диаметральный параметр: } \Delta_1 = \pm \left( 1,6 + \frac{L}{333} \right) = \pm \left( 1,6 + \frac{11}{333} \right) = \pm 1,63 \text{ мкм};$$

$$\text{линейный параметр: } \Delta_2 = \pm \left( 1,6 + \frac{L}{333} \right) = \pm \left( 1,6 + \frac{250}{333} \right) = \pm 2,35 \text{ мкм};$$

$$\text{отклонение расположения: } \Delta_3 = \pm \left( 1,6 + \frac{L}{333} \right) = \pm \left( 1,6 + \frac{400}{333} \right) = \pm 2,8 \text{ мкм}.$$

Координатно-измерительная машина считается пригодной для измерения, если погрешность линейного измерения составляет не более 30% от допуска на измеряемый параметр

$$\frac{\Delta_{1\text{изм}}}{T} = \frac{3,26}{11} \cdot 100\% = 29,6\%;$$

$$\frac{\Delta_{2\text{изм}}}{T} = \frac{4,7}{250} \cdot 100\% = 1,88\%;$$

$$\frac{\Delta_{3\text{изм}}}{T} = \frac{5,6}{400} \cdot 100\% = 1,4\%.$$

МРЕ<sub>Р</sub>:

$$\text{отклонение формы: } \frac{3,4}{400} \cdot 100\% = 0,85\%$$

Wenzel LH65 Standard (рисунок 54). Технические характеристики приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Основные технические характеристики Wenzel LH65 Standard

Максимально-допустимый диапазон измерений по осям X/Y/Z, мм	Погрешность линейного измерения МРЕ <sub>Е</sub> , мкм	МРЕ <sub>Р</sub>	МРЕ <sub>ТНР/Г</sub> *	Конфигурация головок и щупов	Допустимая масса детали, кг	Масса КИМ, кг	Максимальная скорость перемещения машины, мм/с	Идентификационное наименование ПО
650/750/500	2,5 + L/300	2,5	2,4/72	PH 10M/PH10T, TP200, TP20, Shapetracer, PH20™, SP25M	500	1340	690	Metrosolt CM WENZEL CNC.



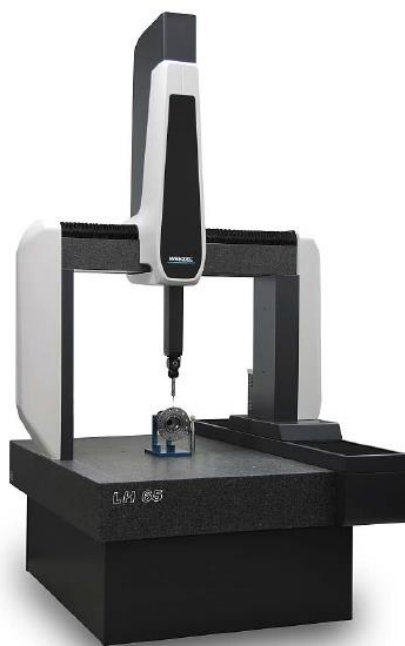


Рисунок 54 – Wenzel LH65 Standard

Проведем проверку обеспечения точности измерений при использовании данной координатно-измерительной машины для контроля детали КД.

$MPE_E$ :

$$\text{диаметральный параметр: } \Delta_1 = \pm \left( 2,5 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left( 2,5 + \frac{11}{300} \right) = \pm 2,53 \text{ мкм};$$

$$\text{линейный параметр: } \Delta_2 = \pm \left( 2,5 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left( 2,5 + \frac{250}{300} \right) = \pm 3,3 \text{ мкм};$$

$$\text{отклонение расположения: } \Delta_3 = \pm \left( 2,5 + \frac{L}{300} \right) = \pm \left( 2,5 + \frac{400}{300} \right) = \pm 3,7 \text{ мкм}.$$

Координатно-измерительная машина считается пригодной для измерения, если погрешность линейного измерения составляет не более 20% от допуска на измеряемый параметр:

$$\frac{\Delta_{1\text{ИЗМ}}}{T} = \frac{5,06}{11} \cdot 100\% = 46\%;$$

$$\frac{\Delta_{2\text{ИЗМ}}}{T} = \frac{6,6}{250} \cdot 100\% = 2,46\%;$$

$$\frac{\Delta_{3\text{ИЗМ}}}{T} = \frac{7,4}{400} \cdot 100\% = 1,85\%.$$

$MPE_F$ :

$$\text{отклонение формы: } \frac{5}{400} \cdot 100\% = 1,25\%$$

						Лист
					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	89
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Из проверки обеспечения точности измерений видим, что наибольшую точность обеспечивает КИМ Carl Zeiss Accura II.

