

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой
_____ А.В.Бобровский
«__» _____ 2016г.

ЗАДАНИЕ

**на выполнение выпускной квалификационной работы
(уровень бакалавра)**

**направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»
профиль «Технология машиностроения»**

Студент Поясков Алексей Игорьевич _____ гр. МСб-1203

1. Тема Технологический процесс изготовления корпуса датчика угловых перемещений вертолета
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «__» _____ 2016 г.
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе годовая программа выпуска 5000 шт в год; режим работы участка – двухсменный
4. Содержание выпускной квалификационной работы (объем 40-60 с.)

Титульный лист.

Задание. Аннотация. Содержание.

Введение, цель работы

1) Описание исходных данных

2) Технологическая часть работы

3) Проектирование приспособления

4) Компьютерное моделирование

5) Описание графической части работы

6) Безопасность и экологичность технического объекта

7) Экономическая эффективность работы

Заключение. Список используемой литературы.

Приложения: технологическая документация

АННОТАЦИЯ

Проведен анализ существующего и разработан новый технологический процесс изготовления деталей «Корпус датчика угловых перемещений вертолета».

Спроектирована специальная технологическая оснастка – зажимные приспособления для фрезерной и электроэрозионной операций. Проведены все необходимые расчеты, обеспечивающие надежную работу спроектированного оборудования. Представлены сборочные чертежи и необходимые пояснительные схемы для спроектированного оборудования.

Приведено технико-экономическое обоснование проекта с определением экономического эффекта от внедрения разработанного технологического процесса.

Решены вопросы техники безопасности, проектирования производственной среды, охраны труда, промышленной санитарии, пожарной безопасности.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Описание исходных данных.....	5
1.1 Анализ исходных данных.....	5
1.2 Определение типа производства.....	10
2 Технологическая часть работы.....	11
2.1 Выбор заготовки и обоснование методов её изготовления.....	11
2.2 Определение последовательности выполнения технологических операций и выбор технологического оборудования.....	17
2.3 Выбор оборудования.....	22
2.4 Определение припусков на обработку.....	26
2.5 Схемы базирования.....	28
2.6 Выбор режущего инструмента.....	28
2.7 Расчет режимов резания.....	31
3 Проектирование приспособления	35
3.1 Проектирование приспособления для фрезерования паза.....	35
3.2 Проектирование приспособления для электроэрозионной операции.....	45
4 Компьютерное моделирование.....	50
5 Описание графической части работы	56
6 Безопасность и экологичность технического объекта	59
7 Экономическая эффективность работы	65
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	67
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	68
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	73
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	75

ВВЕДЕНИЕ

Целью бакалаврской работы является разработка технологического процесса изготовления деталей «Корпус датчика угловых перемещений вертолета» с применением станков с числовым программным управлением.

Деталь применяется в вертолетостроении, поэтому имеет повышенные требования к точности обработки. Использование для обработки детали современного оборудования с ЧПУ позволит существенно повысить производительность труда, значительно сократить количество операций, повысить качество выпускаемой продукции и снизить себестоимость изделия.

В результате выполнения бакалаврской работы необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ исходных данных;
- определить тип производства;
- выбрать заготовку и метод ее получения;
- определить последовательность выполнения технологических операций;
- выбрать технологическое оборудование;
- спроектировать специальные приспособления;
- выполнить компьютерное моделирование работы режущего инструмента.

1 Описание исходных данных

1.1 Анализ исходных данных

На заводе-изготовителе был получен чертеж детали «Корпус» (рисунок 1.1 - 1.10.), по которому в программном пакете «Компас» была построена 3D модель, которая показана на рисунке 1.1.

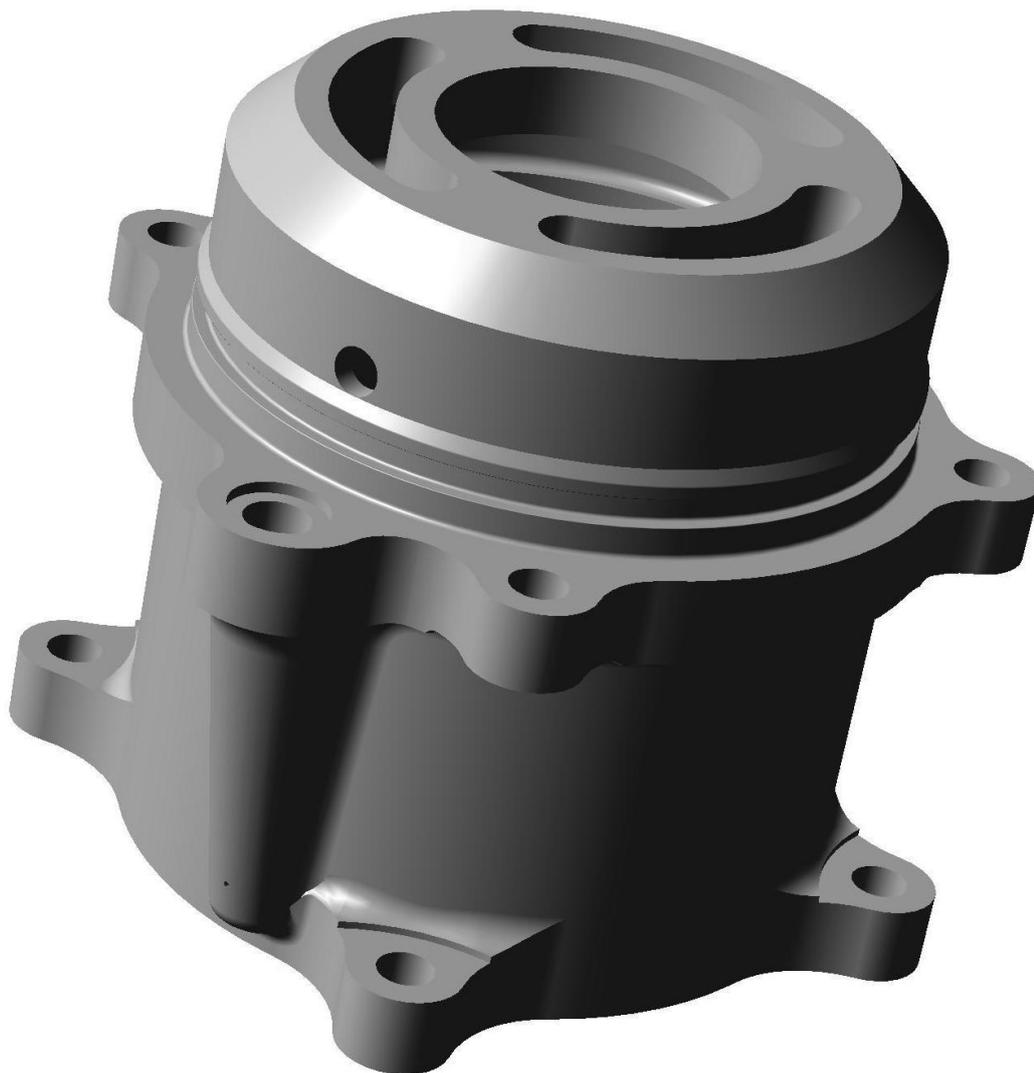


Рисунок 1.1 - 3D-модель детали «Корпус»

Вид сверху чертежа детали «Корпус» представлен на рисунке 1.2.

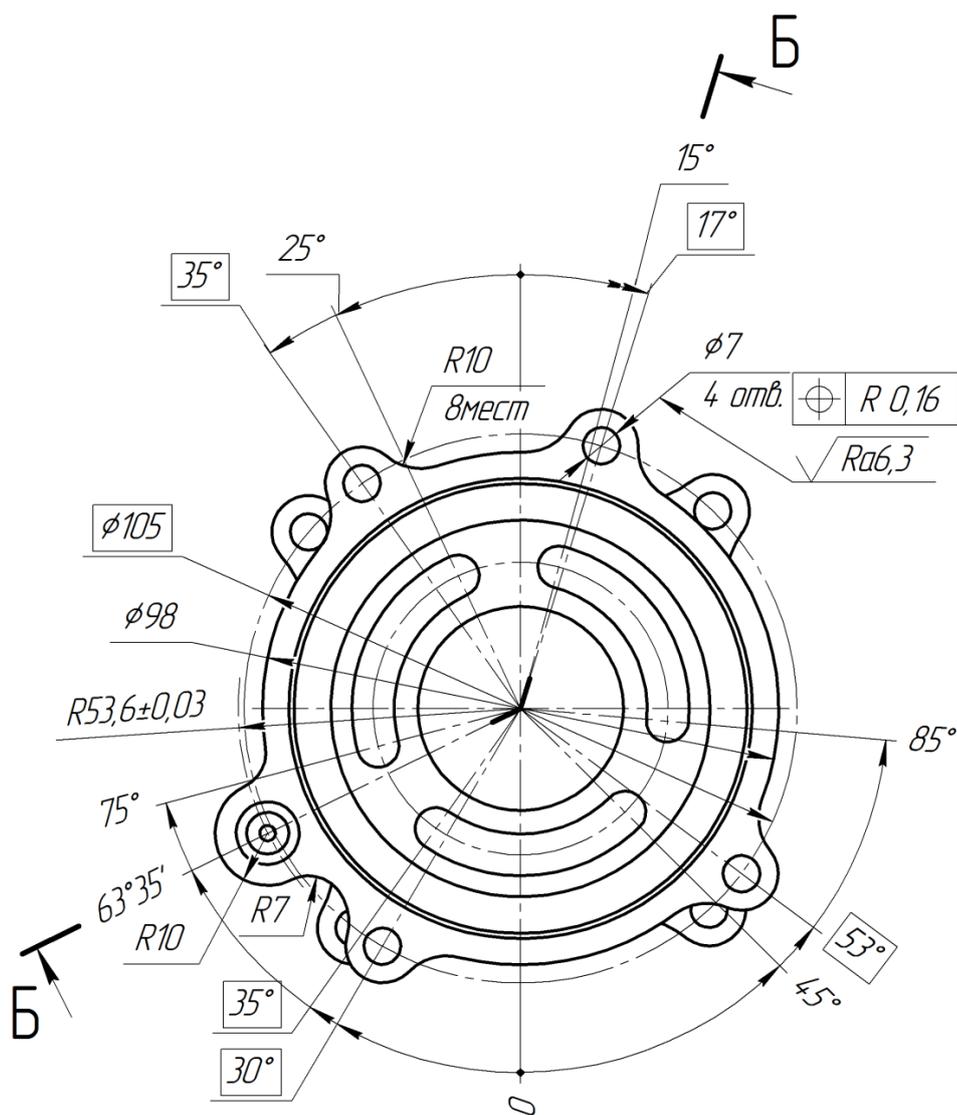


Рисунок - 1.2 Вид сверху детали «Корпус»

Разрез Б-Б представлен на рисунке 1.3.

Отверстие $\varnothing 80H12^{(+0,3)}$ на виде Б-Б будет технологической базой (зафиксирует положение оси детали) на фрезерной операции при фрезеровании радиальных пазов. Поэтому для обеспечения посадки H8/m7 ужесточаем отверстие до 8-го качества с шероховатостью Ra3,2. Отверстие будет выполняться на токарно-фрезерной операции.

Допуски формы и расположения поверхностей детали «Корпус» представлены в таблице 1.1.

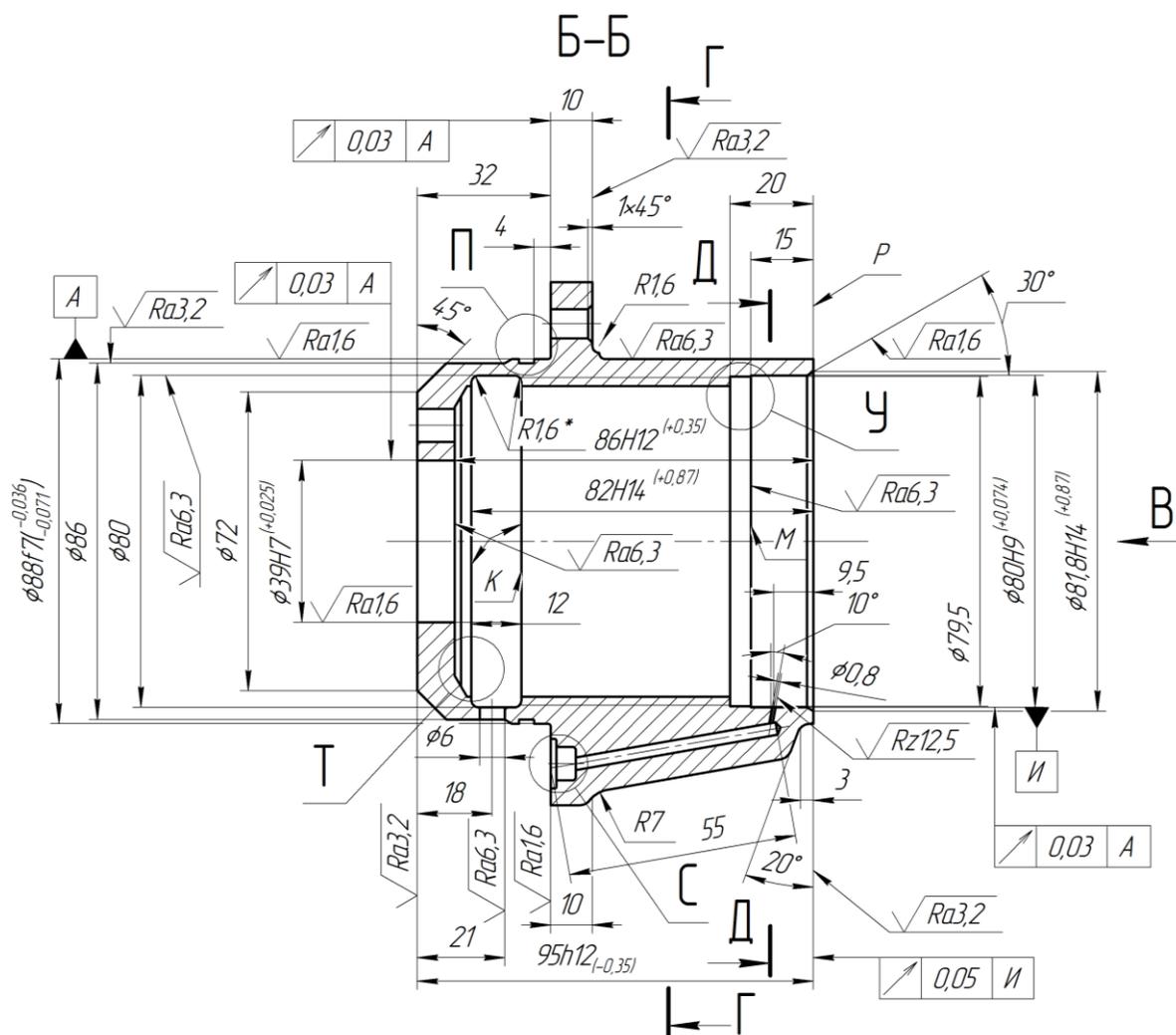


Рисунок 1.3 - Разрез Б-Б детали «Корпус»

Таблица 1.1 - Допуски формы и расположения поверхностей детали «Корпус»

База	Размер базы	Вид допуска	Поверхности контролируемые	Величина допуска
1	2	3	4	5
А	$\varnothing 88f7 \begin{matrix} (-0,036) \\ (-0,071) \end{matrix}$	Суммарный допуск радиального биения по ГОСТ 24642-81	$\varnothing 39H7 \begin{matrix} (+0,025) \end{matrix}$	0,03
			$\varnothing 80H12 \begin{matrix} (+0,3) \end{matrix}$	0,03
			$\varnothing 84,3h8 \begin{matrix} (-0,054) \end{matrix}$	0,05
			$32H8 \begin{matrix} (+0,039) \end{matrix}$	0,03
И	$\varnothing 80H12 \begin{matrix} (+0,3) \end{matrix}$	Суммарный допуск радиального биения по ГОСТ 24642-81	$95h12 \begin{matrix} (-0,35) \end{matrix}$	0,05
			$\varnothing 75H12 \begin{matrix} (+0,3) \end{matrix}$	0,05

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5
Ось детали	105	Позиционный допуск по ГОСТ 24642-81	$\varnothing 7H12^{(+0,15)}$	R0,16

Обозначение требований по точности, шероховатости, взаимном расположении поверхностей соответствует требованиям ЕСКД. Наиболее точным является $\varnothing 88f7^{(-0,036)}_{(-0,071)}$ с шероховатостью Ra 1,6. Твёрдость окончательной обработки не менее 70 НВ. Конфигурация детали обеспечивает свободный доступ режущего и мерительного инструмента. Деталь корпус имеет достаточную жёсткость ($L/d = 95/88$), что позволяет вести обработку на высоких режимах резания, это необходимо учесть при расчёте технологического процесса.

При разработке технологического процесса обработки необходимо обеспечить требования по форме и взаимному расположению поверхностей [1].

После анализа чертежа элементов конструкции детали «Корпус» выявлены следующие нетехнологические формы и взаимные расположения поверхностей:

1. Отверстие размером $\varnothing 3$, маленький диаметр отверстия. Для решения необходимо применять при сверлении этого отверстия свёрла малых диаметров производителя ISCAR.

2. Отверстие $\varnothing 3$ под углом 10° . Для решения необходимо фрезеровать площадку по нормали к оси отверстия, чтобы стабилизировать силы резания при врезании, чтобы исключить «увод» сверла. Токарно–фрезерный обрабатывающий центр, на котором будет сверлиться отверстие $\varnothing 3$, и углубление, расположенное на виде С ($\varnothing 12H11^{(+0,11)}$, $1,4H12^{(+0,1)}$, $\varnothing 8H12^{(+0,15)}$, $6H12^{(+0,3)}$) по программе позволит расфрезеровать эту площадку.

3. Длина отверстия $\varnothing 3$, которая составляет 55мм. Для решения необходимо применять циклы глубокого сверления при ЧПУ программировании сверления.

4. Отверстие $\varnothing 0,8$ является слишком маленьким диаметром отверстия. Для решения необходимо применять электро-эрозионный станок, т.е. отверстие выжигать.

