

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой ТАМ
_____ В.И. Гузеев
_____ 2020 г.

Разработка конструкторско-технологического обеспечения изготовления
детали «Валик привода топливного насоса»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 15.03.05.2020.575.00.00 ПЗ ВКР

Руководитель работы,
к.т.н., доцент
_____ П.В. Шаламов
_____ 2020 г.

Автор работы,
студент группы П-451
_____ А.К. Постаутова
_____ 2020 г.

Нормоконтролер граф.части,
старший преподаватель,
_____ С.Р. Сайфутдинов
_____ 2020 г.

Нормоконтролер,
доцент, к.т.н.,
_____ А.В. Выбойщик
_____ 2020 г.

АННОТАЦИЯ

Постаутова А.К. Разработка конструкторско – технологического обеспечения изготовления детали «Валик привода топливного насоса». – Челябинск: ЮУрГУ, МТ, 2020, 120 с., 76 ил., 9 табл., библиогр. список – 17 наим., 13 листов чертежей ф. А1, 23 листов карт техпроцесса

В выпускной квалификационной работе произведен анализ действующего технологического процесса изготовления детали «Валик привода топливного насоса». На основе анализа произведен выбор способа получения заготовки проектного варианта технологического процесса, выбрано основное и вспомогательное технологическое оборудование, рассчитаны режимы резания и нормы времени, разработана схема гибкого производственного участка, выбрано оборудование для функционирования автоматизированной системы. Были рассмотрены прогрессивные направления развития технологических методов и средств изготовления данной детали.

Таким образом, был спроектирован более современный и экономически выгодный технологический процесс механической обработки. Затронуты аспекты по созданию безопасных и безвредных условий труда, мероприятия по электробезопасности, а так же мероприятия по пожарной безопасности.

					ЮУрГУ.150305.2020.575.00.00 ПЗ ВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Постаутова А.К.			Разработка конструкторско – технологического обеспечения изготовления детали «Валик привода топливного насоса»	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Шаламов П.В.					6	120
Н.контр.		Выбойщик А.В.				ЮУрГУ Кафедра «ТАМ»		
Утв.		Гузеев В.И.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

АННОТАЦИЯ.....	6
ОГЛАВЛЕНИЕ	7
ВВЕДЕНИЕ.....	10
1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ	11
1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия	11
1.2 Служебное назначение детали типа «Валик привода топливного насоса» и технические требования, предъявляемые к ней	13
1.3 Анализ технологичности детали «Валика привода топливного насоса»....	17
1.4 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для соответствующих отраслей машиностроения	27
Выводы по разделу один	30
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	31
2.1 Анализ существующей на предприятии документации по конструкторско- технологической подготовке действующего производства	31
2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса	31
2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента	31
2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесс	47
2.1.4 Выводы по разделу	52
2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Валик привода топливного насоса».....	52

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки	52
2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования	53
2.2 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта технологического процесса.....	60
2.2.4 Размерно – точностной анализ проектного варианта технологического процесс	63
2.2.5 Расчёт режимов резания и норм времени на все операции проектного варианта технологического процесса	66
Выводы по разделу два	78
3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	79
3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизованной технологической оснастки.....	79
3.2 Аналитический обзор и выбор стандартизованного режущего инструмента	85
3.3 Проектирование и расчёт специального режущего инструмента.....	93
3.3.1 Материал и конструкция зубострогального резца	94
3.3.2 Конструкция резца	95
3.3.3 Геометрия зубострогального резца	97
3.3.4 Углы профиля зубострогального резца	98
3.4 Проектирование и расчёт схвата промышленного робота	99

3.5 Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля	107
Выводы по разделу три.....	110
4. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....	111
4.1 Анализ возможных направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали	111
4.2 Разработка структурной схемы гибкого производственного участка.....	111
4.3 Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы	114
4.4 Базирование заготовки, полуфабриката, готовой детали в промышленном роботе, транспортном устройстве, промежуточном накопителе	116
4.5 Анализ производительности автоматизированной системы	117
Вывод по разделу четыре	118
5. ОРГАНИЗАЦИОННО – ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ.....	119
6. БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ	120
6.1 Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда	120
6.2 Мероприятия по электробезопасности	121
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	122
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	123

ВВЕДЕНИЕ

Технология машиностроения – это наука об изготовлении машин требуемого качества в установленном производственной программой количестве и в заданные сроки при наименьших затратах живого и овеществленного труда, то есть при наименьшей себестоимости.

В настоящее время на производствах обширно развивается технология обработки детали. Улучшение технологических процессов на основе применения режущих инструментов из новых инструментальных материалов; расширение области применения оборудования с ЧПУ; создание роботизированных станочных комплексов и гибких производственных систем с управлением от ЭВМ; использование современных САД и САМ систем; повышение размерной и геометрической точности, достигаемой при обработке – это только часть важнейших направлений развития технологии машиностроения. В связи с большим количеством машиностроительных предприятий, необходимо постоянно решать задачи направленные на повышение эффективности производства. Поэтому актуальной проблемой, которой занимаются инженеры – технологи, является адаптация технологических процессов производства деталей и узлов к условиям гибкого серийного производства.

В данной работе произведен анализ возможности автоматизации техпроцесса для детали типа «Валик привода топливного насоса». Разобран действующий технологический процесс, в котором были выявлены недостатки и внесены изменения для улучшения технологического процесса с учетом экономических, временных требований

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Назначение, условия эксплуатации и описание узла изделия

Приводной вал входит в конструкцию топливного насоса высокого давления в дизельных двигателях распределительного типа. Данная деталь служит для передачи крутящего момента, с двигателя через шпонку на плунжерную пару. При изменении длины картера (11) и коленчатого вала (4) от повышения температуры при работе дизеля шестерня может скользить по шлицам, чем обеспечивается сохранение сборочных зазоров в зацеплении с ведомой шестерней. В зацеплении с ведущей шестерней (10) находится шестерня (9), составляющая одно целое с вертикальным валом (4). В средней части этого вала имеется шестерня для привода наклонных валов (3), осуществляющих передачу к распределительным валам, а вверху на шлицах насаживается ведущая коническая шестерня (5) для передачи движения к горизонтальному валику топливного насоса (6).

Вертикальный вал с подшипником монтируется в гнезде, расточенном в верхнем картере. Закрытое заглушкой отверстие в вале служит для подвода масла к его верхней опоре и другим узлам передачи. В нижней части подшипника имеются внутренняя и наружная кольцевые выточки, сообщающиеся между собой отверстием. Смазка из гильзы центрального подвода через жиклер и указанные выточки поступает в полость вала. Подобные соединенные между собой кольцевые выточки имеются и в верхней части подшипника, через которые смазка поступает к нижним подшипникам наклонных валиков привода распределения и через канал в корпусе и жиклер — к валику привода топливного насоса. Масло, вытекая в нижнюю часть корпуса (12), смазывает конические шестерни привода и валик распределителя. Валик привода насоса (6) выполнен за одно целое с шестерней. Выходящий из корпуса противоположный конец вала имеет мелкие шлицы для соединения с муфтой привода топливного насоса и уплотняется в корпусе резьбой и войлочным сальником. В корпусе и подшипнике сделаны каналы для обратного слива масла в карте.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В системах топливоподачи дизелей применяют поршневые насосы, которые служат для подачи топлива через фильтры к топливному насосу высокого давления (ТНВД). Топливоподкачивающий насос крепится к корпусу ТНВД с приводом от эксцентрика его кулачкового вала и имеет ручной привод для заполнения топливом фильтров и удаления воздуха из топливной системы.

Ведущая шестерня крепится к шестерне распределительного болтами М10Х1 - фиксация шестерни в радиальном направлении обеспечивается плотной посадкой на бурт шестерни распределительного вала, выполненной по 2 классу точности. Шестерни можно соединить в блок только в одном положении, так как одно отверстие под крепежный болт смещено на 4° от равномерного расположения по окружности. Ведомая шестерня устанавливается на шейку вала привода топливного насоса до упора в напрессованный на него радиальный шарикоподшипник и крепится гайкой со специальной замковой шайбой. Положение шестерни на валу фиксируется сегментной шпонкой. Ведущая и ведомые шестерни изготовлены из стали 40Х и подвергнуты закалке и отпуску в заготовке до твердости НВ 241-285. Валик 4 с установленными на нем шестернями 6 и 13 монтируется в подшипнике 3 и устанавливается в отверстие, расточенное в верхней части картера. С шестерней на средней части валика 4 находится в зацеплении шестерня валика привода механизма газораспределения, для чего в средней части подшипника 3 имеются боковые выемы. Зацепление шестерен регулируются шайбами 5, 7, 12 и 14, толщина которых подбирается при сборке передачи.

1.2 Служебное назначение детали типа «Валик привода топливного насоса» и технические требования, предъявляемые к ней

Рабочий чертёж детали «Валик привода топливного насоса» представлен на рисунке 1.2.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

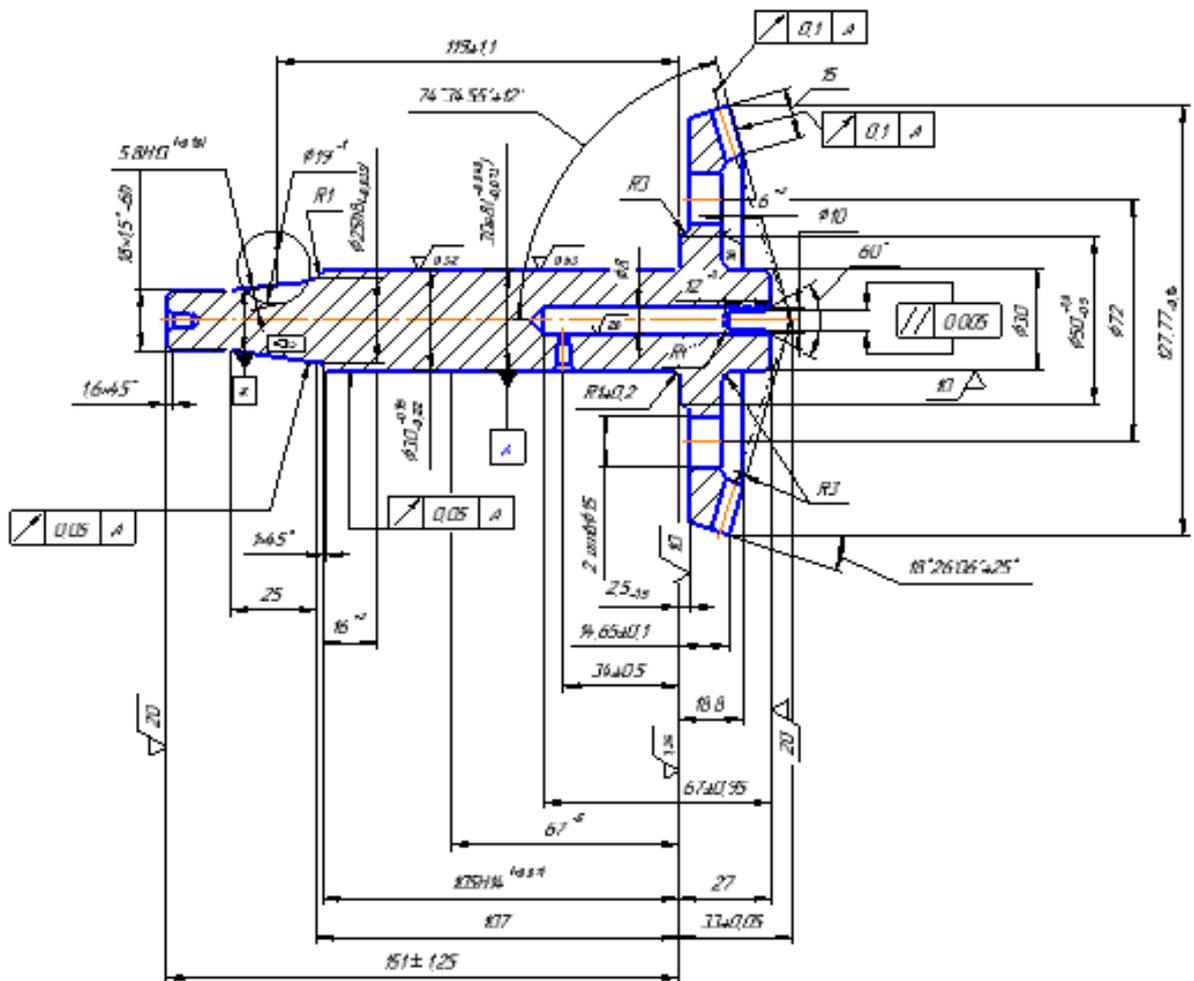


Рисунок 1.2 – Эскиз детали «Валик привода топливного насоса»

Чертеж дает полное представление о конфигурации, размерах всех поверхностей, материале, технических требованиях и полностью соответствует стандартам ЕСКД на оформление чертежей. На чертеже представлены необходимые обозначения, технические требования, которые должны выполняться в процессе механической обработки.

Рассмотрим технические требования, приведенные на заводском чертеже. Зубчатый венец, отверстия и торцы для повышения коррозионной стойкости подвергают хромированию. Зубья шестерни и поверхности на чертеже В, Д, Г по которым идёт больший износ необходимо цементировать. Зубья на глубину h 0,6 ... 0,9 мм, $HRC \geq 59$; поверхности В, Г h 0,4 ... 0,7 мм, $HRC \geq 55$; поверхность Д h 0,2 ... 0,7 мм, так же проводят контроль качества зацепления.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Самым точным размером является – $\varnothing 30e8$, а самой точной шероховатости $Ra 0,32$ и $Ra 0,63$. Также наиболее ответственные размеры, сопрягаемых элементов являются (мм): $\varnothing 5,8H13$, $\varnothing 25h8$, $\varnothing 30e8$, $\varnothing 127,77h10$. Поверхность $\varnothing 30e8$ мм должна быть изготовлена с отклонением верхним не более -40 мкм и нижним не более -73 мкм от номинального диаметра. Обработка такой поверхности требует термообработку и шлифование. Для поверхности $\varnothing 30e8$ мм шероховатость равна $0,63$ мкм, такая шероховатость используется для посадочной поверхности под подшипником качения, а именно вала (охватываемый элемент) и для размера $\varnothing 127,77$ мм шероховатость не должна превышать 10 мкм.

Допуски на размеры у остальных точных поверхностей: $\varnothing 5,8$ мм, $\varnothing 25$ мм, $\varnothing 127,77$ мм соответственно равны 180 , 33 и 160 мкм. Верхние отклонения у размеров $\varnothing 25h8$ мм и $\varnothing 127,77h10$ мм равны нулю, поэтому наименьшие предельные размеры $24,967$ мм и $127,61$ мм, а размер $\varnothing 5,8H13$ мм имеет только верхнее отклонение и наибольший верхний предельный размер равен $5,98$ мм. Для размера $\varnothing 25h8$ мм и на $\varnothing 48$ мм назначен допуск на радиальное биение, равного $0,05$ мм, так как на эти поверхности устанавливают подшипники. Для поверхностей $\varnothing 5,8H13$ мм и $\varnothing 25h8$ мм шероховатость не должна превышать $1,25$ мкм. Такая шероховатость получается путем обработки наружных цилиндрических поверхностей путем тонкого точения (подрезания торцов, чистого точения).

Валик привода имеет наружную резьбовую поверхность $M18 \times 1,5-6h$ у левого конца вала. Резьба метрическая номиналом 18 мм, с шагом резьбы $1,5$ мм. Данная резьба с мелким шагом. Обозначение $6h$ показывает степень точности резьбы и основные отклонения по среднему и наружному диаметру. Для сечения Б-Б под шпоночный паз 5 мм с отклонениями 10 и 65 мкм используется допуск симметричности. Поле допуска пересечения осей, симметричности, ограничены двумя параллельными прямыми или плоскостями в радиальном выражении $0,07$ мм, относительно поверхности Ж.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

На внутренние отверстия размерами $67\pm 0,95$ и 8 ± 1 мм шероховатость не должна превышать 20 и 10 мкм соответственно. Такая шероховатость специально используется под крепежные отверстия. У левого конца вала следует соблюдать указание «Отверстие центровое А4 ГОСТ 14034-74», что означает центровое отверстие формы А (в случаях, когда сохранность центровых отверстий в процессе их эксплуатации гарантируется соответствующей термообработкой) с диаметром 4 мм.

Деталь изготавливается из конструкционной легированной хромоникелевой стали марки 12ХНЗА ГОСТ 4543-71 (химический состав представлен в таблице 1, технологические свойства в таблице 2). Сталь может поставляться в виде сортового проката в том числе и фасонного, калиброванный прутки, лист толстый, полоса, поковки и кованые заготовки. Данная сталь хорошо обрабатывается режущим инструментом, а также принимает закалку в широких диапазонах твердости.

Таблица 1 – Химический состав материала 12ХНЗА ГОСТ 4543-71

Химический элемент	% содержание
Углерод (С)	0,09-0,16
Кремний (Si)	0,17-0,37
Медь (Cu)	Не более 0,30
Марганец (Mn)	0,30-0,60
Никель (Ni)	2,75-3,15
Фосфор (P)	Не более 0,025
Хром (Cr)	0,60-0,90
Сера (S)	Не более 0,025

Таблица 2 – Технологические свойства материала 12ХНЗА

Температураковки	Начала 1220 °С, конца 800°С
Свариваемость	Ограниченная
Обрабатываемость резанием	В горячекатаном состоянии при НВ 183-187 К _в тв.спл. = 1.26, К _в б.ст. = 0.95
Склонность к отпускной способности	Склонна
Флокеночувствительность	Чувствительна

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

1.3 Анализ технологичности детали «Валика привода топливного насоса»

Технологичность детали – это совокупность свойств изделия, определяющих приспособленность его конструкции к достижению оптимальных затрат ресурсов при его производстве, ремонте и утилизации. Показатель технологичности детали дает сравнительную оценку вариантов конструкции в процессе проектирования изделия, с помощью неё можно определить уровень технологичности конструкции в сравнении уже с действующей (базовой) деталью, можно определить уровень технологичности конструкции в проектировании изделия. Технические показатели технологичности позволяют оценить точность размеров, формы и расположения поверхностей, их шероховатость, степень унификации элементов конструкции, материалоемкость детали. На трудоёмкость изготовления деталей существенно влияют параметры шероховатости и точности сопрягаемых поверхностей. Чем выше точность поверхностей и меньше их параметры шероховатости, тем сложнее эта деталь в производстве, и тем менее технологичной она должна быть признана.

Количественная оценка технологичности конструкции даёт возможность осуществить обработку изделия на технологичность с минимальными затратами времени и средств. Технические показатели технологичности характеризуют конструкцию как объект изготовления вне конкретных условий производства (без учёта типа производства, уровня развития технологии на данном предприятии, станочного парка, оснастки и т. п.).

Для анализа технологичности детали необходимо определить частные показатели технологичности: Ктч — коэффициент точности, Кш — коэффициент шероховатости, Ким — коэффициент использования материалов, Куэ — коэффициент унификации конструктивных элементов детали, Кпфо — коэффициент прогрессивности формообразования.

Описание расчёта технологичности детали представлены в методичке [2].

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

По найденным частным показателям технологичности определяется комплексный показатель технологичности — K_{Σ} , как среднее арифметическое значение рассчитанных показателей, который и сравнивается с базовым (заданным) показателем технологичности — K_b . Данное сравнение позволяет сделать заключение о достигнутом уровне технологичности конструкции детали.

Показатель технологичности детали по точности размеров $K_{тч}$, можно определить по формуле (1):

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

где $K_{лин}$ – коэффициент точности по линейным размерам;

$K_{угл}$ – коэффициент точности по угловым размерам;

$K_{фр}$ – коэффициент точности по форме и расположению.

Коэффициент точности детали по линейным размерам определяют по формуле (2):

$$K_{лин} = \frac{\sum_{i=1}^k Z_i \cdot IT_i}{IT_k \sum_{i=1}^m Z_i}, \quad (2)$$

где Z_i – количество размеров, имеющих допуски с одинаковым (соответствующим) качеством IT_i ;

IT_i – качества допусков линейных размеров i обрабатываемой поверхности данной детали;

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ITк — наибольший квалитет (номер квалитета) допусков линейных размеров, обрабатываемых поверхностей детали;

k – количество поверхностей детали с линейными размерами.

Проведём анализ линейных размеров:

По 18 квалитету выполнены следующие размеры (мм): 67^{+5} ; $2,5_{-1,5}$; 6^{+2} ; 8 ± 1 . Все размеры, выполненные по 18 квалитету, не соответствуют допуску линейных размеров ГОСТ 25436-82.

По 17 квалитету выполнены следующие размеры (мм): 16^{+2} .

По 16 квалитету (мм): $151\pm 1,25$; $67\pm 0,95$; $119\pm 1,1$; $\emptyset 19^{+1}$ (размер не соответствует ГОСТ 25436-82, IT =1300); 12^{+1} (размер не соответствует ГОСТ 25436-82, IT =1100); $\emptyset 50_{-0,5}^{+1}$ (размер не соответствует ГОСТ 25436-82, IT =1600).

По 15 квалитету (мм): $2,5\pm 0,2$; $34\pm 0,5$.

По 14 квалитету (мм): 107; $105H14^{+0,87}$ (14 квалитет указан в технических требованиях, поэтому данный квалитет не должен быть указан на чертеже); 27; 18,8; 25; $\emptyset 8$; $\emptyset 15$; $\emptyset 15$; $\emptyset 72$; $\emptyset 30$; $\emptyset 10$; 15; $\emptyset 15,8$; $\emptyset 1$; $\emptyset 3$.

По 13 квалитету (мм): $5,8H13^{+0,18}$.

По 12 квалитету (мм): $7B12_{+0,15}^{+0,30}$; $14,65\pm 0,1$ (размер не соответствует ГОСТ 25436-82, IT =180).

По 10 квалитету (мм): $33\pm 0,05$; $127,77_{-0,16}$; $\emptyset 30_{-0,22}^{-0,15}$ (размер не соответствует ГОСТ 25436-82, IT = 84); $5_{-0,055}^{-0,010}$ (размер не соответствует ГОСТ 25436-82, IT =48).

По 8 квалитету (мм): $\emptyset 25h8_{-0,033}$; $\emptyset 30e8_{-0,073}^{-0,040}$.

Рассчитаем коэффициент точности детали по линейным размерам по формуле (2):

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\text{Клин} = \frac{18 \cdot 4 + 17 \cdot 1 + 16 \cdot 6 + 15 \cdot 2 + 14 \cdot 15 + 13 \cdot 1 + 12 \cdot 2 + 10 \cdot 4 + 8 \cdot 2}{18 \cdot 37} = 0,77.$$

Коэффициент точности детали по угловым размерам $K_{\text{угл}}$ определяют по формуле (3):

$$K_{\text{угл}} = \frac{\sum_{i=1}^m Z_i \cdot AT_i}{AT_m \sum_{i=1}^m Z_i} \quad (3)$$

где Z_i – количество угловых размеров, имеющих степень точности AT_i ;

AT_i – степень точности i угловых размеров;

AT_m – наибольшая степень (номер) точности угловых размеров детали;

m – общее количество угловых размеров.

Степень точности угловых размеров, представлены ниже:

14AT: $1,6 \times 45^\circ$; $1 \times 45^\circ$; $2 \times 45^\circ$; 45° на 2,5 мм; $18^\circ 26' 06'' \pm 25'$ на 12,5 мм; 60° на 7 мм.

12AT: $74^\circ 34' 55'' \pm 12'$ на 12,5 мм (степень точности указана не в соответствии с ГОСТом по 12AT = 20').

Рассчитаем коэффициент точности детали $K_{\text{угл}}$ по формуле (3):

$$K_{\text{угл}} = \frac{12 \cdot 1 + 14 \cdot 7}{14 \cdot 8} = 0,98.$$

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Коэффициент точности детали по форме и расположению поверхностей $K_{фр}$ необходимо рассчитать по формуле (4):

$$K_{фр} = \frac{\sum_{i=1}^I Z_i \cdot S_i}{SI \sum_{i=1}^I Z_i}, \quad (4)$$

где Z_i – количество допусков формы и расположения, имеющих степень S_i ;

S_i – степень точности допусков формы и расположения I поверхности детали;

SI – наибольшая степень (номер) точности допусков формы и расположения поверхностей детали;

I – общее число поверхностей с допусками формы и расположения.

Рассмотрим допуск форм на конструкторском чертеже (рисунок 1.2).

Радиальное биение:

а) Допуск радиального биения конуса 25 мм относительно оси вала В 0,05 мм выполнен по 9 степени точности;

б) Допуск радиального биения вала относительно оси вала В 0,05 мм выполнен по 9 степени точности.

Торцевое биение:

а) Торцевое биение зубьев на 15 мм 0,1 мм выполнено по 12 степени точности;

б) Торцевое биение по диаметральному диаметру зубьев 0,1мм выполнено по 12 степени точности;

в) Торцевое биение 0,02мм по диаметру 48 мм выполнено по 8 степени.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Допуск симметричности:

а) Допуск симметричности 0,05 мм на радиус 3,5 мм выполнено по 10 квалитету;

б) Допуск симметричности 0,07 мм на радиус 2,5 мм выполнено по 11 квалитету.

Допуск параллельности:

а) Параллельность шпоночного паза 0,05 мм на диаметре 7мм выполнено по 12 степени.

Рассчитаем коэффициент точности детали $K_{фр}$ по формуле (4):

$$K_{фр} = \frac{12 \cdot 3 + 11 + 10 + 9 \cdot 2 + 8}{12 \cdot 8} = 0,86.$$

По найденным параметрам можем рассчитать полный показатель технологичности детали по точности размеров $K_{тч}$ по формуле (1):

$$K_{тч} = \frac{3}{\frac{1}{0,77} + \frac{1}{0,98} + \frac{1}{0,86}} = 0,861.$$

Показатель технологичности по шероховатости поверхностей детали характеризует, конструкцию с точки зрения наличия поверхностей, имеющих шероховатость, достижение которой при обработке связано с увеличением затрат на изготовление.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Показатель технологичности конструкции детали по шероховатости $K_{ш}$ определяется по формуле (5), которая представлена ниже.

$$K_{ш} = \frac{2}{\frac{1}{K_{цкс}} + \frac{1}{K_{пт}}}, \quad (5)$$

где $K_{цкс}$ – коэффициент шероховатости цилиндрических, конических и сферических поверхностей;

$K_{пт}$ – коэффициент шероховатости плоских и торцевых поверхностей.

Коэффициент шероховатости цилиндрических, конических и сферических поверхностей $K_{цкс}$ определяем по формуле (6), а коэффициент шероховатости плоских и торцевых поверхностей производится по формуле (7).

$$K_{цкс} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{цкс}} Rai}{1,25 N_{цкс}}, \quad (6)$$

где Rai – показатели шероховатостей i цилиндрических, конических и сферических поверхностей, мкм;

$N_{цкс}$ – общее количество цилиндрических, конических и сферических поверхностей, имеющих шероховатость $Ra < 1,25$ мкм.

$$K_{цкс} = \frac{1,25 + 0,32 + 0,63}{1,25 \cdot 3} = 0,58.$$

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$K_{\text{ПТ}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{ЦКС}}} Rai}{1,25 Nnm}, \quad (7)$$

где Rai – шероховатость i торцевой или плоской поверхности, мкм;

Nnm – общее количество плоских и торцевых поверхностей, имеющих шероховатость $Ra < 2,5$ мкм.

$$K_{\text{ПТ}} = \frac{1,25}{1,25 \cdot 1} = 1.$$

Рассчитаем показатель технологичности конструкции детали по шероховатости по формуле (5):

$$K_{\text{Ш}} = \frac{2}{\frac{1}{0,58} + 1} = 0,734.$$

Коэффициент использования материала определяем по формуле (8):

$$K_{\text{ИМ}} = \frac{M_d}{M_z}, \quad (8)$$

где M_d – масса детали, кг;

M_z — масса заготовки, кг.