Для сбора массива координат точек на КИМ должна быть оснащена измерительной головкой (ИГ). В зависимости от конструкции ИГ может обеспечивать контактный или бесконтактный способ измерения. В качестве ИГ можно использовать базовое оснащения КИМ фирм Zeiss. В качестве не поворотной ИГ выберем Zeiss VAST XT gold, а в качестве поворотной ИГ примем Zeiss VAST XXT TL3. Их характеристики представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Технические характеристики измерительных головок VAST XXT и VAST XT gold

Техническая характеристика	VAST XT gold	VAST XXT TL3
Методика ощупывания	Активный сканирующий измеряющий по многим точкам сенсор с технологией поддающейся изменению точности и скорости.	Пассивный сканирующий и измеряющий по многим точкам сенсор
Погрешность линейного измерения, мкм	$1,6 + L/333$	$1,6 + L/333$
Интенсивность измерения	до 2 с/точка; измерение методом сканирования до 200 точек в секунду.	до 2,5 с/точка; измерение методом сканирования до 150 точек в секунду
Длина ИИ, макс	500 мм	100 мм
Вес ИИ, макс	500 г	15 г
Мин. диаметр измерительной сферы	0,6 мм	0,3 мм

ИГ VAST XT gold представлена на рисунке 55.



Рисунок 55 – Измерительная головка VAST XT gold

Для измерения детали неповоротной головкой подберем по каталогу Renishaw: «Styli for Zeiss applications»

- удлинитель A-5555-0152 под резьбу M5, длиной L=60мм и D=11 мм (рисунок 56);
- центр A-5555-0189 для крепления ИН под резьбу M5 и B=15 мм (рисунок 57);
- измерительный наконечник A-5555-0025 длиной ML=43 мм и диаметром сферы Dk=5 мм (для вертикального положения) и измерительный наконечник A-5555-0026 длиной ML=65 мм и диаметром сферы Dk=5 мм (для положения под углом) (рисунок 58).

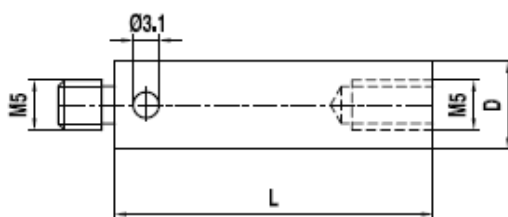


Рисунок 56 – Удлинитель A-5555-0152

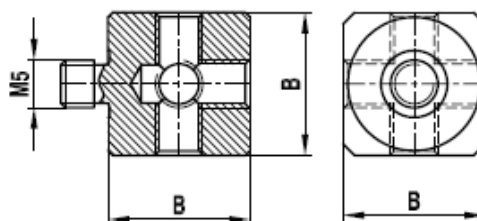


Рисунок 57 – Центр звездообразной конфигурации A-5555-0189

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

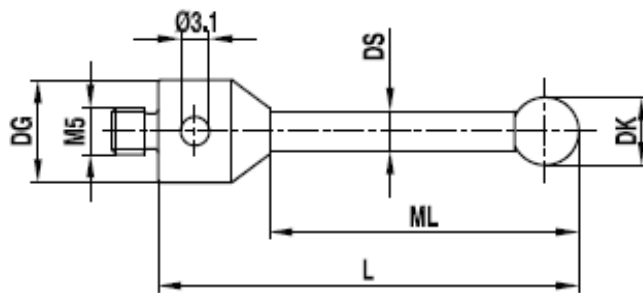


Рисунок 58 – ИИ А-5555-0025 и А-5555-0026

Поворотная ИГ VAST XXT крепится в динамичное поворотно-вращательное приспособление ZEISS RDS. ИГ VAST XXT представлена на рисунке 59, ZEISS RDS представлено на рисунке 60.



Рисунок 59 – ИГ VAST XXT

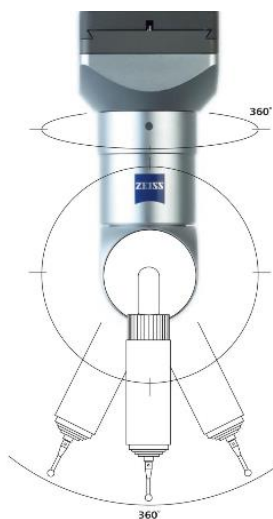


Рисунок 60 – Динамичное поворотно-вращательное приспособление ZEISS RDS

Для измерения данной ИГ подобран измерительный наконечник А-5555-0026 длиной 65 мм и диаметром сферы 5 мм, уже представленный выше.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

## 4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

4.1 Анализ возможных направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали

4.1.1 Наличие в технологическом процессе слесарных, универсальных или специальных операций

В технологическом процессе не присутствуют слесарные операции. Однако будут присутствовать универсальные операции (операция фрезерования, координатно-расточная операция) и специальная операция (сварочная операция).

4.1.2 Возможность встраивания основного оборудования в ГПС

Токарно-револьверный обрабатывающий центр Haas ST-15 имеет транспортер для удаления стружки, ленточного типа и автоматический ловитель деталей. Кроме того, доступны опции: автоматический щуп для измерения вылета инструмента и измерительный щуп Renishaw.

5-ти координатный фрезерный станок с ЧПУ Femco F5X-630 имеет транспортер для удаления стружки и функцию автоматического отключения станка. Смена инструмента происходит автоматически.