5. Отверстие $\varnothing 0,8$ под углом 10° . Для решения необходимо применить специальную оправку, которая обеспечит данный угол.

6. Резьба восьмизаходная левая. Для решения необходимо применять левые резьбовые резцы, будем использовать от производителя ISCAR.

7. Фаски размером $1 \times 45^\circ$ на 8ми бобышках «закрты». Выполнить их можно только на слесарной операции, что увеличивает количество ручного труда. В среднесерийном производстве такое неприемлемо. Применим для механизации этой работы электрическую бор машинку с шарошкой.

Деталь «Корпус» изготавливается из материала АЛ32 (другое обозначение АК8М) ГОСТ 1585-93, который относится к алюминиевым литейным сплавам, отличается высокой герметичностью (она близка к сплаву АЛ2).

Алюминиевые сплавы характеризуется повышенными тепло- и электропроводностью, хорошей коррозионной стойкостью во многих агрессивных средах, что объясняется способностью алюминия на воздухе покрываться прочной оксидной пленкой Al_2O_3 , защищающей деталь от дальнейшего окисления [2].

Это высокопрочный сплав с хорошими литейными свойствами, применяемый для производства тонкостенных, крупногабаритных, сложных по конструкции герметичных деталей. Из сплава отливают всеми способами литья детали малой и средней нагруженности. Используется для изготовления фасонных отливок, для нагруженных деталей, например блоков цилиндров, головок блоков или других деталей автомобильных и других двигателей.

Высокие литейные и технологические свойства материала АЛ32 объясняются тем, что в него входит большое количество эвтектики. Благодаря

узкому интервалу кристаллизации обеспечивается плотная структура без рассеянной усадочной пористости. Большая скорость кристаллизации при литье способствуют получению метастабильной структуры при литье деталей. Это дает возможность упрочнять отливки путем искусственного старения без предварительной закалки.

Высокая теплопроводность материала Ал32 способствует быстрому отводу тепла из зоны резания со стружкой и в деталь, в результате чего температура резания обычно не превышает 250-400 °С. При таких температурах не происходит разупрочнение режущей кромки инструмента, что в сочетании с повышенной прочностью сплава предопределяет возможность его обработки на высоких скоростях резания.

Виды поставки, предлагаемые предприятиями (МосСталь, Металлпромресурс): лист, труба, шестигранник, круг, квадрат, проволока.

1.2 Определение типа производства

Тип производства – это классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объёма выпуска изделий [3].

На этапе проектирования тип производства можно определить исходя из объема выпуска и массы детали. Масса детали $m_d=0,495$ кг, годовой объем выпуска 5000 шт. Тогда, согласно [4], тип производства данной детали является среднесерийным. Тип производства влияет на построение технологических процессов изготовления изделий и организацию работы на предприятии.

2 Технологическая часть работы

2.1 Выбор заготовки и обоснование методов её изготовления

В данном случае, учитывая сложную форму детали, литейный материал, небольшую массу, большой объем выпуска, конструкторские технические требования, то наиболее рациональным способом получения заготовки является литьё по выплавляемым моделям с применением кварцевых огнеупорных материалов [21]. Технические возможности при этом способе литье детали «Корпус» показаны в таблице 2.1.

Мелкие отверстия $\varnothing 7$ (8шт.) и $\varnothing 6$ в отливке детали «Корпус» в значительной степени будут осложнять технологический процесс литья. Стержни для образования этих отверстий трудно будет изготовить прочными. Поверхность таких отверстий обычно имеет пригар, затрудняющий их дальнейшую обработку, поэтому выполнять эти отверстия не будем.

Таблица 2.1 - Технические возможности литья по выплавляемым моделям при литье детали «Корпус» с применением кварцевых огнеупорных материалов

Параметр	Значение	Деталь «Корпус»
Максимальная масса отливки, кг	30	0,5
Максимальный размер отливки, мм	1000	95
Минимальная толщина стенки, мм	1	9
Минимальный диаметр отверстия, мм	5	39
Литейный уклон, град	1,0-2,0	по ГОСТу 26645-85
Минимальный радиус скругления сопрягаемых стенок, мм	5	по ГОСТу 26645-85
Класс точности	3,0-5,0	6,0 по техническим требованиям чертежа
Класс шероховатости, Ra	4,0-6,0	6,3 по техническим требованиям чертежа
Припуск на обработку	0,2-0,7	по ГОСТу 26645-85
КИМ средний	0,91	—

Модель детали «Корпус» должна при формовке легко извлекаться из формы. Для проверки этого требования можно использовать метод теневого рельефа. Если на модель направить пучок параллельных лучей, перпендикулярных предполагаемой плоскости разъема формы, или стержневого ящика, то отсутствие теневых мест обеспечивает выполнение этого требования. На рисунке 2.1 приведены примеры такой проверки.

В местах скопления металла (выступы и бобышки детали «Корпус») – (рисунок 2.1), не смотря на моё стремление обеспечить равномерную величину прилива, металл в этих горячих узлах может медленнее затвердевать, или в них вследствие недостаточного питания в процессе затвердевания жидкого металла могут образовываться усадочные раковины и рыхлости. Поэтому в технических требованиях чертежа конструктора это предусмотрели пунктом 16, сказав, что «допускается заделка литейных дефектов в местах уплотнения шпатлёвкой ЭП-00-61 ТУ6-10-11ВИАМ-90».

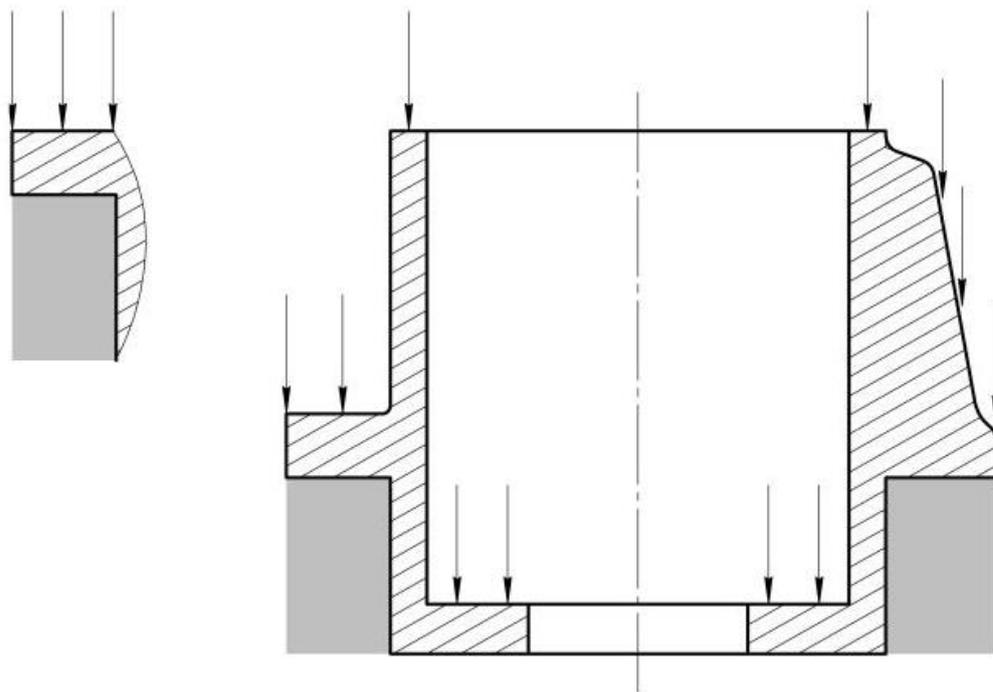


Рисунок 2.1- Схема метода теневого рельефа детали «Корпус»

Плоскость разъема формы будет проходить в начале тени, под бобышкой. Принципиальная схема проектной заготовки, приведена на рисунке 2.2.

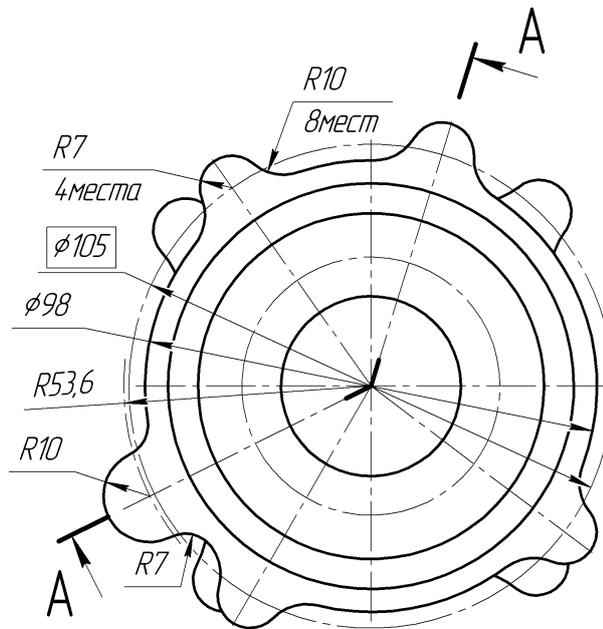


Рисунок 2.2 – Вид сверху принципиальной схемы заготовки

Разрез А–А принципиальной схемы заготовки представлен на рисунке 2.3.

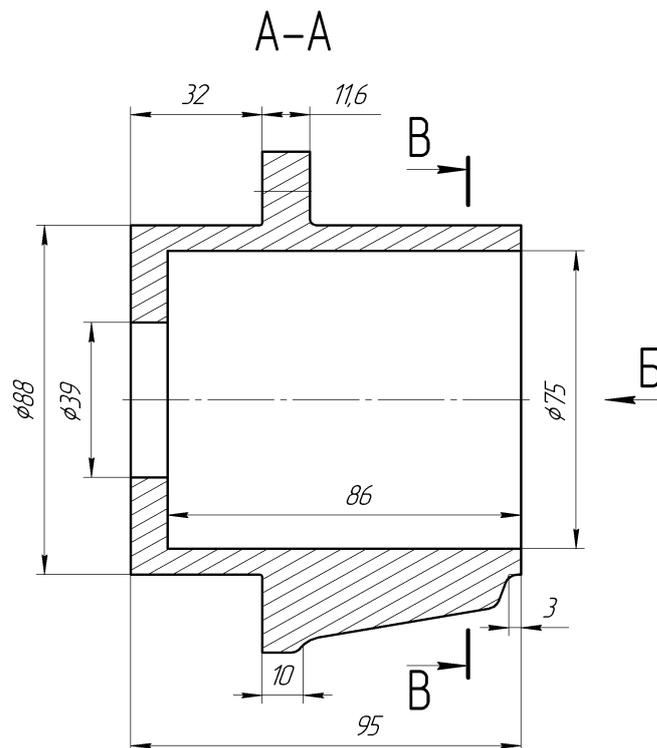


Рисунок 2.3 – Разрез А–А принципиальной схемы заготовки

Вид Б принципиальной схемы заготовки представлен на рисунке 2.4.

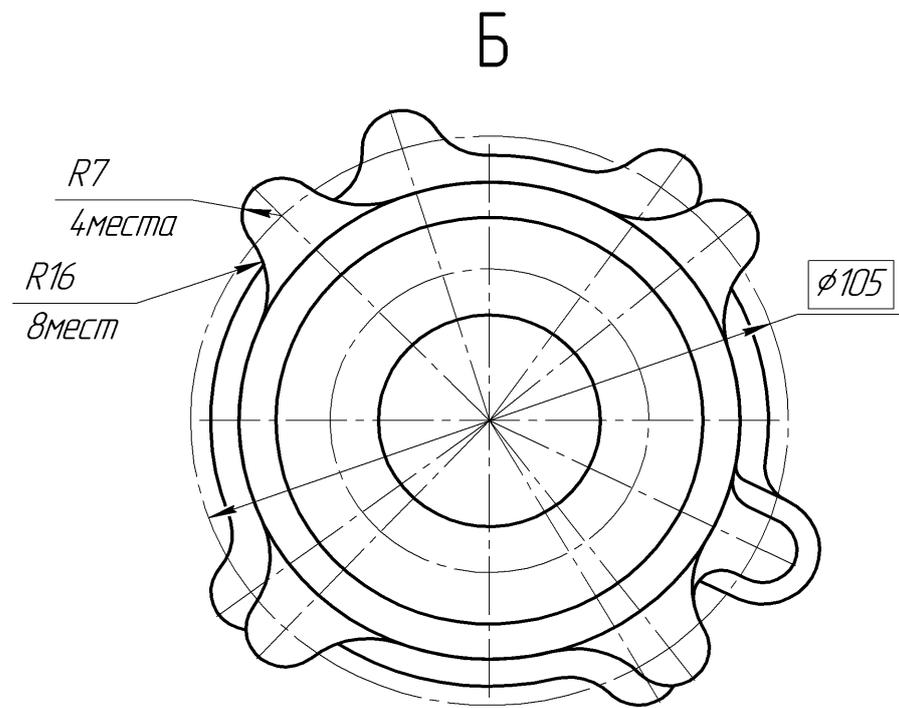


Рисунок 2.4 – Вид Б принципиальной схемы заготовки

Разрез В-В принципиальной схемы заготовки представлен на рисунке 2.5.

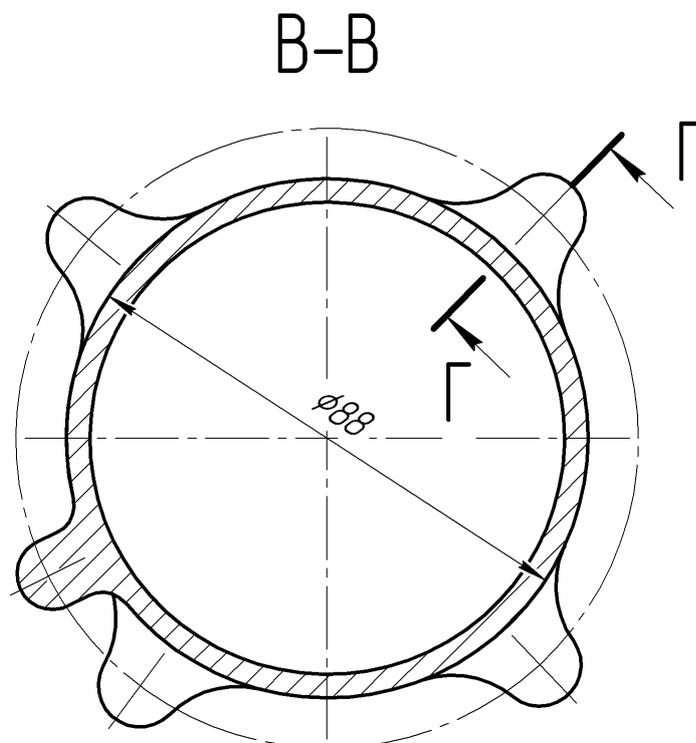


Рисунок 2.5 – Разрез В-В принципиальной схемы заготовки

Согласно ГОСТ 26645-85 были определены:

1. Класс размерной точности 4..8.
2. Степень коробления 3..6.
4. Степень точности поверхности 3..8.
5. Класс точности массы 3т..9.

Принимаем отливку с точностью 6–4–5–6 согласно ГОСТа 26645-85.

Соответствие между шероховатостью и степенью точности поверхности были определены, что соответствует 4-ому ряду припусков. Припуски на заготовку детали «Корпус» показаны в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Припуски и допуски на размеры заготовки детали «Корпус» согласно ГОСТа 26645-85

Номиналь- ный размер детали, мм	Допуск и граничные отклонения, мм		Припуск на механическую обработку (на сторону), мм	Полное значение припуска, мм	Номи- нальный размер отливки, мм	Угол формо- вочный, градус
Ø88	0,7	±0,35	1,4	2,8	Ø90,8	–
Ø39	0,56	±0,28	1,2	2,4	Ø36,6	–
Ø75	0,7	±0,35	1,3	2,6	Ø72,4	–
Ø98	0,7	±0,35	–	–	Ø98	–
R10	0,4	±0,2	–	–	R10	–
Ø88	0,7	±0,35	–	–	Ø88	–
R7	0,4	±0,2	–	–	R7	–
R53,6	0,64	±0,32	–	–	R53,6	–
95	0,7	±0,35	1,4	2,8	97,8	(63+32) 2° и 3°
32	0,56	±0,28	1,2	1,4–1,2 (1,4 с p-p 95)	32,2	3°
11,6 (p-p 10+ напуск 1,6)	0,44	±0,22	1,0	1,2 (1,2 с p-p 32)	12,8	4°
11,6 (p-p 10+ напуск 1,6)	0,44	±0,22	1,0	1,4 (1,4 с p-p 95)	13,0	4°
3	0,32	±0,16	0,8	1,4 (1,4 с p-p 95)	4,4	2° (p-p 95)
86	0,7	±0,35	1,4	1,4–1,4 (1,4 с p-p 95)	86	2°
10	0,42	±0,21	–	–	–	–

Заготовка детали «Корпус» приведена на рисунке 2.6.

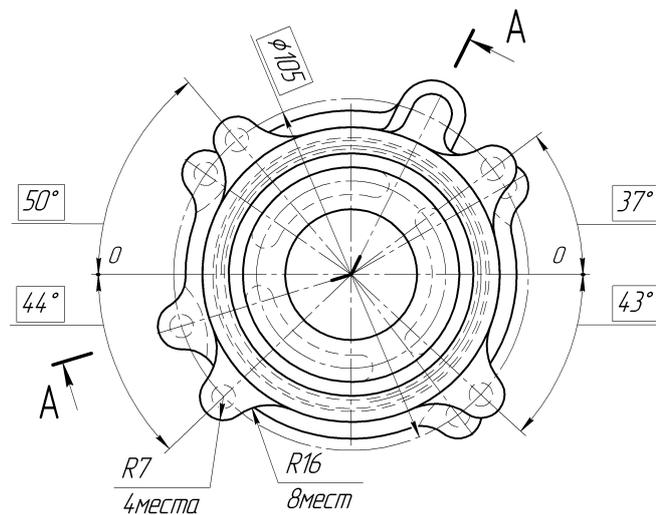


Рисунок 2.6 – Заготовка детали «Корпус»

Разрез А–А заготовки детали «Корпус» представлен на рисунке 2.7.