Массу детали рассчитаем через программу Компас-3д, полная проверка представлена на рисунке 1.3. Массу заготовки необходимо определить приблизительно, считая, что заготовкой является пруток и при определении

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

размеров, увеличиваем на 3... 5 мм габаритный размер. Масса детали, рассчитанная, при помощи ПО «Компас», будет равняться 1,8 кг.

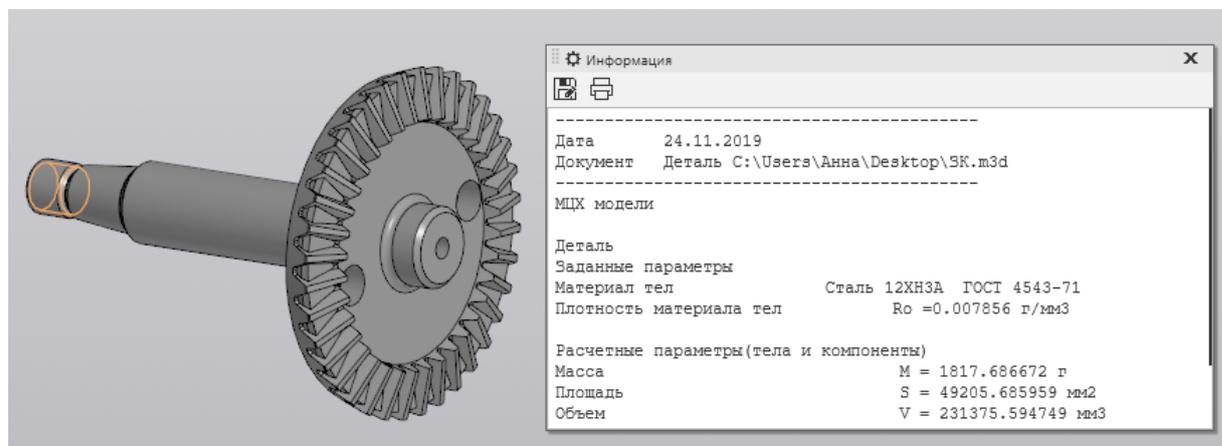


Рисунок 1.3 – Расчет объема, массы и площади в программе Компас-3д

Массу заготовки найдем по формуле (9):

$$M_z = \rho \cdot V \text{ (кг)}, \quad (9)$$

где ρ – плотность стали, г/мм³;

V – объем заготовки, мм³.

Чтобы найти объём заготовки, необходимо разбить вал на несколько простых геометрических форм и произвести расчет по формуле (10).

$$V = \pi R_1^2 \cdot h_1 + \pi R_2^2 \cdot h_2 + \pi R_3^2 \cdot h_3 \text{ (мм}^3\text{)}, \quad (10)$$

где R – радиус заготовки, мм;

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

h – высота заготовки, мм.

По формулам (9-10) можно произвести расчет и найти массу заготовки детали, и по формуле (8) определить коэффициент использования материала.

$$V = 3,14 \cdot (11^2 \cdot 21 + 15^2 \cdot 27 + 18^2 \cdot 110 + 67^2 \cdot 18 + 18^2 \cdot 10) = 447770 \text{ мм}^3;$$

$$M_z = 0,007856 \cdot 447770 = 3517 \text{ г} = 3,517 \text{ кг};$$

$$K_{\text{им}} = \frac{1,83}{3,517} = 0,519.$$

Унификация — рациональное сокращение число объектов одинакового функционального назначения. Применительно к детали под унификацией её конструктивных элементов понимают поведение их к наименьшему числу типоразмеров, конструктивных форм, назначение размеров на основе рядов предпочтительных чисел. Унификация является одним из методов стандартизации. Для данной детали коэффициент стандартизации и унификации конструктивных элементов равен 0.

Коэффициент прогрессивности формообразования $K_{\text{пфо}}$ определяется по формуле (11):

$$K_{\text{пфо}} = \frac{N_{\text{пф}}}{N}, \quad (11)$$

где $N_{\text{пф}}$ – количество деталей в штуках, которые получены прогрессивными методами формообразования;

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

N – количество деталей в штуках, которые получены прогрессивными методами формообразования.

Коэффициент прогрессивности будет равен 1.

Комплексный показатель технологичности проводится по формуле (12), которая является средне арифметическим показателем всех коэффициентов технологичности детали.

$$K\Sigma = \frac{K_{тч} + K_{ш} + K_{им} + K_{уэ} + K_{пфо}}{5}. \quad (12)$$

$$K\Sigma = \frac{0,861 + 0,734 + 0,519 + 0 + 1}{5} = 0,6138.$$

Полученный комплексный показатель технологичности считается допустимым, так как входит в диапазон заданного значения комплексного показателя технологичности 0,4...0,7.

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

Технологический процесс не стоит на месте, с каждым днем происходит усовершенствование цифровых технологий, что позволяет использовать новшества в различных сферах жизни человека. Аддитивные технологии - одни из самых передовых и востребованных во всем мире. Принцип этой технологии заключается в том, что изделие создается при помощи послойного добавления материала различными способами. Строительным (модельным) материалом являются сыпучие, порошкообразные материалы, а лазер является источником тепла,

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

посредством которого производится сплавление частичек порошка. В качестве модельных материалов используется большое количество как полимерных, так и металлических порошков. Данная концепция призвана дополнить традиционные методы производства, основанные на удалении первичного материала (например, фрезерование или точение). Эта технология позволяет получать микронные внутренние полости различной конфигурации (цилиндрические, конические, спиральные каналы, ячейки и пр.), которые являются недоступными для традиционных способов изготовления изделий.

В эпоху инновационной экономики время, затраченное на производство товара, является важнейшим фактором экономического производства. Даже качественно произведенный товар может оказаться невостребованным, если рынок к моменту выхода новой продукции уже насыщен подобными товарами компаний конкурентов. Поэтому все больше направлений промышленности, активно осваивают аддитивные технологии и машиностроение не является исключением. Рассматривая изготовление детали типа «ступица» применение аддитивной технологии позволит нам получить готовую деталь, требующую отделочную механической обработки. Благодаря послойному построению, изделие будет обладать улучшенными свойствами. То есть детали, созданные на металлическом 3D-принтере по своему механическому поведению, плотности, остаточному напряжению превосходят аналоги, полученные с помощью литья или механической обработки. Аддитивные технологии используют практически то количество материала, которое нужно для производства нашего изделия. Тогда как при традиционных способах изготовления потери сырья могут составлять до 80-85%. Что в итоге позволяет снизить затраты на сырье.

1.5 Формирование целей и задач выполнения квалификационной работы

Целью выпускной квалификационной работы является разработка нового варианта технологического процесса изготовления детали «Валик привода

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

топливного насоса», представителя квалификационной группы «Вал», отличающегося по ряду конструкторских и технологических показателей.

Задачами выпускной квалификационной работы являются:

а) Описать служебное назначение детали «Вал» и технические требования, предъявляемые к ней;

б) Проанализировать существующую конструкторско-технологическую подготовку действующего производства, используя действующую технологическую документацию;

в) С учетом всех выявленных недостатков в действующем технологическом процессе, спроектировать новый технологический процесс изготовления детали типа «Вал» в условиях серийного конкурентоспособного производства;

г) Произвести подбор режущего инструмента при механической обработки, с использованием всей необходимой инструментальной оснастки;

д) Спроектировать планировку цеха с гибкой производственной системой;

е) Произвести расчет и спроектировать специальный режущий инструменты при обработке детали.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Выводы по разделу один

С учётом назначения детали «Валик привода топливного насоса» в сборочном узле топливного насоса высокого давления, выявлены эксплуатационные требования и служебное назначение, применяемое к детали.

Количественная оценка технологичности показала, что сложность изготовления детали средняя, так как комплексный показатель технологичности равен 61,38%. При исходном выборе метода изготовления детали низкий коэффициент использования материала, $K_{им} = 0,519$. Большая часть материала заготовки уйдет в стружку, что нетехнологично.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

Анализ оформления заводского технологического процесса обработки детали показал, что данный технологический процесс в целом соответствует ГОСТу 3.1407-86, но не соответствует ГОСТу 3.1118-82 «ЕСТД. Форма и правила оформления маршрутных карт». так как для обозначения не используются служебные символы, что является обязательным критерием при составлении операционных карт. Служебные символы выражают состав информации, размещенной в графах данного типа строки. Отсутствуют графы: код условий труда и норма подготовительно-заключительно времени. Так же выявлены несоответствие с ГОСТом 3.1404-86 «ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием», а именно, не во всех картах заполнены графы таблицы S, L, t, n, i, n, V, Tпз, Tшт.

2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента

На 005 фрезерно-центровальной операции (рисунок 2.1) осуществляется фрезеровка боковых торцов, зацентровка боковых отверстий. Комплект баз: опорная, двойная направляющая. Обработка проводится на станке фрезерно-центровальном МР 71. В качестве режущего инструмента используются: фреза 2214-0275 правая 160 ГОСТ 22085-76, фреза 2214-0276 левая 160 ГОСТ 22085-76, сверло 4Р-18 2317-0107 ГОСТ 14952 – 69, сверло 6 Р18 03411-56 ГОСТ 13785-68; приспособление - призмы зажимные Т9698-35860. На данной операции не указали режимы резания.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

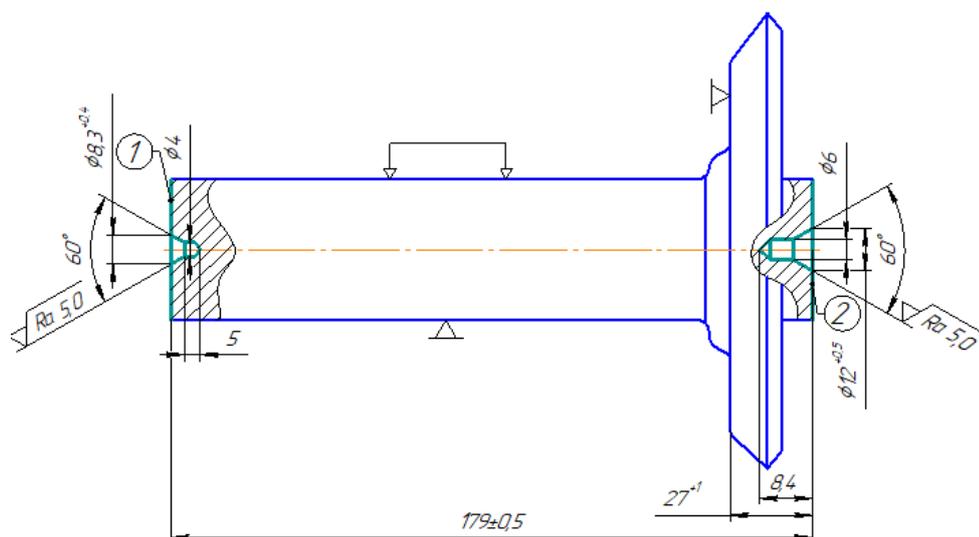


Рисунок 2.1 – Операция 005 фрезерно-центровальная

На 015 сверильной операции (рисунок 2.2) осуществляется растачивание двух сквозных отверстий. Комплект баз: двойная направляющая. Обработка проводится на станке вертикально – сверлильном 2Н125Л. В качестве режущего инструмента используются сверло 15 Р6М5 8133 0929 ГОСТ 10903 – 77. Приспособление: кондуктор Т9644-733, пробка 15Н14 8133-0929 ГОСТ 14810 – 69, втулка КМ №3/1 04644 – 03. На данной операции не обозначили опорную базу.

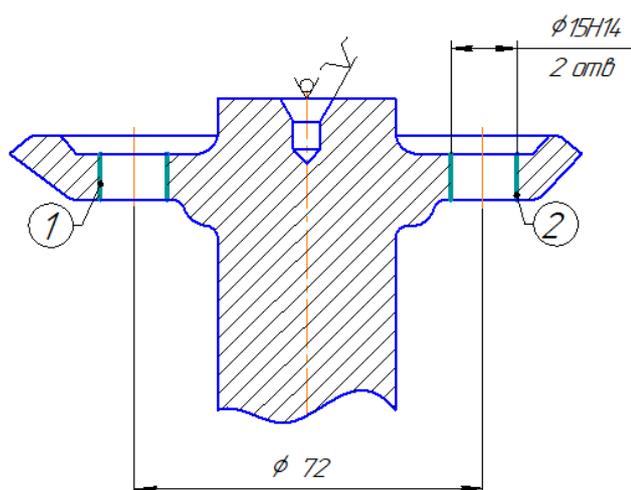


Рисунок 2.2 – Операция 015 вертикально – сверильная

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

На 020 токарной-многорезцовой операции (рисунок 2.3) осуществляется точение наружных поверхностей. Комплект баз: опорная, двойная направляющая. Обработка проводится на станке токарном многорезцовом 1730. В качестве режущего инструмента используются резцы: резец АТ15К6 25×16×120 2110 – 0005, резец Т15К6 25×16×140 2100 – 0017 ГОСТ 18878 – 73. Мерительные инструменты: Скоба 49,8h12 05500-40; штангельциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-73; шаблон R3; линейка 150 ГОСТ 427-78; скоба 26,4-0,4. Приспособление: плавающий центр Т9660 – 6071.

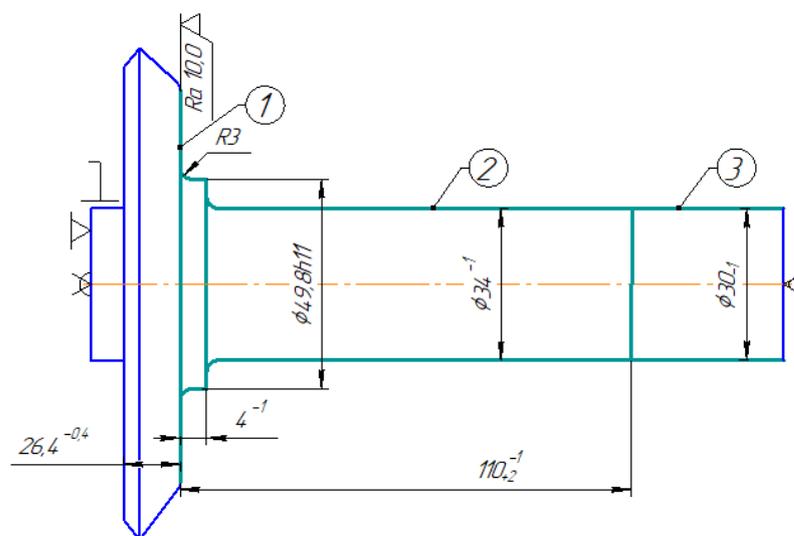


Рисунок 2.3 – Операция 020 токарно-многорезцовая

На 025 токарно-копировальной операции (рисунок 2.4) осуществляется точение наружных поверхностей. Комплект баз: опорная, двойная направляющая. Обработка проводится на станке станок токарно-копировальном 1Н713ГС. В качестве режущего инструмента используются резцы: резец А-Т15К10-1 32×20×170 2103 – 0010 ГОСТ 18879-73, шаблон радиусный №1 ГОСТ 4126-66, резец Т15К6 25×16×120 2100 – 0006. Мерительные инструменты: скоба 31,2h12 05500 – 25, скоба 28h14 05500 – 23, штангенциркуль ШЦ-1600,05 ГОСТ 166-73, шаблон R-1 05440 – 63, скоба 49,8h12 05500 – 43, скоба 25,4-0,4 Т9549 – 1293. Приспособление: планшайба при станке, копир Т9669-7308.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

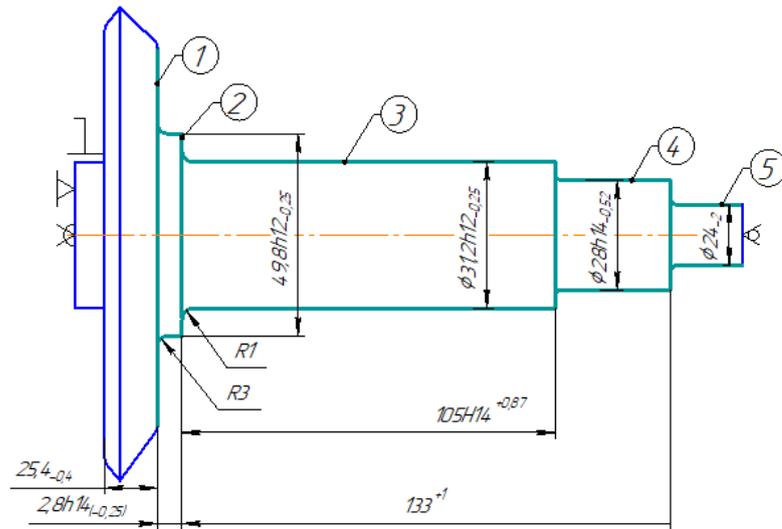


Рисунок 2.4 – Операция 025 токарно-копирвальная

Операция 030 шлифовальная (рисунок 2.5). В данной операция проходит шлифование наружной поверхности шейки и зачистки торца. Комплект баз: опорная, направляющая. Операция проводят на шлифовальном станке 315. Инструменты: круг шлифовальный ПП600*125*305 2А 25-20 СТ1К35м\с ГОСТ 2424-83, эскиз переточки Т9393-87, шлифовальный круг для правки 125×33×32 ГОСТ2424-52, фланец для крепления шлифовального круга Т94911149, скоба 30,4h6, индикатор ГОСТ 577-68. Каждая 15-я деталь клеймится клеймом мастера.

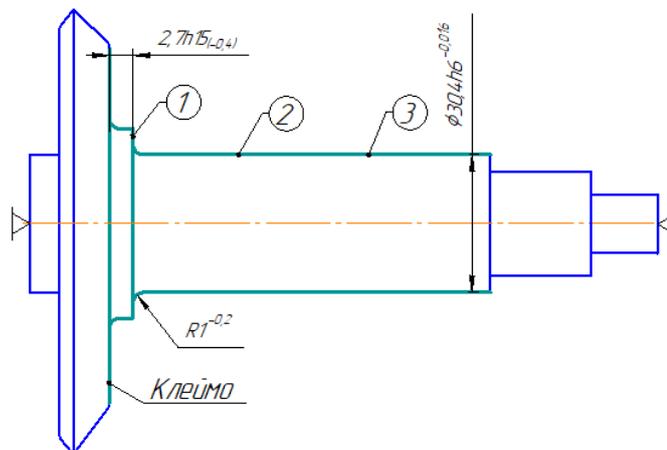


Рисунок 2.5 – Операция 030 шлифовальная

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

На 042 операции токарно-многолезцовой с ЧПУ (рисунок 2.6) осуществляется обработка наружных поверхностей детали и протачивание двух внутренних поверхностей. Комплект баз: опорная, двойная направляющая. Обработка производится на станке токарном многолезцовом с ЧПУ 16К20ФЗС32. Применяемые режущие инструменты: резец 25×25×150 2102 – 0191 ГОСТ 21151 – 75, пластинка Т5К10 ГОСТ 19052-80, резец Т5К10 Т9319 – 1864, резец Т15К6 2136 – 0006 25×16×120. Приспособление: оправка Т9662 – 10317, державка Т9412 – 7484, центр 9032 – 0109 ГОСТ 2575 – 67.

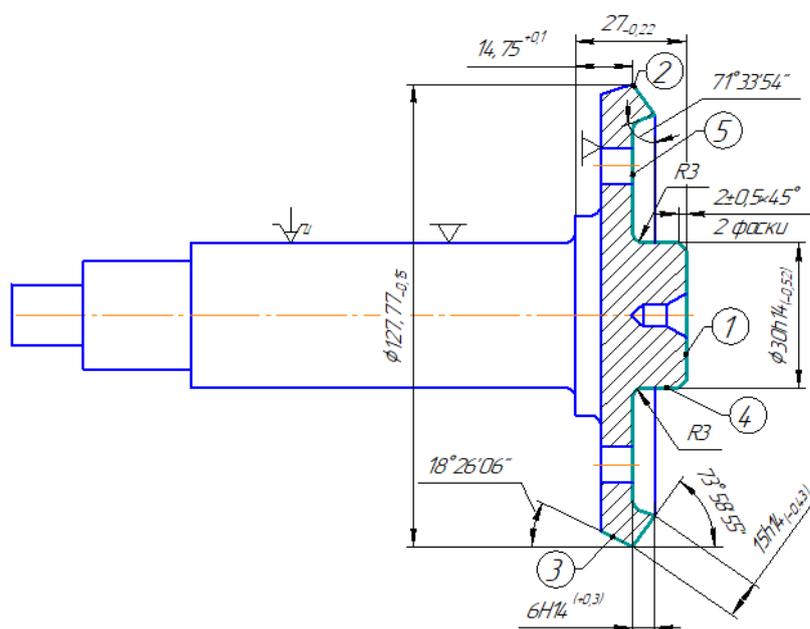


Рисунок 2.6 – Операция 042 токарно-многолезцовая с ЧПУ

На зубофрезерной операции 055 (рисунок 2.7) осуществляется биение зубьев по начальному конусу относительно оси поверхности «Н» не более 0,06 мм. Операция проводится на зубофрезерном станке 21ТК 250×5. Комплект баз: двойная направляющая, опорная. В качестве режущего инструмента используются резцы: резец левый Т9309-726 кол.22 шт., резец правый Т9309-725 кол. 22 шт. Вспомогательные инструменты: оправка Т9677-2028, головка для резцов при станке кол. 2 шт. Измерительный инструмент: шаблон 5,49 Т9562-402, шт-цир ШЦ 125-0,10 ГОСТ 166-73, ролик Ø6 Т9579-11273, индикатор ИЧ.02 ГОСТ 577 – 68.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

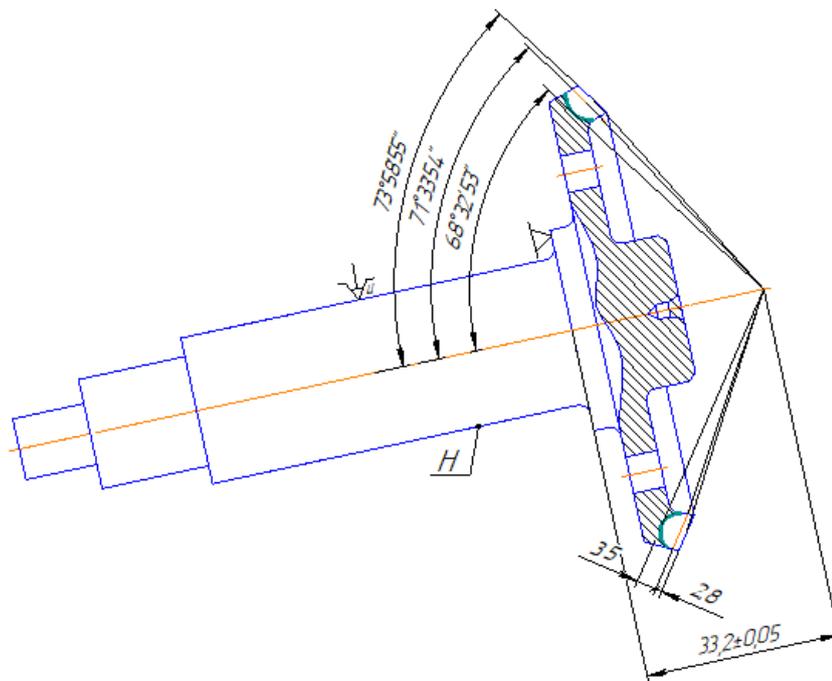


Рисунок 2.7 – Операция 055 зубофрезерная

На 065 операции контрольной проводится контроль зубьев, при помощи инструментов: центр 05710 – 05, ролик $\varnothing 6$ Т9579 – 11273, индикатор ИЧ.02 ГОСТ577 – 68, прибор «угольник» Т9578 – 8091, измерительной зубчатое колесо.

На 070 операции слесарной избавляются от заусенцев и снимают острые кромки кругом. Операцию проводят на слесарном верстаке. Инструмент: напильник 185 №1 Т2821 – 0051.

На 080 контрольной операции проверяют наружным осмотром чистоту обработки поверхностей согласно указанных знаков обработки и проверяют диаметр венца шестерни. Применяемый мерительные инструменты: скоба 27 Т9549 – 410, скоба 30,4h6 05500 – 25, шаблон 2,7h15 05565 – 01, индикаторный пистолет Т9578 – 12639, эталон 14,75 Т9579 – 1125, скоба 15h14 8102 – 0110 ГОСТ 18356 – 73, скоба 30,4h6 05500 – 25, центр 0...500 05710 – 05, стойка С-IV-8-160×100 ГОСТ 10197 – 70, индикатор ИЧ.02 кл 0 ГОСТ 577 – 68, втулка для проверки покраске Т9533 – 1279, шаблон 1,5×45° 05424 – 35, шаблон 2,5×45° 05424 – 37.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

На 090 сверлильной операции (рисунок 2.8) осуществляется сверление отверстия. Комплект баз: двойная направляющая, опорная. Операцию проводят на револьверном станке 1338. Режущий инструмент сверло $\varnothing 8$ 2101 – 0015. Приспособления: патрон Т9660 – 2139, цанга Т9660-2159.

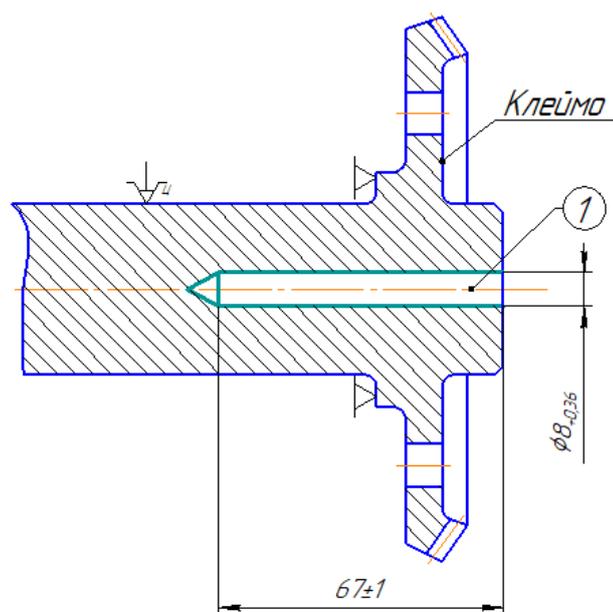


Рисунок 2.8 – Операция 090 сверлильная

На 095 токарной операции (рисунок 2.9) осуществляется обточка под резьбу и выточка канавки. Комплект баз: двойная направляющая, опорная. Операцию проводят на станке токарном многорезцовом 16К20М. Применяемые режущие инструменты: резец 2102 – 0305 ГОСТ 21151 – 75, пластина Т15К6 02114 – 080408 ГОСТ 19048 – 80, резец проходной 16×25×150 2100 – 0017, резец А.Р18-1 25×16×140 2126 - 0633. Приспособления: державка Т9410 – 1781, упор Т9497 – 5050, центр п/б Т9660 – 5643. Мерительный инструмент: ЩЦ 2 -160-0,05 ГОСТ 166 – 73, скоба d11 05500 – 13, шаблон Т9564 – 5204, скоба 15,8h14 05508 – 40, шаблон 45°×1,5 05424 – 35.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

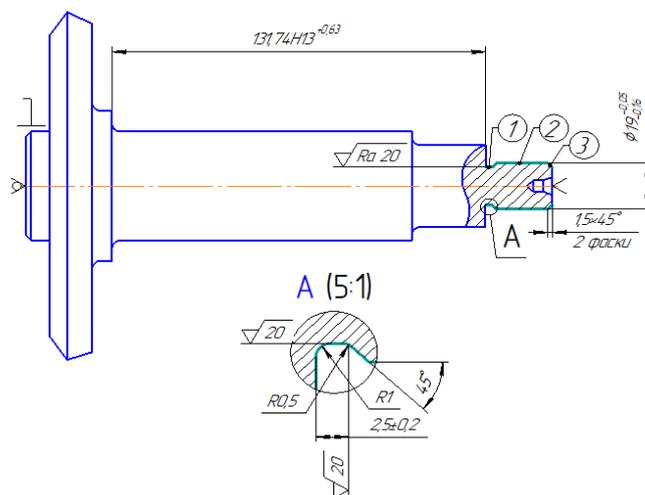


Рисунок 2.9 – Операция 095 токарная

На 100 токарной операции (рисунок 2.10) обтачивают конус и фаску. Комплект баз: двойная опорная, опорная. Операцию проводят на станке токарном многорезцовом 16К20М. Применяемые режущие инструменты: резец 2102 – 0305 ГОСТ 21151 – 75, пластина Т15К6 02114 – 080408 ГОСТ 19048 – 80, резец 2102 – 0185 ГОСТ 21151 – 75, пластина 03114 – 120408 ГОСТ 19048 – 80. Мерительные инструменты: калибр конусный Т9534 – 427, шаблон $105^{+0,7}$ Т9564 – 6235, шаблон $45^\circ \times 1$ 05424 – 33, шаблон $1,2 \times 45^\circ$ 5424 – 34, калибр 5,5h14 05550 – 10. Приспособления: центр I КМЗ 04600 – 33, державка Т9410 – 1781, упор Т9497 – 5049, поводок с центром Т9660 – 2967.