Данные станки вполне могут быть встроены в ГПС.

4.1.3 Концентрация переходов на операциях механической обработки

При концентрации переходов повышается точность взаимного расположения поверхностей, обрабатываемых на одном установе, производительность обработки за счет совмещения во времени нескольких технологических переходов и сокращения затрат вспомогательного времени (установка и снятие заготовок, смена инструмента, включение и выключение станка). Переходы на операциях механической обработки сконцентрированы не в полной мере.

4.1.4 Габаритные размеры детали

Деталь «Колесо редуктора ГТД» имеет небольшие габариты. Наибольший диаметр составляет  $\varnothing 94$  мм, а длина – 32 мм. Масса детали также небольшая –

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

0,45 кг. Таким образом, данную деталь можно перемещать с помощью промышленного робота.

#### 4.1.5 Наличие поверхностей для захвата

Захват детали промышленным роботом можно осуществлять по наружной цилиндрической поверхности. Поверхности для захвата представлены на рисунке 61.

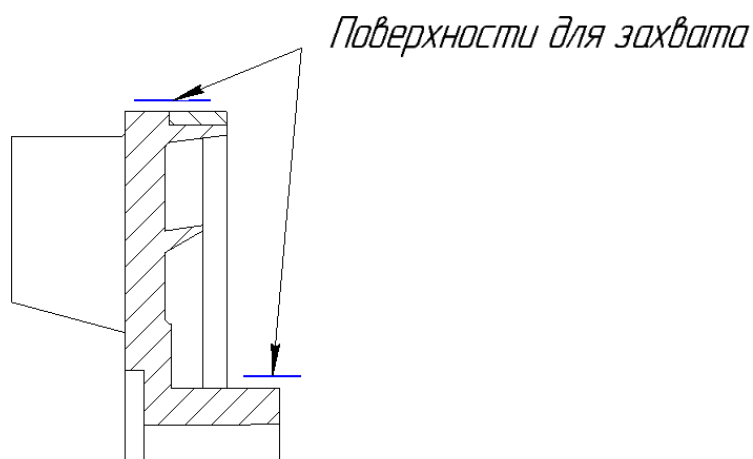


Рисунок 61 – Поверхности для захвата

Таким образом, технологический процесс можно автоматизировать, но частично.

#### 4.2 Разработка структурной схемы гибкого производственного участка

Планировка ГПС, где оборудование располагается по ходу технологического процесса, представлена на рисунке 62.

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

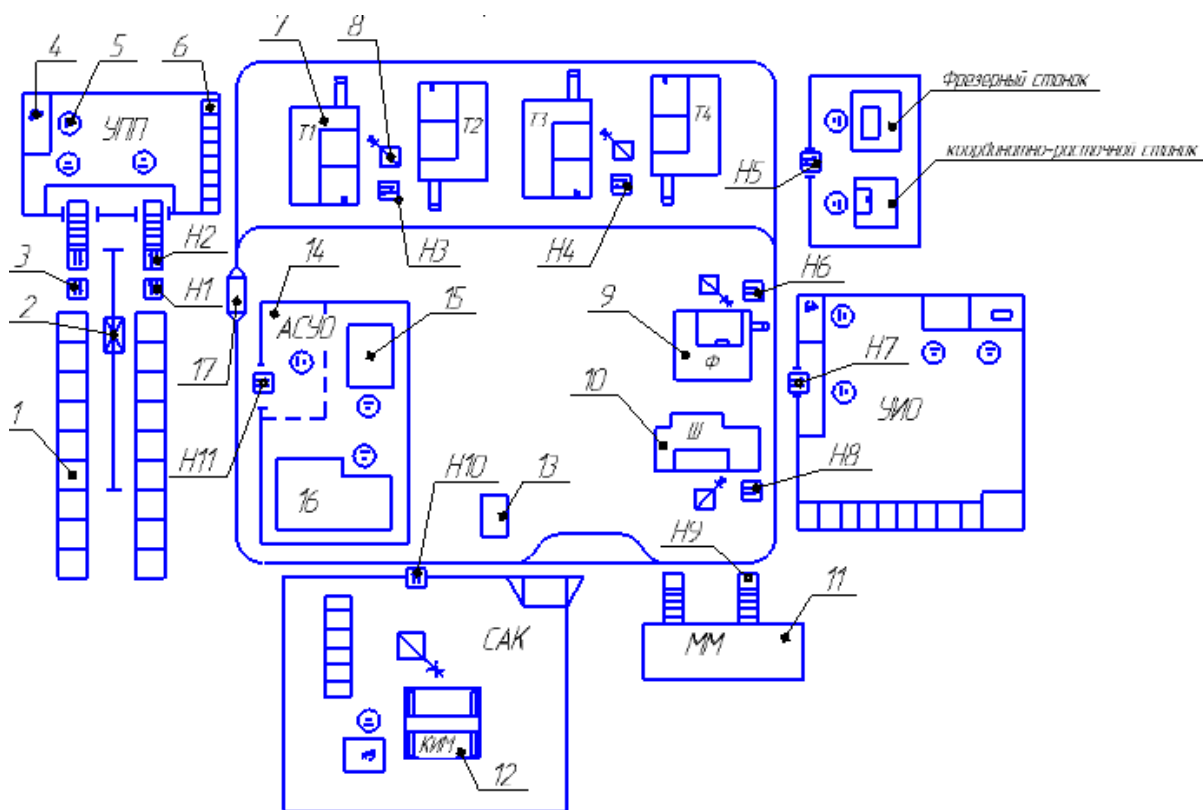


Рисунок 62 – Планировка ГПС, где оборудование располагается по ходу технологического процесса