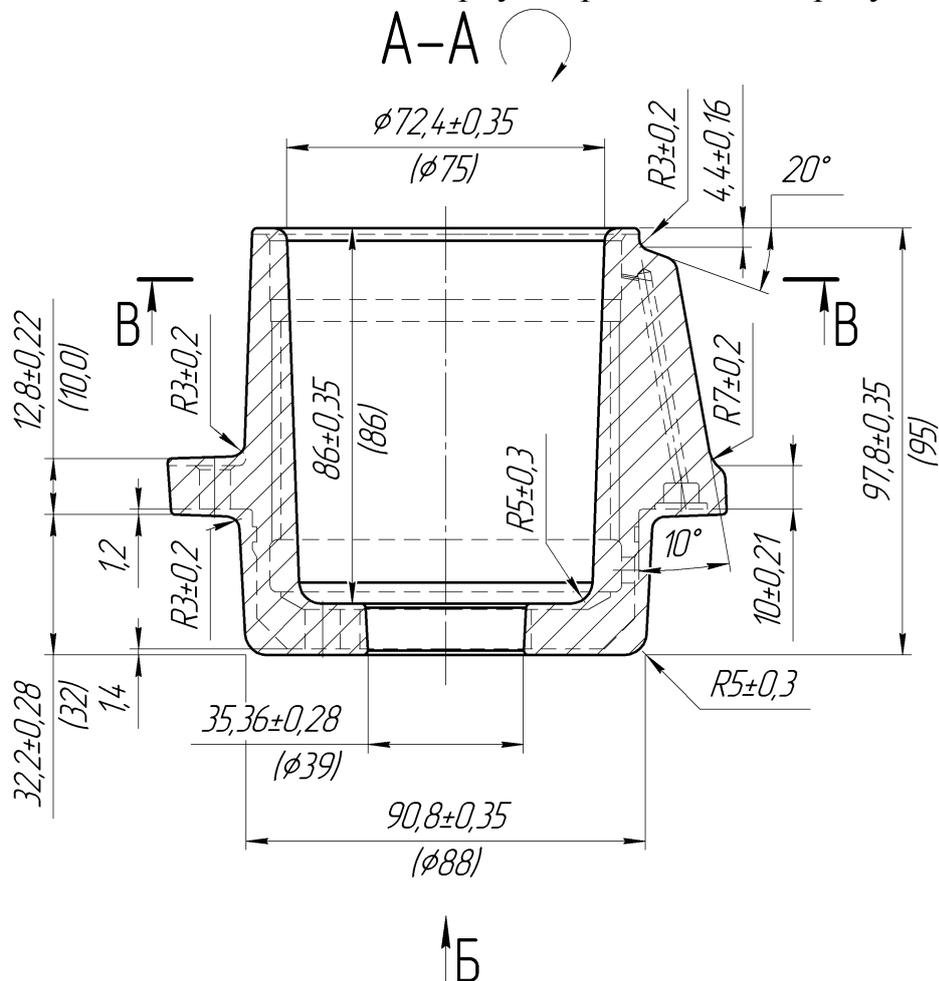


Рисунок 2.7 – Разрез А–А заготовки детали «Корпус»

Из-за сложности геометрической формы заготовки для расчёта её массы будем использовать функцию массово-центровочных характеристик

программного пакета «Компас». Для этого была построена 3D модель заготовки детали «Корпус», которая показана на рисунке 2.8.

Масса заготовки составляет 0,55кг.

Коэффициент использования материала [1]:

$$K_{им} = G_d / G_з, \quad (2.1)$$

где G_d – масса детали, г;

$G_з$ – масса заготовки, г.

$$K_{им2} = \frac{0,495}{0,55} = 0,9$$

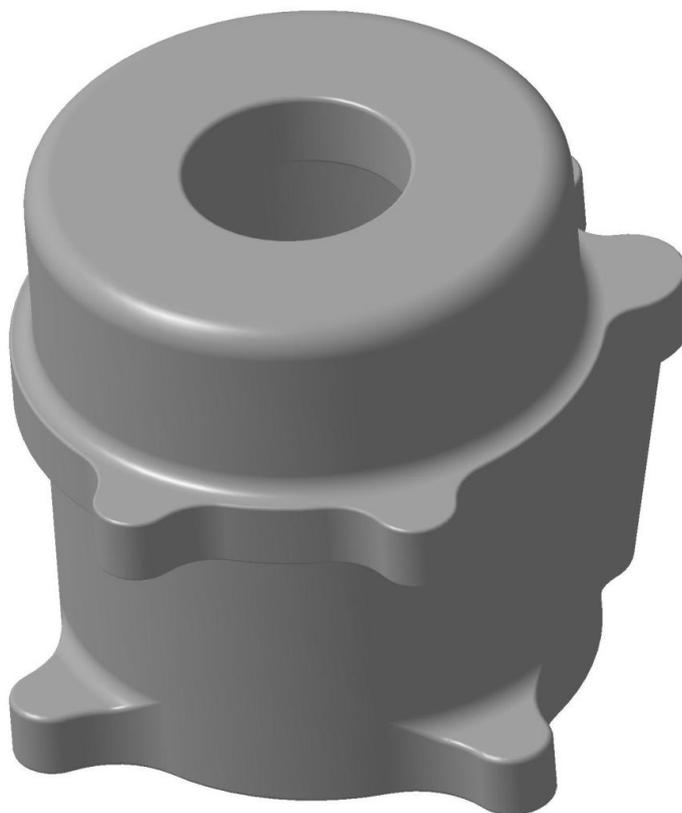


Рисунок 2.8 – 3D модель заготовки детали «Корпус»

2.2 Определение последовательности выполнения технологических операций и выбор технологического оборудования

Применяемые методы обработки зависят от требований, которые предъявляются к поверхностям деталей по точности, шероховатости и их

взаимному расположению [7]. Поверхности заготовки имеют шероховатость Ra6,3, поэтому при черновом точении или растачивании можно будет получить шероховатость не Ra12,5, а сразу Ra6,3. Для поверхностей детали, получаемых механообработкой или выжиганием, разрабатываем поэтапный маршрут обработки, результаты которого приводятся в таблице 2.3.

Проектирование технологических процессов начинается с разработки маршрута обработки детали на основании анализа типового или базового технологического процесса с учетом требований чертежа детали и программы выпуска [7]. В таблице 2.4 приведен маршрут обработки детали «Корпус».

Таблица 2.3– План обработки основных поверхностей детали «Корпус»

Поверхности детали	Чертежные требования к поверхности		Параметры поверхности после обработки		
	Точность	Шероховатость, мкм	Технологические переходы (операции)	Точность	Шероховатость, мкм
1	2	3	4	5	6
Ø88f7	f7 ($_{-0,071}^{-0,036}$)	Ra1,6	Черновое точение Получистовое точение Чистовое точение Тонкое точение	h12 h10 h8 f7	Ra6,3 Ra3,2 Ra2,0 Ra1,6
Ø86H12	H12 ($^{+0,35}$)	Ra3,2	Черновое растачивание	H12	Ra3,2
Ø80H12	H12 ($^{+0,3}$)	Ra6,3	Черновое растачивание	H12	Ra6,3
Ø72H14	H14 ($^{+0,74}$)	Ra6,3	Черновое растачивание	H14	Ra6,3
Ø39H7	H7 ($^{+0,025}$)	Ra1,6	Черновое растачивание Получист. растачивание Чистовое растачивание Тонкое растачивание	H12 H10 H8 H7	Ra6,3 Ra3,2 Ra2,0 Ra1,6

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6
Ø0,8H13	H13 (+0,14)	Rz12,5	Выжигание	H13	Rz12,5
Ø79,5H12	H12 (+0,3)	Ra6,3	Черновое расточивание	H12	Ra6,3
Ø80H9	H9 (+0,074)	Ra6,3	Черновое расточивание Получист. расточивание Чистовое расточивание	H12 H10 H9	Ra6,3 Ra6,3 Ra6,3
Ø81,8H14	H14 (+0,087)	Ra6,3	Черновое расточивание	H12	Ra6,3
Ø6H12	H12 (+0,12)	Ra6,3	Сверление Зенкерование	H13 H12	Ra12,5 Ra6,3
Ø84,3h8	h8 (-0,054)	Ra1,6	Черновое точение Получистовое точение Чистовое точение Тонкое точение	h12 h10 h9 h8	Ra6,3 Ra3,2 Ra2,0 Ra1,6
Ø75H9	H9 (+0,074)	Ra6,3	Черновое расточивание Получист. расточивание	H11 H9	Ra6,3 Ra6,3
Ø75H12	H12 (+0,3)	Ra6,3	Черновое расточивание	H12	Ra6,3
Ø70H12	H12 (+0,3)	Ra6,3	Черновое расточивание	H12	Ra6,3
Ø8H12	H12 (+0,15)	Ra6,3	Черновое фрезерован. Получист. фрезерован.	H13 H12	Ra12,5 Ra6,3
Ø7H12	H12 (+0,15)	Ra6,3	Сверление Зенкерование	H13 H12	Ra12,5 Ra6,3
Ø64H12	H12 (+0,3)	Ra6,3	Черновое фрезерован. Получист. фрезерование	H13 H12	Ra12,5 Ra6,3

Ø48H12	H12 ($_{-0,25}$)	Ra6,3	Черновое фрезерован. Получист. фрезерование	H13 H12	Ra12,5 Ra6,3
Ø7H12	H12 ($^{+0,15}$)	Ra6,3	Сверление Зенкерование	H13 H12	Ra12,5 Ra6,3
Ø12H11	H11 ($^{+0,11}$)	Ra1,6	Черновое фрезерован. Получист. фрезерование Чистовое фрезерование	H13 H12 H11	Ra12,5 Ra6,3 Ra1,6
Ø8H8	H8 ($^{+0,022}$)	Ra1,6	Черновое фрезерование Получист. фрезерование Чистовое фрезерование	H12 H10 H8	Ra6,3 Ra3,2 Ra1,6
Ø3H14	H14 ($^{+0,25}$)	Rz12,5	Сверление	H14	Rz12,5

Таблица 2.4 – Маршрут обработки детали «Корпус»

Наименование операции	Содержание операции	Способ установки на станке или оборудовании	Технологические базы
1	2	3	4
Заготовительная	Получение заготовки по выплавляемым моделям с применением кварцевых огнеупорных материалов	Ось детали вертикально, бобышками на торце вверх.	
Транспортировочная	Переместить деталь в термический цех	Электрокар	
Термообработка	Нормализация	Печь	
Транспортировочная	Переместить деталь в механообрабатывающий цех	Электрокар	
Токарная	Установ А Точить внутренний диаметр Установ Б Точить наружный диаметр	Трёхкулачковый самоцентрирующийся патрон ГОСТ 2675-80	Установ А Наружный диаметр, торец Установ Б Внутренний диаметр

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4
Слесарная	Зачистка заусенцев, притупление острых кромок	Слесарный стол	
Контрольная	Контроль линейных и диаметральных размеров, согласно техпроцесса	Контрольный стол	
Токарно-фрезерная	Подрезать торец, обработка внутреннего контура, нарезание резьбы, фрезеровать цековки, центровать, сверлить, зенкеровать, обработка наружного контура.	Трёхкулачковый самоцентрирующийся патрон ГОСТ 2675-80, со специальной подпружиненной призматической вилкой	Наружный диаметр (база А), торец
Слесарная	Зачистка заусенцев, притупление острых кромок	Слесарный стол	
Контрольная	Контроль линейных и диаметральных размеров, согласно техпроцесса	Контрольный стол	
Токарно-фрезерная	Подрезать торец, фрезеровать цековки, площадку под глубокое сверление, центровать 6 отверстий, сверлить под углом, фрезеровать Ø8 и Ø12 на месте площадки, сверлить и зенкеровать 4 отверстия Ø7, сверлить и зенкеровать отверстие Ø6	Трёхкулачковый самоцентрирующийся патрон ГОСТ 2675-80 со специальным подпружиненным ромбическим пальцем	Внутренний диаметр, (база И), торец
Слесарная	Зачистка заусенцев, притупление острых кромок	Слесарный стол	
Моечная	Очистить от грязи	Ванна	
Контрольная	Контроль линейных и диаметральных размеров, согласно техпроцесса	Контрольный стол	
Транспортно-тировочная	Переместить деталь на участок фрезерной обработки	Тележка	
Фрезерная	Фрезеровать 3 круговых паза на выход	Специальное приспособление с зажимными	Наружный диаметр,

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4
		призматическим и губками	торец
Слесарная	Зачистка заусенцев, притупление острых кромок	Слесарный стол	
Моечная	Очистить от грязи	Ванна	
Контрольная	Контроль линейных и диаметральных размеров, согласно техпроцесса	Контрольный стол	
Транспортировочная	Переместить деталь на участок электроэрозионной обработки	Тележка	
Электроэрозионная	Выжечь отверстие Ø0,8 под углом 10°	Призмы, прижим	
Моечная	Очистить от грязи	Ванна	
Контрольная	Контроль линейных и диаметральных размеров, согласно техпроцесса	Контрольный стол	
Доводочная	Полировать радиусы в местах заострения согласно чертежа		
Моечная	Очистить от грязи	Ванна	
Транспортировочная	Переместить деталь в лабораторию испытаний	Электрокар	
Гидроиспытание	Испытание детали	Стенд для гидроиспытаний	
Контрольная	Контроль линейных и диаметральных размеров, согласно техпроцесса	3D координатно-измерительная машина DuraMax	
Упаковочная	Упаковать деталь	Упаковочное оборудование	

2.3 Выбор оборудования

Для обработки детали «Корпус» принято следующее оборудование [22,23]:

1. Токарный станок с ЧПУ JET GHB-1310S

Предназначен для обработки деталей в замкнутом автоматическом цикле (с криволинейным и ступенчатым профилем различной сложности) за один или несколько рабочих ходов и для нарезания резьб. Область применения станка серийное и мелкосерийное производство.

Особенности конструкции:

- высокопрочная станина, выполненная литьем из чугуна марки СЧ20, с термообработанными шлифованными направляющими обеспечивают длительный срок службы и повышенную точность обработки;

- привод главного движения, включающий главный двигатель 11 кВт и шпиндельную бабку обеспечивает наибольший крутящий момент до 800 Нм;

- высокоточный шпиндель с отверстием 55 мм (по заказу 64 мм), позволяющий обрабатывать детали из пруткового материала зона обработки может быть оснащена как линейной наладкой, так и револьверной головкой, в зависимости от требований покупателя;

- надежная защита шарико-винтовых пар обеспечивает долговечность работы механизмов перемещения по координатам X и Z станок оснащается системами ЧПУ и электроприводами, как отечественного производства, так и производства зарубежных фирм;

- датчики обратной связи и резьбонарезания - ЛИР-158.

Общий вид станка представлен на рисунке 2.9.



Рисунок 2.9 - Общий вид токарного станка с ЧПУ JET GHV-1310S

2. Токарно–фрезерный многоцелевой обрабатывающий центр Okuma MakTurn 350

Станок предназначен для комплексной обработки деталей из различных материалов, в том числе и высоколегированных, закаленных сталей с твердостью поверхности HRC 58...60. Совмещение в одной операции токарной, фрезерной и сверлильно-расточных работ позволяет резко сократить количество необходимой оснастки и трудоемкость изготовления деталей, имеющих цилиндрическую форму. Технические возможности станка обеспечивают высокую производительность и точность при любом типе производства: от единичного до серийного. Общий вид станка представлен на рисунке 2.10.



Рисунок 2.10 - Общий вид обрабатывающего центра Okuma Mak Turn 350

3. Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6520Ф3

Станок предназначен для обработки изделий сложной формы торцевыми, концевыми, угловыми, дисковыми и фасонными фрезами с управлением при обработке по трем координатам одновременно. Для этого станок оборудован тремя идентичными отдельными следящими приводами, каждый из которых включает силовой гидроцилиндр и следящий золотник. Управление следящей системой осуществляется от шаговых двигателей с задающими винтами. Общий вид станка представлен на рисунке 2.11.

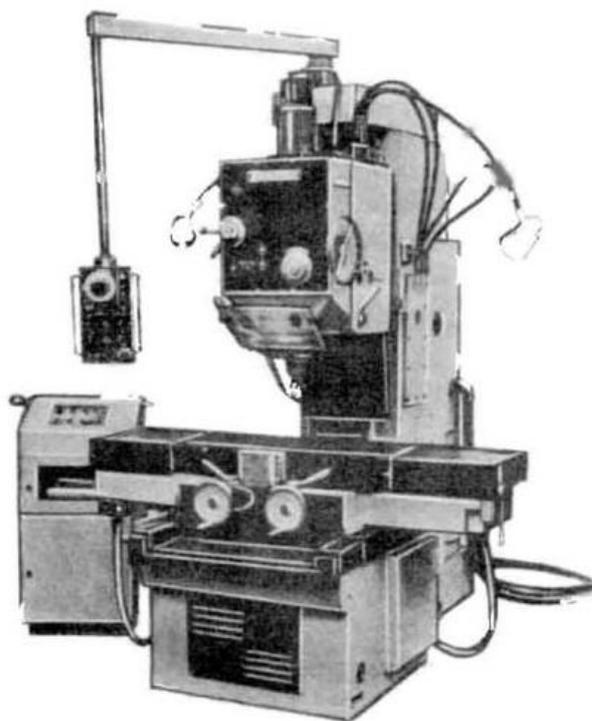


Рисунок 2.11 - Общий вид вертикально-фрезерного станка с ЧПУ 6520ФЗ

4. Электроэрозионный координатно-прошивочный станок с ЧПУ SP-1

Обработка осуществляется по всем токопроводящим материалам, включая нержавеющие стали, титан, легированные и быстрорежущие стали, в том числе закалённые, твёрдые сплавы и т.д. Общий вид станка представлен на рисунке 2.12.



Рисунок 2.12 - Общий вид электроэрозионного координатно-прошивочного станка SP-1

Данные станки созданы для высокоточной серийной обработки деталей. В стандартной комплектации станки имеют одновременное управление по 3 осям. Обработка может быть следующих видов: одиночное отверстие или группа отверстий с электродом простой или сложной формы, производство круговых и линейных пазов, нанесение пазов на телах вращения с применением дополнительного поворотного стола.