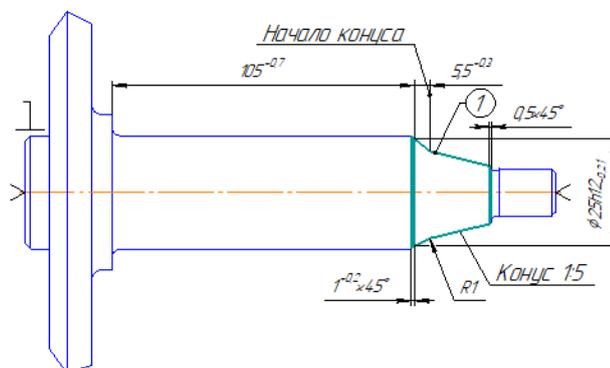


Рисунок 2.10 – Операция 100 токарная

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

На 105 сверлильной операции (рисунок 2.11) осуществляется сверловка и зенкеровка отверстия. Комплект баз: двойная направляющая, опорная. Операцию проводят на станке сверлильном НС-12. Применяемые режущие инструменты: сверло 3,3 2300 – 7525 ГОСТ 10902 – 77, сверло 1,2 2300 – 0128 ГОСТ 10902 – 77, зенковка 16 × 90° 2353 – 0133 ГОСТ 14807 – 69. Приспособление: патрон 6 – В12 ГОСТ 8522 – 79, патрон 10 – В16 ГОСТ 8522 - 79. Мерительный инструмент: ЩЦ 1 -125-0,1 ГОСТ 166 – 73, пробка 1Н14 8133 – 0601 ГОСТ 14807 – 69, пробка 3,2Н14 8133 – 0901 ГОСТ 14810 – 69.

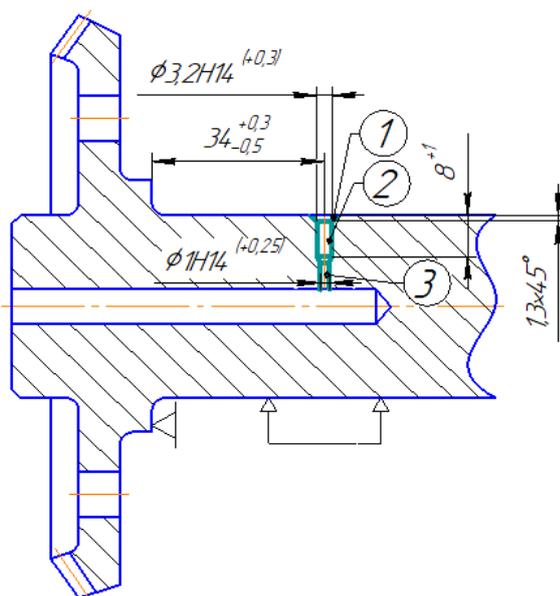


Рисунок 2.11 – Операция 105 сверлильная

На 110 операции проводят термообработку. Закалка и отпуск детали на твердость цементаций поверхности $HRC \geq 59$.

На токарной 115 операции (рисунок 2.12) осуществляют снятие фаски. Комплект баз: установочная. Операцию проводят на станке токарном многорезцовом 16К20М. Применяемый режущий инструмент резец 16×25×125 03197 – 55. Мерительные инструменты: шаблон 10×60° 05425 – 21, шаблон 12×60° 05425 – 22, индикатор ИЧ.20 кл0 ГОСТ 577 – 68. Приспособление: люнет 9651 – 104, хомутик 86303 – 22.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

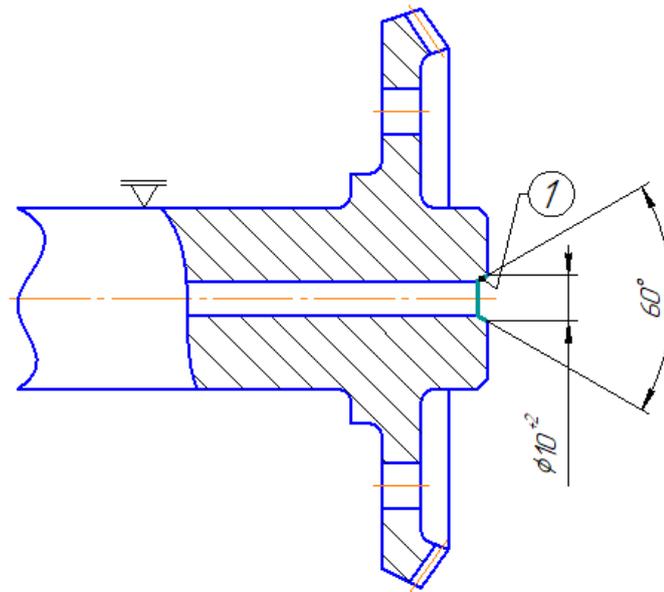


Рисунок 2.12 – Операция 115 токарная

На 120 операции слесарной клеймится каждая 15-я деталь клеймом мастера на верстаке. Используемое приспособление Т9698-37889.

На 125 операции шлифовальной проводят шлифование шейки. Операцию проводят на круглошлифовальном станке 315. Используются инструменты: круг шлифовальный ПП-600×125×305 2А 25-20 Ст 1к ГОСТ 2424 – 83, круг шлифовальный ПП-125×32×32 5С-125-8 ВТК ГОСТ 2424 – 83.

На 135 операции моечной осуществляют промывку центровых отверстий в керосине до удаления солода, используют цеховую ванную с крышкой 300×400×160 мм, ящик с песком 300×500×400 мм цеховой и щетку. Так же мойка полностью детали с помощью моечной машины и обдувка детали воздухом при помощи пневмопистолета 5 – 002 – 001.

На слесарной 145 операции осуществляют исправление центров на слесарном верстаке. Используемые инструменты: головка шлифовальная EW 32×50×2А40 ГОСТ 2447 – 32, индикатор ИЧ 02 Кл 0 577 – 68, ролик Ø6 Т9579 – 11273.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

На 150 операции шлифовальной (рисунок 2.13) осуществляют шлифование наружных поверхностей вала. Комплект баз: двойная направляющая, опорная. Обработку производят на круглошлифовальном станке 3М151Б. Используемые инструменты: круг шлифовальный ПП 600×125×305 2А-25-25 ГОСТ 2424 – 83, круг шлифовальный 125×32×32 5С-125-80 ГОСТ 2424 - 83. Мерительные инструменты: скоба 30e8 05500 – 25, скоба 30 05500 – 25, ЩЦ 1 -125-0,1 ГОСТ 166 – 73. Приспособление: контрольное Т9578 – 12639, поводок Т9463 – 0008, втулка для проверки покраске Т9533 – 1278, индикатор ИЧ 02 кл 0 ГОСТ 577 – 68, приспособление для правки торцов круга Т9692 – 452, приспособление для правки шлифовального круга Т9692 – 449.

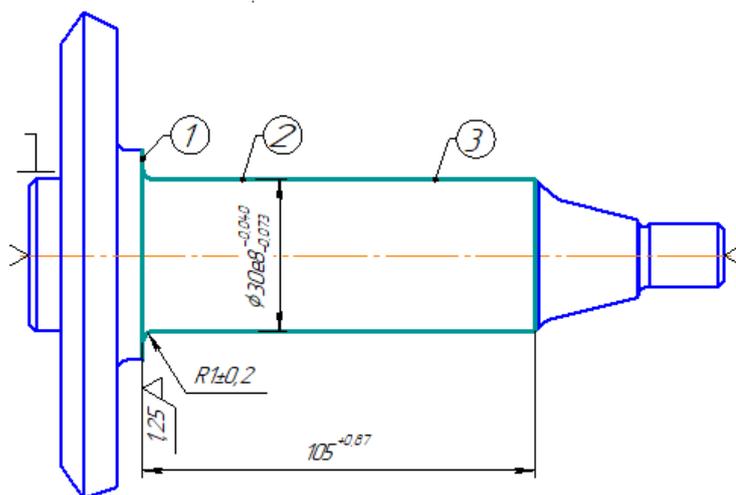


Рисунок 2.13 – Операция 150 шлифовальная

На 155 операции шлифование (рисунок 2.14) осуществляется шлифование конуса вала. Комплект: двойная направляющая, опорная. Обработку производят на шлифовальном станке 313. Используемый инструмент: круг шлифовальный ПП 400×50×20, 2А-25-20-Ст 1к ГОСТ 2424 – 83. Мерительные инструменты: калибр конусный Т9534 – 427. Приспособление: калибр Т9568 – 1631, индикатор ИЧ 02 кл 0 ГОСТ 577 – 68, поводок Т9463 – 0068, приспособление для правки шлифовального круга Т9692 – 367. Каждая 20-я деталь клеймится личным клеймом мастера.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

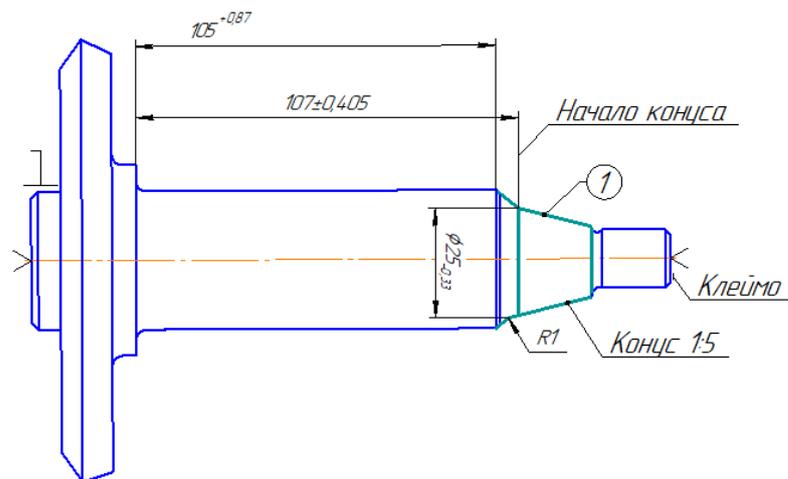


Рисунок 2.14 – Операция 155 шлифовальная

На 160 операции токарной (рисунок 2.15) снимают фаску. Комплект баз: двойная направляющая, опорная. Операцию осуществляют на токарном станке 16К20. Режущим инструментом является резец 16×25×140 2100-0017. Мерительный инструмент: шайба 45°×1 05424 – 33. Приспособление: центр поводковый Т9660 – 3431, центр 7032 – 0112 ГОСТ 2575 – 79.

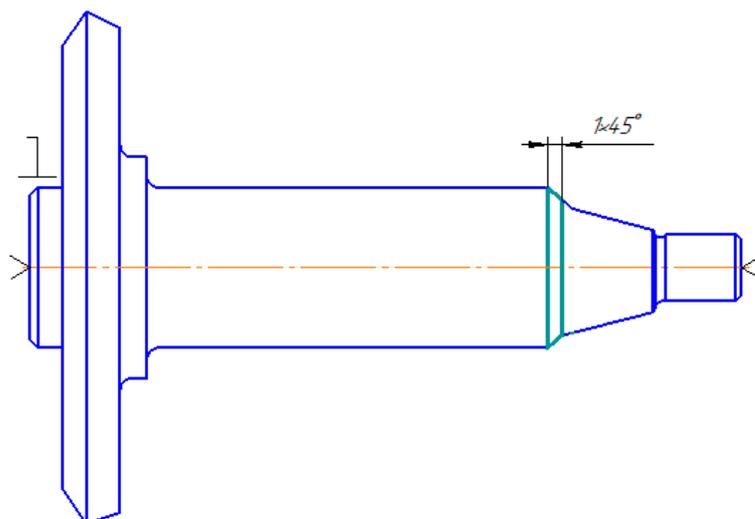


Рисунок 2.15 – Операция 160 токарная

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

На 170 операции резьбофрезерной (рисунок 2.16) фрезеруют наружную резьбу. Комплект баз: двойная направляющая, опорная. Операцию осуществляют на резьбофрезерном станке 5К63. Нарезаемый инструмент: фреза S-1,5 Т9338 – 1294. Мерительный инструмент: кольцо М18×1,5-6h 8211 – 0076 ГОСТ 17763 – 72, кольцо М18×1,5-6h 8211 – 1076 ГОСТ 17764 – 72. Приспособление: плавающий центр Т9675 – 1476. Не указано приспособление оправки для фрезы.

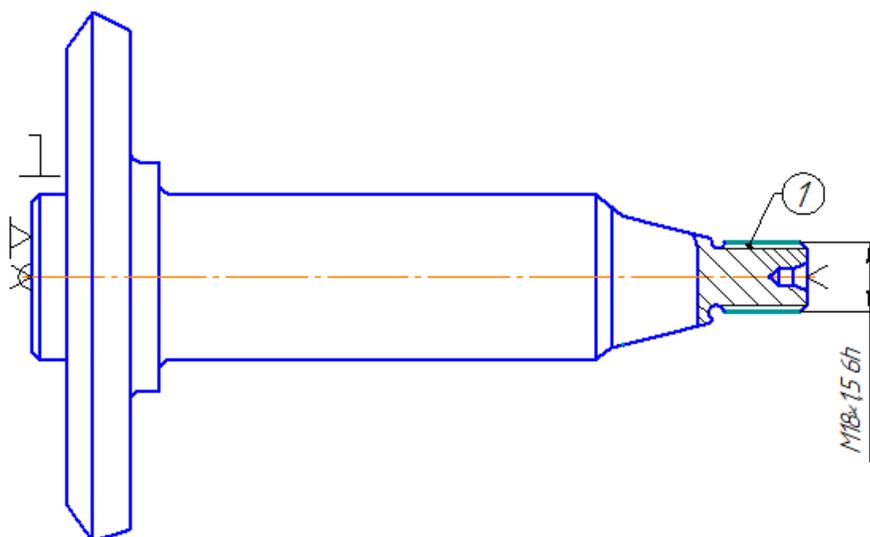


Рисунок 2.16 – Операция 170 резьбофрезерная

На 175 операции фрезерной (рисунок 2.17) фрезеруют шпоночный паз. Комплект баз: двойная направляющая, опорная. Операцию проводят на фрезерном станке 680. Нарезаемый инструмент фреза 2234-0163 ГОСТ 6648-79. Мерительные инструменты: калибр 5P10 05550-09, шаблон 5,8Н13 Т9564 – 17944, призма Т9579 – 11254, индикатор ИЧ 02 кл 0 ГОСТ 577 – 68, шаблон 119±1,1 Т9566 – 1058, калибр для проверки сноса шпоночного паза Т9539 – 364. Приспособление: патрон 6151 – 0021, цанга 6113 – 0006, приспособление Т9672 – 769.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

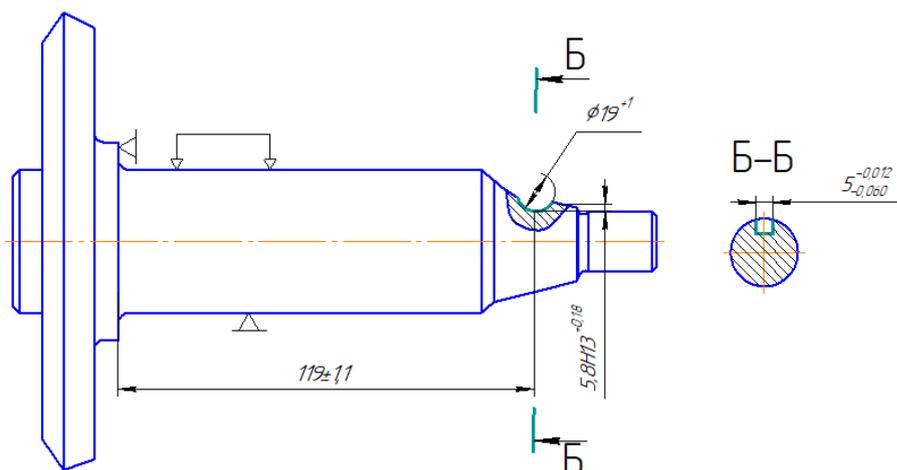


Рисунок 2.17 – Операция 175 фрезерная

На 180 операции фрезерной (рисунок 2.18) осуществляется фрезеровка шпоночного паза. Комплект баз: двойная направляющая, опорная. Операция проводится на фрезерном станке ТГ – 2. Режущим инструментом является фреза Т9333 – 1156. Мерительные инструменты: вкладыш 7В12 05550 – 11, шаблон 12⁺¹×7 05564 – 01, индикатор ИЧ 02 кл 0 ГОСТ 577 – 68. Используемые приспособления: Т9674 – 9418, Т9578 – 7545.

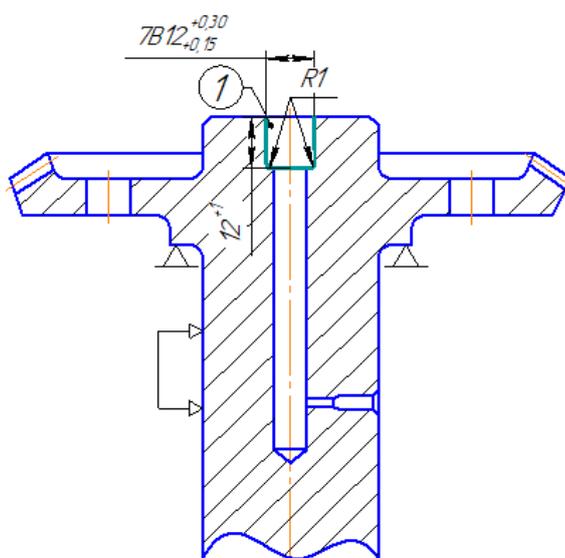


Рисунок 2.18 – Операция 180 фрезерная

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

На 185 слесарной операции осуществляют зачистку заусенцев, притупляют острые кромки, кроме кромок на спиральной канавке, также прочищают внутреннее резьбовое отверстие от стружки и грязи.

На 190 полировочной операции осуществляют полирование наружной шейки вала с помощью войлочного круга диаметром 300×35 ОСТ 37216, шлифовального порошка Э – 5 ГОСТ 3647-59 и пасты «ГОИ».

На 195 операции моечной промывают деталь в керосине до удаления солидола и пасты «ГОИ». Для этого применяют ванну с крышкой с размерами 300×400×160 цеховую, ящик с песком 300×500×400 и керосин ГОСТ 4753 – 49. После промывают деталь в моечной машине 111 – 74 №8 и обдувают воздухом с помощью пневмопистолета 5 – 002 – 01.

На 200 контрольной операции производят окончательный контроль детали мерительными инструментами.

На 220 операции клеймят детали в запчасти, написать номер детали и фирменное клеймо.

Разработка схем базирования заготовок на операциях механической обработки представлена в пособие [4].

Анализ операционных карт:

а) во всех технологических операциях не указан вспомогательный переход «открепить и снять деталь», которым должна заканчиваться операция;

б) на некоторых операциях не указан пункт «установить деталь», которым должна начинаться каждая операция;

в) наименования, код и маркировки соответствуют принятому на предприятии для специальной оснастки, типу станка и режущим инструментам;

г) деталь обрабатывается по технологическому процессу, в котором используется универсальное оборудование, что приводит к увеличению времени на изготовление детали (на сверлильных операциях требуются приспособления,

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

кондукторы для сверления отверстий, которые затрачивают время на установку и снятие; ручная смена инструментов также ведет к затрате времени). Это приводит к снижению качества (на универсальных станках сложнее выполнить некоторые требования по форме и установке), увлечению времени обработки, что сказывается на себестоимости продукции;

д) станочные приспособления, режущие и вспомогательные инструменты соответствуют наименованиям и маркировке, принятой на предприятии, но по операционным картам некоторые из них невозможно идентифицировать, так как у некоторых отсутствует описание или принадлежность к ГОСТам.

Выявленные недостатки в операционных картах:

а) в операциях 015, 020, 025, 042 не указаны вспомогательные переходы «установить деталь», которыми должны начинать операции;

б) на операции 020 токарно – многолезцовый размеры 4-1, 110-1, 26,4-0,4 верхнее отклонение указано неправильно. Для составления размерного анализа и дальнейшего проектирования технологического процесса принимаем верхние отклонения с положительными значениями;

в) на операции 005 не указали режимы резания, а также не проставлена опорная база;

г) на операции 015 не проставлена опорная база;

д) на операции 042 не указаны режимы резания;

е) на операциях 005, 020, 055, 090, 095, 100, 125, 150, 155 технологические размеры указаны не от базы.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса

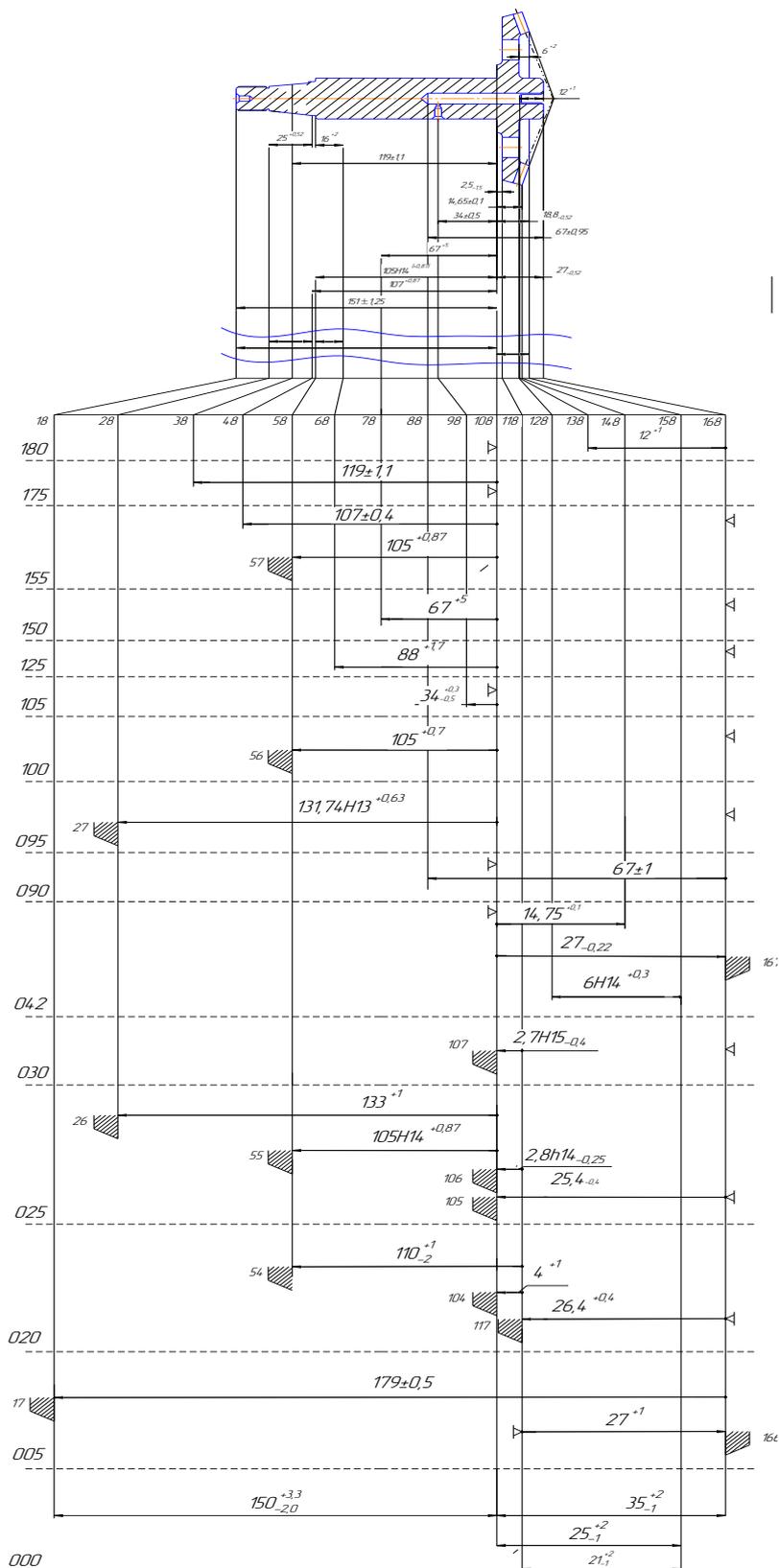


Рисунок 2.19 – Размерная цепь действующего технологического процесса

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Размерный анализ (рисунок 2.19) решает более широкий круг задач и кроме расчета операционных цепей, охватывает очень широкий комплекс технологических расчетов. В проектировании необходимо, чтобы назначенные припуски были минимально необходимыми и достаточными. Припуски не должны быть чрезмерно большими, чтобы не удорожать обработку.

Расчёт конструкторских и технологических размерных цепей представлен в учебном пособии [5].

Номинальное значение припуска [55_56], рассчитывается по формуле (13).

$$A_{\Delta} = \sum A_{iyв} - \sum A_{iyм}, \quad (13)$$

где $A_{iyв}$ – увеличивающиеся звенья размерной цепи;

$A_{iyм}$ – уменьшающиеся звенья размерной цепи.

$$[55_56] = -(56_107) - (107_118) + (118_55) = -105^{+0,87} - 2,8_{-0,25} + 110_{-1}^{+2} = 2,2_{-1,87}^{+2,25} \text{ мм.}$$

Рассчитаем припуск по формулам, представленными ниже. Номинальный припуск i -го замыкающего звена рассчитывается по формуле:

$$A_i = A_{imin} + \frac{TA_i}{2} - \Delta_0 A_i \text{ (мм)}, \quad (14)$$

где A_{imin} – наименьший предельный размер i -го звена размерной цепи (РЦ);

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

TA_i – допуск i -го звена РЦ;

$\Delta_0 A_i$ – координата середины поля допуска i -го звена РЦ.

Координата середины поля допуска i -го звена размерной цепи рассчитывается по следующей формуле:

$$\Delta_0 A_i = \sum \Delta_0 A_{ув} - \sum \Delta_0 A_{ум} \text{ (мм)}, \quad (15)$$

где $\sum \Delta_0 A_{ув}$ – сумма координат середины поля допуска увеличивающихся звеньев РЦ;

$\sum \Delta_0 A_{ум}$ – сумма координат середины поля допуска уменьшающихся звеньев РЦ.

Координата середины поля допуска рассчитывается по формуле:

$$\Delta_0 A_i = \frac{B.O.A_i + H.O.A_i}{2} \text{ (мм)}, \quad (16)$$

где $B.O.A_i$ – верхнее отклонение поля допуска сумма координат середины поля допуска увеличивающихся звеньев РЦ;

$\sum \Delta_0 A_{ум}$ – сумма координат середины поля допуска уменьшающихся звеньев РЦ.