1 – склад; 2– кран-штабелер; 3 – приемо-раздаточный стол; 4 – компьютер; 5– рабочее место; 6– стеллаж; 7– токарный станок с ЧПУ; 8 – промышленный робот; 9– фрезерный станок с ЧПУ; 10 – шлифовальный станок с ЧПУ; 11 – моечная машина; 12 – координатно-измерительная машина; 13 – станция зарядки робокаров; 14 – место для складирования и сортировки стружки; 15 – измельчитель стружки; 16 – машина для брикетирования стружки; 17 – электрокар.

Граф состояний для первой планировки изображен на рисунке 63.

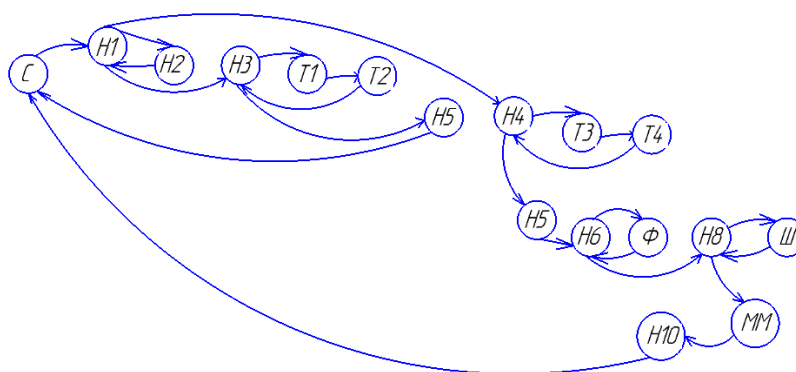


Рисунок 63 – Граф состояний для первой планировки

Планировка ГПС, где оборудование располагается по группам станков, представлена на рисунке 64.

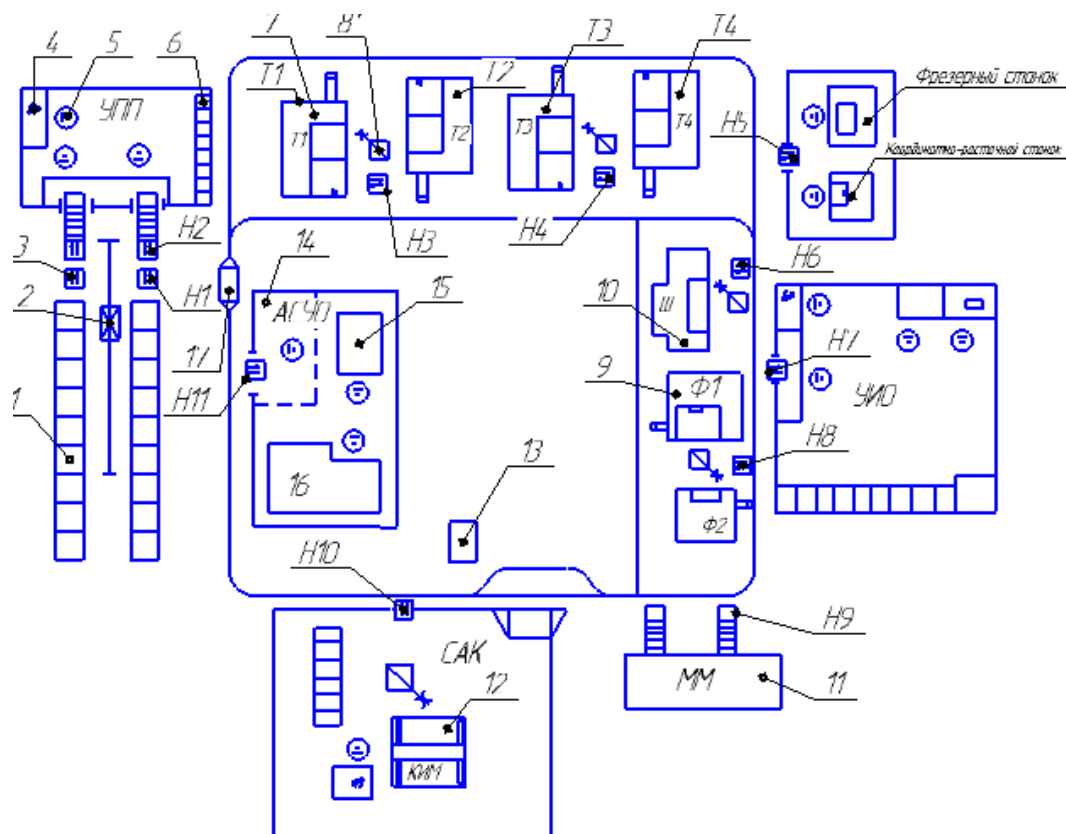


Рисунок 64 – Планировка ГПС, где оборудование располагается по группам станков

Граф состояний для второй планировки изображен на рисунке 65.