2.4 Определение припусков на обработку

Припуски и допуски на межоперационные размеры приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 - Межоперационные припуски и размеры с допусками [19]

Размер	Наименование обработки	Припуск 2Z перехода, мкм	Размеры поверхности, мм	Допуск, мм	Квалитет
1	2	3	4	5	6
Ø88f7	Заготовка	2,8	Ø90,8	0,7	±0,35
	Черновое точение	1,3	Ø89,5	0,35	h12
	Получистовое точение	0,9	Ø88,6	0,14	h10
	Чистовое точение	0,4	Ø88,2	0,054	h8
	Тонкое точение	0,2	Ø88	0,035	f7
Ø86H12	Черновое растачивание	2,0	Ø86	0,35	H12
Ø80H12	Черновое растачивание	5,0	Ø80	0,3	H12
Ø72H14	Черновое растачивание	8,0	Ø75	0,74	H14
Ø39H7	Заготовка	2,4	Ø36,6	0,56	±0,28
	Черновое растачивание	1,0	Ø37,6	0,25	H12
	Получист. растачивание	0,8	Ø38,4	0,1	H10
	Чистовое растачивание	0,4	Ø38,8	0,039	H8
	Тонкое растачивание	0,2	Ø39	0,025	H7
Ø0,8H13	Выжигание	0,4	Ø0,8	0,14	H14
Ø79,5H12	Заготовка	7,1	Ø72,4	±0,35	0,7
	Черновое растачивание	7,1	Ø79,5	0,3	H12

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5	6
Ø80Н9	Заготовка	7,6	Ø72,4	±0,35	0,7
	Черновое растачивание	4,1	Ø76,5	0,3	Н12
	Получист. растачивание	2,2	Ø78,7	0,12	Н10
	Чистовое растачивание	1,3	Ø80	0,046	Н9
Ø81,8Н14	Черновое растачивание	1,8	Ø81,8	0,87	Н14
Ø6Н12	Сверление	5,5	Ø5,5	0,18	Н13
	Зенкерование	0,5	Ø6,0	0,12	Н12
Ø84,3h8	Заготовка	6,5	Ø90,8	0,7	±0,35
	Черновое точение	3,3	Ø87,5	0,35	h12
	Получистовое точение	2,2	Ø85,3	0,14	h10
	Чистовое точение	0,8	Ø84,5	0,087	h9
	Тонкое точение	0,2	Ø84,3	0,054	h8
Ø75Н9	Заготовка	2,6	Ø72,4	±0,35	0,7
	Черновое растачивание	1,9	Ø74,3	0,19	Н11
	Получист. растачивание	0,7	Ø75,0	0,074	Н9
Ø75Н12	Черновое растачивание	1,5	Ø74,0	0,46	Н13
	Получист. растачивание	1,0	Ø75,0	0,3	Н12
Ø70Н12	Черновое растачивание	2,5	Ø70,0	0,3	Н12
Ø8Н12	Черновое фрезерование	3,5+3,5	Ø7,0	0,22	Н13
	Получист фрезерование	0,5+0,5	Ø8,0	0,15	Н12
Ø7Н12	Сверление	6,5	Ø6,5	0,22	Н13
	Зенкерование	0,5	Ø7,0	0,15	Н12
Ø64Н12	Черновое фрезерование	3,0+3,0	Ø63,0	0,46	Н13
	Получист фрезерование	0,5+0,5	Ø64,0	0,3	Н12
Ø48Н12	Черновое фрезерование	3,0+3,0	Ø47,0	0,39	Н13
	Получист фрезерование	0,5+0,5	Ø48,0	0,25	Н12
Ø7Н12	Сверление	6,5	Ø6,5	0,22	Н13
	Зенкерование	0,5	Ø7,0	0,15	Н12

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5	6
Ø12Н11	Черновое фрезерован.	5,4+5,4	Ø10,8	0,27	Н13
	Получист фрезерование	0,5+0,5	Ø11,8	0,18	Н12
	Чистовое фрезерование	0,1+0,1	Ø12,0	0,11	Н11
Ø8Н8	Черновое фрезерование	3,3+3,3	Ø6,6	0,15	Н12
	Получист фрезерование	0,5+0,5	Ø7,6	0,058	Н10
	Чистовое фрезерование	0,2+0,2	Ø8,0	0,022	Н8
Ø3Н14	Сверление	3	Ø3,0	0,25	Н14

2.5 Схемы базирования

Деталь «Корпус» относится к цилиндрическим деталям, поэтому на всех операциях принят стандартный комплект баз для цилиндрических деталей, он включает:

- двойную направляющую базу (ось детали);
- опорную (один из торцев);
- скрытую опорную (на первой операции – черновая бобышка, а на чистовых операциях - отверстие).

Все базы обеспечивают в полной мере удобство установки и закрепления детали, а протяженность баз обеспечивает достаточную жесткость для обеспечения стойкого положения во время обработки и измерений [10].

2.6 Выбор режущего инструмента

Для технологического процесса был выбран режущий инструмент фирмы Iskar. Компания Iskar поставляет широкий ассортимент инструмента для точения, фрезерования, сверления, обработки резьбы, а также современные системы модульной быстросменной оснастки.

Высокое качество поставляемого инструмента позволяет повысить производительность, снизить себестоимость обработки, а также сократить срок окупаемости нового оборудования. Выбор инструмента сделан по

электронному каталогу Iskar. Выбранный инструмент представлен в таблице 2.6.

Таблица 2.6 - Выбор режущего инструмента [9]

№ операции, перехода	Содержание операции	Режущий инструмент
1	2	3
025	Токарная с ЧПУ	
А. 1	Точить торец	Резец подрезной Iskar PTFNL 2020K-16, пластина TNGA 160404-M3
2	Точить поверхность	Резец расточной Iskar S16Q STLCL-11, пластина TNGA 160408T-MC
Б. 1	Точить торец	Резец подрезной Iskar CCLNR 2525M-12CE, пластина CNGA 120412-M4
2	Точить поверхность	Резец проходной Iskar PLANR 2525M-15 TANG пластина LNMX 1608R-HF
040	Токарно-фрезерная с ЧПУ	
А. 1	Точить торец	Резец подрезной Iskar MWLNR 1616H-06SW пластина WNMZ 080404RF
2	Точить поверхность	Резец расточной Iskar S25S SVQCL-16 пластина VNGA 160408-M2
3	Точить поверхность	Резец расточной Iskar A20Q SVUNL-12 пластина VBMW 160408-M2
4	Точить поверхность	Резец расточной Iskar S16Q STLCL-11 пластина TNGA 160408-M6
5	Точить поверхность	Резец расточной Iskar S16Q STLCL-11 пластина TNGA 160408-M6
6	Точить поверхность	Резец расточной Iskar MGCH 08-L125 пластина интегрированная
7	Точить поверхность	Резец расточной Iskar S16Q STLCL-11 пластина TNGA 160408-M6
8	Точить поверхность	Резец расточной Iskar A20Q SVUNL-12 пластина VBMW 160408-M2
9	Нарезать резьбу	Резец расточной Iskar GHIR 20-1,9 пластина интегрированная
10	Центровать отверстие	Центровочное сверло Iskar MM ECS-A3.15X08-2T05
11	Сверлить отверстие	Сверло спиральное Iskar SCD065-043-080 AP5

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3
12	Зенкеровать отверстие	Зенкер Iskar RM-SHR-0700-H7N-CS-C 07
13	Цековать поверхность	Фреза дисковая Iskar FDN D050-08CF4-06
14	Цековать поверхность	Фреза дисковая Iskar FDN D050-08CF4-06
15	Точить поверхность	Резец канавочный Iskar CGHN 26-3,5D интегрированная пластина
16	Точить поверхность	Резец канавочный Iskar CGHN 26-3,5D интегрированная пластина
055	Токарно-фрезерная с ЧПУ	
Б. 1	Точить торец	Резец подрезной Iskar PTFNL 2020K-16, пластина TNGA 160404-M3
2	Точить поверхность	Резец проходной Iskar SVJNL 2020K-12F пластина VNMM 12T304-PP
3	Сверлить отверстие	Сверло спиральное цельное Iskar SCD 065-043-080 AP5
4	Зенкеровать отверстие	Зенкер Iskar RM-SHR-0700-H7N-CS-C 07
5	Фрезеровать площадку	Фреза концевая двухперая Iskar ECA060B16-2C06
6	Центровать отверстие	Центровочное сверло Iskar MM ECS-A3.15X08-2T05
7	Сверлить отверстие	Сверло ружейное Iskar STGD-03000-0055-57-IC08
8	Расфрезеровать отверстие	Фреза концевая двухперая Iskar ECA060B16-2C06 R0,4
9	Расфрезеровать отверстие	Фреза концевая двухперая Iskar ECA060B16-2C06 R0,4
10	Центровать отверстие	Центровочное сверло Iskar MM ECS-A3.15X08-2T05
11	Сверлить отверстие	Сверло спиральное цельное Iskar SCD 065-043-080 AP5
12	Зенкеровать отверстие	Зенкер Iskar RM-SHR-0700-H7N-CS-C 07
080	Фрезерная с ЧПУ	
А. 1	Фрезеровать пазы	Фреза концевая двухперая Iskar ECA060B16-2C06 R0,4
105	Электроэрозионная	
А. 1	Прожечь отверстие	Электрод графитовый Ø 0,8 мм

2.7 Расчет режимов резания

При выборе режимов резания руководствуются следующими общими рекомендациями: в первую очередь устанавливают глубину резания t . Обычно на черновом этапе удаляется до 70% припуска, а на чистовые этапы оставляют не более 30%. Подача S назначается максимально допустимой. Скорость резания рассчитывают по формуле теории резания или устанавливают по нормативам исходя из условий выполнения обработки.

К примеру, рассчитаем режимы резания для первого перехода токарной операции 025 – предварительное подрезание торца [16,17]:

1. Глубина резания t , мм. При отсутствии ограничений по мощности оборудования, жесткости системы СПИД принимается равной припуску на обработку: $t=1,5$ мм.

2. Подача S , мм/об. Рекомендуемые подачи на оборот по каталогу инструмента Iskar.

$$S = 0,8 \text{ мм/об}$$

3. Скорость резания V м/мин: рекомендуемая скорость резания по каталогу SandvikCoromantCorokey для пластины R245-12T3M-PM

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v$$

где C_v – эмпирический коэффициент, $C_v = 328$;

T – стойкость инструмента, $T = 30$ мин;

t – глубина резания, $t = 1,5$ мм;

S – подача, $S = 0,6$ мм/об;

$m=0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,2$ – эмпирические коэффициенты [4];

K_v – поправочный коэффициент, определяется по формуле [4]:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv},$$

где K_{mv} – коэффициент, по качеству обрабатываемого материала $K_{mv}=1,0$;

K_{nv} – коэффициент, по состоянию поверхности обрабатываемого материала, $K_{nv}= 0,9$;

K_{iv} – коэффициент, по качеству материала инструмента, $K_{iv} = 2,7$.

$$K_v=1 \cdot 0,9 \cdot 2,7=2,43$$

$$V = \frac{328}{30^{0,28} \cdot 1,5^{0,2} \cdot 0,4^{0,5}} \cdot 2,43 = 444,3 \text{ м/мин}$$

Принимаем $V = 450$ м/мин

4. Количество оборотов шпинделя:

Принимаем $n = 1630$ об/мин

5. Сила резания, главная составляющая силы резания при точении – тангенциальная сила [16]:

где $t=1,5$ мм - глубина резания;

$S = 0,4$ мм/об – подача;

$V=450$ м/мин – скорость резания.

K_p – поправочный коэффициент, определяется по формуле [16]:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{yp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp},$$

где $K_{mp}=1,0$; $K_{\varphi p} = 0,94$; $K_{yp} = 1,0$; $K_{\lambda p} = 1,0$; $K_{rp} = 1,04$.

$$K_p = 1,0 \cdot 0,94 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,04 = 0,98$$

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 1,5^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 450^0 \cdot 0,98 = 295,7 \text{ Н}$$

6. Мощность резания, кВт: рассчитывают по формуле [16]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{295,7 \cdot 450}{1020 \cdot 60} 2,17 \text{ кВт}$$

Режимы резания на остальные операции технологического процесса назначены согласно рекомендациям производителя инструмента Iskar и результаты сведены в таблицу 2.7.

Таблица 2.7 – Режимы резания на операции технологического процесса изготовления детали «Корпус»

№ операции	Наименование операции (установ, переход)	D, мм	L, мм	t, мм	i	S мм/об (мм/зуб)	n, об/ми н	V, м/ми н
1	2	3	4	5	6	7	8	9
025	Токарная с ЧПУ							
	А. 2 Точить поверхность	74	86	1,0	1	0,4	1720	400
	Б. 1 Точить торец	88,6	-	1,5	1	0,4	1630	450
	2 Точить поверхность	88,6	50	1,0	1	0,4	1720	400
040	Токарно-фрезерная с ЧПУ							
	А. 1 Точить торец	88	-	0,6	1	0,4	1470	400
	2 Точить поверхность	75	82	0,5	1	0,3	1480	350
	3 Точить поверхность	75	1,1	0,2	1	0,3	1480	350
	4 Точить поверхность	79,5	20	4,5	4	0,4	1600	400
	5 Точить поверхность	81,8	1,5	2,3	2	0,4	1600	400
	6 Точить поверхность	80	15	0,5	1	0,4	1600	400
	7 Точить поверхность	81,8	1,5	0,75	1	0,4	1600	400
	8 Точить поверхность	39	13,8	1,8	2	0,4	2400	300
	9 Нарезать резьбу	75	5	3	2	0,2	1260	300
	10 Центровать отверстие	7	-	3,25	1	0,08	2200	50
	11 Сверлить отверстие	7	10	3,0	1	0,12	4500	120

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	12 Зенкеровать отверстие	7	10	0,5	1	0,7	3500	80
	13 Цековать поверхность	6	-	0,5	1	0,7	3500	80
	14 Цековать поверхность	6	-	0,5	1	0,7	3500	80
	15 Точить поверхность	88	12	0,5	1	0,4	1470	400
	16 Точить поверхность	84,3	3,6	3,7	2	0,4	1320	350
055	Токарно-фрезерная с ЧПУ							
	Б. 1 Точить торец	88,6	-	1,0	1	0,4	1600	450
	2 Точить поверхность	86	10,5	2,6	2	0,4	1470	400
	3 Сверлить отверстие	6	3	5,0	1	0,12	4500	120
	4 Зенкеровать отверстие	6	3	0,5	1	0,7	3500	80
	5 Фрезеровать площадку	10	-	2,5	1	0,8	1600	60
	6 Центровать отверстие	3	-	1,5	1	0,08	2200	50
	7 Сверлить отверстие	3	55	1,5	1	0,05	7420	70
	8 Расфрезеровать отверстие	12	-	0,5	1	0,8	1600	60
	9 Расфрезеровать отверстие	8	9,2	0,5	1	0,8	2000	60
	10 Центровать отверстие	7	-	3,25	1	0,08	2200	50
	11 Сверлить отверстие	7	10	3,0	1	0,12	4500	120
	12 Зенкеровать отверстие	7	10	0,5	1	0,7	3500	80
080	Фрезерная с ЧПУ							
	А. 1	8	-	9	3	0,5	1000	20
105	Электроэрозионная							
	А. 1	0,8	9,9	0,4	1	-	-	-

3 Проектирование приспособления и режущего инструмента

3.1 Проектирование приспособления для фрезерования паза

Фрезеровать паз, выдерживая размеры $\varnothing 8H12^{(+0,15)}$, $\varnothing 64H12^{(+0,3)}$, $\varnothing 48H12^{(-0,25)}$, 75° , 35° , 45° , 85° , 15° , 25° .

Модель станка – горизонтально-фрезерный станок с ЧПУ 6520Ф3.

Инструмент - фреза концевая Iskar ECA060B16-2C06 R0,4, число зубьев $z=2$.

Режимы резания были назначены ранее по каталогу инструмента Iscar $S=0,5$ мм/об, $n=1000$ об/мин, $V=20$ м/мин, с учётом технологических возможностей станка.

Расчет сил резания

При фрезеровании ведем расчет по главной составляющей силы резания.

Главная составляющая силы резания P_z , Н определяется по формуле [17]:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}$$

где C_p - поправочный коэффициент; $C_p = 22,6$ [17]

t - глубина резания, мм;

S_z - подача на зуб, мм/зуб;

B - ширина фрезерования, мм;

z - число зубьев фрезы;

D - диаметр фрезы;

n - частота вращения шпинделя, об/мин;

x, y, u, q, w - показатели степени; $x = 0,86$, $y = 0,72$, $u = 1,0$, $q = 0,86$,

$w = 0$ [17].

K_{MP} - поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала [4, с.264]

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n$$

где σ_B - предел прочности;

n - показатель степени; $n = 0.3$ [17]

$$K_{mp} = \left(\frac{150}{750}\right)^{0.3} = 0,62 ;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 22,6 \cdot 3^{0.86} \cdot 0,02^{0.72} \cdot 9^{1.0} \cdot 2}{6^{0.86} \cdot 1000^0} \cdot 0,92 = 127,3 \text{ Н.}$$

Остальные составляющие силы резания для схемы встречного фрезерования цилиндрической фрезой [17]:

$$P_y = 0.4 \cdot P_z = 0.4 \cdot 127,3 = 50,9 \text{ Н}$$

$P_x = 0 \text{ Н}$ (при угле наклона режущей кромки $\omega = 0$).

$$P_h = 1,1 \cdot P_z = 1,1 \cdot 127,3 = 140 \text{ Н}$$

$$P_v = 0,25 \cdot P_z = 0,25 \cdot 127,3 = 31,8 \text{ Н}$$

Мощность резания определяется по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{127,3 \cdot 20}{1020 \cdot 60} = 0,04 \text{ кВт}$$

Проверяем, достаточна ли мощность привода станка. У станка 6520Ф3 $N_{шп} = N_d \cdot \eta = 4,5 \cdot 0,8 = 3,6 \text{ кВт}$; $0,04 < 3,6$, т. е. обработка возможна.