Допуск i -го звена размерной цепи рассчитывается по формуле:

$$TA_i = \sum TA_{ув} + \sum TA_{ум} \text{ (мм)}, \quad (17)$$

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где $\sum TA_{ув}$ – сумма допусков увеличивающих звеньев РЦ;

$\sum TA_{ум}$ – сумма допусков уменьшающихся звеньев РЦ.

Для припуска [55_56] A_{imin} будет равняться 0,26 мм. Искомое значение появляется из суммы шероховатости и величины дефектного слоя на операции.

По формулам (14 – 17) рассчитаем припуск [55_56]:

$$T_{[55_56]} = 0,87 + 0,25 + 3 = 4,12 \text{ мм};$$

$$\Delta_{0[55_56]} = \left(\frac{2 + (-1)}{2} \right) - \left(\frac{0,87}{2} + \frac{0 + (-0,25)}{2} \right) = 0,5 - 0,31 = 0,19 \text{ мм};$$

$$A_{[55_56]} = 0,26 + \frac{4,12}{2} - 0,19 = 2,13 \text{ мм}.$$

$2,2 > 2,13$ – припуск завышен на 0,07 (больше расхода материала), но данное отклонение допустимо.

Рассчитаем замыкающее звено [18_108] аналогично по формуле (13):

$$[18_108] = -(108_118) - (118_167) + (167_18) = -2,7_{-0,4} - 26,4^{+0,4} + 179 \pm 0,5 = \\ = 149,9 \pm 0,9 \text{ мм}.$$

На конструкторском чертеже размер [18_108] равен $151 \pm 1,25$ мм, поле полученного допуска меньше конструкторского. На размерной схеме (рисунок 2.20) можно заметить, что запас по точности в диапазоне размера [150,8_152,25] равняется 1,45 мм, что приводит к большому расходу материала, а в диапазоне размера [149_149,75] образуется брак.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

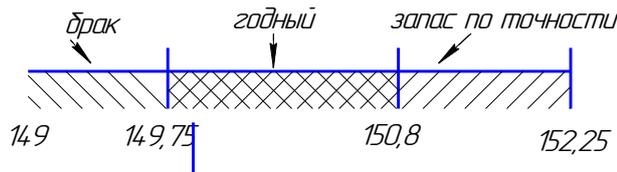


Рисунок 2.20 – Расчетная схема замыкающего звена [18_108]

Остальные припуски рассчитываются аналогично, все полученные данные представлены на рисунке 2.21, которые были рассчитаны при помощи программы «KursAR». Припуски при которых образуется брак выделены красным цветом.

Результаты исследования ...выполнено за 0 ч. 00 м. 00 с.

Результаты | Схема | Ж | Найти... | Печать...

Цепи размерные.
Уравнения решены методом Максимиума-Минимиума:

- [28#48]=-(48+108)+(28+108)
- [58#68]=-(68+108)+(58+108)
- [18#108]=-(108+118)-(118+167)+(18+167)
- [108#158]=+(117+158)-(117+167)+(118+167)+(108+118)
- [57#58]=-(58+108)+(57+108)
- [56#57]=-(57+108)-(108+118)+(107+118)+(56+107)
- [27#28]=-(28+108)-(108+118)+(107+118)+(27+107)
- [168#167]=+(118+167)+(108+118)-(108+168)
- [107#108]=-(108+118)+(107+118)
- [55#56]=-(56+107)-(107+118)+(55+118)
- [106#107]=-(107+118)-(118+167)+(106+167)
- [105#106]=-(106+167)+(118+167)+(105+118)
- [117#118]=-(118+167)+(117+167)
- [167#166]=+(104+166)-(104+158)+(117+158)-(117+167)

Вероятностный метод решения. Тип производства: серийное.

- [104#105]=-(105+118)-(118+167)+(117+167)-(117+158)+(104+158)
- [17#18]=-(18+167)+(117+167)-(117+158)+(104+158)+(17+104)

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

Гр	Номера левой и правой	Номинал. значение	Верхнее отклон.	Нижнее отклон.	Средний номинальный размер звена	Запасы расчетн. предельных значений относительно исходного звена
п/п	поверхности звена	Если нет номинала	Пределн. Min	значен. Max	размер звена	исходного звена по Min и по Max
11#	28 48	25,000	0,770	-0,660	25,055	-0,660 -0,250
11#	58 68	16,000	1,870	-0,700	16,585	-0,700 0,130
11#	18 108	151,000	-0,200	-2,000	149,900	-0,750 1,450
11#	108 158	18,800	6,700	1,900	23,100	-1,900 -6,700
11#	57 58		-0,870	0,700	-0,085	-1,130
11#	56 57		-0,850	1,370	0,260	-1,110
11#	27 28		0,480	2,760	1,620	0,220
11#	168 167		1,700	2,720	2,210	1,440
11#	107 108		-0,150	0,500	0,175	-0,240
11#	55 56		0,330	4,450	2,390	0,070
11#	106 107		-4,600	-3,550	-4,075	-4,860
11#	105 106		5,000	6,800	5,900	4,740
11#	104 105		-2,349	3,150	0,400	-2,999
11#	117 118		0,200	1,600	0,900	-0,450
11#	17 18		-1,096	7,397	3,150	-1,746
11#	167 166		-1,000	9,000	4,000	-1,650

Рисунок 2.21 – Результаты расчета размерной схемы из программы Kursar

2.1.4 Выводы по разделу

В действующем технологическом процессе в качестве исходной заготовки используется поковка из сплава 12ХНЗА, что нетехнологично, так как коэффициент использования материала (КИМ) равен 0,519. При использовании такой заготовки большая часть материала уходит в стружку.

В качестве станочных приспособлений и технологической оснастки в действующем технологическом процессе используются стандартные и специальные, произведенные на заводе, приспособления и оснастка, что эффективно для любых типов производств. В качестве контрольных приспособлений используются стандартные приспособления и специализированные, что эффективно для крупносерийного производства, но не эффективно для единичного и мелкосерийного производств.

2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Валик привода топливного насоса»

2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки

При выборе технологических методов и процессов получения заготовок учитываются прогрессивные тенденции развития технологии машиностроения. Решение задачи формирования деталей целесообразно перенести на заготовительную стадию и тем самым снизить расход металла, уменьшить долю затрат на механическую обработку в себестоимости готовой детали, повысить КИМ. Главным при выборе заготовки является обеспечение заданного качества готовой детали при её минимальной себестоимости.

Технологические процессы получения заготовок определяется технологическими свойствами материала, конструктивными формами и размерами детали, и программой выпуск. Для получения заготовки выбирается штамповка на горизонтально – ковочной машине (ГКМ), где деталь будет максимально

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

приближена к форме готовой детали, следовательно, снизится расход материала по сравнению с действующим технологическим процессом, масса заготовки существенно уменьшится и ее легче будет транспортировать, соответственно КИМ повысится. По сравнению с другими кузнечно-прессованными машинами, ГКМ более производительны и обеспечивают высокую точность заготовки. Несмотря на то, что изготовление штампов требует определенных затрат, в сравнении с получением заготовки при действующем процессе, зато увеличится производительность, уменьшится время на обработку, минимальное количество отработанного материала в виде стружки, которая мешает автоматизированному производству наматываясь на инструмент, шпиндель, и т.д.

2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования

Выбор основного технологического оборудования производится по электронному источнику [6].

1. Для подрезки боковых торцов детали и зацентровки боковых отверстий на фрезерно – центровальной операции используется специально фрезерно – центровальный станок 2Г942. Станок представлен на рисунке 2.22, технические характеристики приведены в таблице 3. Станок предназначен для обработки торцов деталей типа валов в серийном и массовом производстве. Загрузка, фрезерование, центровка и выгрузка обрабатываемых деталей производится последовательно. Обрабатываемая деталь неподвижна, перемещения имеют фрезерные и сверлильные головки.

Фрезерование торцов, сверление центровых отверстий и обточка базовых шеек (при необходимости) производится за одну установку детали, что обеспечивает высокую точность баз для дальнейшей обработки. Приводы подач сверлильных и фрезерных шпинделей и зажима деталей, а также упоры заготовок — гидравлические.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 2.22 – Фрезерно - центrovально - обточной станок 2Г942

Таблица 3 – Технические характеристики станка 2Г942

Технические характеристики	Параметр
Основные параметры станка	
Класс точности станка	Н
Пределы длин обрабатываемых деталей, мм	100...1000
Пределы диаметров устанавливаемых в тисках деталей, мм	20...160
Наибольшее усилие зажима детали. Н	25500
Диаметры применяемых центровочных сверл. мм	
Стандартные центровочный сверла типа А и R	3,15...10,12
Стандартные центровочные сверла типа В	2...8
Специальные центровочные сверла	До 12
Наибольший диаметр сверления	16
Наибольший диаметр фрезерования	150
Наибольший диаметр устанавливаемой фрезы	160
Наибольший диаметр подрезаемого торца (по стали 45)	50

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		54

Наибольший диаметр растачиваемых отверстий	100
Наибольший диаметр обточки шеек	100
Длина обточек шеек	40
Шпиндели	
Количество шпинделей	4
Количество скоростей сверлильного шпинделя, об/мин	8
Количество скоростей фрезерного шпинделя, об/мин	6
Пределы частот вращения сверлильного шпинделя, об/мин	290...2300
Пределы частот вращения фрезерного шпинделя, об/мин	125...712
Ход пиноли сверлильного шпинделя, мм	100
Электрооборудование. Привод	
Питающая электросеть, В	380±38
Количество электродвигателей на станке	8
Габариты и масса станка	
Габариты станка (длина, ширина, высота), мм	3970...5470×1750× 2000
Масса станка, кг	6500

2. Для токарной, сверлильной, фрезерной обработки возьмем токарный многоцелевой станок с ЧПУ EMCOTURN E45. На нем будет происходить полная обработка детали за два установка. Станок представлен на рисунке 2.23, технические характеристики в таблице 4.

Станок EMCOTURN E45 SMY является отличным экономичным решением для полной стандартной механической обработки. Станок оснащён контршпинделем, приводными инструментами и имеет высокую скорость ускоренных перемещений. Станок EMCOTURN E45 SMY имеет всё необходимое для эффективной и экономически выгодной токарно-фрезерной обработки сложных деталей.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		55



Рисунок 2.23 – Токарный многоцелевой станок с ЧПУ EMCOTURN E45

Таблица 4 – Технические характеристики станка EMCOTURN E45

Технические характеристики	Параметр
Рабочая область	
Диаметр прутка, мм	45(51)
Макс. диаметр точения, мм	220
Диаметр обработки над станиной, мм	430
Расстояние между центрами, мм	670
Главный шпиндель	
Макс. скорость оборотов, об/мин	6300(5000)
Макс. мощность привода, кВт	13
Макс. крутящий момент, Нм	78(100)
Револьверная головка	
VDI размер	30

Число инструментальных гнезд	12
Приводные инструменты	6
Макс. скорость оборотов, об/мин	5000
Макс. мощность привода, кВт	4
Макс. крутящий момент, Нм	16
Габариты и масса станка	
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	2275×1790×1958
Вес станка, кг	4000

3. Для нарезания прямозубого конического колеса на валу используется метод обкатки зубострогальными резцами на специальном зубострогальном станке 5С276П. Станок представлен на рисунке 2.24, технические характеристики приведены в таблице 5.



Рисунок 2.24 – Зубострогальный станок 5С276П

Таблица 5 – Зубострогальный станок 5С276П

Технические характеристики	Параметр
Наибольший диаметр обрабатываемого колеса, мм	500
Наибольший внешний окружной модуль, мм	10
Наибольшая внешняя высота зуба, мм	22
Наибольшее среднее конусное расстояние, мм	250
Наибольшая ширина зубчатого венца, мм	80
Наибольший угол делительного конуса, градусы	5
Число зубьев изделия	10-150
Диаметр конусного отверстия шпинделя бабки изделия, мм	100
Расстояние от торца шпинделя бабки изделия до центра полуавтомата, мм	75-375
Тип зубострогальных резцов	3
Частота двойных ходов ползунов, дв.ход/мин	48-400
Угловая скорость подачи обкаткой, град/с	0,3-6,0
Мощность электродвигателя главного движения, кВт	4,0
Габаритные размеры станка (Д×Ш×В), мм	3400×3300×1995
Масса станка, кг	не более 9395

4. Для шлифования поверхности детали выбираем универсальный круглошлифовальный станок DMTGM1432. Станок представлен на рисунке 2.25, технические характеристики приведены в таблице 6.

Станок М1432 предназначен для шлифования цилиндрических и конических поверхностей или для шлифования внутренних и внешних поверхностей. Конструкция станка М1432 обеспечивает жесткость, температурную стабильность, высокую точность, устойчивость формы рабочей зоны при небольших колебаниях нагрузок в процессе шлифования за счет герметичных направляющих качения пинолей и оптимальной формой станины. Все

это говорит о высокой точности при обработке деталей и о хорошей производительности станков.

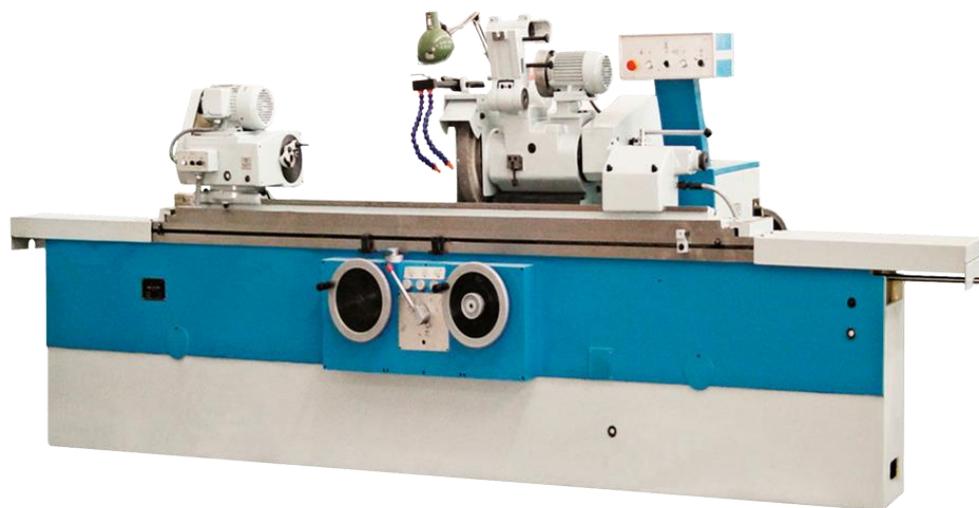


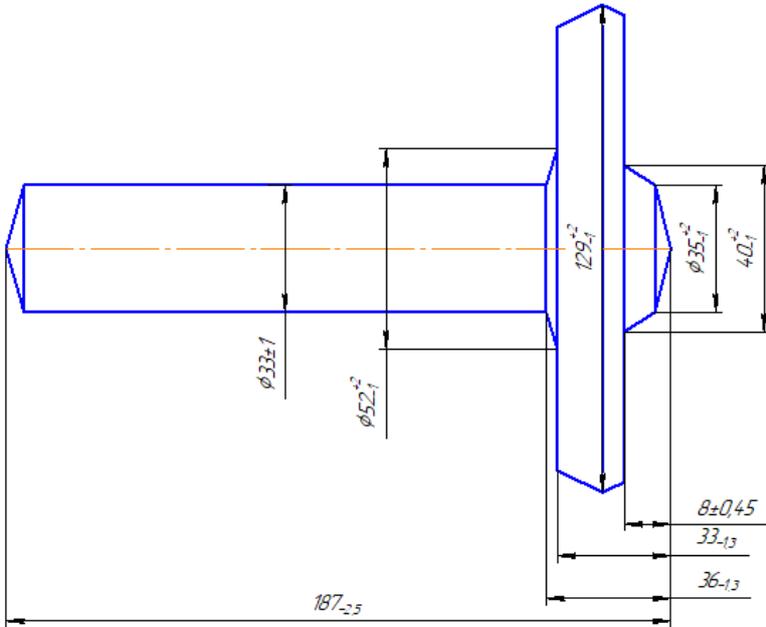
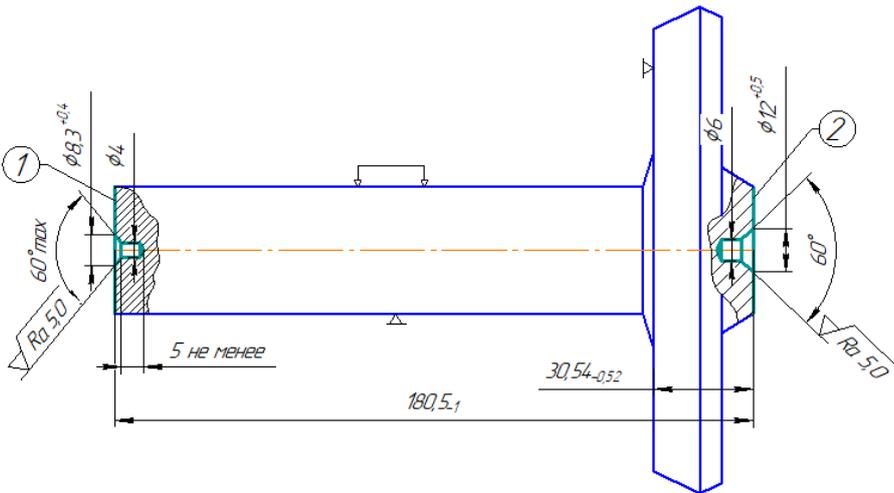
Рисунок 2.25 – Универсальный круглошлифовальный станок DMTGM1432

Таблица 6 – Технические характеристики станка DMTGM1432

Технические характеристики	Параметр
Высота центров, мм	165
Макс. диаметр вращения, мм	Ø320
Макс. длина шлифования, мм	1000
Диапазон внешней шлифовки, мм	Ø10...Ø320
Диапазон внутреннего шлифования, мм	Ø16...Ø125
Макс. вес заготовки между центрами, кг	150
Размеры шлифовального круга, мм	400×50×203
Макс. линейная скорость шлифовального круга, м/с	35
Угол поворота стола по часовой стрелке, град	2
Угол поворота стола против часовой стрелки, град	5
Конус шпинделя передней/задней бабки	Морзе 4
Масса станка, кг	7900
Габариты станка Д×Ш×В, мм	5400×2000×2050

2.2 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта технологического процесса

Таблица 7 – Операционно-маршрутный технологический процесс

№ операции	Содержание операции
000 – Заготовительная	 <p>Штамповка на горизонтально – ковочной машине. КИМ = 0,73</p>
005 – Фрезерно- центровальная	 <p>Фрезерно - центровально - обточной станок 2Г942. Фрезеровка боковых торцов и растачивание центровых отверстий ГОСТ А4 ГОСТ 14034-74.</p>

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

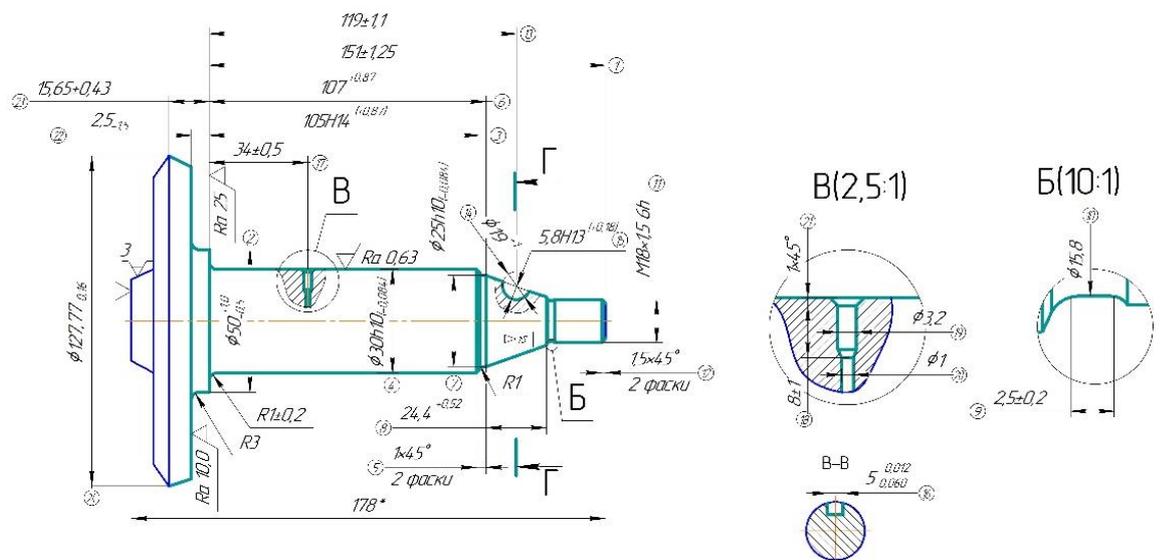
ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР

Лист

60

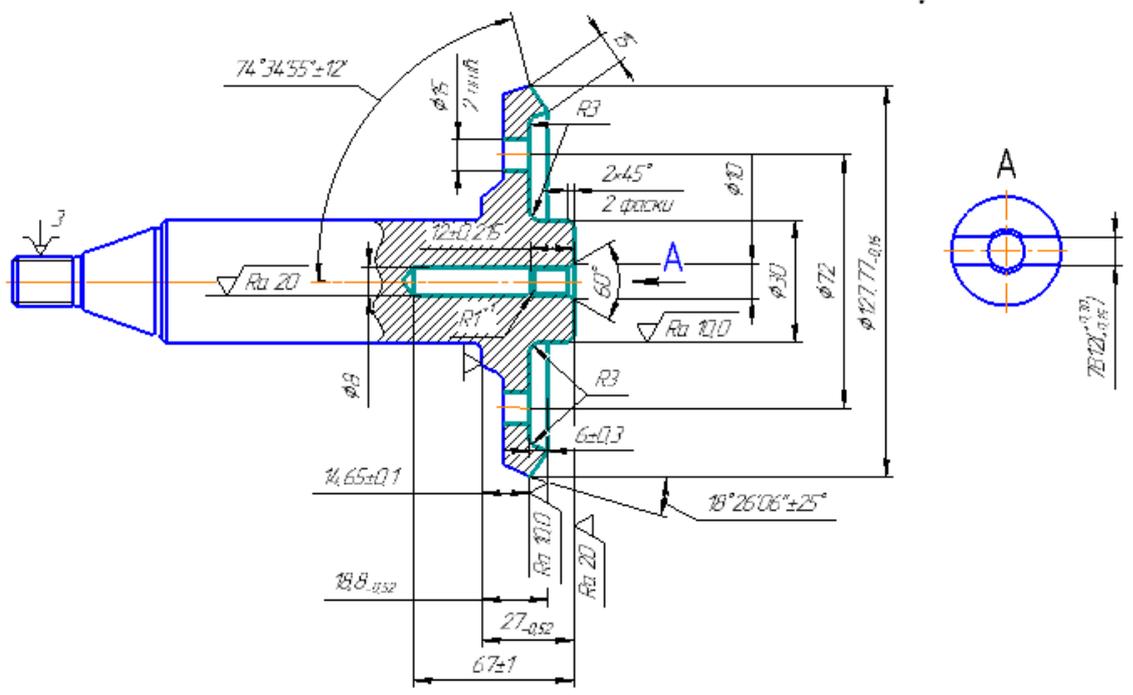
Продолжение таблицы 7

010 –
Токарная
с ЧПУ
(Уст. А)



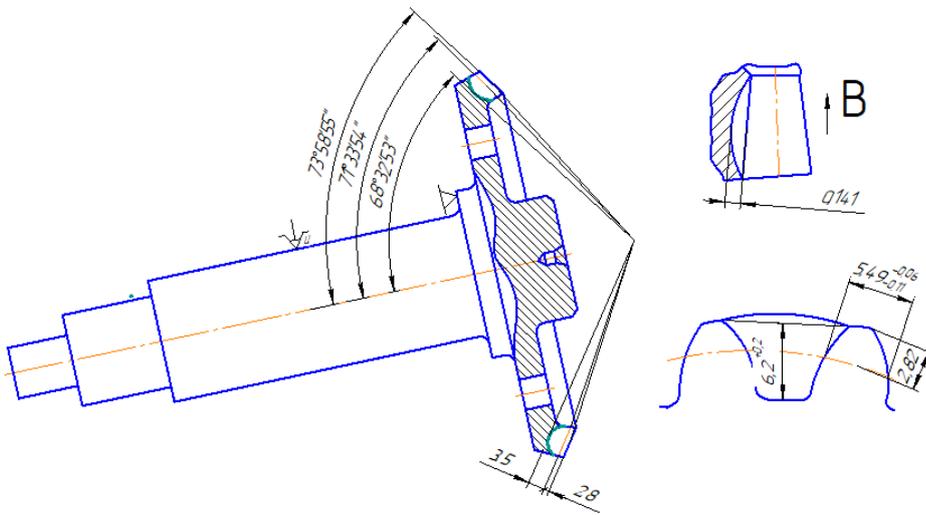
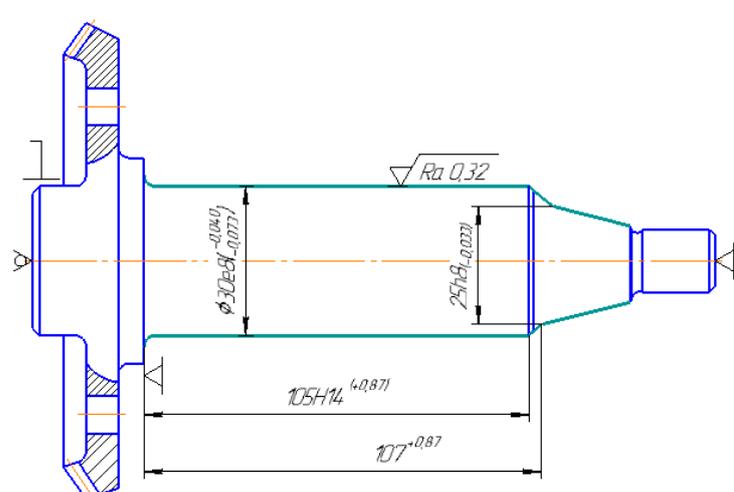
Токарный многоцелевой станок с ЧПУ EMCOTURN E45

010 –
Токарная
с ЧПУ
(Уст. Б)



Токарный многоцелевой станок с ЧПУ EMCOTURN E45

Окончание таблицы 7

<p>015 Зубострогальная операция</p>	 <p style="text-align: center;">Зубострогальный станок 5С276П</p>
<p>020 – Термическая</p>	<p>Зубья шестерни и поверхности В, Д, Г цементировать. Зубья h 0,6...0,9 мм, HRC≥59; поверхности В, Г h0,4...0,7мм, HRC≥55; поверхность Д h0,2...0,7мм.</p>
<p>025 Шлифовальная</p>	 <p style="text-align: center;">Универсальный круглошлифовальный станок DMTGM1432</p>
<p>030 – Слесарная</p>	<p>В операции с помощью нормализованных режущих инструментов притупляем острые кромки и удаляем заусенцы. Операция проводится на слесарном верстаке.</p>
<p>035 – Моечная</p>	<p>Оборудование Т-Н-1382</p>
<p>040 – Контрольная</p>	<p>Зубоизмерительная машина MarGear GMX 275W</p>

2.2.4 Размерно – точностной анализ проектного варианта технологического процесс

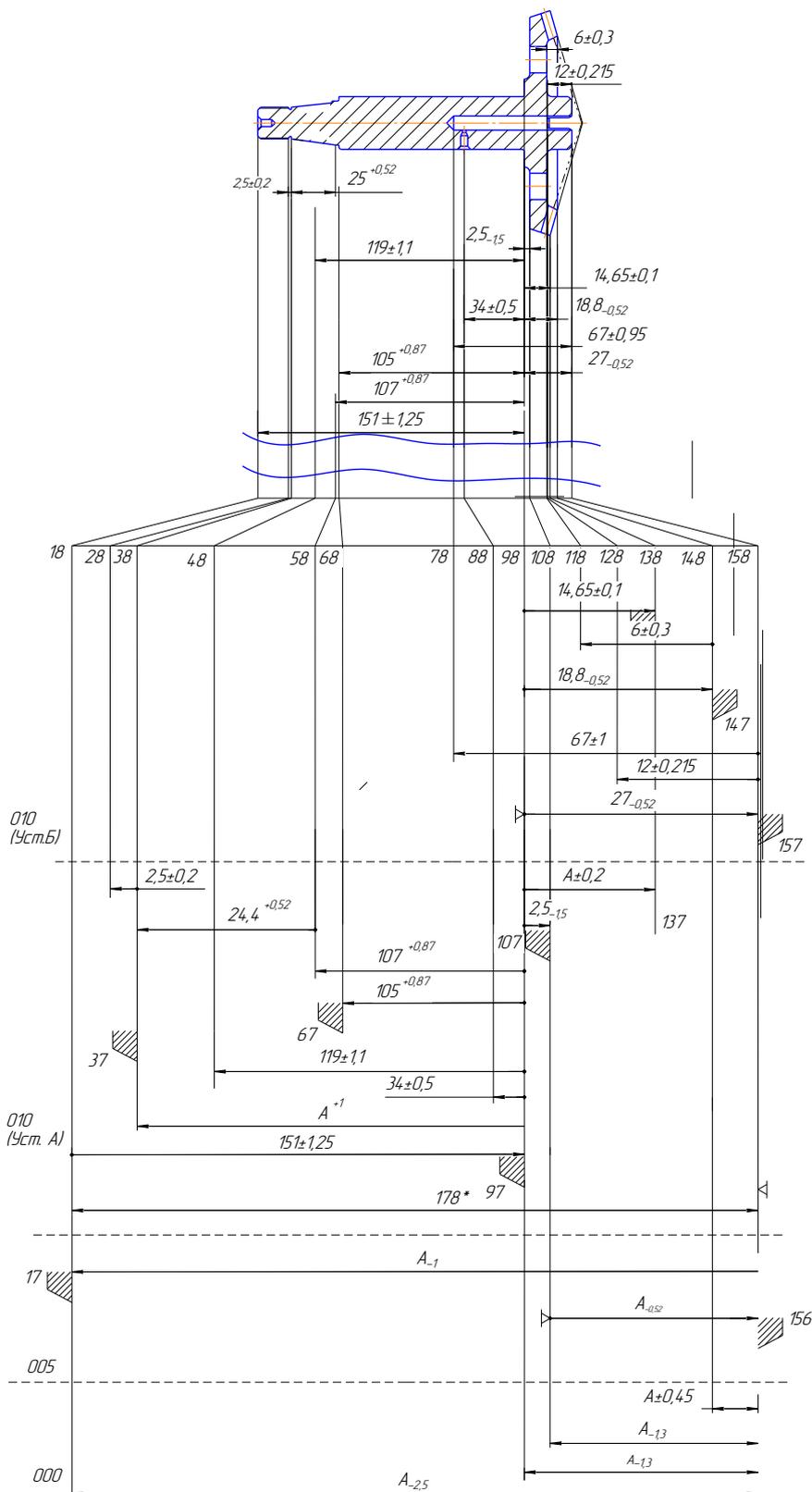


Рисунок 2.26 – Размерная цепь проектного технологического процесса

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Размерный анализ (рисунок 2.26) решает более широкий круг задач и кроме расчета операционных цепей, охватывает очень широкий комплекс технологических расчетов. В проектировании необходимо, чтобы назначенные припуски были минимально необходимыми и достаточными. Припуски не должны быть чрезмерно большими, чтобы не удорожать обработку.