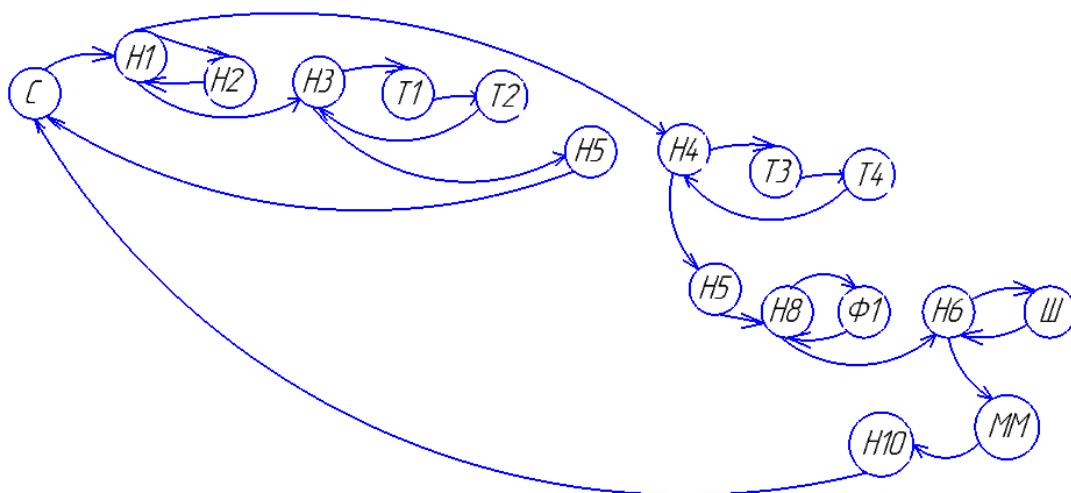


Рисунок 65 – Граф состояний для второй планировки



4.3 Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы (промышленные роботы, накопители, транспортные системы, складские системы)

Промышленный робот выбираем исходя из требований грузоподъемности и необходимой зоны обработки. Масса детали составляет 0,45 кг.

Принимаем промышленный робот KUKA KR 30-3 (рисунок 58), грузоподъемностью: 30 кг и радиусом действия: 2 м. Робот KUKA KR 30 легко настраивается для различных приложений и проектов. Он обладает средней грузоподъемностью и способен выполнять мощные и точные движения. Обеспечивает высокую производительность и может быть легко и безопасно запрограммирован в автономном режиме. Имеет напольное положение.

Технические характеристики данного робота представлены в таблице 66.



Рисунок 66 – Промышленный робот KUKA KR 30-3

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		97

Таблица 13 – Характеристики промышленного робота KUKA KR 30-3

Параметры	Значение параметра
Максимальный радиус действия, м	2033
Номинальная грузоподъемность, кг	30
Максимальная грузоподъемность, кг	65
Количество осей, шт	6
Повторяемость позиционирования, мм	±0,06
Площадь установки робота, мм×мм	850×950

Для перемещения заготовок примем робокар AVG System CP MINI (рисунок 67).



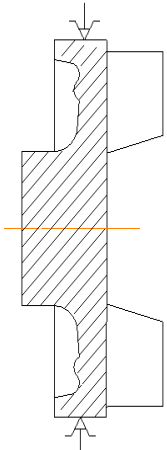
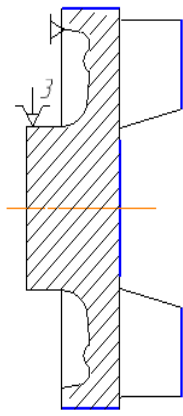
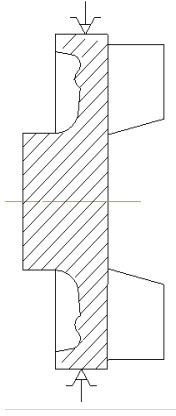
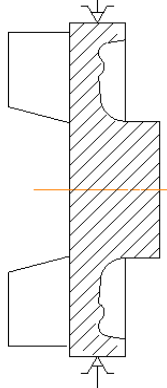
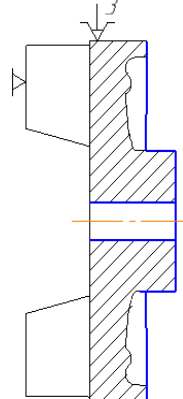
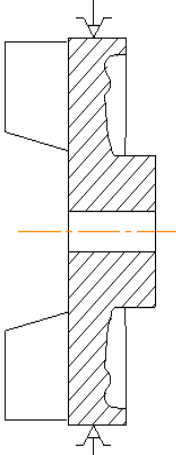
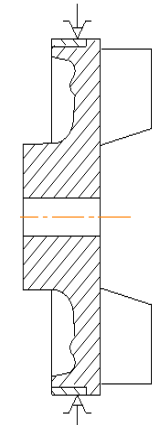
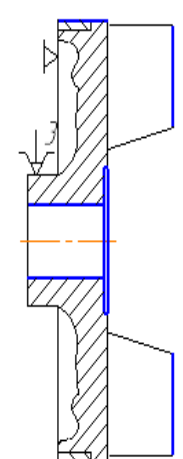
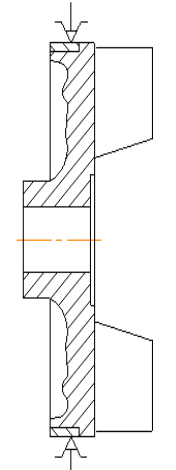
Рисунок 67 – робокар AVG System CP MINI