Схема базирования

Анализ требований точности

Необходимо изготовить пазы за три прохода – черновой, чистовой и калибрующий. Требования к размерам, квалитеты которых на чертеже не указаны, предъявляются требования согласно ГОСТ: Н14, h14, IT14/2.

В качестве измерительной базы для паза принимается ось вращения детали с угловой центровкой по оси отверстия $\varnothing 80H8$.

Для реализации принципа совмещения измерительной и технологической базы в качестве основной технологической базы можно принять внутреннюю цилиндрическую поверхность. При этом обеспечивается выполнение принципа совмещения базы [15].

Базирование детали по отверстию $\varnothing 80H8$ осуществляется с помощью цилиндрического пальца.

Базирование по отверстию $\varnothing 7H12$ осуществляется с помощью срезанного ромбического пальца.

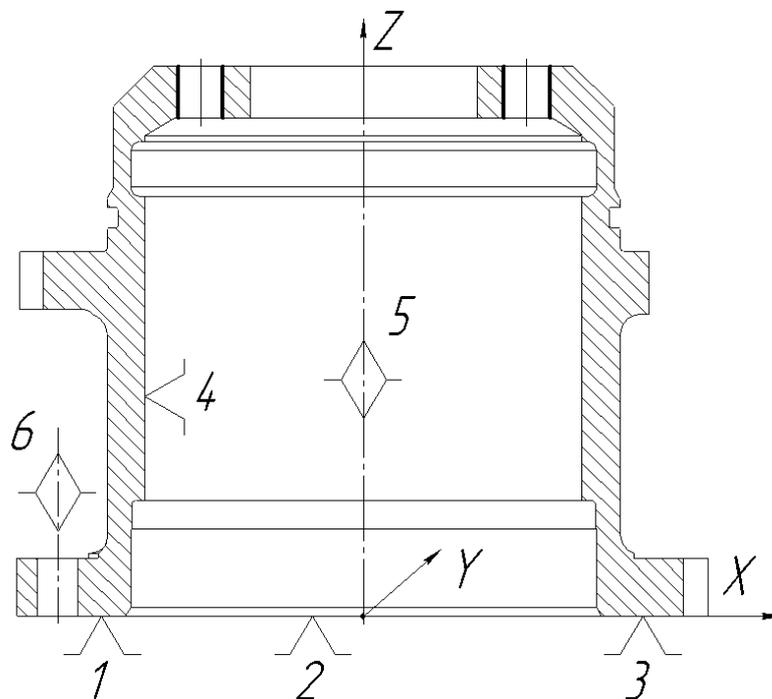


Рисунок 3.1- Теоретические схемы базирования

Точки 1,2,3 – установочная база (установка по плоскости на три опоры),
4,5 – направляющая база (установка на цилиндрический палец с зазором), 6 –
опорная база (установка на срезанный ромбический палец с зазором)

Расчет погрешности базирования [15]

Для размера, определяющего глубину паза, погрешность $\varepsilon_B = 0$

Для размера, определяющего ширину паза и симметричность относительно оси, погрешность базирования при установке заготовки двумя отверстиями на пальцы при посадке с зазором для данных условий будет равна максимальному зазору в соединении при посадке на цилиндрический палец:

$$\varepsilon_B = S_{\max} \cdot \cos \alpha = (\Delta A + \Delta B) \cdot \cos \alpha,$$

где S_{\max} – максимальный зазор в соединении;

ΔA - допуск на наружную поверхность пальца;

ΔB - допуск на внутреннюю поверхность отверстия.

Для посадки $\varnothing 80 \begin{matrix} H8 \\ m7 \end{matrix} \begin{pmatrix} +0,046 \\ 0 \\ +0,041 \\ +0,011 \end{pmatrix}$

$$\varepsilon_B = 0,098 \cdot \cos 30 = 0,085 \text{ мм}$$

Выбор опор

На основании теоретической схемы базирования разработаем схему установки заготовки в приспособлении.

В качестве элементов приспособления выбираем 3 опоры с торца, палец цилиндрический, палец срезанный ромбический.

Расположение установочных и опорных элементов приспособления приводим на рисунке 3.2.

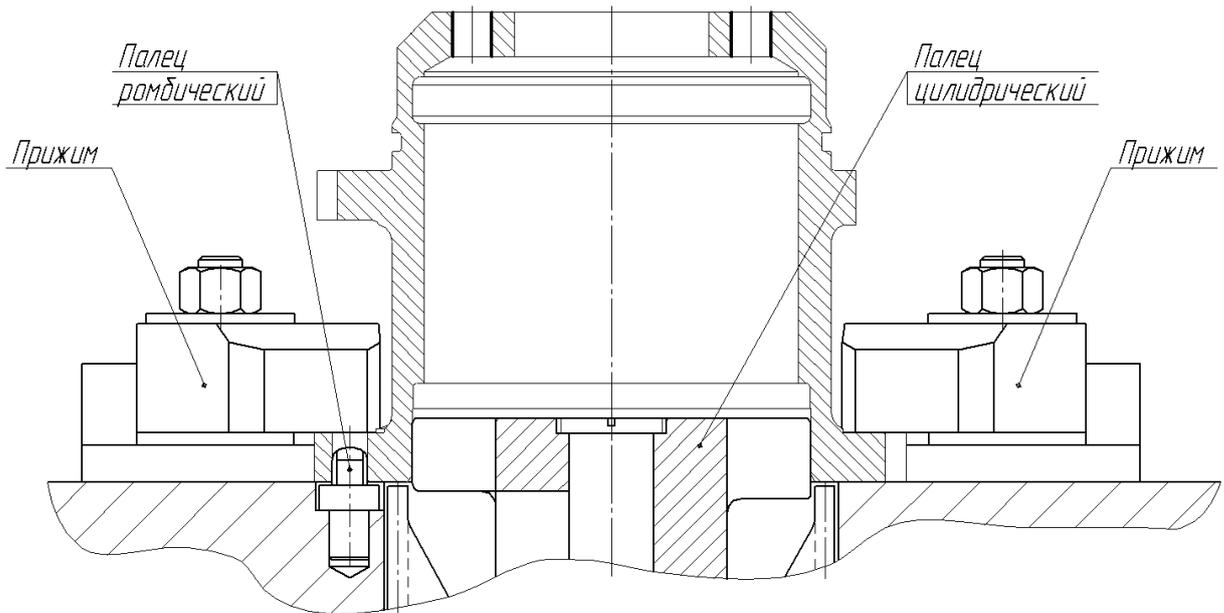


Рисунок 3.2 - Схема установки заготовки в приспособлении

Расчет усилий зажима заготовки [24]

Смещающее воздействие на заготовку оказывает сила резания P_z , которая стремится сдвинуть заготовку с опор.

Сила резания P_y стремится прижать заготовку к опорам, поэтому мы ее не учитываем.

Сила зажима W направлена перпендикулярно поверхности заготовки и прижимает заготовку к опорам.

Тогда уравнение моментов всех сил:

$$\Sigma M_{o1} = 0$$

Для составляющей силы резания P_z :

$$P_z \cdot K = W_z \cdot f_{тр} 3M + W_z \cdot f_{тр} ОП$$

Тогда

$$WY = K \cdot PY / (f_{\text{тр ЗМ}} + f_{\text{тр ОП}})$$

где K - коэффициент запаса;

$f_{\text{тр ЗМ}}$ - коэффициент трения на рабочих поверхностях зажимных элементов; $f = 0.2$ [17];

$f_{\text{тр ОП}}$ - коэффициент трения на рабочих поверхностях опорных элементов; $f = 0.2$ [17];

Коэффициент запаса определяется по формуле [17]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$$

где K_0 - гарантированный коэффициент запаса; $K_0 = 1.5$ [17];

K_1 - коэффициент увеличения силы резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях заготовки; $K_1 = 1.0$ [17];

K_2 – коэффициент увеличения силы резания при затуплении режущего инструмента; $K_2 = 1.2$ [17];

K_3 - коэффициент увеличения силы резания при прерывистом резании; $K_3 = 1.2$ [17];

K_4 - коэффициент постоянства силы зажимного механизма; $K_4 = 1.0$ [17];

K_5 - коэффициент эргономики немеханизированного зажимного механизма; $K_5 = 1.0$ [17];

K_6 - коэффициент наличия моментов, стремящихся повернуть заготовку, установленную плоской поверхностью; $K_6 = 1.0$ [17].

Тогда:

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,16.$$

Если $K < 2,5$, принимаем $K = 2.5$

$$WZ = 2.5 \cdot 127,3 / (0,2 + 0,2) = 796 \text{ Н}$$

Проектные расчеты

Расчет зажимного механизма

Схема зажимного механизма представлена на рисунке 7.1.

Для закрепления заготовки выбираем 3 Г-образных прихвата

Определим осевую силу $Wz1$ по формуле [17]

$$Wz1 = \frac{Wz}{\left(1 - 3 \frac{l}{H} f\right)}$$

где $Wz1$ – осевая сила, Н;

l – расстояние между силами Wz и $Wz1$;

H – расстояние от нижнего торца гайки до верхнего края корпуса, мм;

f – коэффициент трения

$$Wz1 = \frac{796}{\left(1 - 3 \cdot \frac{30}{50} \cdot 0,1\right)} = 971 \text{ Н}$$

Сила на приводе определяется по формуле [17]:

$$Q = (Wz_1 + q) \cdot \frac{1}{\eta}$$

где q – сила 3 пружин сжатия, Н;

η – КПД привода.

$$Q = \frac{(971 + 630) \cdot 1}{0,9} = 1779 \text{ Н}$$

Расчет силового привода

В качестве привода принимаем гидроцилиндр двустороннего действия с рабочим давлением 5,0 МПа.

Определим диаметр поршня гидроцилиндра по формуле:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}}$$

где p - рабочее давление, МПа;

$\eta = 0,9$ - КПД привода

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{1779}{1,0 \cdot 0,9}} = 50,2 \text{ мм.}$$

Принимаем по ГОСТ15608-81 $D = 63$ мм.

Определим ход штока поршня $h_{ш}$ гидроцилиндра по формуле:

$$h_{ш} = S_{пр},$$

где $S_{пр}$ – ход прихвата,

$$S_{пр} = A + T + \Delta_{ГАР} + \Delta S_p + \frac{W}{J_k},$$

где A – ход прихвата для обеспечения его поворота на 90°

T – допуск на размер от базовой поверхности до поверхности закрепления, мм; для размера 10h14 $T = 0.36$ мм

$\Delta_{ГАР}$ - гарантированный зазор между поверхностью заготовки и зажимным элементом ($\Delta_{ГАР} = 0.3 \dots 0.4$ мм), мм;

ΔS_p - запас хода, учитывающий износ и погрешности изготовления зажимного механизма, ($\Delta S_p = 0.2 \dots 0.3$ мм), мм;

J_k - жесткость механизма, Н/мм.

$$S_{\text{ИП}} = 23 + 0.36 + 0.4 + 0.3 + \frac{971}{2,5 \cdot 10^4} = 24,4 \text{ мм}$$

Принимаем $S_{\text{ИП}} = 25$ мм.

Паспорт приспособления

Конструкция приспособления

Приспособление состоит из корпуса 3 с установленными на нем пальцем цилиндрическим 11 и ромбическим 12, на которые по отверстиям устанавливается заготовка. Нижней плоскостью заготовка устанавливается на три опоры 9.

Палец 11 крепится с помощью и винтов 22 к корпусу 3.

Для выталкивания заготовки из приспособления через отверстие пальца 11 проходит цилиндрический конец штока 16, к которому с помощью штифта 17 крепится толкатель 15.

Заготовка зажимается прихватами 30, которые установлены в отверстия в корпусе и крепятся с помощью гайки 24, болта 18 и оси 10 с кольцом 29 к коромыслу 7. Для разжима заготовки служат пружины 31, установленные на оси болта 18. Для поворота рычагов на 45° при разжиге заготовки в прихвате 30 выполнена канавка с углом подъема 30° , в которую входит головка винта 1, установленного в корпусе 3.

К корпусу 3 винтами 21 с шайбами 34 крепится гидроцилиндр, состоящий из корпуса 4, к которому винтами 20 с шайбами 33 крепится крышка 5. В корпусе 4 установлен поршень 6, к которому с помощью гайки 25 и винта 19 крепится шток 16, к которому крепится опора 8, которая упирается в коромысло 7.

На поршне 6 и в выточке крышки 5 установлены демпферы 2, служащие для предотвращения удара поршня о стенки цилиндра.

Для уплотнения в гидроцилиндре установлены уплотнения 26,27,28 и прокладка 14.

Для ориентации приспособления на столе станка служит шпонка 32, привинченная к основанию корпуса винтом 23.

Описание работы приспособления

Приспособление работает следующим образом.

Для того, чтобы установить деталь на опоры 9, необходимо опустить толкатель 15, который до этого выталкивал заготовку, которая обрабатывалась ранее, с опор.

Для этого от гидростанции станка в поршневую полость гидроцилиндра подается масло в таком объеме, чтобы заполнить полость примерно на 1/3. Штоковая полость закрывается, масло из нее не выходит.

Тогда толкатель 5 отойдет ниже уровня плоскости опор 9 и заготовку можно будет установить на палец 11 и палец 12. При этом прихваты 30 будут повернуты не до конца, позволяя свободно устанавливать заготовку.

Далее при дальнейшей подаче масла в поршневую полость гидроцилиндра поршень 6 со штоком 15 отходит вниз, опора 8 давит на коромысло 7, которое отходит вниз с болтами 18 и прихватами 30, которые поворачиваются до положения зажима, отходят вниз и заготовка зажимается.

При подаче масла в штоковую полость гидроцилиндра шток отходит вверх, под действием пружин 31 коромысло 7 с болтами 18 и прихватами 30 поднимается и раскрепляет деталь. Прихваты поворачиваются, толкателем 15 деталь поднимается вверх, снимаясь с опор и пальца 12. Далее деталь снимают с приспособления.

Технические характеристики приспособления

- 1 Усилие зажима $W=971$ Н
- 2 Усилие на штоке $Q=1779$ Н
- 3 Рабочее давление $P=1,0$ МПа
- 4 Ход поршня $S=25$ мм
- 5 Габариты приспособления: 235x232x190 мм

3.2 Проектирование приспособления для электроэрозионной операции

Разрабатываемое специальное станочное приспособление предназначено для электроэрозионной обработки детали «Корпус». Обработка будет производиться на электроэрозионном координатно-прошивочном станке с ЧПУ SP-1. Инструмент – графитовый электрод $D = 0,8$ мм. Базовые поверхности предварительно обработаны. Размеры, которые необходимо получить – $\varnothing 0,8H13(+0,14)$, выдерживая размеры $9,5H12(+0,15)$, $10^{\circ} \pm 1$. Материал обрабатываемой детали – сплав Ал32. Годовая программа 5000 штук.

Заданная производственная программа может быть выполнена с применением одноместного приспособления в том случае, если затраты времени на данном этапе обработки не превосходят фонда времени на изготовление одной детали, т.е. штучное время в этом случае должно быть меньше (или равно) такту выпуска деталей:

$$T_{шт} \leq \frac{F_d \cdot n \cdot 60}{N}$$

где: $T_{шт} = 6$, штучное время, мин;

$F_d = 1800$ – действительный годовой фонд времени при односменной работе, час;

$n = 1$ – количество рабочих смен;

$N = 4160$ - производственная программа, шт.

Штучное время на изготовление пазов равно: $T_{шт} = 3,75$ мин.

Определим такт выпуска детали:

$$\tau = \frac{60 \cdot F_d \cdot n}{N} = \frac{60 \cdot 1800 \cdot 1}{4160} = 26 \text{ мин}$$

$6 < 26$ мин., следовательно, производственная программа может быть выполнена при использовании одноместного приспособления.

Базирование детали осуществляется по установочной и двойной опорной базах.

Схема базирования приспособления представлена на рисунке 3.3.

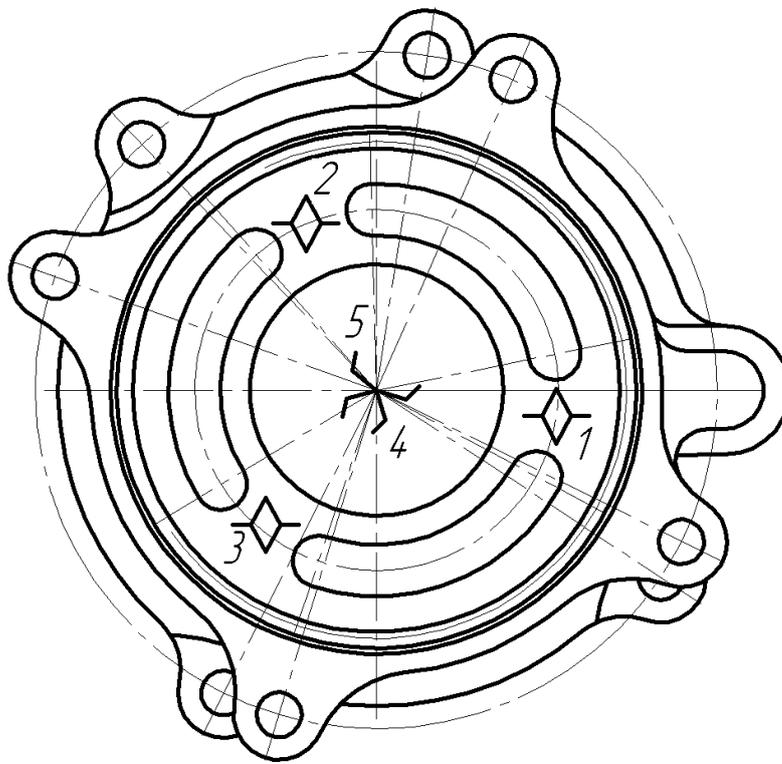


Рисунок 3.3 – Схема базирования приспособления

Расчет усилия закрепления

Определим величину усилия закрепления по формуле:

$$Q_k = \left(\frac{0.5 \cdot T \Delta}{C} \right)^{\frac{1}{n}},$$

где C и n - эмпирические параметры, которые определяются в зависимости от вида материала детали, шероховатости, твердости и формы базовых поверхностей детали и вида рабочих поверхностей установочных элементов;

$T = 0,35$ мм – допуск на размер.

$$C = 0,086 + \frac{2,4}{D} = 0,086 + \frac{2,4}{88} = 0,11$$

$n = 0,5$.

$$Q_k = \left(\frac{0,5 \cdot 0,35}{0,11} \right)^{\frac{1}{0,5}} = 2,53 \text{ Н.}$$

Учитывая стандартные физические возможности рабочего (около 500 Н), делаем вывод о том, что предлагаемый способ закрепления можно реализовать.