Расчёт конструкторских и технологических размерных цепей представлен в учебном пособии [5].

Рассчитаем номинальное значение припуска [148_147] по формуле (13).

$$[148_{-147}] = -(147_{-156}) + (107_{-156}) - (107_{-157}) + (18_{-157}) - (18_{-98}) - (98_{-148}) = -8_{-0,45}^{+0,45} + 33_{-1,3} - 30,5_{-0,52} + 180,5_{-1} - 151_{-1,52}^{+1,52} - 18,8_{-0,52} = 4,54_{-3,37}^{+3,37} \text{ мм.}$$

Для припуска [148_147] A_{\min} будет равняться 0,26 мм.

По формулам (14-17) рассчитаем припуск [148_147]:

$$T_{[148_{-147}]} = 0,9 + 1,3 + 0,52 + 1 + 3,04 + 0,52 = 7,28 \text{ мм;}$$

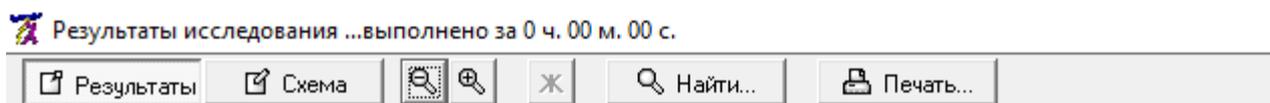
$$\Delta_{0[148_{-147}]} = \left(\frac{0 + (-1,3)}{2} + \frac{0 + (-1)}{2} \right) - \left(\frac{0,45 - 0,45}{2} + \frac{-0,52}{2} + \frac{1,52 - 1,52}{2} + \frac{-0,52}{2} \right) = -1,15 + 0,52 = -0,63 \text{ мм;}$$

$$A_{[148_{-147}]} = 0,26 + \frac{7,28}{2} + 0,63 = 4,53 \text{ мм.}$$

$4,54 > 4,53$ – припуск завышен на 0,01 мм.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Остальные припуски рассчитываются аналогичным способом при помощи программы «KursAR» (рисунок 2.27). При расчете размерной цепи проектного технологического процесса припуски представлены с завышением не более 0,96 мм. Это связано с тем, что на серийном производстве невозможно получить исходную заготовку с округлениями до 3 десятичного знака.



Цепи размерные.

Уравнения решены методом Максимума-Минимума:

1. [137=138]=+(98+138)-(98-137)
2. [158=157]=+(18-157)-(18+98)-(98+158)
3. [107=108]=+(98+108)+(18+98)-(18_157)+(107-157)
4. [37=38]=- (38+58) - (58+98) + (37-98)
5. [157=156]=+(107-156)-(107_157)
6. [148=147]=- (147-156) + (107_156) - (107_157) + (18_157) - (18+98) - (98+148)
7. [97=98]=+(18+98)-(18_157)+(107_157)-(107_156)+(97-156)
8. [17=18]=- (18_157) + (107_157) - (107_156) + (17-156)

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

Г	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчетн.
р	левой и	значение	отклон.	отклон.	номи-	предельных зна-
у	правой	-----	-----	-----	нальный	чений относит.
п	поверхно-	Если нет	Предельн.значен.:	размер	исходного звена	исходного звена
па	стей звена	номинала	Min и	Max	звена	по Min и по Max
--	----	-----	-----	-----	-----	-----
2=	137 138		0,260	0,760	0,510	0,000
2=	148 147		1,170	7,910	4,540	0,910
2=	158 157		0,260	4,280	2,270	0,000
2=	107 108		0,260	5,780	3,020	0,000
2=	37 38		0,050	2,440	1,245	0,000
2=	97 98		0,960	7,580	4,270	0,700
2=	17 18		1,010	6,330	3,670	0,960
2=	157 156		1,160	2,980	2,070	0,900
6+	98 137	14,240	0,200	-0,200	14,240	
6+	147 156	8,000	0,450	-0,450	8,000	
6+	18 157	180,510	0,000	-1,000	180,010	
6+	107 157	30,540	0,000	-0,520	30,280	
6+	37 98	132,840	1,000	0,000	133,340	
6+	97 156	36,000	0,000	-1,300	35,350	
6+	17 156	187,000	0,000	-2,500	185,750	
6+	107 156	33,000	0,000	-1,300	32,350	

Рисунок 2.27 – Результаты исследования из программы Kursar

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

Проведем расчет режимов резания для наружного точения на операции 010 (установ А) для размера Ø30 мм.

Исходные данные: материал – 12ХН3А (210-240 НВ); базирование – в центровых отверстиях; точность заготовки – 16 квалитет; параметры шероховатости заготовки: $R_z = 200$ мкм; состояние поверхности заготовки – с коркой. Число стадий обработки – черновая, получистовая, чистовая.

Выбор режима резания проводится по справочнику [7].

Выбор глубины резания: на черновых проходах $t = 1,4$ мм, получистовая подача $t = 1$ мм, чистовая подача $t = 0,6$ мм.

Геометрические параметры режущего инструмента: главный угол в плане $\varphi = 90^\circ$; вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 10^\circ$; задний угол $\alpha = 5^\circ$; передний угол $\gamma = 10^\circ$; радиус при вершине $r = 0,8$ мм; период стойкости резца: $T = 30$ мин; сечение державки 20×20 .

Выбор подачи: черновая $S_{ot} = 0,35$ мм/об, получистовая $S_{ot} = 0,27$ мм/об, чистовая $S_{ot} = 0,14$ мм/об.

Окончательно подачу черновой и получистовой стадии обработки определяют с учётом поправочных коэффициентов по формуле (18).

$$S_o = S_{ot} \cdot K_{sm} \cdot K_{sp} \cdot K_{sd} \cdot K_{sh} \cdot K_{sy} \cdot K_{sn} \cdot K_{s\varphi} \cdot K_{sj} \cdot K_{su} \text{ мм/об,} \quad (18)$$

где S_{ot} – табличные значения подачи, мм/об;

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

K_{sm} – коэффициент от механических свойств обрабатываемого материала, ($K_{sm} = 1$);

K_{sp} – коэффициент режима резания, ($K_{sp} = 1$);

K_{sd} – коэффициент от крепления державки резца, ($K_{sd} = 0,95$);

K_{sh} – коэффициент от прочности режущей части, ($K_{sh} = 1$);

K_{sy} – коэффициент от схемы установки обработки, ($K_{sy} = 1$);

K_{sn} – коэффициент от состояния поверхности заготовки, ($K_{sn} = 0,85$);

K_{sf} – коэффициент от геометрических параметров резца, ($K_{sf} = 1$);

K_{sj} – коэффициент от жесткости станка, ($K_{sj} = 0,75$);

K_{si} – коэффициент от инструментального материала, ($K_{si} = 1,15$).

$$S_{оч} = 0,35 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,15 = 0,24 \text{ мм/об};$$

$$S_{опч} = 0,27 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,15 = 0,17 \text{ мм/об}.$$

Подача чистовой стадии обработки определяется по формуле (19) определяют с учётом поправочных коэффициентов.

$$S_o = S_{от} \cdot K_{ск} \cdot K_{sr} \cdot K_{sm} \cdot K_{sy} \cdot K_{sf} \cdot K_{si}, \text{ мм/об}, \quad (19)$$

где $S_{от}$ – табличное значение подачи, мм/об;

$K_{ск}$ – коэффициент от качества обрабатываемой поверхности, ($K_{ск} = 1$);

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

K_{sr} – коэффициент от радиуса при вершине, ($K_{sr} = 0,85$);

K_{sm} – коэффициент от механических свойств обрабатываемого материала, ($K_{sm} = 1$);

K_{sy} – коэффициент от схемы установки обработки, ($K_{sy} = 1$);

$K_{s\varphi}$ – коэффициент от геометрических параметров резца, ($K_{s\varphi} = 1$).

$$S_{очист} = 0,14 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 = 0,12 \text{ мм/об.}$$

Рассчитанную подачу обработки проверяют по осевой P_x и радиальной P_y составляющей силы резания. Табличные значения составляющих сил резания равняются: $P_{xt} = 1560 \text{ Н}$, $P_{yt} = 330 \text{ Н}$. С учётом поправочных коэффициентов окончательная сила резания для осевой подачи будет рассчитываться по формуле (20) и для радиальной подачи по формуле (21).

$$P_x = P_{xt} \cdot K_{рtx} \cdot K_{р\varphi x} \cdot K_{р\gamma x} \cdot K_{р\lambda x} H; \quad (20)$$

$$P_y = P_{yt} \cdot K_{рty} \cdot K_{р\varphi y} \cdot K_{р\gamma y} \cdot K_{р\lambda y} H, \quad (21)$$

где P_{xt} , P_{yt} – табличные значения сил резания осевой и радиальной подачи, Н;

$K_{рmx}$, $K_{рmy}$ – коэффициенты от свойств обрабатываемого материала, ($K_{рmx} = K_{рmy} = 1$);

$K_{р\varphi x}$, $K_{р\varphi y}$ – коэффициенты от главного угла в плане, ($K_{р\varphi x} = K_{р\varphi y} = 1$);

$K_{р\gamma x}$, $K_{р\gamma y}$ – коэффициенты от переднего угла в плане, ($K_{р\gamma x} = K_{р\gamma y} = 0,9$);

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$K_{p\lambda x}$, $K_{p\lambda y}$ – коэффициенты от угла наклона режущей кромки, ($K_{p\lambda x} = K_{p\lambda y} = 1$).

$$P_x = 1560 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1404 \text{ Н},$$

$$P_y = 330 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 297 \text{ Н}.$$

Выбор скорости и мощности резания.

Для черновой стадии обработки, легированной стали с коркой выбирают табличные значения скорости и мощности станка: $V_t = 156$ м/мин; для получистовой стадии обработки без корки: $V_t = 210$ м/мин; для чистовой стадии: $V_t = 265$ м/мин.

Окончательная скорость резания с учётом поправочных коэффициентов, рассчитывается по формуле (22).

$$V = V_t \cdot K_{vc} \cdot K_{vo} \cdot K_{vm} \cdot K_{vj} \cdot K_{vu} \cdot K_{v\phi} \cdot K_{vt} \cdot K_{vж} \frac{\text{М}}{\text{МИН}}, \quad (22)$$

где V_t – табличные значения скорости, м/мин;

K_{vc} – коэффициент от группы обрабатываемости материала, ($K_{vc} = 0,9$);

K_{vo} – коэффициент от вида обработки, ($K_{vo} = 1$);

K_{vm} – коэффициент от механических свойств материала, ($K_{vm} = 1$);

K_{vj} – коэффициент от жесткости станка, ($K_{vj} = 0,75$);

K_{vu} – коэффициент от материала режущей части, ($K_{vu} = 0,85$);

$K_{v\phi}$ – коэффициент от геометрических параметров резца, ($K_{v\phi} = 1$);

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

K_{vt} – коэффициент от периода стойкости режущей части, ($K_{vt} = 1$);

$K_{vж}$ – коэффициент от наличия охлаждения, ($K_{vж} = 1$).

$$V_{ч} = 156 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 89 \text{ м/мин},$$

$$V_{пч} = 210 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 120,48 \text{ м/мин},$$

$$V_{чист} = 265 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 152,04 \text{ м/мин}.$$

Частота вращения шпинделя рассчитывается по формуле (23):

$$n = \frac{1000v}{\pi \cdot D} \text{ об/мин}, \quad (23)$$

$$n_{ч} = \frac{1000 \cdot 89}{3,14 \cdot 35} = 810 \text{ об/мин},$$

$$n_{пч} = \frac{1000 \cdot 120,48}{3,14 \cdot 35} = 1096 \text{ об/мин},$$

$$n_{чист} = \frac{1000 \cdot 152,04}{3,14 \cdot 35} = 1385 \text{ об/мин}.$$

Минутную подачу рассчитываем по формуле (24):

$$S_m = S_o \cdot n \text{ мм/мин}, \quad (24)$$

$$S_{мч} = 0,24 \cdot 810 = 194 \text{ мм/мин},$$

$$S_{мпч} = 0,27 \cdot 1096 = 295 \text{ мм/мин},$$

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$S_{m\text{чист}} = 0,14 \cdot 1385 = 193 \text{ мм/мин.}$$

Основное время автоматической работы станка T_0 определяется по формуле (25):

$$T_0 = \frac{l_0 + l_1 + l_2 + l_3}{S_m} \text{ мин,} \quad (25)$$

где l_0 – длина обрабатываемой поверхности ($l_0 = 105$ мм);

l_1 – длина подвода ($l_1 = 5$ мм);

l_2, l_3 – длина врезания и перебега ($l_2 + l_3 = 4$ мм).

$$T_0 = \frac{105 + 5 + 4}{194} = 0,58 \text{ мин,}$$

$$T_0 = \frac{105 + 5 + 4}{295} = 0,38 \text{ мин,}$$

$$T_0 = \frac{105 + 5 + 4}{193} = 0,59 \text{ мин.}$$

Произведем расчет режимов резания для сверления отверстия $\varnothing 8$ мм.

Исходные данные: $R_a = 20$ мкм, точность отверстия – 14 квалитет.

Глубина резания: $t = 4$ мм;

Подача: $S_{ot} = 0,07$ мм/об;

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Скорость резания: $V_T = 29$ м/мин;

Осевая сила резания: $P_T = 460$ Н;

Мощность резания: $N_T = 0,13$ кВт.

Подача с учетом поправочного коэффициента, рассчитывается по формуле (26):

$$S_o = S_{ot} \cdot K_{sm}, \quad (26)$$

где S_o – табличное значение подачи, мм/об;

K_{sm} – коэффициент учитывающий механические свойства обрабатываемого материала, ($K_{sm} = 0,9$).

$$S_o = 0,07 \cdot 0,9 = 0,063 \text{ мм/об.}$$

Скорость резания, с учётом коэффициентов рассчитывается по формуле (27):

$$V = V_t \cdot K_{vз} \cdot K_{vt} \cdot K_{vw} \cdot K_{vm} \cdot K_{vu} \cdot K_{vj} \cdot K_{vp} \cdot K_{vl}, \quad (27)$$

где V_t – табличное значение скорости;

$K_{vз}$ – коэффициент от вида заточки инструмента, ($K_{vз} = 1$);

K_{vt} – коэффициент от периода стойкости инструмента, ($K_{vt} = 1$);

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

K_{vw} – коэффициент от состояния обрабатываемой поверхности, ($K_{vw} = 1$);

K_{vm} – коэффициент от механических свойств материала, ($K_{vm} = 0,9$);

K_{vu} – коэффициент от инструментального материала, ($K_{vu} = 2,2$);

K_{vj} – коэффициент от наличия охлаждения, ($K_{vj} = 1$);

K_{vp} – коэффициент от покрытия инструментального материала, ($K_{vp} = 1$);

K_{vl} – коэффициент от длины рабочей части сверла, ($K_{vl} = 1$).

$$V = 29 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2,2 \cdot 1 \cdot 1 = 57,42 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя скорректированная, определяем по формуле (22):

$$n = \frac{1000 \cdot 57,42}{3,14 \cdot 8} = 2285 \text{ об/мин.}$$

Минутную подачу рассчитываем по формуле (24):

$$S_m = 0,063 \cdot 2285 = 144 \text{ мм/мин.}$$

Основное время автоматической работы станка T_0 определяется по формуле (25):

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$T_0 = \frac{67 + 5 + 5}{144} = 0,53 \text{ мин.}$$

Аналогично проводятся остальные расчеты по режимам резания на операциях.

Операция 005 (Фрезерно-центровальная):

а) Подрезание торцов: $t = 0,5 \text{ мм}$, $S_z = 0,03 \text{ мм/об}$, $V = 139 \text{ м/мин}$, $n = 712 \text{ об/мин}$, $S_m = 29,36 \text{ мм/об}$, $T_0 = 0,41 \text{ мин}$;

б) Сверление отверстия $\varnothing 4 \text{ мм}$: $f = 0,15 \text{ мм/об}$, $S_o = 345 \text{ мм/мин}$, $V = 29 \text{ м/мин}$, $n = 2300 \text{ об/мин}$, $T_0 = 0,04 \text{ мин}$;

в) Сверление отверстия $\varnothing 6 \text{ мм}$: $f = 0,15 \text{ мм/об}$, $S_o = 345 \text{ мм/мин}$, $V = 43 \text{ м/мин}$, $n = 2300 \text{ об/мин}$, $T_0 = 0,04 \text{ мин}$.

$$\sum T_0 = 0,49 \text{ мин.}$$

Операция 010 (Комплексная с ЧПУ. Установ Б):

а) Точение наружной поверхности $\varnothing 30 \text{ мм}$ (черновая): $t = 5 \text{ мм}$, $S_o = 0,3 \text{ мм/об}$, $V = 75 \text{ м/мин}$, $n = 796 \text{ об/мин}$, $S_m = 39,27 \text{ мм/об}$, $T_0 = 0,5 \text{ мин}$;

б) Подрезка торцов шириной 15 мм : $t = 1,5 \text{ мм}$, $S_o = 0,15 \text{ мм/об}$, $V = 138 \text{ м/мин}$, $n = 392 \text{ об/мин}$, $S_m = 117 \text{ мм/об}$, $T_0 = 0,15 \text{ мин}$;

в) Растачивание внутренней поверхности шириной 6 мм : $t = 6 \text{ мм}$, $S_o = 0,33 \text{ мм/об}$, $V = 140 \text{ м/мин}$, $n = 4000 \text{ об/мин}$, $S_m = 122 \text{ мм/об}$, $T_0 = 0,15 \text{ мин}$;

г) Сверление 2 отверстий $\varnothing 15 \text{ мм}$: $f = 0,25 \text{ мм/об}$, $S_o = 70 \text{ мм/мин}$, $V = 13 \text{ м/мин}$, $n = 280 \text{ об/мин}$, $T_0 = 0,42 \text{ мин}$;

д) Фрезерование паза $\varnothing 7 \text{ мм}$: черновая – чистовая – $t = 1 \text{ мм}$, $S_z = 0,202 \text{ мм/об}$, $V = 95 \text{ м/мин}$, $n = 4300 \text{ об/мин}$, $S_m = 868 \text{ мм/об}$, $T_0 = 0,06 \text{ мин}$.

$$\sum T_0 = 1,84 \text{ мин.}$$

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Операция 010 (Комплексная с ЧПУ. Установ А):

а) Точение наружное поверхности $\varnothing 25$ мм: черновая обработка: $t = 7,4$ мм, $S_o = 0,18$ мм/об, $V = 70$ м/мин, $n = 900$ об/мин, $S_m = 161,82$ мм/об, $T_o = 0,216$ мин; чистовая обработка: $t = 0,6$ мм, $S_o = 0,12$ мм/об, $V = 220$ м/мин, $n = 2700$ об/мин, $S_m = 333,12$ мм/об, $T_o = 0,105$ мин;

б) Точение наружной поверхности $\varnothing 19$ мм: черновая обработка: $t = 10,6$ мм, $S_o = 0,18$ мм/об, $V = 70$ м/мин, $n = 900$ об/мин, $S_m = 161,82$ мм/об, $T_o = 0,216$ мин; чистовая обработка: $t = 1,5$ мм, $S_o = 0,22$ мм/об, $V = 40$ м/мин, $n = 500$ об/мин, $S_m = 261$ мм/об, $T_o = 0,32$ мин;

в) Точение наружной поверхности $\varnothing 50$ мм: $t = 3$ мм, $S_o = 0,24$ мм/об, $V = 90$ м/мин, $n = 570$ об/мин, $S_m = 136,8$ мм/об, $T_o = 0,438$ мин;

г) Сверление отверстия $\varnothing 3,2$ мм: $f = 0,15$ мм/об, $S_o = 420$ мм/мин, $V = 28$ м/мин, $n = 2800$ об/мин, $T_o = 0,06$ мин;

д) Сверление отверстия $\varnothing 1$ мм: $f = 0,15$ мм/об, $S_o = 420$ мм/мин, $V = 9$ м/мин, $n = 2800$ об/мин, $T_o = 0,06$ мин;

е) Нарезание резьбы М18: $S_o = 0,026$ мм/об, $V = 9,42$ м/мин, $n = 150$ об/мин, $S_m = 1$ мм/об, $T_o = 1,21$ мин.

$$\sum T_o = 5,03 \text{ мин.}$$

Операция 015 (Зубострогальная):

Данные по зубострогальную операции берутся из справочника [8].

а) Чистовая операция: $V = 56$ м/мин, $t_o = 19,5$ мин;

б) Вспомогательное время на операции $t_{всп} = 0,8$ мин.

$$\sum T_o = 20,3 \text{ мин.}$$

Расчет определения штучного времени проводится по формуле (28):

$$T_{шт} = T_o + T_{всп} + T_{обс} + T_{отд} \text{ мин,} \quad (27)$$

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где T_0 – основное время, непосредственного воздействия инструмента на заготовку, мин;

$T_{всп}$ – вспомогательное время, затрачиваемое на выполнение приёмов, мин;

$T_{обс}$ – время обслуживания рабочего места, затрачиваемая исполнителем на поддержание средств технологического оснащения в работоспособном состоянии, мин;

$T_{отд}$ – время на личные потребности, это часть штучного времени, затрачиваемая человеком на личные потребности и, при утомительных работах, на дополнительный отдых, мин.

К вспомогательному времени относится время, затрачиваемое на установку, выверку и снятие заготовки, на рабочий ход, на выполнение измерения в процессе обработки.

Время на обслуживание рабочего места и время на личные надобности определяется по формулам (28 – 29):

$$T_{обс} = (3 - 8\%)T_0, \quad (28)$$

$$T_{отд} = (4 - 9\%)T_0. \quad (29)$$

Оперативное время складывается из суммы основного и вспомогательного времени. Сводная таблица всех норм времени приведена в таблице 8.

Время на обработку детали «Валик привода топливного насоса» составляет:

$$T_{шт} = 36,58 \text{ мин.}$$

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 8 – Сводная таблица норм времени

№ операции	То	Твсп	Топ	Тобс	Тотд	Тшт
005	0,49	1,65	2,14	0,1464	0,1647	2,4511
010	6,87	1,79	8,66	0,2546	0,2824	9,2
015	19,5	1,05	20,55	1,0275	1,0275	22,605
025	1,2	1,03	2,23	0,049	0,055	2,33

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Выводы по разделу два

Проектный вариант технологического процесса изготовления детали «Валик привода топливного насоса» усовершенствован за счет уменьшения количества операций и уменьшения количества технологического оборудования для обработки детали. Следовательно, уменьшается время на изготовление, что способствует высокой производительности. Также выбран другой способ получения заготовки, что является более экономическим фактором в производственном процессе.

При расчете размерного анализа проектного технологического процесса, было использовано программное обеспечение «Kursar». С помощью него были получены исходные размеры заготовки, которые являются более точными и исключают появление брака и черноты при механической обработки.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизованной технологической оснастки

Инструментальная оснастка играет большую роль при механической обработке. С помощью её осуществляется крепление режущих инструментов. Также передает вращательное движение осевым инструментам.

Выбор технологической оснастки проводится по учебному пособию [9].

Для обработки детали Валик привода топливного насоса, выбран токарно - обрабатывающий центр EMCOTURN E45 с револьверной головкой Sauter VDI 30 (рисунок 3.1). Данная револьверная головка позволяет устанавливать одновременно 12 инструментов, что снижает время на смену инструмента. Наличие привода инструмента в револьверной головке позволяет производить обработку не только точением и растачиванием, но и сверлением и фрезерованием в осевом и радиальном направлении. Револьверная головка VDI поддерживает типовые для индустрии станции приводных инструментов (при комбинации с опцией приводного инструмента) и стационарные державки с креплением VDI30. Фиксирующий клин обеспечивает фиксацию державок в револьверной головке, обеспечивая быструю и легкую перенастройку.



Рисунок 3.1 – Револьверная головка VDI 30

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Приспособления предназначены для расширения технологических возможностей станков, повышения их производительности и точности при обработке заготовок и облегчения условий работы на станке. Приспособления для закрепления режущего инструмента и заготовок должны обеспечивать быструю установку, надежность и правильность закрепления. Эти устройства должны быть удобны и безопасны в работе.

Выбор технологической оснастки для токарно - обрабатывающего центра EMCOTURN E45 с ЧПУ – операция 010.

Токарные патроны предназначены для установки на многоцелевые токарные станки. Конструкция подобного патрона обеспечивает передачу большего усилия зажима при намного меньшем крутящем моменте на зажимных ключах по сравнению с патронами спиральными.

Все отечественные и зарубежные производители изготавливают патроны для токарных станков на базе закаленного корпуса из стали, они включают в себя комплект закаленных кулачков.