Его ширина равна 1200 мм, грузоподъемность 1000/1200 кг, высота подъема до 5000 мм.

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

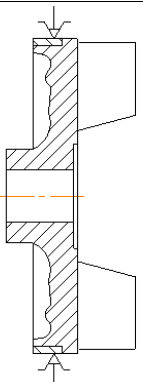
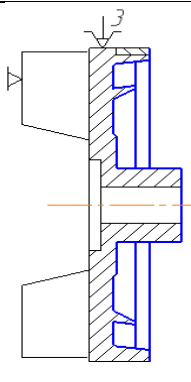
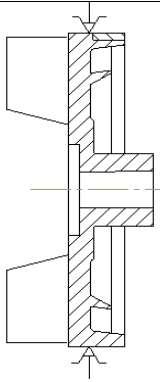
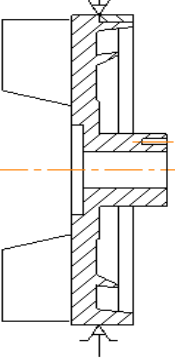
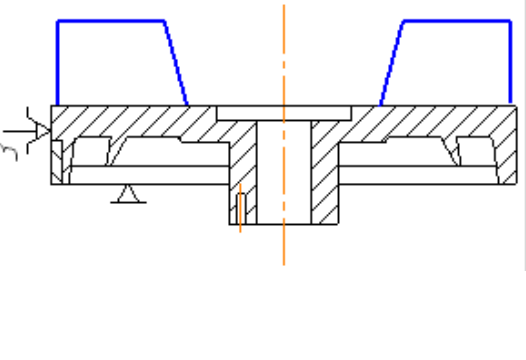
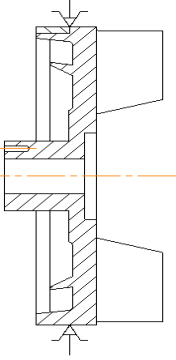
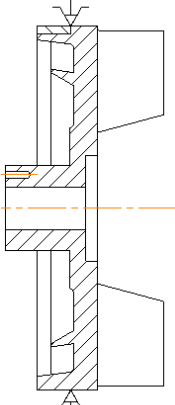
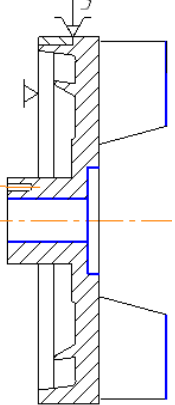
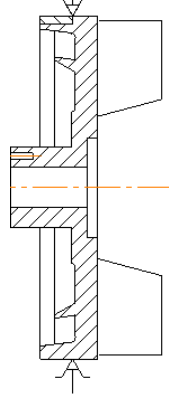
Схемы базирования в промышленном роботе представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Схемы базирования в промышленном роботе

До установки	На станке	После установки
<b>010 токарная с ЧПУ</b>		
		
<b>015 токарная с ЧПУ</b>		
		
<b>050 токарная с ЧПУ</b>		
		

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Продолжение таблицы 14

055 токарная с ЧПУ		
		
065 фрезерная с ЧПУ		
		
080 Шлифовальная с ЧПУ		
		

4.5 Анализ производительности автоматизированной системы

Сравним, какая из планировок обеспечивает наименьшие перемещения. Для этого составим матрицы перемещений. Матрица перемещений для первой планировки, где оборудование располагается по ходу технологического процесса, представлена в таблице 11. Матрица перемещений для второй планировки представлена в 12 таблице.