Проектируемое приспособление должно обеспечивать требуемый уровень точности обработки, что соответствует выполнению следующего условия:

$$\varepsilon \leq [\varepsilon],$$

где $[\varepsilon]$ - допустимая величина погрешности приспособления (мкм);

ε - действительная величина погрешности приспособления (мкм).

Определим допустимую погрешность приспособления по формуле:

$$[\varepsilon] = T - k_y \cdot \varpi,$$

где $\varpi = 120$ мкм - средняя экономическая точность данного вида обработки;

$k_y = 0,7$ – коэффициент ужесточения;

$T = 350$ мкм – допуск на размер.

$$[\varepsilon] = 350 - 0,7 \cdot 120 = 266_{\text{мкм.}}$$

Действительная погрешность приспособления включает три составляющие:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_n^2},$$

где ε_{δ} - погрешность базирования, мкм;

ε_3 - погрешность закрепления;

ε_n - погрешность положения;

Погрешность базирования

Погрешность базирования возникает при реализации схемы базирования в том случае если технологическая и измерительная базы не совпадают.

В нашем случае:

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5 \cdot TD,$$

где TD - допуск на диаметр, TD = 0,35 мм,

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5 \cdot 0,35 = 0,175 \text{ мм.}$$

Погрешность закрепления

Погрешность закрепления возникает при приложении силы закрепления в следствие нестабильности свойств базовых поверхностей и условий закрепления.

По справочнику определяем, что $\varepsilon_3 = 0,2$ мм, табл. 76 [25];

Погрешность положения

Погрешность положения возникает в следствие погрешности изготовления приспособления, погрешности установки приспособления на станке, погрешности износа установочных элементов приспособления.

По справочнику определяем, что $\varepsilon_n = 0$, стр. 173 [25];

Подставив полученные значения определим действительную погрешность приспособления и сравним ее с допустимой.

$$\varepsilon = \sqrt{0,175^2 + 0,1^2 + 0^2} = 0,202 \text{ мкм.}$$

$$202 \leq 266 \text{ мкм.}$$

Так как полученная действительная погрешность меньше допустимой, то проектируемое приспособление будет обеспечивать необходимую точность.

4 Компьютерное моделирование

Для проверки работоспособности разработанного инструмента проведен расчет на прочность методом конечных элементов.

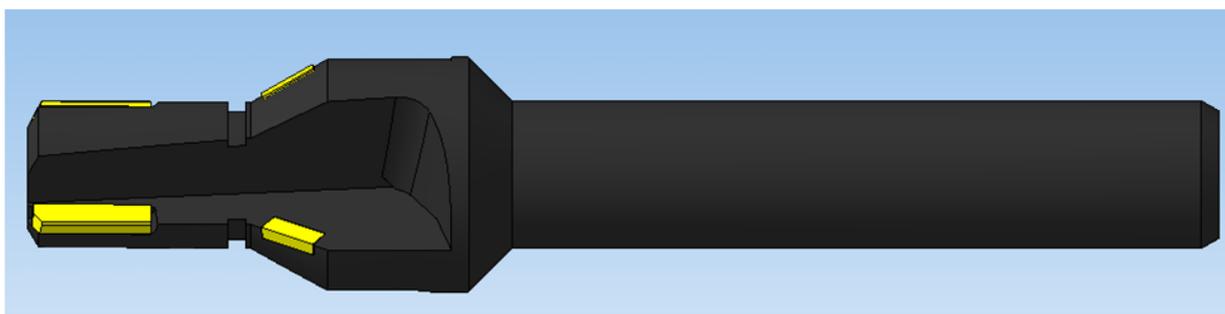
4.1 Создание твердотельной модели

Для расчета методом конечных элементов необходимо создать твердотельную модель. Модель режущего инструмента была построена в системе трехмерного моделирования КОМПАС – 3D на основе двухмерного чертежа.

Режущий инструмент представляет собой сборку из нескольких элементов – корпуса, режущих пластин и т.д.. Поэтому для построения сборочной модели зенкера необходимо сначала построить твердотельные модели всех вышеуказанных элементов.

Твердотельные модели составных частей зенкера строили с помощью таких основных операций, как выдавливание, вращение, вырезание и т.д.

Далее необходимо создать сборку режущего инструмента, используя созданные твердотельные модели, с помощью операций сопряжений: параллельность, перпендикулярность, касание, соосность, совпадение и т.д. Сборочная модель зенкера показана на рисунке 4.1.



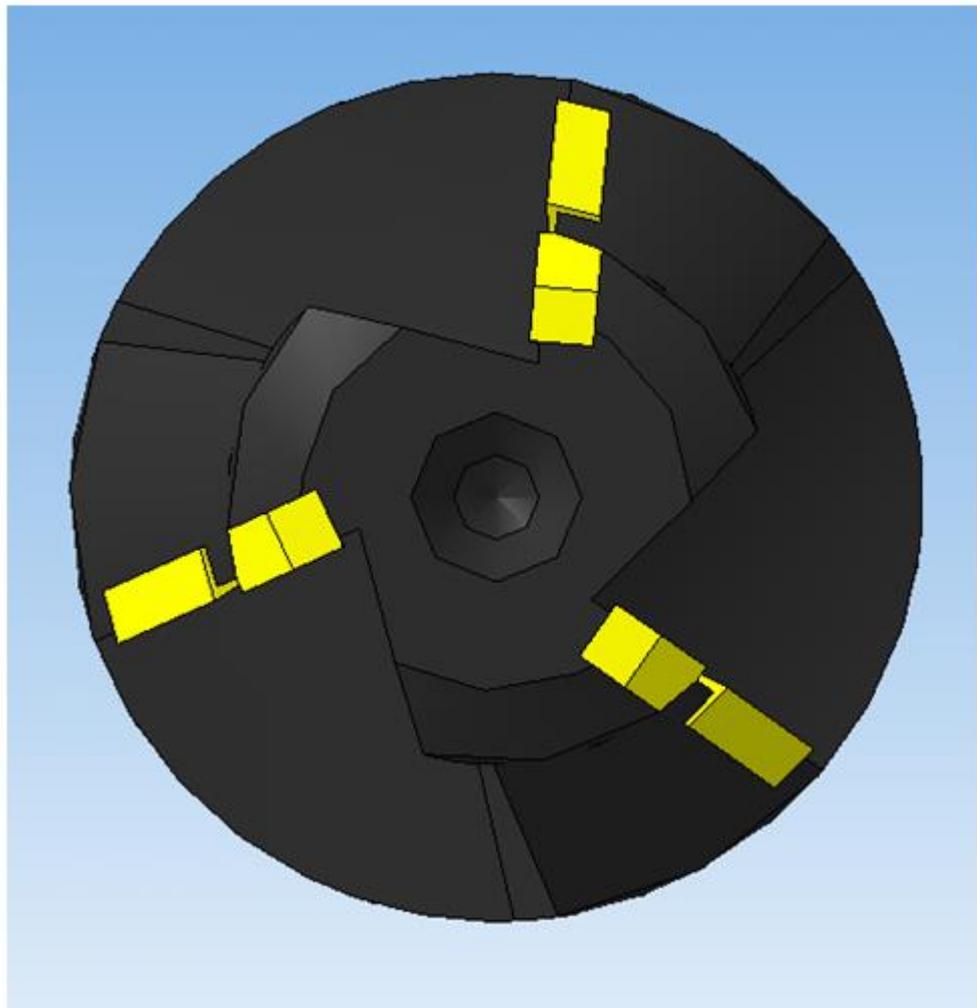
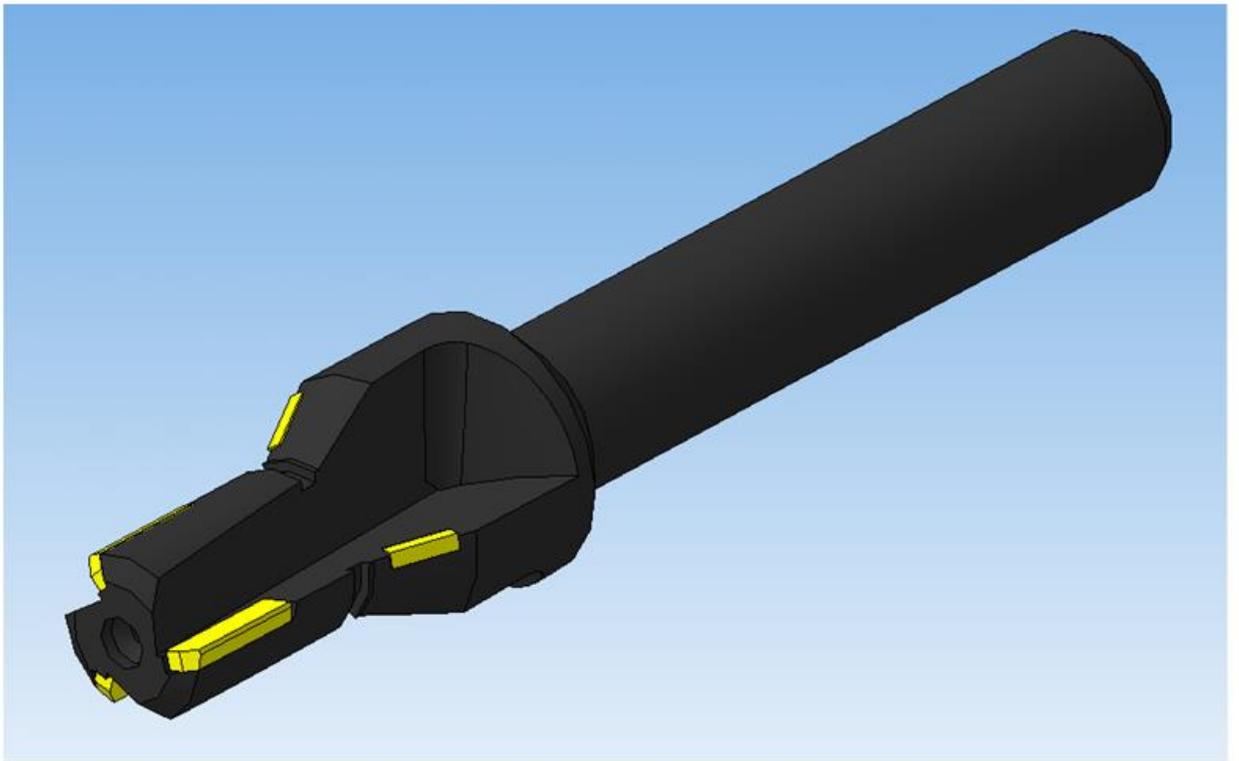


Рисунок 4.1 - Сборочная модель инструмента

4.2 Создание конечно-элементной модели

Конечно-элементная модель (КЭМ) инструмента (рисунок 4.2) выполнена в пакете ANSYS. Для построения сетки использовали параболические элементы TETRA 10.

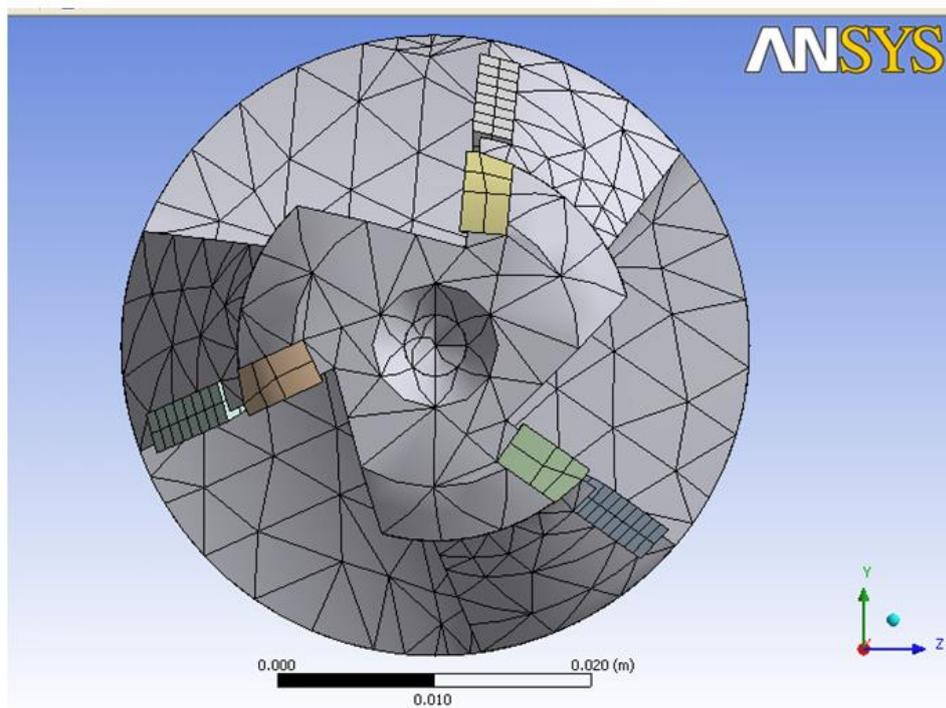
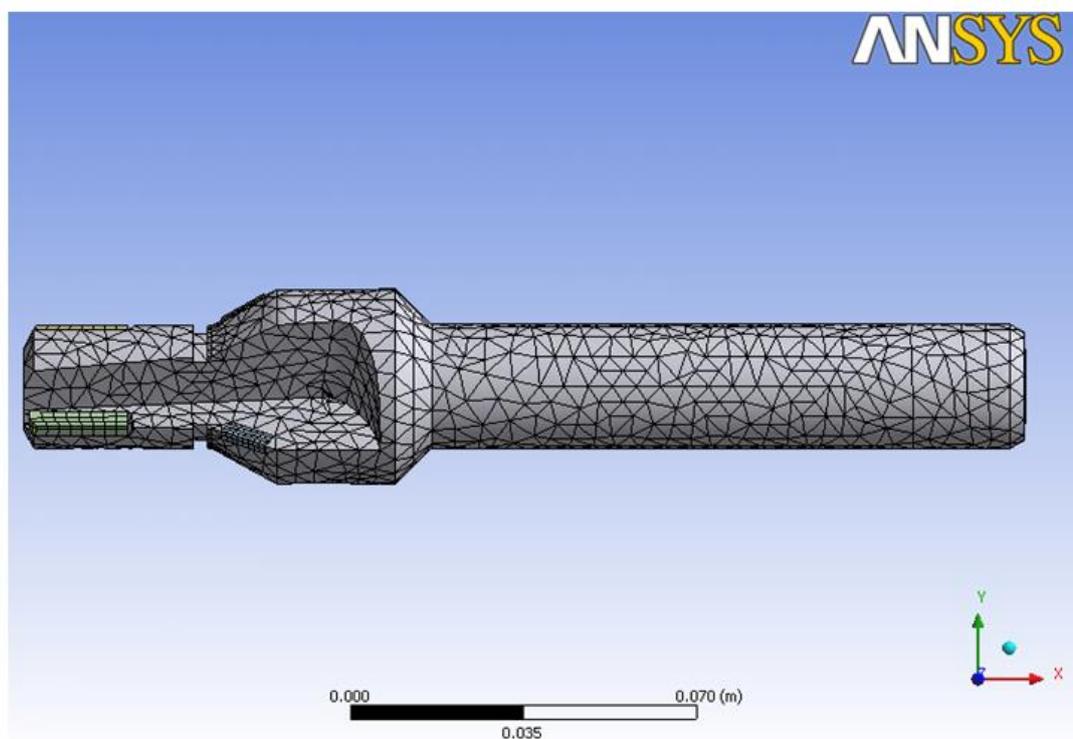


Рисунок 4.2 - Конечно-элементная модель инструмента

4.3 Расчет на прочность и анализ результатов

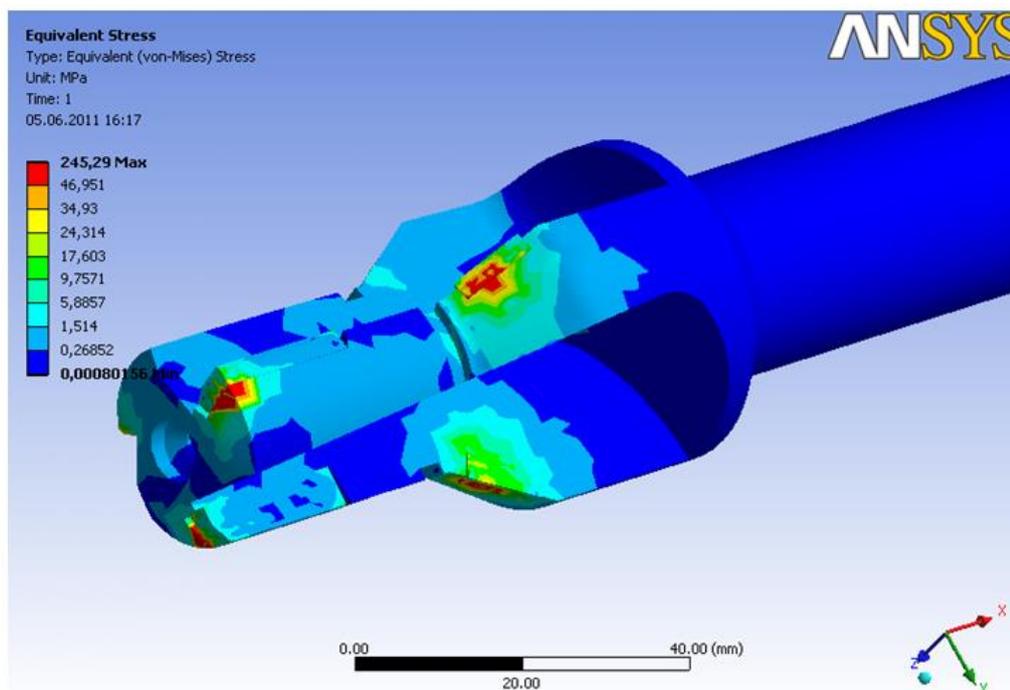
Далее необходимо задать свойства материалов инструмента. Режущая часть изготовлена из быстрорежущей стали Р6М5, остальные элементы - из стали 40х. Свойства используемых при расчете материалов представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Характеристики материалов

Наименование	Значение	
	Р6М5	40Х
Плотность, кг/см ³	8200	7850
Модуль упругости, ГПа	83	214
Коэффициент Пуассона	0,3	0,3
Предел прочности, МПа	870	570

Далее необходимо задать граничные условия для расчета. При резании на инструмент действуют силы P_z и P_y . Значения сил берем из литературы [17].