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

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

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

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

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Исходя из конструкции детали, необходимо использовать трехкулачковый патрон. Патроны трехкулачковые – оснащены тремя радиальными пазми, в которых движутся кулачки, одновременно центрируя и зажимая заготовку. Затяжка осуществляется ключом или оснащаются тяговым (зажимные элементы связаны с гидро- или пневмоприводом) или встроенным приводом. Могут использовать прямые или обратные кулачки расположенные, соответственно, ступенями наружу или к центру.

На операции 010 для установка А для закрепления заготовок используется 3-х кулачковый патрон, а для установка Б применяется вращающейся центр. На станке используется стандартный 3-х кулачковый патрон с пневмоприводом ZSU 250 мм DIN 55027/8 – рисунок 3.2.

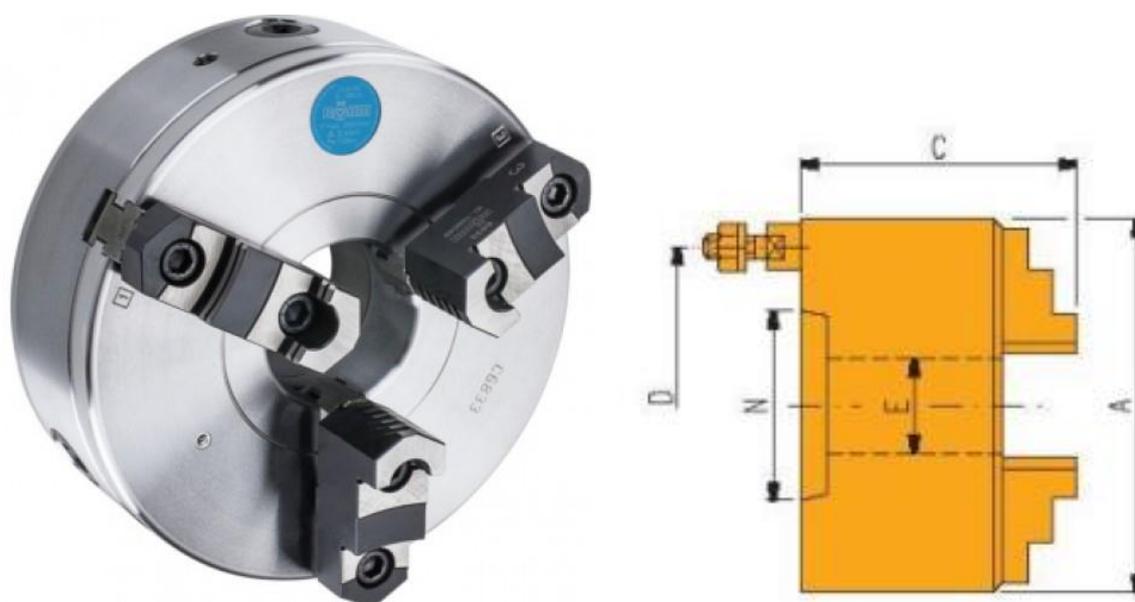


Рисунок 3.2 – ROHM ZSU Патрон токарный 3-кулачковый 250 мм DIN 55027/8
($\varnothing E = 76$ мм, $\varnothing D = 224$ мм, $\varnothing A = 250$ мм, $C = 122$ мм)

Патрон используется для крепления рабочих деталей и инструментов на токарных станках. Для штыковой фиксации используется короткий конус, DIN ISO 702-3 (DIN 55027) - Стальной корпус.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

Преимущество данного патрона заключается в возможности очень быстро фиксировать рабочие детали разного диаметра зажима без изменения положения кулачков.

Способ крепления на станке:

Токарный трехкулачковый ручной самоцентрирующийся патрон предназначен для установки на токарных универсальных и специальных станках. Конструкция патрона обеспечивает передачу больших зажимных усилий при значительно меньшем крутящем моменте на зажимном ключе по сравнению со спиральными патронами.

Патроны обладают высокой износостойкостью и длительностью срока службы, стабильностью получения высокой точности центрирования деталей. Патроны выполнены на базе стального корпуса, пазы под кулачки закалены ТВЧ. В базовую комплектацию входит комплект закаленных реверсивных кулачков, которые выполняют функцию прямых и обратных кулачков при переустановке.

Технические характеристики:

Частота вращения, макс.: 3000 с⁻¹;

Вес: 30 кг;

Макс. диаметр диапазона зажима: 250 мм;

Длина: 27,5 мм;

Макс. конический диаметр: 139,7 мм;

Диаметр начальной окружности: 171,4 мм;

Внешний диаметр: 250 мм.

В настоящее время для станков с ЧПУ применяют как цельные, так и модульные системы вспомогательного инструмента. В цельных инструментальных системах каждая единица вспомогательного инструмента предназначена для согласования присоединительных размеров шпинделя станка с присоединительными размерами применяемого инструмента. Для станков с

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						82
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

автоматической сменой инструмента подобные системы громоздки, имеют высокую металлоемкость и неудобны в эксплуатации, так как для каждого станка даже с близкими присоединительными размерами необходимо иметь вспомогательный инструмент, согласующий конус шпинделя с присоединительными размерами инструмента.

Дополнительно необходимо учитывать, что на одном обрабатывающем центре одновременно может быть применено неопределенное количество режущих инструментов с одинаковыми присоединительными размерами.

Модульная инструментальная система состоит из базовых корпусов, переходников, держателей (оправок и патронов) и режущего инструмента.

Резцедержатели выбираются по электронному каталогу [10].

Для установки токарных проходных резцов и державки для точения резьбы резцов воспользуемся токарным правым резцедержателем фирмы TME Equipment VDI 30 B1-30X20X40 DIN 5480 - рисунок 3.3. Характеристики: $d_1 = 30$ мм; $b_1 = 70$ мм; $b_2 = 35$ мм; $b_3 = 7$ мм; $h_1 = 20$ мм; $h_5 = 28$ мм; $h_6 = 38$ мм; $l_1 = 22$ мм; $l_2 = 40$ мм.

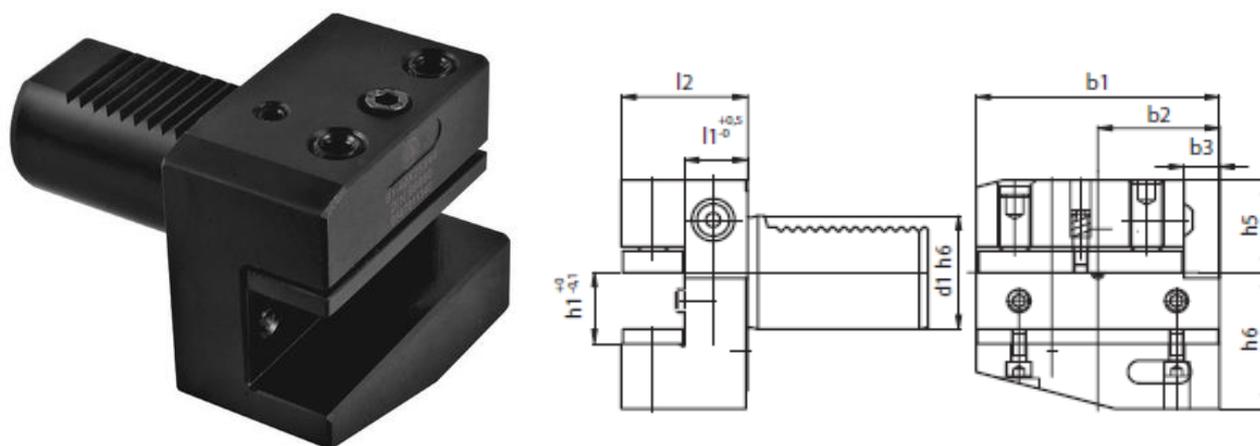


Рисунок 3.3 – Резцедержатель VDI 30 B1-30X20X40 DIN 5480

Для установки торцевого левого резца воспользуемся токарным резцедержателем фирмы TME Equipment VDI 30 C2-30X20X70 KINTEK – рисунок

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

3.4. Характеристики: $d1 = 30$ мм; $b1 = 76$ мм; $b2 = 41$ мм; $b3 = 23$ мм; $h1 = 20$ мм; $h5 = 28$ мм; $h6 = 38$ мм; $l1 = 70$ мм; $l2 = 10$ мм; $l3 = 30$ мм.

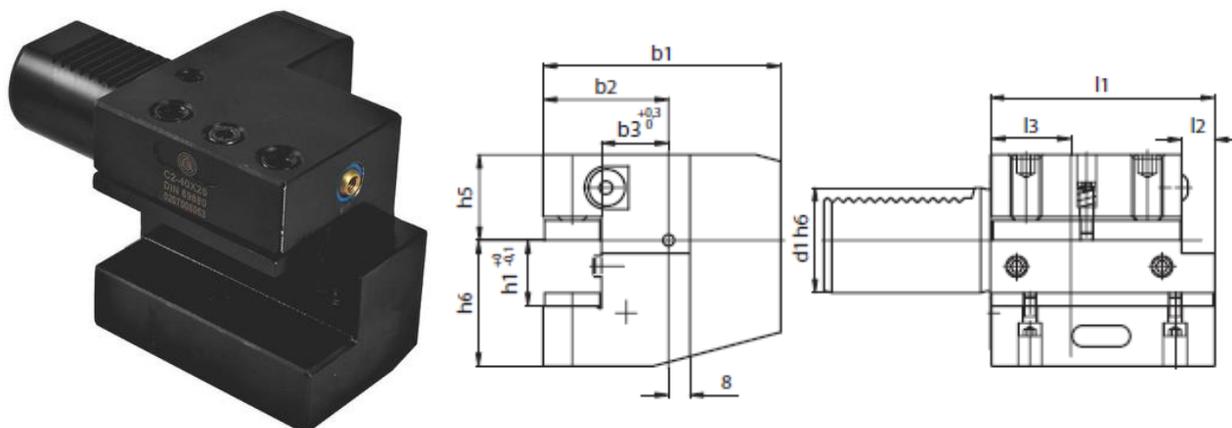


Рисунок 3.4 – Резцедержатель VDI 30 C2-30X20 KINTEK

Для установки фрезы для пазов сегментных шпонок, зенковки и сверл воспользуемся приводным блоком фирмы TME Equipments BR30-5480-25-75 (рисунок 3.5) с использованием цанги ER 25 925ERS15 (рисунок 3.6). Характеристики: для установки фрезы используем цангу $d1 = 6 \dots 10$ мм, $L = 25$ мм; для свёрл: $d1 = 3 \dots 6$ мм; $L = 16$ мм.

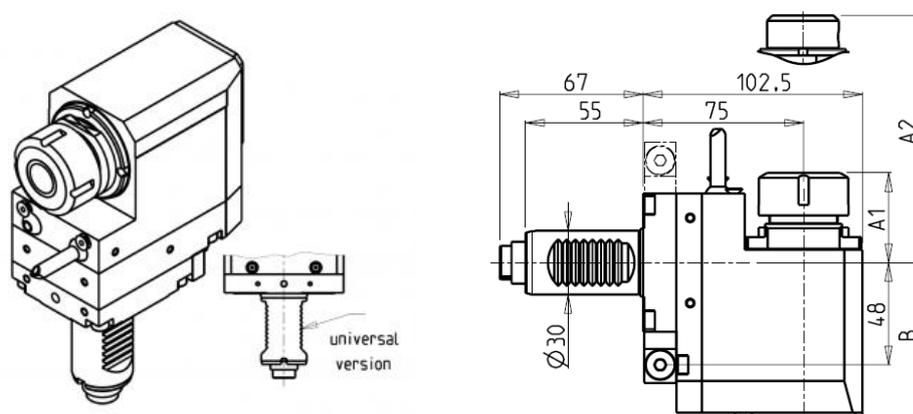


Рисунок 3.5 – Приводной блок BR30-5480-25-75

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

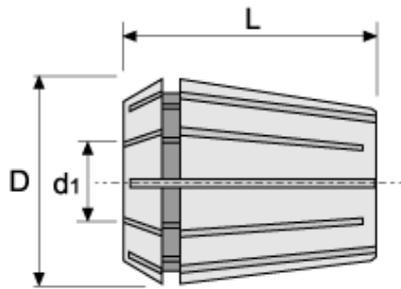


Рисунок 3.6 – Цанга ER 25 925ERS15

Для установки свёрл и концевой фрезы, воспользуемся приводным блоком DA30-5480-ER25 (аксиальный прямой VDI30 DIN5480 SAUTER ER25) фирмы TME Equipments (рисунок 3.7), совместно применимым с цангой ER 25 925ERS15 – рисунок 38. Цангу для сверла используем с $d = 10...18$ мм, $L = 40$ мм; для концевой фрезы: $d = 6...10$ мм, $L = 25$ мм.

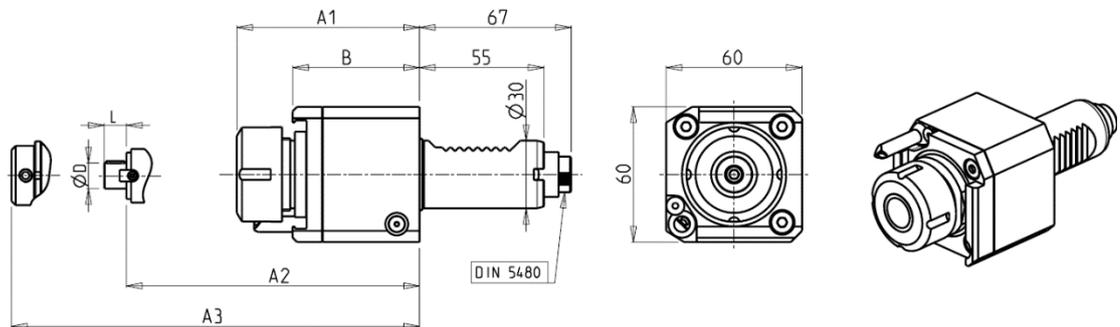


Рисунок 3.7 – Приводной блок DA30-5480-ER25

3.2 Аналитический обзор и выбор стандартизованного режущего инструмента

При выборе режущего инструмента необходимо стремиться принимать стандартный инструмент, но, когда целесообразно, следует применять специальный, комбинированный, фасонный инструмент, позволяющий совмещать обработку нескольких поверхностей. Если технологические особенности детали не

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

ограничивают применения высоких скоростей резания, то следует применять высокопроизводительные конструкции режущего инструмента, оснащенного твердым сплавом, так как практика показала, что это экономически выгодней, чем применение быстрорежущих инструментов. Особенно, это распространяется на резцы (кроме фасонных, малой ширины, автоматных), фрезы, зенкеры, конструкции которых оснащены твердым сплавом.

Обрабатываемые поверхности на детали «валик привода топливного насоса» показаны на рисунке 3.8.

а) Для фрезерно-центровальной операции 005 для обработки боковых торцов и сверления центровых отверстий используются стандартизированные инструменты. Для обработки боковых торцов 1 применяется фреза торцевая по ГОСТ 26595-85 «Фрезы торцевые многогранные с механическим креплением многогранных пластин» (2 шт.) – рисунок 3.9. Для центровочных отверстий 2 выбирается по электронному каталогу [11] – сверло центровочное марки FETTE-Zentrierbohrer DIN 333 Form A (рисунок 3.10).

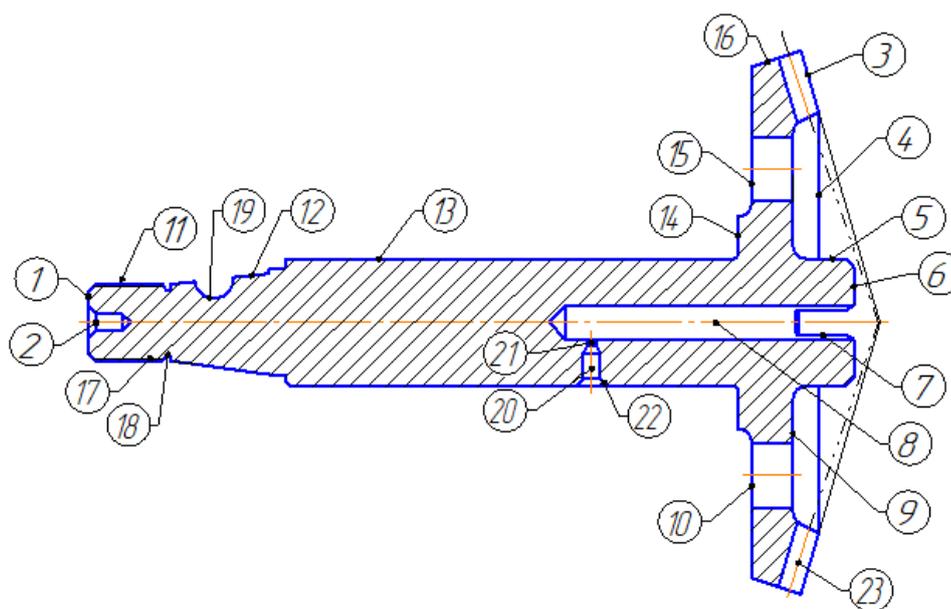


Рисунок 3.8 – Обрабатываемые поверхности на детали "Валик привода топливного насоса"

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

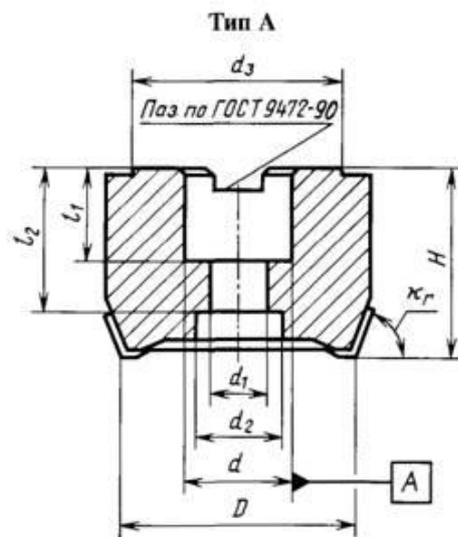


Рисунок 3.9 – Торцевая фреза праворежущих (леворежущих) с пластинами формы четырехгранной 2214 – 0362 (2214 – 0363): $D = 63$ мм; $d = 22$ мм; $d_1 = 11$ мм; $d_2 = 18$ мм; $d_3 = 41$ мм; $H = 40$ мм

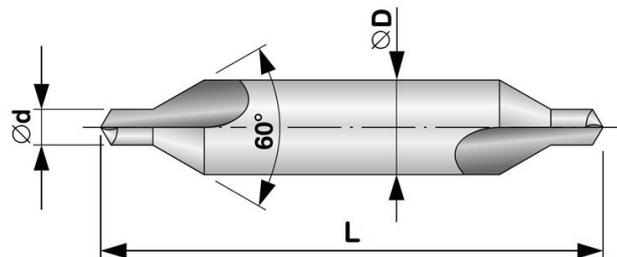


Рисунок 3.10 – Центровочные сверла FETTE-Zentrierbohrer DIN 333 Form A: 233300400PTG ($d = 4$ мм; $D = 10$ мм; $L = 56$ мм); 233300630PTG ($d = 6,3$ мм; $D = 16$ мм; $L = 71$ мм)

б) На токарной операции с ЧПУ для установка А обрабатываются поверхности 3-6 и для установка Б обрабатываются поверхности 11-16. Для черновой обработки выбираем резец по каталогу режущих инструментов [12] с СМП марки ISCAR DCLNL2020K12, который изображен на рисунке 3.11. Пластину выбираем CNMM-120408 из материала TC40PT, которая изображена на рисунке 3.12.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

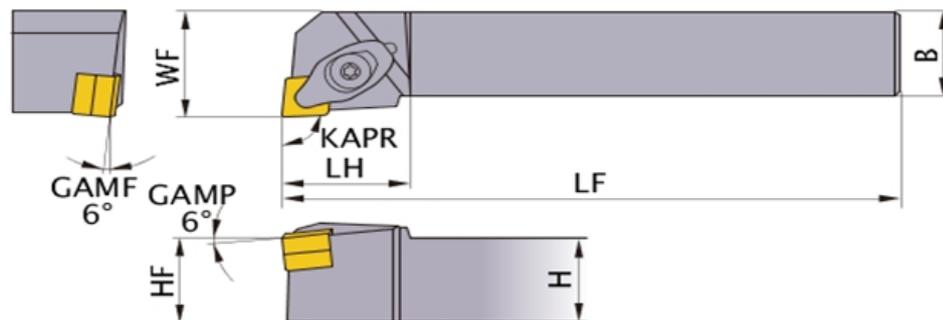


Рисунок 3.11 – Резец ISCAR DCLNL2020K12 ($B=20$ мм; $KAPR=95^\circ$; $LF=125$ мм; $LH=29$ мм; $WF=25$ мм; $H=20$ мм; $HF=20$ мм)

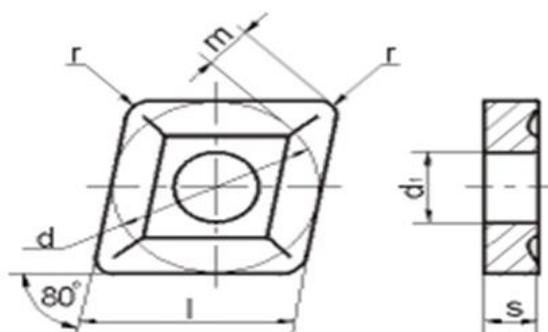


Рисунок 3.12 – Пластина CNMM-120408 ($L=12,9$ мм; $d=12,7$ мм; $d1=5,16$ мм; $s=4,76$ мм; $r = 0,8$ мм)

в) Для чистовой обработки поверхностей для установка А обрабатываются поверхности 3-6 и для установка Б поверхности 11-16, используем резец, выбранный по каталогу режущих инструментов [12] фирмы ISCAR PDJNL 2020 K15-04, изображенный на рисунке 3.13, пластину применяем DNMG 150402 PF из материала AP10AT, изображенный на рисунке 3.14.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						88
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

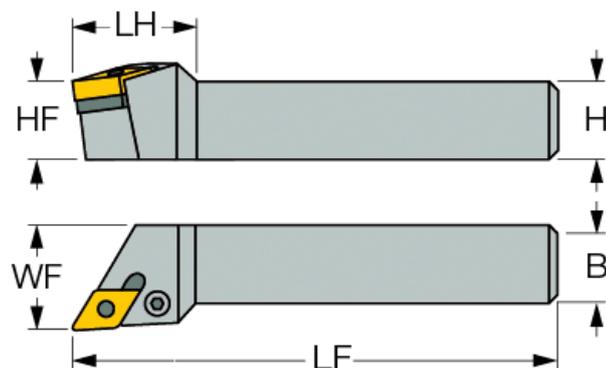


Рисунок 3.13 – Резец фирмы ISCAR PDJNL 2020 K15-04 (WF = 25 мм; B = 20 мм; H = 20мм; LF = 125 мм; LH = 34 мм; HF = 20 мм)

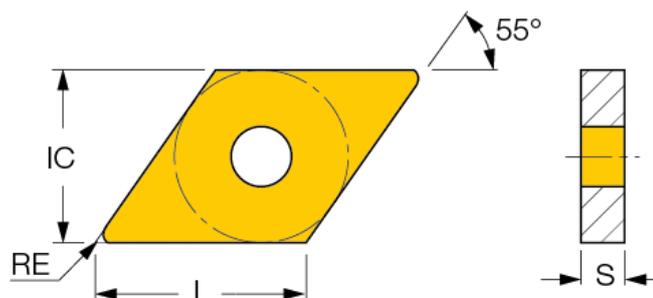


Рисунок 3.14 – Пластина DNMG 150402 PF (L = 15,5 мм; S = 4,76 мм; IC = 12,7 мм; d1 = 5,16 мм; RE = 0.2 мм)

г) Для фрезерования паза 7 шириной 7 мм, воспользуемся концевой фрезой фирмы SANDVIK 1P330-0700-ХА из сплава 1620 (рисунок 3.15). Инструмент выбирается по каталогу цельных режущих инструментов [13].

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

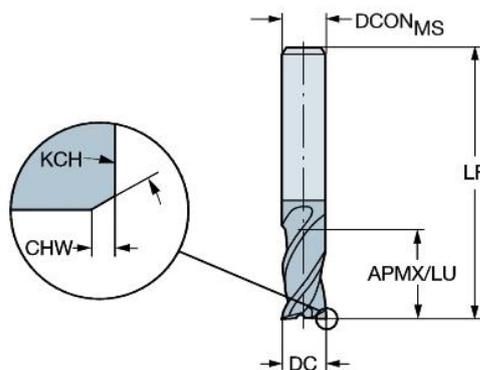


Рисунок 3.15 – Торцевая фреза SANDVIK 1P330-0700-XA ($DC = 7$ мм, $DCON = 8$ мм, $APMX = LU = 13$ мм, $LF = 63$ мм, $CHW = 0,1$ мм; $KCH = 45^\circ$)

д) Для обработки торцевой канавки 9 для установка А и для обработки установка Б канавки 18 используем торцевой резец левый фирмы SANDVIK LF125G12-2020B-034B (рисунок 3.16), пластину выбираем той же фирмы N123G2-0300-0003-GM из сплава 2135 (рисунок 3.17). Режущие инструменты выбираются по электронному каталогу [14].

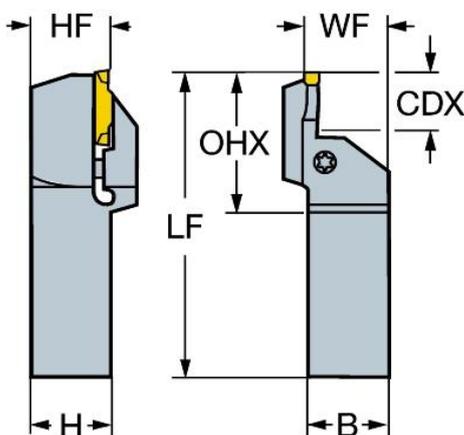


Рисунок 3.16 – Державка резца фирмы SANDVIK LF125G12-2020B-034B ($B = 20$ мм; $H = 20$ мм; $LF = 125$ мм; $WF = 21$ мм; $HF = 20$ мм; $CDX = 12$ мм; $OHX = 32$ мм)

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						90
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

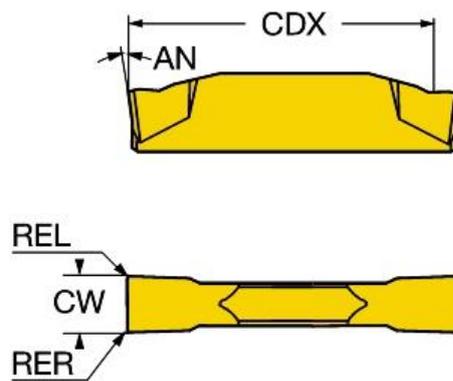


Рисунок 3.17 – Пластина N123G2-0300-0003-GM ($CW = 3$ мм; $REL = RER = 0,30$ мм; $CDX = 18,2$ мм; $AN = 7^\circ$)

е) Для растачивания отверстий 8 и 10 воспользуемся сверлом фирмы KENNAMETAL GOdrill, со сплавом KC7325 для отверстия диаметром 15 мм (рисунок 3.18), сверло выбирается по электронному каталогу [15], и для сверления отверстия диаметром 8 мм на длину 67 мм по электронному каталогу [13], используем сверло марки SANDVIK 460.1-0800-060A1-XM GC34 (рисунок 3.19).