Таблица 11 – Матрица перемещений для первой планировки

От чего двигается	Куда двигается оборудование									
	С	Н1	Н2	Н3	Н4	Н5	Н6	Н8	ММ	Н10
С		4181								
Н1			1088	8785	17528					
Н2		1088								
Н3						15776				
Н4						7134				
Н5	24531						4717			
Н6								743		
Н8									3356	
ММ										12833
Н10	9936									
Итого	122564									

Таблица 12 – Матрица перемещений для второй планировки

От чего двигается	Куда двигается оборудование									
	С	Н1	Н2	Н3	Н4	Н5	Н6	Н8	ММ	Н10
С		4181								
Н1			1088	8785	17528					
Н2		1088								
Н3						15776				
Н4						7134				
Н5	24531							11972		
Н6									13392	
Н8							7555			
ММ										12833
Н10	9936									
Итого	13998									

На основе матрицы перемещений можно сделать вывод, что первая планировка, по ходу технологического процесса, обеспечивает наименьшие перемещения, поэтому выбираем ее.

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
						102
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ

Раздел включает в себя разработку планировки участка механической обработки для спроектированного варианта технологического процесса.

На планировке укажем все технологическое оборудование: станки, рабочие места, приемо-раздаточные столы, промышленных роботов, контрольные столы, моечную машину, средства межоперационного транспортирования заготовок, места рабочих у станков и склады.

В строительной части укажем: колонны с осями, дорожные пути, стены и перегородки. Шаг колонн выбираем 9 м, проезд принимаем равным 4 м.

Заготовки со склада на приемо-раздаточный стол перемещает кран-штабелер, оттуда их забирает робокар и передает на станок. Снятие и установку заготовок производит промышленный робот, перемещение заготовок между станками осуществляет робокар. После механической обработки робокар отвозит заготовки в моечную машину, а после на КИМ. После операции контроля робокар отвозит заготовки на приемо-раздаточный стол, и кран-штабелер перемещает их на склад.

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		103

## 6 БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА

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

В условиях научно-технического прогресса создание безопасных и безвредных условий труда, исключающих травматизм и профессиональные заболевания, является важной государственной задачей.

Сегодня создано огромное количество регулирующих вопрос обеспечения безопасности условий труда правовых актов и мероприятий:

- обязательное социальное страхование;
- обучение охране труда;
- обучение трудовой дисциплине;
- материальное возмещение при несчастных случаях и профессиональных заболеваниях на производстве.

Общее руководство работой всех структурных подразделений по обеспечению безопасности труда возлагается на руководителя организации (треста, управления), а главный инженер непосредственно руководит службой охраны труда. В состав службы входят инженеры (старшие инженеры), которые руководствуются всеми действующими законами, постановлениями, правилами и инструкциями.

Инженерам службы охраны труда предоставлено право давать предписания руководителям устранять имеющиеся недостатки и нарушения правил и норм; запрещать производство работ при обнаружении опасных условий; требовать от руководителей работ своевременного расследования несчастного случая; вносить предложения о поощрении или наказании работников. Отменять указания инженера по охране труда имеет право главный инженер или начальник управления в письменной форме.

К обязанностям работников службы труда относится следующее:

- координация деятельности структурных подразделений по вопросам безопасности труда;

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
						104
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



- участие в подготовке и составлении перспективных и годовых планов по улучшению условий труда;
- контроль за созданием безопасных и безвредных условий труда, за соблюдением действующего законодательства, правил и норм, приказов, инструкций, указаний 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;
- организация обучения и проверки знаний инженерно-техническими работниками, рабочими правил и инструкций по технике безопасности и производственной санитарии;
- анализ причин производственного травматизма и составление сводных отчетов о пострадавших при несчастных случаях и об освоении средств на мероприятия по охране труда;
- 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.

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
						105
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

Начальники участков и старшие производители должны проводить мероприятия по охране труда, предусмотренные соответствующим законодательством, СНиП, годовыми планами, приказами, распоряжениями и инструкциями. Кроме того, они должны вести систематическое наблюдение и контроль за исправным состоянием ограждений, подмостей; проведение первичного, повторного, проводить внеплановое и текущие инструктажи рабочих с указанием адресов объектов, на которых осуществляется монтаж; обучать рабочих безопасным методам труда по 14...18-часовой программе; осуществление контроля за ежегодной сдачей экзаменов рабочими по специальностям; обеспечить рабочих оборудованными бытовыми помещениями.

#### 6.2 Мероприятия по электробезопасности

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходимо применять следующие способы и средства:

- защитные оболочки;
- защитные ограждения (временные или стационарные);
- безопасное расположение токоведущих частей;
- изоляцию токоведущих частей (рабочую, дополнительную, усиленную, двойную);
- изоляцию рабочего места;
- малое напряжение;
- защитное отключение;
- предупредительную сигнализацию, блокировку, знаки безопасности.

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, применяют следующие способы:

- защитное заземление;

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
						106
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- зануление;
- выравнивание потенциала;
- систему защитных проводов;
- защитное отключение;
- изоляцию нетоковедущих частей;
- электрическое разделение сети;
- малое напряжение;
- контроль изоляции;
- компенсация токов замыкания на землю;
- средства индивидуальной защиты.

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита.