Напряженное состояние зенкера при резании показано на рисунке 4.3.



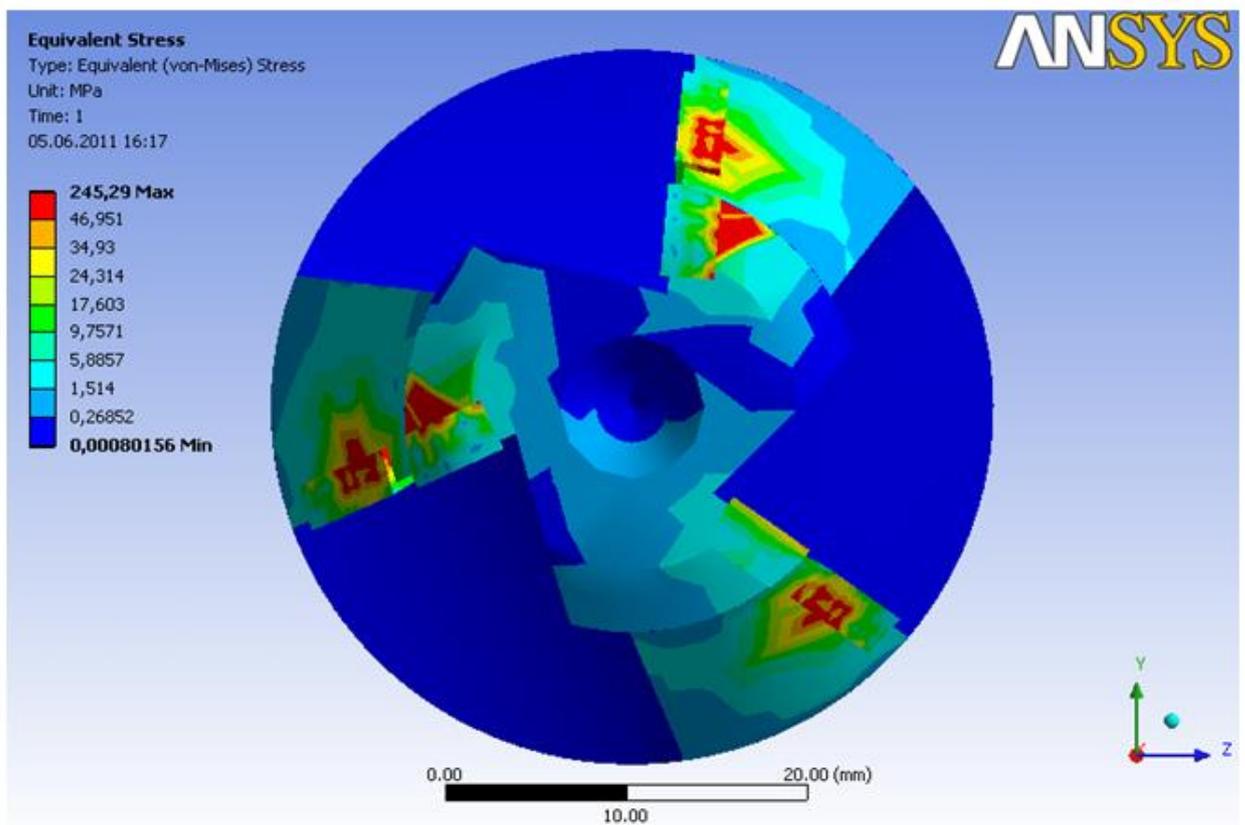
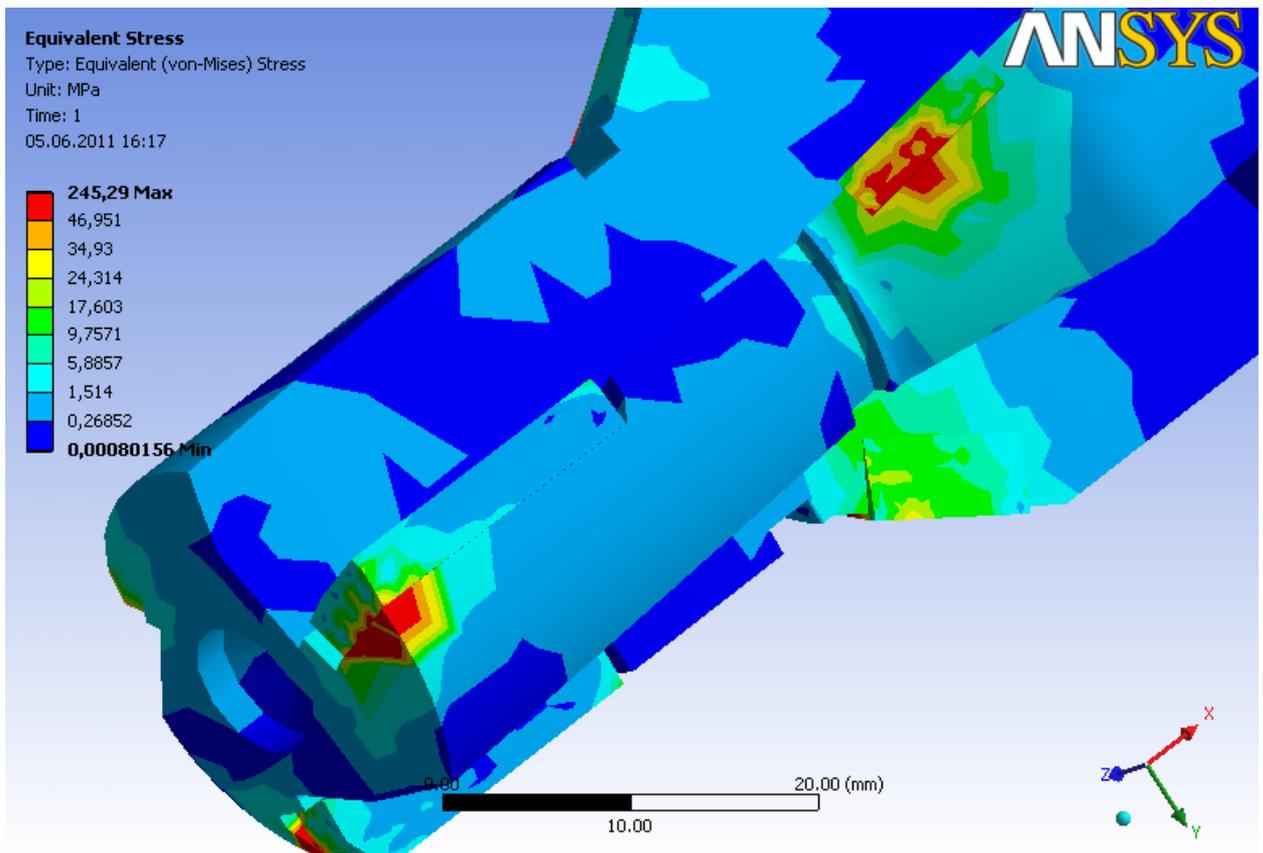


Рисунок 4.3 - Напряженное состояние при резании

Максимальное эквивалентное напряжение при резании составляет 245 МПа. Как видно из рисунка 4.3 максимальные значения напряжений приходится на режущую поверхность контакта режущей пластины и корпуса зенкера.

Анализ напряженно-деформированного состояния разработанного инструмента показал, что местные напряжения в зонах концентрации и общие напряжения в элементах зенкера не превышают допускаемых значений. Следовательно, условие прочности разработанного инструмента выполнено.

5 Описание графической части работы

В данном разделе приведем в качестве рисунков 5.1 – 5.6 графическую часть бакалаврской работы.

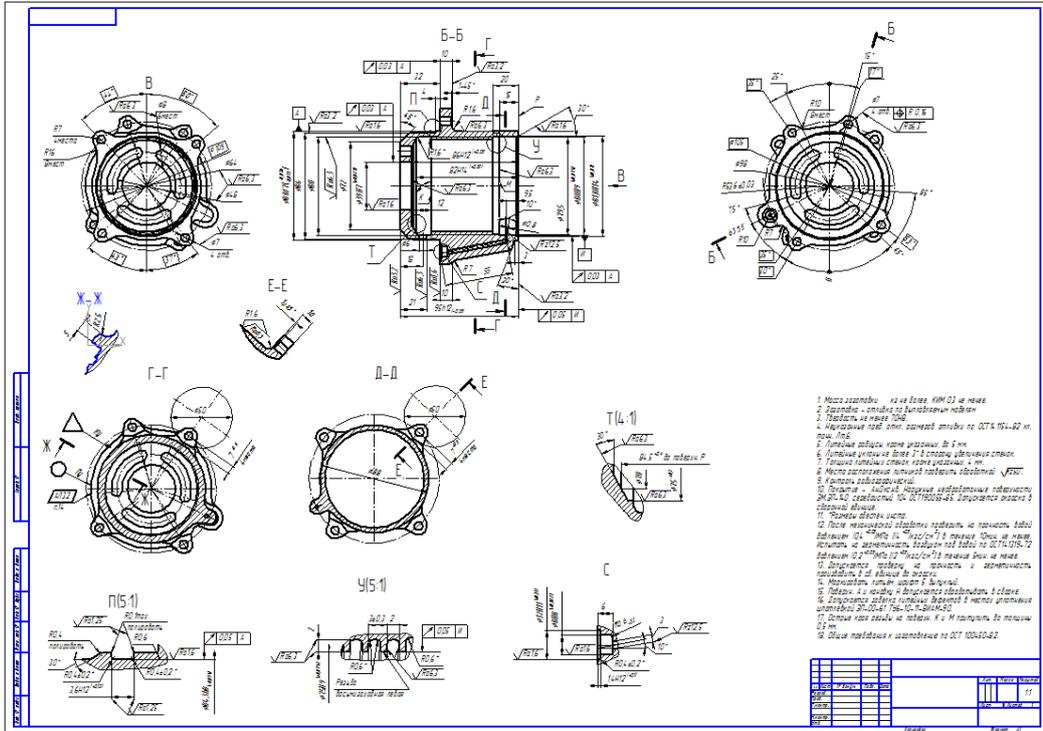


Рисунок 5.1 - Чертеж детали

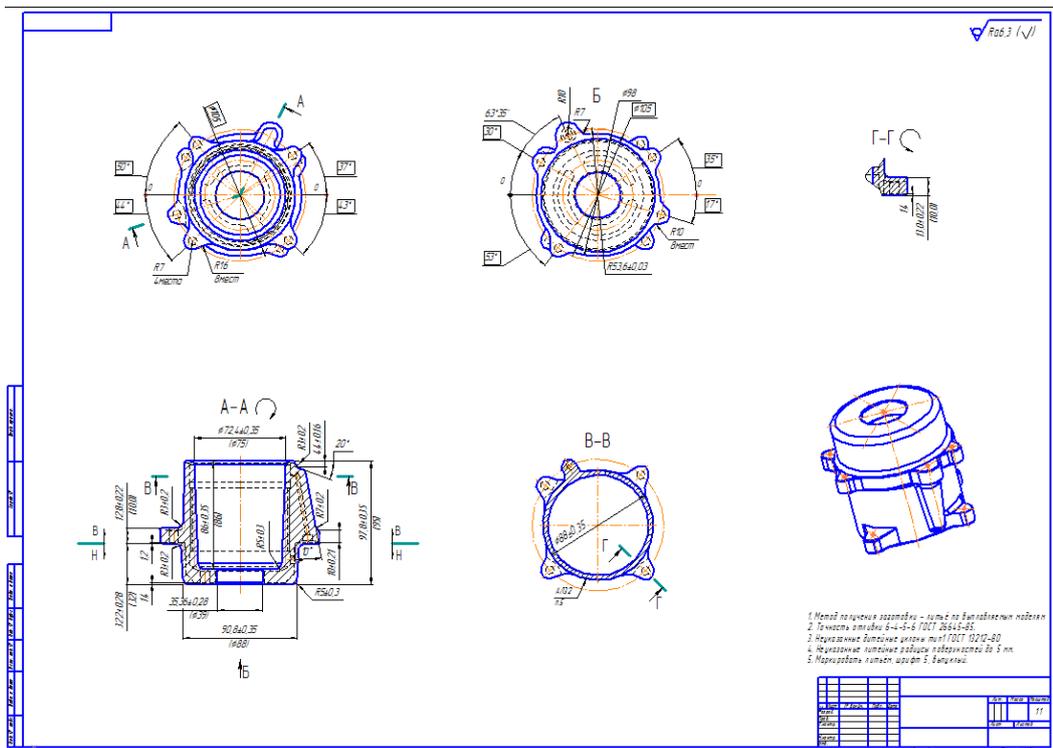


Рисунок 5.2 - Чертеж заготовки

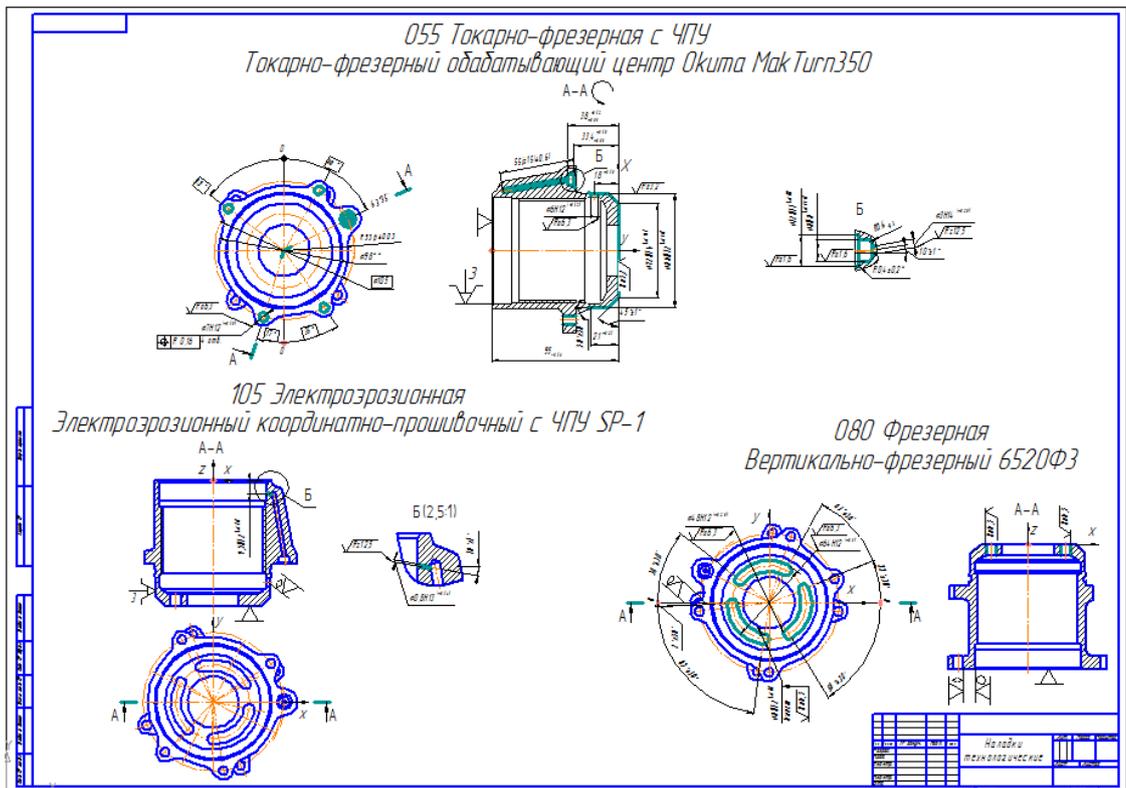


Рисунок 5.4 – Наладки технологические

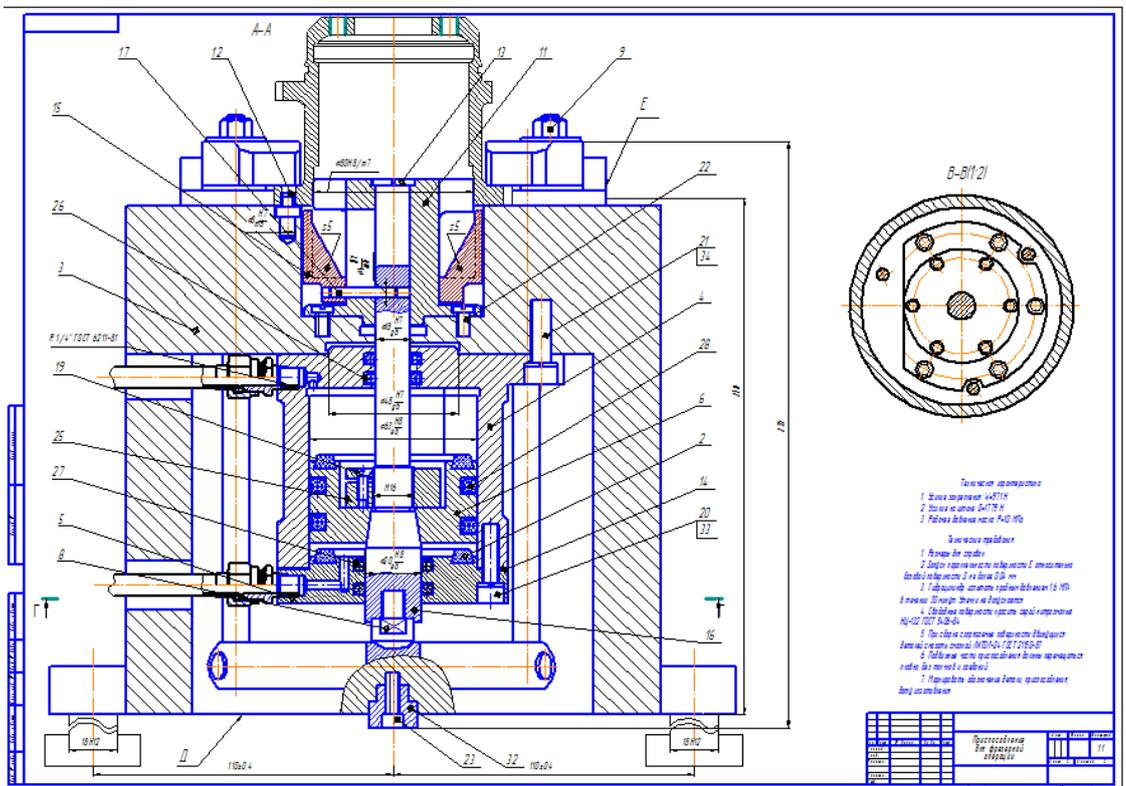


Рисунок 5.5 – Приспособление для фрезерной обработки

6 Безопасность и экологичность технического объекта

6.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 6.1 - Технологический паспорт объекта [46]