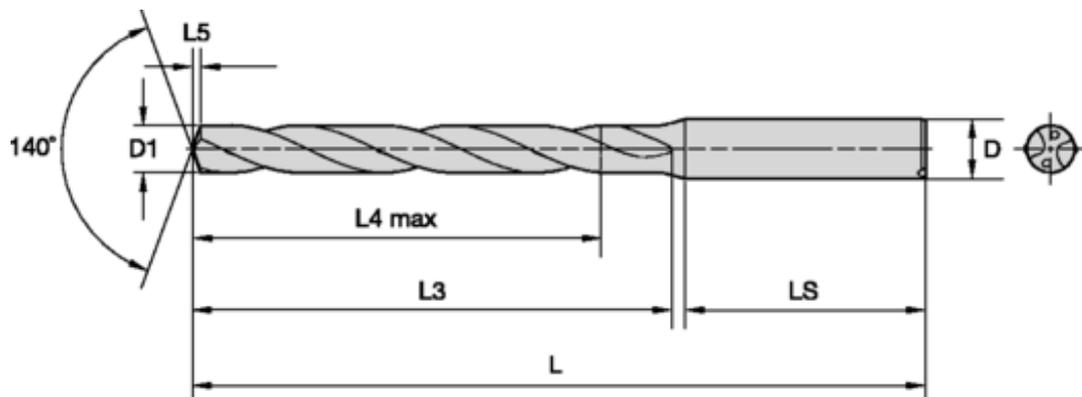


Рисунок 3.18 – Цельное твердосплавное сверло фирмы KENNAMETAL GOdrill серии BO51A15000CPG ($D1 = 15$ мм, $L = 115$ мм, $L3 = 65$ мм, $L4max = 45$ мм, $L5 = 2,6$ мм, $Ls = 48$ мм, $D = 16$ мм)

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						91
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

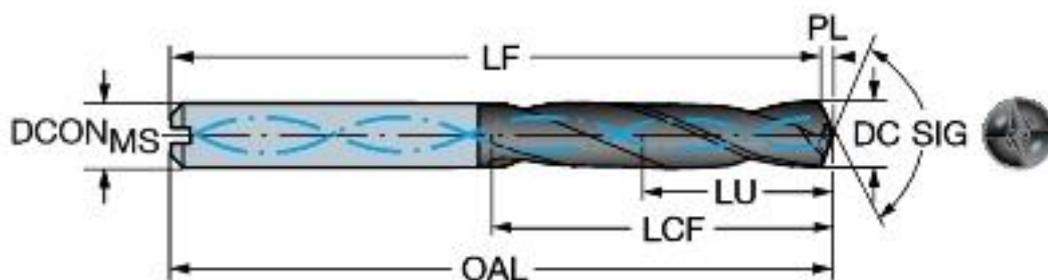


Рисунок 3.19 – Твердосплавное сверло марки SANDVIK 460.1-0800-060A1-XM GC34 (DC = DCON = 8 мм; LU = 70 мм; LF = 124,8 мм; PL = 1,2 мм; LCF = 84 мм; OAL = 126 мм; SIG = 140°)

ж) Для обработки поверхности 19 шпоночного паза используем фрезу для пазов сегментных шпонок фирмы NOVTOOL Фреза 2234-0163 артикул – 7806683 ГОСТ 6648-79 «Фрезы для пазов сегментных шпонок» – рисунок 3.20.

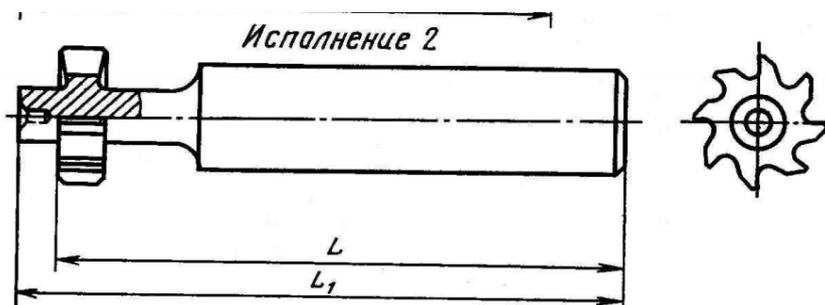


Рисунок 3.20 – Фреза 2234-0163 ГОСТ 6648-79 (исполнение - 2, d = 20,5 мм; l = 5 мм, L = 56 мм; L1 = 60 мм; l1 = 40 мм; d1 = 10 мм; c = 0,16 мм)

з) Для сверления отверстий 20 и 21, воспользуемся сверлом фирмы KENNAMETAL GOdrill серии B05_CPG, со сплавом KC7325 (рисунок 3.18). При сверлении отверстия диаметром 3 мм выбираем сверло: серии B051A03000CPG (D1 = 3 мм, L = 62 мм, L3 = 20 мм, L4max = 14 мм, L5 = 0,5 мм, Ls = 36 мм, D = 6 мм), для отверстия диаметром 1 мм выбираем сверло: серии B051A01000CPG (D1 = 1 мм, L = 58 мм, L3 = 12 мм, L4max = 10 мм, L5 = 0,2 мм, Ls = 28 мм, D = 4 мм).

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

е) Для зенкования фаски в отверстии 22, используем устройства для снятия фаски зенковка системы KOPAL фирмы CHAMFERING модель 2-18, артикул 01W010B (рисунок 3.21).

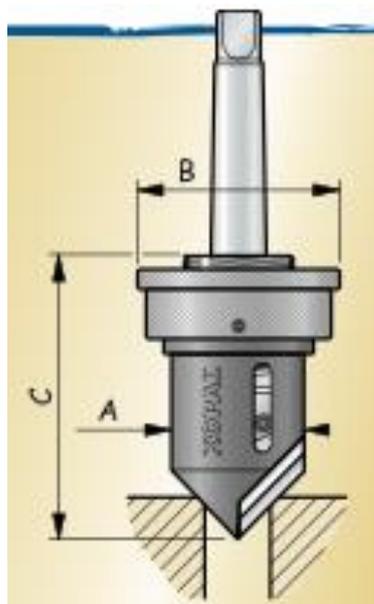


Рисунок 3.21 – зенковка системы KOPAL фирмы CHAMFERING модель 2-18, артикул 01W010B (A - диапазон диаметров 2...17 мм; хвостовик – цилиндрический диаметр 10 мм; B = 26 мм; C = 55 мм)

Для нарезания конических зубьев на поверхности 23 используем специальный режущий инструмент.

3.3 Проектирование и расчёт специального режущего инструмента

Зубострогальные резцы применяют для обработки прямозубых конических колес, имеющих модуль 0,3 – 20 мм. Нарезание зубьев производится на специальных зубострогальных станках, выбираем станок 5С276П. Описание расчёта приводится в справочнике [16].

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						93
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для нарезания зубьев на валу привода топливного насоса необходимо указать параметры нарезаемого зуба. Элементы зуба представлены ниже:

Внешний окружной модуль – $m = 3,5$ мм;

Число зубьев – $z = 36$;

Тип зубьев – прямой;

Угол профиля – $\alpha_n = 20^\circ$;

Высота зуба до хорды в измерительном сечении – $h_a = 2,82$ мм;

Внешняя высота зуба – $h_e = 6,3$ мм;

Угол разности – $3^\circ 01' 01''$;

Толщина зуба – $S_e = 5,49_{-0,11}^{-0,06}$;

Радиус закругления – $r_t = 1_{-0,3}$;

Межосевой угол – $E = 90^\circ$;

Угол делительного конуса – $\delta = 71^\circ 33' 54''$;

Угол конусности – $3^\circ 27' 10''$.

3.3.1 Материал и конструкция зубострогального резца

Обрабатываемый материал – Сталь 12ХН3А, $\sigma_b = 730$ МПа. Определяем материал резца – твёрдый сплав пластины Т5К10 для строгания получистовой и чистовой обработки легированных сталей. Преимущество такой пластины будет заключаться в том, что в состав сплава Т5К10 входит большое количество карбидных соединений на основании титана и вольфрама, в свою очередь это обеспечивает износостойкость сплава, в том числе при воздействии стружки во время обработки деталей и заготовок. В составе материала содержится 5% карбидов титана, что обеспечивает высокую прочность и устойчивость к динамическим воздействиям. Также в металле имеется 10% кобальта, что обеспечивает прочность, но снижает износостойкость. Остальная часть представлена карбидом вольфрама, гарантирующим твердость, тугоплавкость и

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						94
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

жаропрочность. Державку для резца выбираем из Ст40Х, данная сталь подходит, так как имеет достаточно высокую коррозионную стойкость, которая достигается при включении в состав хрома, а также высокие прочностные показатели – 217 МПа.

3.3.2 Конструкция резца

Зубострогальный резец показан на рисунке 3.22.

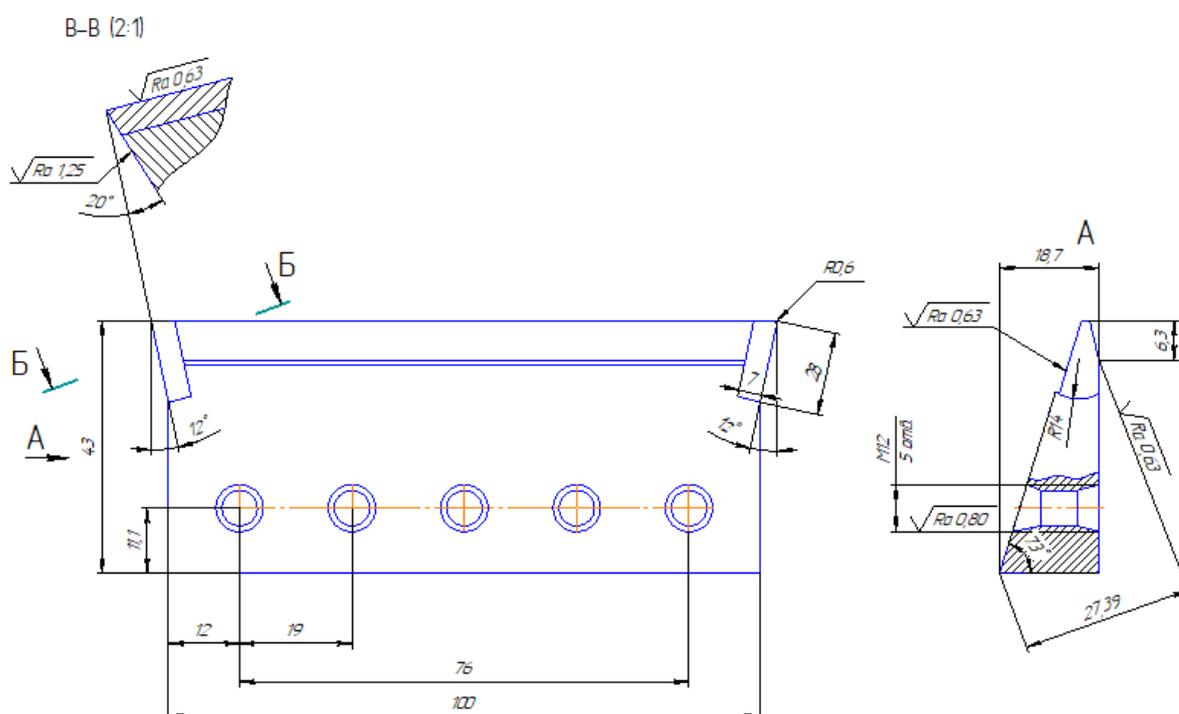


Рисунок 3.22 – Зубострогальный резец

Рабочая часть его делается в виде зуба прямобочной асимметричной рейки высотой. Расчёт производится по формуле (30):

$$h_z = 3 \cdot m, \text{ мм}, \quad (30)$$

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

где m – внешний окружной модуль зуба, мм.

$$h_z = 3 \cdot 3,5 = 10,5 \text{ мм.}$$

Зажимная часть резца выполняется в виде клина с углом 73° .

Размеры резцов для разной модели приведены в ГОСТ 5392-80 «Резцы зубострогальные для прямозубых конических колес». Для модуля $m = 3,5$ мм выбираем 3 тип резцов (нарезания колес модулем $m = 1 \dots 10$ мм). Резцы по ГОСТ имеют следующие параметры: длина $L = 100$ мм; высота $H = 43$ мм.

Величина C – является постоянной для всех типов станка, она определяет положение режущей кромки относительно опорного клина, изменяется от зависимости угла зацепления и равна при $\alpha = 20^\circ$, $C = 27,39$.

Толщина резца на вершине рассчитывается по формуле (31):

$$S_b = 0,4 \cdot m \text{ мм,} \quad (31)$$

$$S_b = 0,4 \cdot 3,5 = 1,4 \text{ мм.}$$

Толщина резца B зависит от толщины зуба нарезаемого колеса по окружности начального конуса и находится по формуле (32):

$$B = \frac{C}{\cos \alpha_1} - (H - h_u) \tan \alpha_1 \text{ мм,} \quad (32)$$

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						96
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где C – постоянная величина, определяющая положение режущей кромки относительно опорного клина;

α_1 – угол профиля резца в плоскости, перпендикулярной к основанию, град;

H – высота резца, мм;

h_u – толщина зуба, выбирается по ГОСТ 5392 – 80, $h_u = 6,3$ мм.

$$B = \frac{27,39}{\cos 20} - (43 - 6,3) \tan 20 = 67,132 - 48,43 = 18,7 \text{ мм.}$$

Радиус при вершине принимается в пределах радиального зазора. Расчёт проводим по формуле (33):

$$r = 0,25 \cdot m, \text{ мм,} \quad (33)$$

$$r = 0,25 \cdot 3,5 = 0,875 \text{ мм.}$$

3.3.3 Геометрия зубострогального резца

Передний угол для вершинной режущей кромки равен нулю. Это кромка вспомогательная, но наиболее нагруженная по условиям резания. Создание другого переднего угла конструктивно сложно.

Передний угол у резцов в плоскости, нормальной к главной режущей кромки $\gamma_n = 20^\circ$.

Задний угол α_b в рабочем положении резца принимается равным 12° . При установке на станке резец занимает наклонное положение, как показано на рисунке

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						97
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

28. Угол профиля резца в плоскости $\alpha = 20^\circ$. Задний угол в сечении, нормальном к главной режущей кромке определяется по формуле (34):

$$\tan \alpha_n = \tan \alpha_b \cdot \sin \alpha, \quad (34)$$

где α_b – задний угол в рабочем положении резца, град;

α – угол профиля резца в плоскости, град.

$$\tan \alpha_n = \tan 12^\circ \cdot \sin 20^\circ = -0,580,$$

$$\alpha_n = 4^\circ 10'.$$

Резцы перетачиваются по передней поверхности и их профиль, при переточке, сохраняется постоянным.

3.3.4 Углы профиля зубострогального резца

Если исходить из того, что колесо должно быть нарезано с углом зацепления α_0 , то при такой установке резца угол профиля по режущей кромке равняется (35):

$$\tan \alpha = \tan \alpha_0 \cdot \cos \varepsilon, \quad (35)$$

где $\varepsilon = 4^\circ$ – угол ножки зуба колеса;

$\alpha_0 = 20^\circ$ – угол зацепления.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						98
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\tan \alpha = \tan 20^\circ \cdot \cos 4^\circ = -1,462,$$

$$\alpha = 19^\circ 54' 16''.$$

Угол профиля резца в нормальном сечении α_1 к основанию определяется из соотношения (36):

$$\tan \alpha_1 = \frac{\tan \alpha}{\cos \alpha_B}, \quad (36)$$

где $\alpha_B = 12^\circ$ – задний угол в рабочем положении резца;

α – угол профиля по режущей кромки, град.

$$\tan \alpha_1 = \frac{\tan 19^\circ 54' 16''}{\cos 12} = 0,978,$$

$$\alpha = 20^\circ 21' 58''.$$

Для крепления в резцедержателе станка на резцах имеются крепежные отверстия с резьбой, с помощью винтов происходит закрепление. В проектирование данного резца, будем использовать пять резьбовых отверстий М12.

3.4 Проектирование и расчёт схвата промышленного робота

Все промышленные роботы имеют “руку”, которую называют манипулятором, механизмы для захвата и подачи предмета обработки и средства обработки. Схватом называется механическое захватное устройство (ЗУ), представляющее собой механизм, удерживающий объект посредством зажима

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						99
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

рабочими элементами при их перемещении двигателем. Классификация ЗУ представлена на рисунке 3.24.

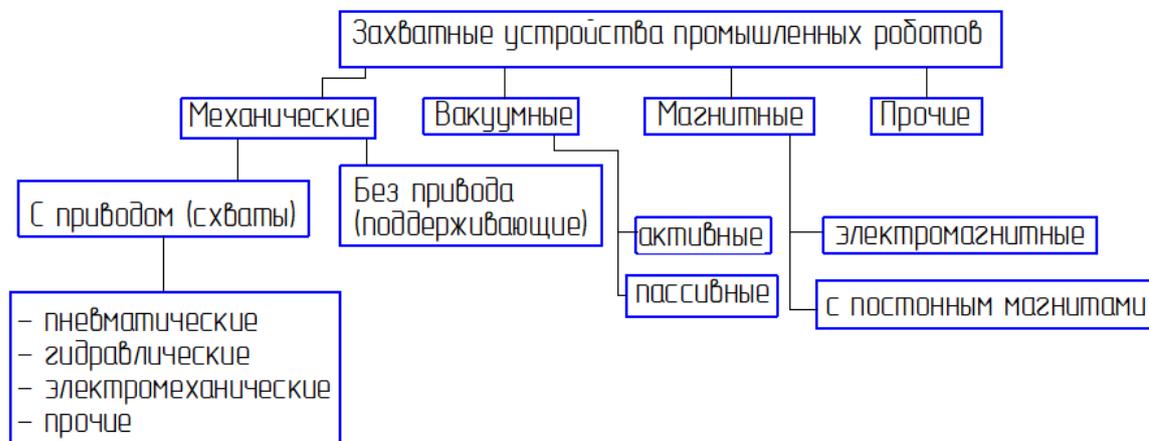


Рисунок 3.24 – Классификация захватных устройств промышленных роботов

Основными техническими характеристиками захватных устройств всех типов являются: номинальная грузоподъемность, усилие захватывания, предельно допустимые значения приложенных сил и моментов по осям системы координат захватного устройства, время захватывания и время отпускания, масса, габаритные размеры, показатели надежности.

Наиболее подходящим вариантом для заданной детали «Валик привода топливного насоса» массой 1,783 кг является унифицированное захватное устройство, предназначенное для деталей типа вал, с центрирующим схватом, в таких схватах должно обеспечиваться одновременное перемещение всех губок по направлению к центру. По числу рабочих позиций: однопозиционной, с пневмоприводом (использующий сетевой сжатый воздух с давлением 0,4 Мпа, такой тип привода применяют для закрепления объектов массой до 10 кг). По рабочему диапазону размеров схват будет выбран узкодиапазонный. Схват способен к удержанию объектов в ограниченном диапазоне размеров захватываемых поверхностей. Такие схваты используются для сокращения времени переналадки

для перехода на другой закрепляемый объект. Принятая схема схвата приведена на рисунке 3.25. Данная схема рычажного типа обеспечивает поступательное перемещение губок, точное центрирование, а также самая технологичная.

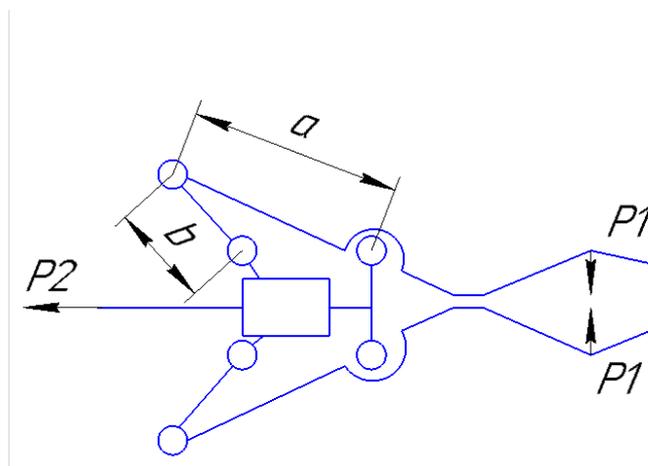


Рисунок 3.25 – Кинематическая схема, выбранного типа ЗУ

Расчет захватного устройства проводим, основываясь на учебное пособие [17].

Определим требуемое усилие для удержания транспортированной детали при вертикальном линейном перемещении по формуле (37):

$$P_1 = \frac{K \cdot m \cdot g}{f} \cdot \left(1 + \frac{a_B}{g}\right) \text{ Н}, \quad (37)$$

где m – масса детали, кг;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

K – коэффициент запаса, принимаем $K = 2$;

f – коэффициент трения губок, $f = 0,2$;

a_B – ускорение вертикального движения, м/с^2 .

Ускорение вертикального движения найдем по формуле (38):

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						101
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$a_B = \frac{V_{max}^B}{\Delta t} \text{ м/с}^2, \quad (38)$$

где V_{max}^B – скорость подъёма вертикального перемещения максимальная, $V_{max}^B = 0,6 \text{ м/с}$;

Δt – время разгона, $\Delta t = 0,2 \text{ с}$.

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

$$P_1 = \frac{2 \cdot 1,783 \cdot 10}{0,2} \left(1 + \frac{3}{9,81} \right) = 232,82 \text{ Н}.$$

При горизонтальном линейном перемещении требуемое усилие зажима определяется по формуле (39):

$$P_1 = m \cdot g \cdot \left(\frac{K}{f} + \frac{a_{\Gamma}}{g} \cdot \tan \alpha \right) \text{ Н}, \quad (39)$$

где a_{Γ} – ускорение горизонтального перемещения, м/с^2 ;

α – угол центрирующих губок, $\alpha = 60^\circ$.

Ускорение горизонтального перемещения находим по формуле (40):

$$a_{\Gamma} = \frac{V_{max}^{\Gamma}}{\Delta t} \text{ м/с}^2, \quad (40)$$

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						102
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где V_{max}^{Γ} – скорость подъёма горизонтального перемещения максимальная, $V_{max}^{\Gamma} = 0,8 \text{ м/с}$;

Δt – время разгона, $\Delta t = 0,2 \text{ с}$.

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

$$P_1 = 1,78 \cdot 10 \cdot \left(\frac{2}{0,2} + \frac{4}{9,81} \cdot \tan 60 \right) = 180,62 \text{ Н.}$$

Найдём требуемое усилие зажима при вращении в горизонтальной плоскости по формуле (41):

$$P_1 = m \cdot g \cdot \left(\frac{K}{f} + \frac{\omega^2}{g} \cdot R \cdot \tan \alpha + \frac{\varepsilon}{g} \cdot R \right) \text{ Н,} \quad (41)$$

где R – длина вылета руки робота, $R = 2,8 \text{ м}$;

ω – угловая скорость вращения ЗУ, $\omega = 1,57 \text{ с}^{-1}$;

ε – угловое ускорение поворота ЗУ, с^{-2} .

Угловое ускорение найдем по формуле (42) и подставим в формулу (41) для определения требуемого усилия.

$$\varepsilon = \frac{\omega}{\Delta t} \text{ с}^{-2}, \quad (42)$$

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

$$P_1 = 1,783 \cdot 10 \cdot \left(\frac{2}{0,2} + \frac{1,57^2}{9,81} \cdot 1,6 + \frac{7,85}{9,81} \cdot 1,6 \right) = 208,3 \text{ Н.}$$

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						103
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Потребное усилие зажима при торможении в горизонтальной плоскости, вертикальной и при вращении в горизонтальной плоскости найдем по формуле (43):

$$P_t = G \cdot \left[\frac{K}{f} \left(1 + \frac{a_B}{g} \right) + \frac{1}{g} (a_r \cdot \tan \alpha + \omega^2 \cdot R \cdot \tan \alpha + \varepsilon \cdot R) \right] \text{ Н}, \quad (43)$$

$$P_t = 17,83 \left[\frac{2}{0,2} \left(1 + \frac{3}{9,81} \right) + \frac{1}{9,81} (4 \cdot \text{tg}60^\circ + 1,57^2 \cdot 1,6 \cdot \text{tg}60^\circ + 7,85 \cdot 1,6) \right] =$$

$$= 260,27 \text{ Н}.$$

Выбираем максимальное усилие зажима $P_1 = 260,27 \text{ Н}$ и произведём перерасчёт требуемой силы в штоке реакция на губку захвата, по формуле (44):

$$P_2 = \frac{2 \cdot P_1 \cdot b \cdot \tan \alpha}{a} \text{ Н}, \quad (44)$$

где a, b – длины рычагов (берём конструктивно $a = 0,12 \text{ мм}$, $b = 0,05 \text{ мм}$).

$$P_2 = \frac{2 \cdot 260,27 \cdot 0,05 \cdot \tan 60}{0,12} = 375,66 \text{ Н}.$$

Дальнейший расчёт будем вести относительно этой силы. Определим необходимые размеры для пневмоцилиндра. Произведём расчёт минимального диаметра пневмоцилиндра. Пользуясь значением этой силы, рассчитаем минимальный диаметр пневмоцилиндра по формуле (45):

$$D = \sqrt{\frac{4P_2}{\pi \cdot p}} \text{ мм}, \quad (45)$$

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						104
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где P_2 – тяговое усилие пневмоцилиндра, Н;

p – давление воздуха в пневмосистеме, $p = 0,63$ Мпа.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 375,66}{0,63 \cdot 3,14}} = 27,56 \text{ мм.}$$

По ГОСТ 15608-81 «Пневмоцилиндры поршневые» выбираем необходимые размеры и давление в пневмоцилиндре. Силе $P = 375,66$ Н соответствует пневмоцилиндр диаметром 32 мм и диаметром штока 12 мм, при давлении в пневмосистеме равной 0,63 МПа. Такой цилиндр выдаёт силу на штоке в 390 Н, что с запасом окупает наши требования, следовательно, D принимаем равным 32 мм. Эскиз схвата промышленного робота представлен на рисунке 3.26.

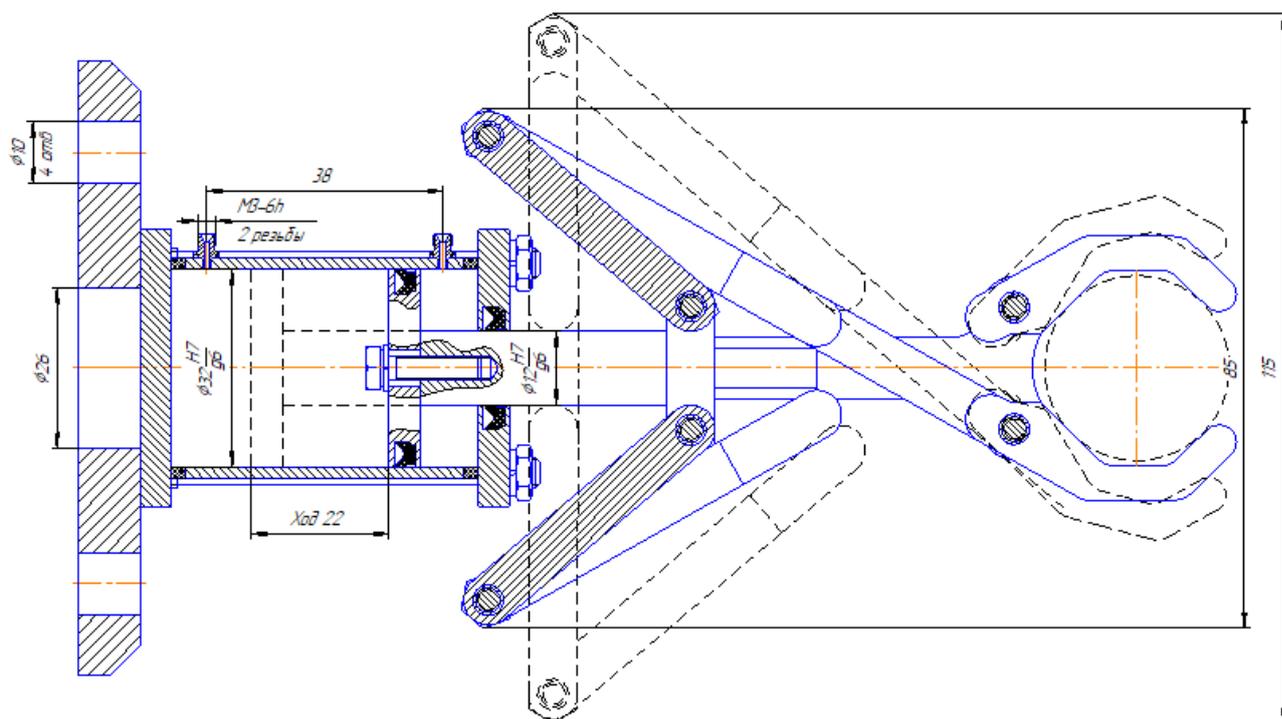


Рисунок 3.26 – Схват промышленного робота

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		105

Принцип работы конструкции схвата

При подаче воздуха в пневмоцилиндр шток перемещается вправо, губки за счет движения рычагов, зажимают деталь. На рисунке 3.27 показано сжатое состояние губок, то есть, когда воздух подали в правую камеру пневмоцилиндра. Для разжатия детали необходимо создать разность давления в пневмоцилиндре. На рисунке 3.28 разжатое состояние, когда воздух подали в левую камеру.