К работе в электроустановках должны допускаться лица, прошедшие инструктаж и обучение безопасным методам труда, проверку знаний правил безопасности и инструкций в соответствии с занимаемой должностью применительно к выполняемой работе с присвоением соответствующей квалификационной группы по технике безопасности и не имеющие медицинских противопоказаний.

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

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

### 6.3 Мероприятия по пожарной безопасности

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		107

Обеспечение пожарной безопасности является составной частью производственной или иной деятельности должностных лиц, работников предприятий и предпринимателей. Это должно быть отражено в трудовых договорах (контрактах) и уставах предприятий.

Для того, чтобы обеспечить всем работникам промышленного предприятия должные условия труда, защиту здоровья и жизни, необходимо выполнить несколько целей и задач:

- утвердить службу, помогающую организовать работу по обеспечению пожарной безопасности на производстве;
- провести подробный инструктаж для сотрудников, чтобы они усвоили правила пожарной безопасности;
- соблюдать правила пожарной безопасности;
- разделить обязанности между работниками и руководителем;
- обеспечить помещения предприятия средствами тушения возгораний, а также системами предупреждения пожара.

Для обеспечения сотрудникам безопасности на предприятии, предлагается осуществить ряд мер:

- на каждой двери служебного либо складского помещения следует разместить таблички, оповещающие об уровне пожароопасности;
- все противопожарные системы и установки с автоматическим управлением (противопожарные сигнализации, механические двери, системы подачи воды и т.д.) необходимо содержать в исправности, регулярно проводить проверки, ремонт и замену по необходимости;
- специальные наружные пожарные лестницы и защитные ограждения на крыше должны проверяться специалистами как минимум два раза в год. Обязательно составление заключения;
- в каждом помещении должны на видных местах располагаться информационные таблички с указанным на них номером службы спасения;

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
						108
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- специальная одежда и оборудование (защитные костюмы, маски, перчатки и сапоги) должны находиться в аккуратно сложенном или подвешенном виде в железных шкафах, расположенных в отдельных помещениях;
- после каждой рабочей смены помещения и оборудование необходимо осматривать, проверять, убирать и чистить. Необходимо отключать от электросети аппараты (исключение составляют те, которые должны работать по назначению круглые сутки);
- также необходимо разработать и развесить на видных местах каждого цеха планы эвакуации при пожаре;
- запрещается вносить такие изменения в планировке здания, внешней территории и цехов, которые затрудняют эвакуацию при пожаре, ограничивают диапазон действия сигнализаций и систем по тушению возгорания;
- нельзя демонтировать пожарные выходы, предусмотренные планом, а также устранению элементов, препятствующих распространению огня по зданию (лестничные клетки, фойе, коридоры, двери и стены);
- организовать специальные места для курения, расположить урны для окурков.

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
						109
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## ВЫВОД ПО КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

В курсовом проекте был проведен анализ действующего технологического процесса детали «Колесо редуктора ГТД». Были выявлены недостатки. Размерный анализ действующего технологического процесса показал, что практически все припуски являются заниженными. Назначение заниженных припусков не обеспечивает удаления дефектных слоев материала. Можно сделать вывод, что действующий технологический процесс не обеспечивает заданной точности технологических размеров, его необходимо корректировать. На основе выявленных недостатков был спроектирован проектный технологический процесс. Проведен размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса. В конструкторской части была проанализированы и выбраны современное оборудование, технологическая оснастка и режущий инструмент, измерительные средства. Также был рассчитан специальный режущий инструмент, разработано специальное приспособление для фрезерной операции

Была разработана схема гибкого производственного участка для изготовления детали «Колесо редуктора ГТД».

Были указаны меры и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда, мероприятия по электробезопасности, а так же мероприятия по пожарной безопасности.

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		110

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением, часть 2, Москва экономика 1990. – 473 с.;
2. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением, часть 1, Москва экономика 1990. – 206 с.;
3. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. Т. 2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.;
4. Фельдштейн, Е. Э. Режущий инструмент. Курсовое и дипломное проектирование / Е. Э. Фельдштейн, М. А. Корниевич, В. И. Шагун. – М.: Дизайн ПРО, 2002. – 320 с.
5. СТО ЮУрГУ 21-2008 Стандарт организации. Система управления качеством образовательных процессов. Курсовая и выпускная квалификационная работа. Требования к содержанию и оформлению. Введен 01.09.2008. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008
6. ГОСТ 2.503-90 Государственный стандарт союза ССР. Единая система конструкторской документации "Правила внесения изменений". Введен 01.01.1991. – М.: Изд-во стандартов, 1990.
7. Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя. – М.: Изд-во стандартов, 1992.
8. Общий каталог металлорежущего инструмента фирмы TaeguTec
9. Болотин, Х. Л., Костромин, Ф. П. Станочные приспособления. Изд. 5-е, переработ. и доп. – Москва: Машиностроение, 1973
10. Ординарцев, И. А. Справочник инструментальщика / И. А. Ординарцев, Г. В. Филиппов, А. Н. Шевченко – М.: Машиностроение, 1987. – 830 с.

					ЮУрГУ 150305.2018.288 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		111