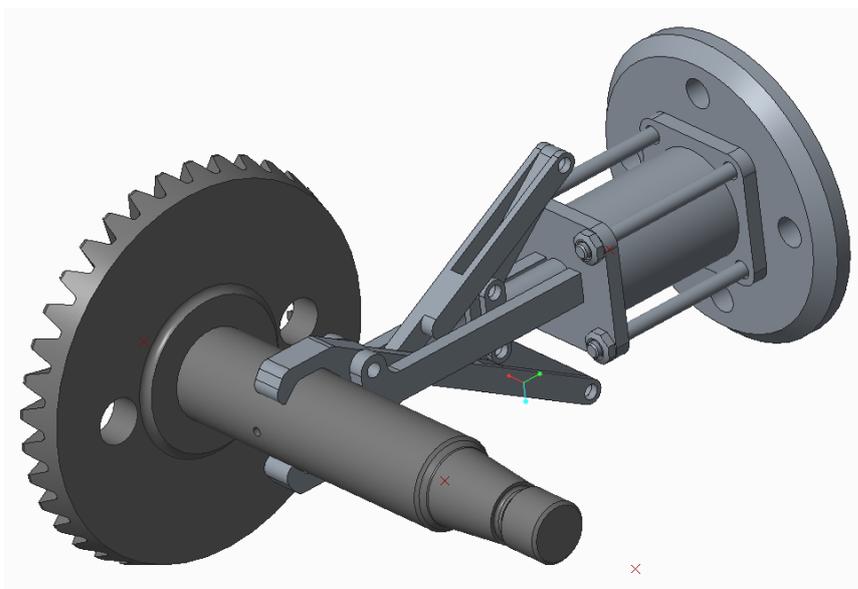


Рисунок 3.27 – Сжатое состояние губок

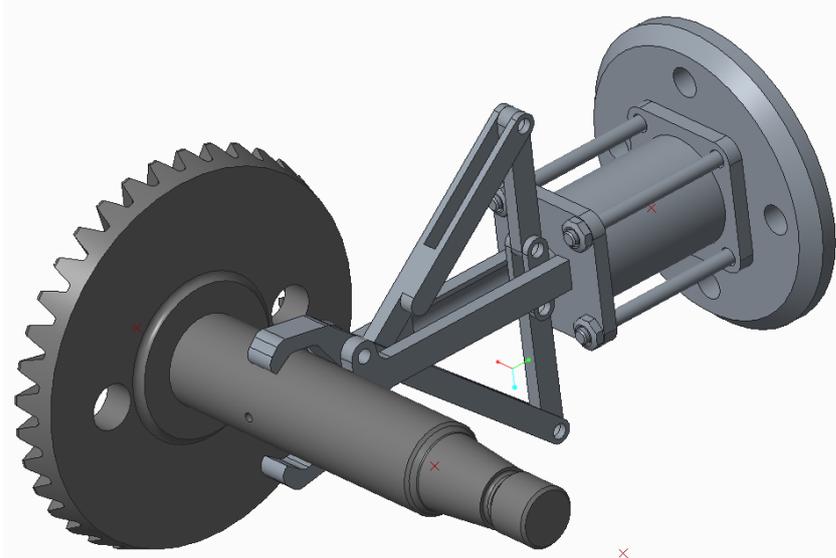


Рисунок 3.28 – Разжатое состояние губок

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР

Лист

106

3.5 Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля

Для контроля наружных линейных, диаметральных размеров на промежуточной контрольной операции используется цифровой штангенциркуль 0-200 мм Inforce 06-11-40. Цена деления составляет 0,01 мм, погрешность измерений составляет 0,03 мм. Преимущество заключается в том, что полученные размеры выводятся на дисплей, что исключает множество неточностей в измерении. Штангенциркуль изображен на рисунке 3.38.

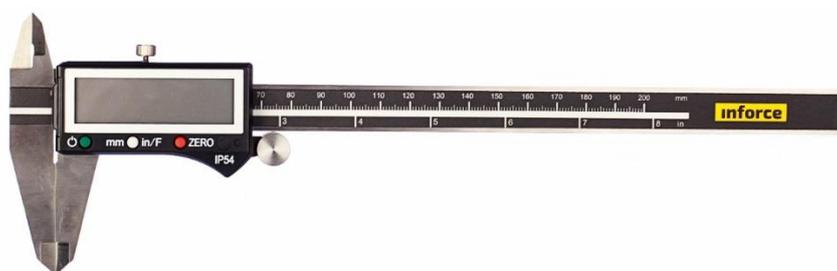


Рисунок 3.38 – Штангенциркуль 0-200 мм Inforce 06-11-40

Для замеров внутренних размеров отверстий используем прецизионный индикаторный двухточечный нутромер Mitutoyo 526-152-1 ГОСТ 868-82 «Нутромеры индикаторные с ценой деления 0,01 мм» Bore Gauge с циферблатным индикатором № 2109 SB – 10. Индикаторный нутромер идеально подходит для измерения отверстий малого диаметра.

Прецизионные индикаторные нутромеры предназначены для быстрого и точного измерения диаметров отверстий 0,95 – 18 мм (для детали «Валик привода топливного насоса» подходит для всех внутренних отверстий). Цена деления составляет 0,001 мм, глубина измерения до 32 мм, погрешность составляет 0,004 мм. Индикатор представлен на рисунке 3.39.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						107
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 3.39 – Прецизионный индикаторный двухточечный нутромер Mitutoyo 526-152-1 Bore Gauge с циферблатным индикатором № 2109 SB – 10

Для контактных измерений на КИМ, контроль будет проводиться с помощью индуктивного щупа фирмы MAHR, который представлен на рисунке 3.40. Наконечник устанавливается в муфте и поворачивается на 280° , что обеспечивает легкое позиционирование. Наконечник с эвольвентным профилем (в базовой комплектации) автоматически корректирует ошибку косинуса, когда палец наклонен под углом до 20 градусов.



Рисунок 3.40 – Индуктивный щуп MILLIMAR ENE-2052

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		108

В качестве контрольно – измерительной машины, для проведение окончательной контрольной операции будет использоваться зубоизмерительная машина MarGear GMX 275W (рисунок 3.41).

Характеристика:

Страна – Германия;

Максимальная нагрузка детали 180 кг, максимальная высота детали 700 мм. максимальный диаметр измерения 275 мм; класс точности 1 для измерения зубьев.

Максимально-допустимый диапазон измерений по осям X/Y/Z, мм: 505 405 405.

Преимущества: простое совмещение измерения зубчатых венцов с задачами измерения погрешностей формы и расположения. Активна система виброгащения.



Рисунок 2.41 – Зубоизмерительная машина MarGear GMX 275W

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		109

Выводы по разделу три

Для проектного технологического варианта изготовления детали «Валик привода топливного насоса» выбрана револьверная головка, с возможностью устанавливать одновременно 12 режущих инструментов. На комплексной операции с ЧПУ это дает преимущество при обработке детали, так как все необходимые инструменты будут заранее установлены в головку, что обеспечить экономию времени на смену инструмента. Составлена схема выбора инструментальной оснастки под каждый режущий инструмент для фиксации в револьверной головке.

Подобраны новые высокопроизводительные инструменты, резцы выбраны со сменной многогранной пластиной, а осевые инструменты оснащены твердым сплавом. По сравнению с действующими предложенными инструментами по ГОСТу, выбранные будут более эффективны применяться при высоких скоростях резания, а также долговечнее в эксплуатации.

Для нарезания прямозубых конических зубьев спроектирован специальный режущий инструмент – зубострогальный резец. Выбран твердый сплав пластины Т5К10 для строгания получистовой и чистовой обработки легированных сталей.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						110
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

4.1 Анализ возможных направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали

Целью автоматизации технологического процесса является повышение производительности, качества и надежности изготавливаемых изделий. С целью получения наибольшей информации о возможности полной или частичной автоматизации проведем анализ проектного варианта технологического процесса, учитывая нижеперечисленные факторы.

Технологический процесс детали «Валик привода топливного насоса» предусматривает специальную зубострогальную операцию и слесарную операцию. В выбранном варианте обработки подобраны оборудования, которые могут работать с высокой концентрацией переходов. Проведенный анализ возможности автоматизации показал, что проектный вариант технологического процесса обработки детали «Валик привода топливного насоса» возможно автоматизировать. Присутствие человека необходимо на операции контроля.

Для автоматизации процесса можно использовать промышленного робота со схватом, который будет перемещать коробку с деталями со станка на участок слесарной обработки. Единичное перемещение детали нецелесообразно из-за ее небольших размеров.

4.2 Разработка структурной схемы гибкого производственного участка

Для дальнейшего определения числа подвижных транспортных механизмов АТСС, расчета времени перемещения заготовок, а так же определения более рационального размещения оборудования необходимо разработать маршрут движения заготовок при обработке на станках ГПС. Для этого осуществим планировку станочной и складской систем комплекса. Вариант расположения оборудования представлен на рисунке 4.1.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						111
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

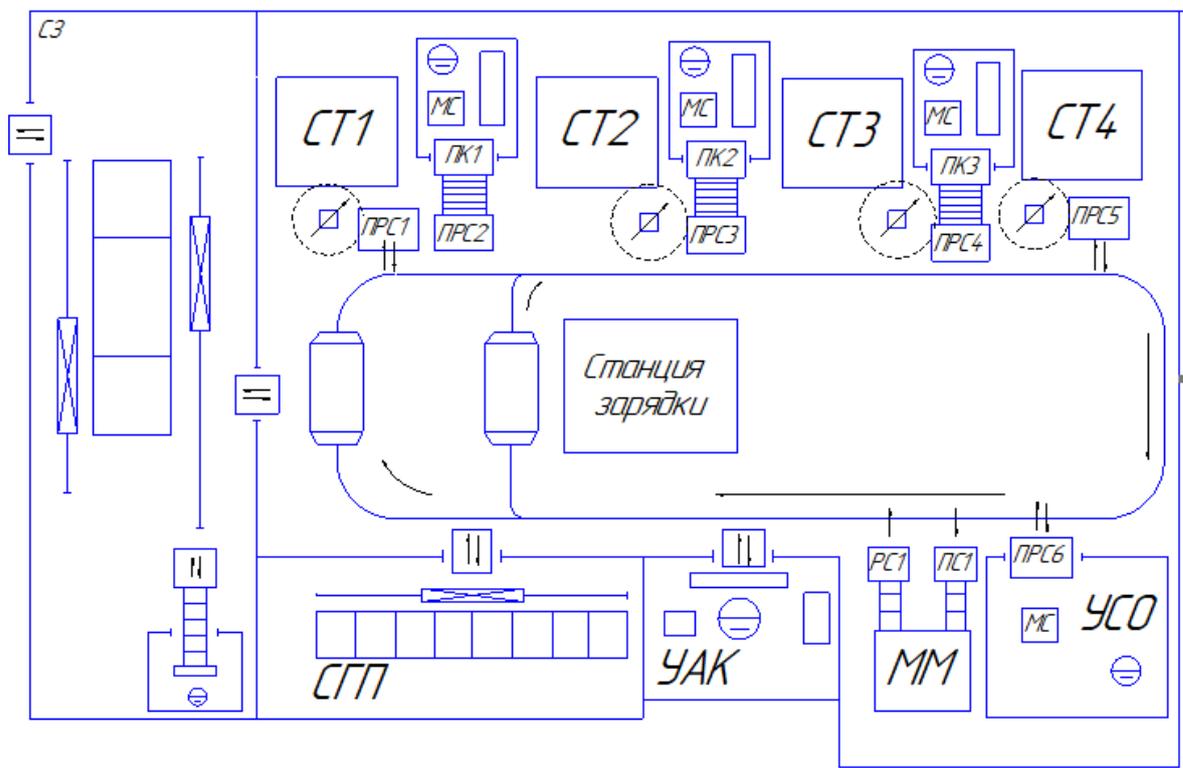


Рисунок 4.1 – Планировка механического цеха

Ориентировочные графы перемещений подвижных механизмов строятся на основе матриц перемещения и позволяют наглядно изобразить перемещения детали по ГАУ (рисунок 4.2).

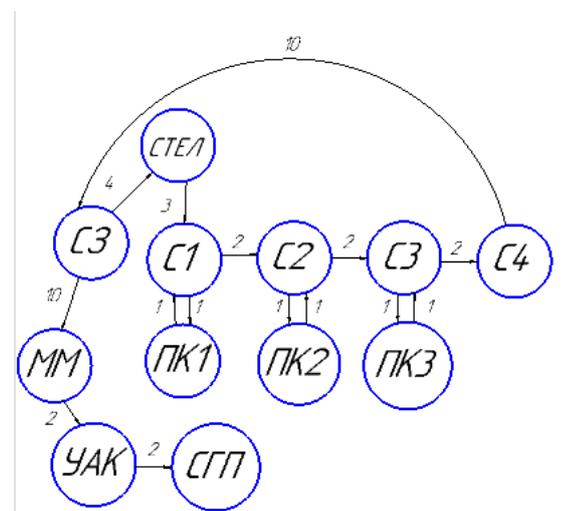


Рисунок 4.2 – Граф перемещений транспортного механизма

На данной схеме показано перемещение заготовок со склада заготовок краном – штабелером (стел) на робокар. Робокар перемещает заготовку на приемо-раздаточный стол заготовок (ПРС1), робот манипулятор (P1) устанавливает заготовку на станок (СТ1), после обработки снимает ее со станка и ставит на приемо-раздаточный стол (ПРС2), с которого каждая четвертая заготовка перемещается на промежуточный контроль (ПК1), далее робот манипулятор (P2) берет заготовку, устанавливает ее на станок (СТ2), после обработки снимает ее и ставит на приемо-раздаточный стол (ПРС3), с которого каждая четвертая заготовка перемещается на промежуточный контроль (ПК2), далее робот манипулятор (P3) берет заготовку, устанавливает ее на станок (СТ3), после обработки снимает ее и ставит на приемо-раздаточный стол (ПРС4), с которого каждая четвертая заготовка перемещается на промежуточный контроль (ПК3), далее робокар забирает заготовки с (ПРС4) и перемещает на склад для дальнейшей транспортировки в термический цех. Робокар отправляет заготовку на приемо-раздаточный стол (ПРС5), далее робот манипулятор (P4) берет заготовку, устанавливает ее на станок (СТ4) и забирает с приемо-раздаточного стола (ПРС5).

Далее робокар перемещает заготовку на приемо-раздаточный стол (ПРС6), с которого отправляется на участок слесарной обработки (УСО) и возвращается обратно на приемо-раздаточный стол (ПРС6). После этого робокар транспортирует заготовку на приемочный стол (ПС1) и с него по конвейеру поступает в моечную машину (ММ). Робокар забирает заготовки с раздаточного стола (РС1) и увозит на участок автоматизированного контроля (УАК). Далее робокар перемещает деталь на склад готовой продукции (СГП). Для выявления всех суммарных перемещений была составлена матрица ориентировочных перемещений подвижных механизмов АТСС (таблица 8).

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
						113
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Таблица 8 – Матрица передвижений подвижных механизмов АТС

Оборудован., к которому движется ТС	Оборудование, от которого движется ТС											
	СЗ	СТЕЛ	С1	ПК1	С2	ПК2	С3	ПК3	С4	ММ	УАК	СГП
	Расстояние, пройденное ТС, м											
СЗ									10			
СТЕЛ	4											
С1		3		1								
ПК1			1									
С2			2			1						
ПК2					1							
С3					2			1				
ПК3							1					
С4							2					
ММ	10											
УАК										2		
СГП											2	

Суммарное перемещение при такой компоновки ГПС равное 43 м.

4.3 Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы

В качестве вспомогательного оборудования применим промышленного робота. Промышленный робот — предназначенный для выполнения двигательных и управляющих функций в производственном процессе манипуляционный робот, т.е. автоматическое устройство, состоящее из манипулятора и перепрограммируемого устройства управления, которое формирует управляющие воздействия, задающие требуемые движения исполнительных органов манипулятора. Применяется для перемещения предметов производства и выполнения различных технологических операций.

Принимаем промышленный робот KUKA KR 16-3 (рисунок 4.3), грузоподъемностью: 16 кг и радиусом действия: 1,6 м. Робот KUKA KR 16 легко

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						114
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

настраивается для различных приложений и проектов. Он обладает средней грузоподъемностью и способен выполнять мощные и точные движения. Технические характеристики данного робота представлены в таблице 9.



Рисунок 4.3 – Промышленный робот KUKA KR 16-3

Таблица 9 – Технические характеристики промышленного робота KUKA KR 16-3

Специализация робота	Универсальный
Тип запястья	Классическое запястье
Число степеней свободы	6 осей
Радиус действия	1611 мм
Номинальная грузоподъемность	16 кг
Макс. грузоподъемность	46 кг
Точность (повторяемость)	$\pm 0,05$ мм
Вес манипулятора	235 кг
Площадь установки робота	500 мм \times 500 мм
Монтажное положение	На стене, полу, потолке
Привод	Пневматический
Страна производитель	Германия
Система управления	KR – C4

Промышленный робот выбран именно с грузоподъемностью 16 кг, так как масса детали составляет 1,8 кг, но на предприятие подбираются роботы не на одну деталь, а на несколько, так как это более практично и экономично. До диапазона 16 кг мы можем совершать перемещения малогабаритных заготовок для механической обработки, что является разумным решением.

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

Деталь «Валик привода топливного насоса» имеет поверхность для наружного захвата промышленным роботом (рисунок 4.4).

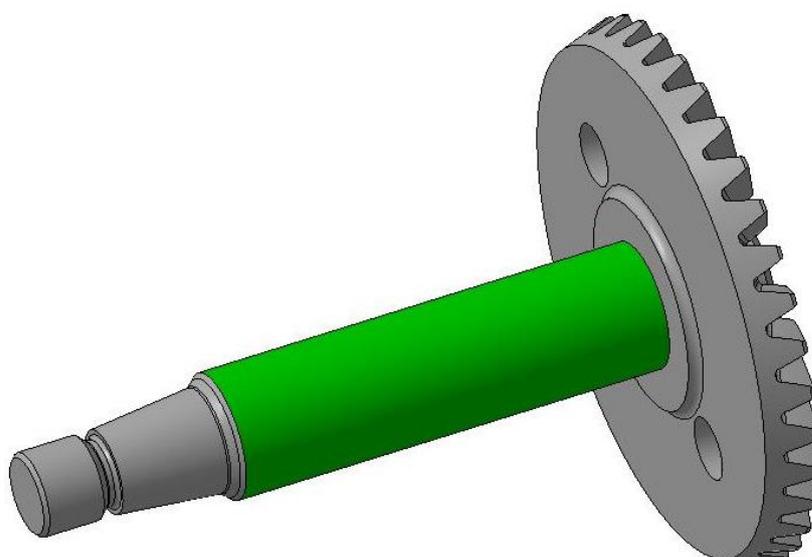


Рисунок 4.4 – Поверхности для захвата

Транспортная операция представляет собой перемещение заготовки или полуфабриката на специальном оборудовании робокар либо робот штабелер, для

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						116
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

точного перемещения и для того чтобы заготовка не упала с паллеты, для правильного захвата роботом заготовки, нужно базировать заготовку.

4.5 Анализ производительности автоматизированной системы

В процессе выполнения работы была разработана схема гибкого производственного участка для изготовления детали типа «Валик привода топливного насоса». Для автоматизации участка определены составы станочного и вспомогательного оборудования, а также разработана структура автоматизированной транспортно-складской системы (АТСС), автоматизированной системы уборки отходов (АСУО), система автоматизированного контроля (САК), участок подготовки производства (УПП). Данный комплекс решенных задач даёт максимальную производительность.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						117
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Вывод по разделу четыре

С целью автоматизации технологического процесса разработан вариант структурной схемы гибкого производственного участка. Спроектированный участок для обработок деталей типа «вал» оснащены подвижными транспортными механизмами, технологическое оборудование расположено по маршруту изготовления детали, что приводит к наименьшему времени перемещения заготовок. Детали на участке перемещаются при помощи робокара, а каждый участок механической обработки оснащен роботом манипулятором. Суммарное перемещения при такой компоновке составляет 43 м.

Автоматизация системы также включает в себя автоматизированную систему уборки отходов, систему автоматизированного контроля и данный комплекс автоматизации дает максимальную производительность.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						118
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5. ОРГАНИЗАЦИОННО – ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ

Расстановка оборудования осуществляется в порядке последовательности выполнения технологического процесса по кругу робокара. Транспортная система расположена в середине пролета. Ширина пролета колон составляет 18 метров, а шаг колонн 12 метров. Расстояние между станками применяются равными 1,5 метра.

На участке имеется кран грузоподъемностью 10 тонн для перемещения тяжеловесных грузов или станков. Около каждого станка располагаются конвейеры для удаления стружки со станка. Контрольное измерительное отделение располагается в конце участка перед складом готовой продукции.

В механическом отделение располагается медицинская аптечка, ящик с песком и средства пожаротушения, размещенный на пожарном стенде. В самом цеху есть медицинский пункт, и также около выхода располагаются пожарные стенды.

Заточное отделение и склад заготовок размещены в механическом отделение, это связано с удобством обслуживания. Высота вспомогательных отделений 5 метров.

Санузел располагается друг над другом на этажах. В случае возникновения пожара, гардеробная располагается возле выхода.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						119
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6. БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ

6.1 Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда

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

Для спроектированного техпроцесса предусматриваются следующие виды защиты:

а) ограничивающие, закрывающие доступ к опасным частям оборудования. Для этого используются кожухи, щиты. Ограждения должны быть достаточно прочными, надежно крепиться к фундаменту или частям машины;

б) сигнализирующие, окраска опасных частей оборудования в красный цвет;

в) у станков предусмотрены дверцы для защиты от разлетающейся стружки.

Проводятся также следующие организационные мероприятия:

а) инструктаж техники безопасности производится, как правило, во время приобретения профессионально и/или специального образования. Так же правила техники безопасности публикуются в соответствующих той или иной специальности учебных пособиях;

б) запрещение операторам ремонтировать электрооборудование;

в) применения средств индивидуальной защиты к которым относятся резиновые диэлектрические перчатки, галоши, коврики, изолирующие подставки.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						120
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6.2 Мероприятия по электробезопасности

На участке необходимо проводить следующие мероприятия по электробезопасности:

а) производится установка устройства защитного заземления, зануления и отключения;

б) допуск к обслуживанию электроустановок, возможен только лицам имеющим соответствующую квалификацию;

в) применять двойную изоляцию, состоящую из рабочей изоляции и дополнительной, повышающей надежность работы, то есть защищающей человека от поражения при повреждении изоляции;

г) разрешено применение тока только безопасного напряжения;

д) применения средств индивидуальной защиты к которым относятся резиновые диэлектрические перчатки, галоши, коврики, изолирующие подставки, монтерский инструмент с деревянными ручками и т.д

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						121
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы был разработан новый технологический процесс детали «Валик привода топливного насоса». Проектный вариант технологического процесса предусматривает упрощение производственного процесса, сокращение времени на обработку детали, использование меньшего количества инструментальной оснастки и отсутствие специальных станочных приспособлений. Технологический процесс унифицирован для деталей типа вал, а не для конкретной единицы изделия. Для автоматизации участка механической обработки используются станки с числовым программным управлением, роботы для перемещения деталей со станков и робокар для перемещения детали по участку, что затрагивает меньше человеческих факторов в производственном процессе.

Для проектного варианта был выбран наилучший способ получения заготовки в условиях крупносерийного производства. Такой способ получения заготовки поспособствовал снижению КИМ, что является очень важным фактором особенно в экономическом аспекте.

Так же была сформирована операционно – маршрутная технология, соответствующая правилам оформления конструкторской документации, произведён расчетно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса, рассчитаны режимы резания и нормы времени на все операции.

Таким образом, был разработан подробный проектный технологический процесс изготовления детали «Валик привода топливного насоса» и его оснащение.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						122
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 СТО ЮУрГУ 21-2008 Стандарт организации. Система управления качеством образовательных процессов. Курсовая и выпускная квалификационная работа. Требования к содержанию и оформлению/ составители: Т.И. Парубочная, Н.В. Сырейщикова, А.Е. Шевелев, Е.В. Шевелева. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 55с.

2 Анализ технологичности конструкции детали. Журнал и методические рекомендации к лабораторным работам / сост.: П.В. Шаламов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2017. – 18 с.

3 СТП ЮУрГУ 19 – 2003 Стандарт предприятия. Дипломная научноисследовательская работа студента. Структура и правила оформления/ составители: Т.В. Парубочная, Н.В. Сырейщикова, С.Д. Ваулин, В.Р. Гофман. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003. – 19 с.

4 Основы технологии машиностроения: учебное пособие/ В.Л. Кулыгин, И.А. Кулыгина – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 147 с.

5 Шамин, В. Ю. Теория и практика решения конструкторских и технологических размерных цепей Ч. 2 Учеб. пособие для студентов спец. 120100,120200: В 3 ч. В. Ю. Шамин; Челяб. гос. техн. ун-т, Каф. Технология машиностроения; ЮУрГУ. – Челябинск.

6 Каталоги, справочники, базы данных по металлообрабатывающему оборудованию. – <http://stanki-katalog.ru/index.htm>.

7 Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть II. Нормативы режимов резания: Издательство Экономика, 1990. – 472 с.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						123
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

8 Межотраслевые укрупнённые нормативы времени на работы, выполняемые на зубообрабатывающих станках. Н.А. Софинский. Москва 2003 – 145 с.

9 Балла, О.М. Обработка деталей на станках с ЧПУ. Оборудование. Оснастка. Технология / О.М. Балла. – М.: Лань, 2017. – 368 с.

10 Интернет каталог оснастки для ЧПУ станков. – <https://tme-osnastka.ru/>.

11 Инструменты REWOTEC Marktpassage. – <https://www.rewotec.at/HSS-Zentrierbohrer-DIN-333-Form-A>.

12 Комплексные решения для механической обработки. Токарная обработка. Каталог 2018. Метрическая система. ISCAR. – 622 с.

13 Электронный каталог. Цельный режущий инструмент. Sandvik Coromant. <https://www.sandvik.coromant.com/sitecollectiondocuments/downloads/global/brochures/ru-ru/c-1040-223.pdf>.

14 Каталог SANDVIK COROMANT 2015 Инструмент и оснастка для точения на станках. – <http://lab2u.ru/katalog-sandvik-coromant-2015-spetsialnyi-rezhushchii-instrument-i-instrumentalnaia-osnastka-dlia-metalloobrabatyvaiushchego-oborudovaniia-tekhnologicheskie-resheniia-vypolneniia-zadach-v-metalloobrabotke-produktsiia-kompanii-sandvik-shvetsiia-lab2u.html>.

15 Электронный каталог режущих инструментов. Kennametal. – <https://www.kennametal.com/ru/ru/home.html>.

16 Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. Т.1/ Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.

17 Попов Л.М. Схваты промышленных роботов: Учебное пособие для курсового проектирования. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2001. – 39 с.

					ЮУрГУ.150305.2020.575 ПЗ ВКР	Лист
						124
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		