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
Точение, фрезерование, сверление, шлифование	Токарная, фрезерная	Оператор станка ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ JET GNB-1310S, фрезерный станок СФ 676	Металл, СОЖ

6.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 6.2 – Идентификация профессиональных рисков [46]

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
Токарная, фрезерная	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; повышенная запыленность и	Токарный станок с ЧПУ JET GNB-1310S, фрезерный станок СФ 676

Продолжение таблицы 6.2

	загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенный уровень шума на рабочем месте	
--	--	--

6.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Таблица 6.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов [46]

Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки	Ограждение оборудования	Очки защитные, каска защитная
Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	Применение приточно-вытяжной вентиляции	Респиратор, противогаз
Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов	Ограждение оборудования	Рукавицы
Повышенный уровень шума на рабочем месте	Наладка оборудования	Наушники

6.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта (производственно-технологических эксплуатационных и утилизационных процессов)

6.4.1 Идентификация опасных факторов пожара

Таблица 6.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара [46]

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Участок механической обработки	Токарный станок с ЧПУ JET GNB-1310S, фрезерный станок СФ 676	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)	Пламя и искры; повышенная температура окружающей среды; токсичные продукты горения и термического разложения; дым; пониженная концентрация кислорода	Осколки, части разрушившихся аппаратов, агрегатов, установок, конструкций; радиоактивные и токсичные вещества и материалы, вышедшие из разрушенных аппаратов и установок; электрический ток, возникший в результате выноса высокого напряжения на токопроводящие части конструкций, аппаратов, агрегатов; опасные факторы взрыва по ГОСТ 12.1.010

6.4.2 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технического объекта (дипломного проекта)

Таблица 6.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности [46]

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установленные системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
Огнетушители, внутренние пожарные краны, ящики с песком	Пожарные автомобили, пожарные лестницы	Оборудование для пенного пожаротушения	Приборы приемно-контрольные пожарные, технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные	Напорные пожарные рукава, рукавные разветвления	Веревки пожарные, карабины пожарные, респираторы, противогазы	Ломы, багры, топоры, лопаты, комплект диэлектрический	Автоматические извещатели

6.4.3 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара

Таблица 6.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности [46]

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
токарная, фрезерная	участки ГСМ и СОЖ в отдельных помещениях с выходом на улицу отгорожены стеной с огнестойкостью 2,5 часа; ограждение сварочных кабин; хранение ветоши в негоряемых ящиках; плавкие предохранители или автоматы в электроустановках.	Проведение противопожарных инструктажей, запрет на курение и применение открытого огня в недозволенных местах, соблюдение мер пожарной безопасности при проведении огневых работ, применение средств пожаротушения, применение средств пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре

6.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта [46]

Таблица 6.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса, энергетическая установка транспортное средство и т.п.	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра)
Точение, фрезерование	Токарная, фрезерная	Пыль металлическая	Взвешенные вещества, нефтепродукты	Основная часть отходов хранится в металлических контейнерах емкостью

Таблица 6.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду [46]

Наименование технического объекта	Фрезерование, точение, сверление, шлифование
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Модернизация вентиляционных установок
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Модернизация очистных установок
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Регулярная проверка и очистка емкостей с отходами

6.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, подобраны средства индивидуальной защиты для работников.

Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности. Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте.

7 Экономическая эффективность работы

Экономическая эффективность работы рассчитана согласно методики [45].

Таблица 7.1- Расчет капитальных вложений в производственные помещения

Наименование оборудования	$S_{Qi}, \text{ м}^2$	$K_{nn}, \text{ руб.}$
Токарно – винторезный с ЧПУ 16A20Ф3	13,2	50160
Многоцелевой обрабатывающий центр Okuma Mak Turn 350	110,4	419520
Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6520Ф3-36	11,2	42560
Электроэрозионный координатно-прошивочный станок с ЧПУ SP-1	19,6	74480
Верстак слесарный	10,4	39520
Стол контролера	7,6	28880
Всего	172,4	655120

Таблица 7.2- Расчёт капитальных вложений в оборудование

Наименование оборудования	Стоимость оборудования, тыс. руб.	Кол-во оборудования	Суммарная стоимость, тыс. руб.
Токарно – винторезный с ЧПУ 16A20Ф3	120	1	120
Многоцелевой обрабатывающий центр Okuma Mak Turn 350	1940	2	3880
Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6520Ф3-36	118	1	118
Электроэрозионный координатно-прошивочный станок с ЧПУ SP-1	2440	1	2440
Верстак слесарный	4	1	4
Стол контролера	2	1	2
Всего	6564		

Таблица 7.3- Годовая себестоимость

Экономические показатели	Проектируемый техпроцесс
Годовой объем выпуска N, шт.	5000
Потребная площадь, м ²	172,4
Капитальные вложения в оборудование, руб.	6564000
Капитальные вложения в производственные помещения, руб.	655120
Суммарные капитальные вложения, тыс.руб	7219120
Элементы себестоимости:	
Затраты на эксплуатацию оборудования С _о , руб/шт	2,125
Затраты по использованию производственного здания С _{пз} , руб/шт	157,4
Годовой фонд заработной платы работающих участка, руб/шт (с учетом социального страхования 22%):	20664,7
Зарплата основных рабочих	5623
Зарплата вспомогательных рабочих	6405
Зарплата служащих	8636,7
Стоимость материала, расходуемого за год на изготовление партии деталей, руб	503360
Технологическая себестоимость изделия С _т , руб/шт	20945,2
Годовая технологическая себестоимость С _т , руб	87132032

В результате проведенных расчетов была определена годовая технологическая себестоимость изготовления детали, которая составляет 87132032 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В бакалаврской работе разработан технологический процесс для обработки детали с применением станков с числовым программным управлением и специальных станочных приспособлений для операций фрезерования и электроэрозионной обработки.

Применение станков с ЧПУ позволит повысить качество обработанной поверхности и снизить общее время на обработку, за счет экономии времени на переустановку детали, это в свою очередь уменьшит себестоимость готового изделия.

В результате выполнения бакалаврской работы решены следующие задачи:

- проведен анализ исходных данных;
- определен тип производства;
- выбрана заготовка и метод ее получения;
- определена последовательность выполнения технологических операций;
- выбрано технологического оборудования;
- спроектированы специальные приспособления;
- выполнено компьютерное моделирование работы режущего инструмента.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Горбачевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред. М: – ООО ИД «Альянс.», 2007 – 256 с.

2 Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Н. Ковшов. - Изд. 2-е, испр. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2008. - 319 с.

3 Лебедев, В. А. Технология машиностроения : Проектирование технологий изготовления изделий : учеб. пособие для вузов / В. А. Лебедев, М. А. Тамаркин, Д. П. Гепта. - Гриф УМО. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. - 361 с.

4 Маталин А. А. Технология машиностроения : учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. 151001 напр. "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроит. производств" / А. А. Маталин. - Изд. 3-е, стер. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2010. - 512 с.

5 Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Г. Суслов. - 2-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 2007. - 429 с.

6 Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с.

7 Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с.

8 Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.

9 www.vniiinstrument.ru

10 Панов, А.А. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А.Панов, В.В.Аникин, Н.Г. Байм и др.; под общ. ред. А.А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988.

11 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов. В 2 кн. Кн. 1. Основы технологии машиностроения / Э. Л. Жуков [и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина . - Изд. 3-е, стер. ; Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 2008. - 278 с.

12 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов. В 2 кн. Кн. 2. Производство деталей машин / Э. Л. Жуков [и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина. - Изд. 3-е, стер. ; Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 2008. - 295 с. : ил. - Библиогр.: с. 292-293.

13 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов / под ред. М. Ф. Пашкевича. - Минск : Новое знание, 2008. - 477 с.

14 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 910 с.

15 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 941 с.

16 Гузеев В. И., Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением : справочник / В. И. Гузеев, В. А. Батуев, И. В. Сурков ; под ред. В. И. Гузеева. - 2-е изд. - Москва : Машиностроение, 2007. - 364, [1] с.

17 Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. - 456 с.

18 Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов : справочник / под общ. ред. В. И. Баранчикова. - Москва : Машиностроение, 1990. - 399 с.

19 Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев,

А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. Высш. шк. 2007 г.

20 Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380с.

21 Боровков, В.М. Заготовки в машиностроении : учеб. пособие для вузов по спец. 1201 "Технология машиностроения" / В. М. Боровков [и др.] ; ТГУ. - Гриф УМО; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2007. - 67 с. : ил. - 34-00.

22 Металлорежущие станки [Электронный ресурс] : учебник. В 2 т. Т. 1 / Т. М. Авраимова [и др.] ; под ред. В. В. Бушуева. - Москва : Машиностроение, 2011. - 608 с.

23 Металлорежущие станки [Электронный ресурс] : учебник. В 2 т. Т. 2 / В. В. Бушуев [и др.] ; под ред. В. В. Бушуева. - Москва : Машиностроение, 2011. - 586 с.

24 Блюменштейн В. Ю. Проектирование технологической оснастки : учеб. пособие для вузов / В. Ю. Блюменштейн, А. А. Клепцов. - Изд. 3-е, стер. ; гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 219 с.

25 Горохов В. А. Проектирование технологической оснастки : учеб. для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе, И. А. Коротков. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2010. - 431 с.

26 Ермолаев В.В. Технологическая оснастка. Лабораторно-практические работы и курсовое проектирование: учеб. пособ. – М.: Изд-во «Академия», 2012. – 320 с.

27 Зубарев, Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении [Электронный ресурс] : учебник. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2015. - 309 с.

28 Тарабарин, О. И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении : учеб. пособие для вузов / О. И. Тарабарин, А. П. Абызов, В. Б. Ступко. - Изд. 2-е, испр. и доп. ; гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. - 303 с.

29 Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 1 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 592 с.

30 Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 2 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 655 с.

31 Григорьев, С. Н. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ : [справочник] / С. Н. Григорьев, М. В. Кохомский, А. Р. Маслов ; под общ.ред. А. Р. Маслова. - Москва : Машиностроение, 2006. - 544 с.

32 Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога. / У Болтон – М : Издательский дом «Додэка-XXI», 2002 – 384 с.

33 Палей М. А. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. Ч. 1 / М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. - 8-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург : Политехника, 2001. - 576 с.

34 Палей М. А. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. Ч. 2 / М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. - 8-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург : Политехника, 2001. - 608 с.

35 Артамонов, Е.В. Проектирование и эксплуатация сборных инструментов с сменными твердосплавными пластинами [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.В. Артамонов, Т.Е. Помигалова, М.Х. Утешев. - Электрон.дан. - Тюмень :ТюмГНГУ (Тюменский государственный нефтегазовый университет), 2013.

36 Булавин, В.В. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие. - Электрон. дан. - Пенза : ПензГТУ (Пензенский государственный технологический университет), 2009. — 100 с.

37 Кожевников, Д.В. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебник / Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов [и др.]. - Электрон. дан. - М. : Машиностроение, 2014. — 520 с.

38 Кирсанова, Г.Н. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов: учебное пособие для вузов по специальности

«Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / Под общ. ред. Г.Н. Кирсанова. – М.: Машиностроение, 1986. – 386 с.

39 Christman, T. An Experiment and Numerical Study of eformation in Metal – Ceramic Composite / T. Christman, A. Needlemani, S. Suresh // ActaMatall. – No 37. – P. 3029 –3050.

40 Mechanical Engineering / Ed. Murat Gokcek. – InTech, 2012. – 682p.

41 Pabla, S. CNC Machines / . S. Pabla, M. Adithan. – New Age International, 1994. – 107 p.

42 Smid Peter CNC Programming Techniques / Peter Smid, – 1 th ed. – Industrial Press, Inc., 2005. – 360 p.

43 Overby, Alan. CNC Machining Handbook: uilding, Programming, and Implementation / Overby A. – 1 th ed. – McGraw–Hill Education TA, 2010. – 272 p.

44 Козлов, А. А. Проектирование механических цехов [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / А. А. Козлов ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 47 с.

45 Зубкова, Н.В. Методические указания по экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей / Н.В. Зубкова – Тольятти : ТГУ, 2005.

46 Горина, Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. / Л. Н. Горина - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 33 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<u>Документация</u>		
A1			16.07.ТМ.650.05.000.СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Детали</u>		
б/ч		1	16.07.ТМ.650.05.001	Винт	1	
б/ч		2	16.07.ТМ.650.05.002	Демпфер	2	
б/ч		3	16.07.ТМ.650.05.003	Корпус	1	
б/ч		4	16.07.ТМ.650.05.004	Корпус	1	
б/ч		5	16.07.ТМ.650.05.005	Крышка	1	
б/ч		6	16.07.ТМ.650.05.006	Поршень	1	
б/ч		7	16.07.ТМ.650.05.007	Коромысло	1	
б/ч		8	16.07.ТМ.650.05.008	Опора	1	
б/ч		9	16.07.ТМ.650.05.009	Опора	1	
б/ч		10	16.07.ТМ.650.05.010	Ось	1	
б/ч		11	16.07.ТМ.650.05.011	Палец цилиндрический	1	
б/ч		12	16.07.ТМ.650.05.012	Палец ромбический	1	
б/ч		13	16.07.ТМ.650.05.013	Пробка	1	
б/ч		14	16.07.ТМ.650.05.014	Прокладка	1	
б/ч		15	16.07.ТМ.650.05.015	Толкатель	1	
б/ч		16	16.07.ТМ.650.05.016	Шток	1	
б/ч		17	16.07.ТМ.650.05.017	Штифт	1	
			16.07.ТМ.650.05.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
Разраб.		Поясков А.И.			Лит.	Лист
Пров.		Левашкин Д.Г.				Листов
						1 3
Н. Контр.		Виткалов В.Г.			ТГУ, МСБ-1203	
Утв.		Бобровский А.В.				

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<u>Стандартные изделия</u>		
		18		Болт 7002-0569		
				ГОСТ 14732-69	3	
		19		Винт М4х10.58		
				ГОСТ 17475-80	1	
				Винт ГОСТ 11738-72		
		20		М6х22.88	6	
		21		М8х24.88	6	
				Винт ГОСТ 1491-80		
		22		М5х10.58	13	
		23		М5х16.58	2	
		24		Гайка 7003-0243		
				ГОСТ 14729-69	3	
		25		Гайка 7003-0135		
				ГОСТ 12460-67	1	
				Кольцо ГОСТ 9833-73		
		26		20-12-46-2-4	2	
		27		28-20-46-2-4	2	
		28		63-53-54-2-4	1	
		29		Кольцо А8 65Г кд 15хр		
				ГОСТ 13941-80	1	
		30		Прихват 70011-0741		
				ГОСТ 14733-69	3	
		31		Пружина 7039-2018		
				ГОСТ 13165-67	3	
		32		Шпонка 7031-0856		
				ГОСТ 14737-69	2	
				Шайбы ГОСТ 6402-70		
				16.07.ТМ.650.05.000		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	2	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1														
Дубл.														
Взам.														
Подл.														
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата										
					Листов 3 Лист 1									
Разраб.	Поясков А.И.				ТТУ									
Проверит	Левашкин Д.Г.													
Т. контр.					Корпус датчика угловых перемещений вертолота									
Н. контр	Виткалов В.Г.													
М01														
М02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры	КД	МЗ				
		кг	0,495	1	0,55	0,9	Отливка	Ø88x95		0,55				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции									
Б	Код, наименование оборудования													
А01				005										
Б02														
А03				010										
Б04														
А05				015										
Б06														
А07				020										
Б08														
А09				025										
Б10														21
А11				030										
Б12														
А13				035										
Б14														
А15				040										23
Б16														
А17				045										
Б18														
МК	МАРШРУТНАЯ КАРТА													

ГОСТ 3.1118-82													Форма 1						
Дубл.																			
Взам.																			
Подл.														Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
																	Листов 3	Лист 2	
Разраб.	ТГУ																		
Проверил																			
Согласов.																			
Т. конгр.																			
Н. конгр.																			
Корпус датчика угловых перемещений вертолета																			
Обозначение документа																			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К шт.	Т п.з.	Т шт.
Б	Код, наименование оборудования																		
A01				050	Контрольная														
B02					Контрольный стол														
A03				055	Токарно-фрезерная с ЧПУ														
B04					Обработкающий центр Okuma Mak Turn 350													22	
A05				060	Слесарная														
B06					Слесарный верстак														
A07				065	Моечная														
B08					Ванна														
A09				070	Контрольная														
B10					Контрольный стол														
A11				075	Транспортировочная														
B12					Электрокара														
A13				080	Фрезерная														
B14					Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6520Ф3													12	
A15				085	Слесарная														
B16					Слесарный верстак														
A17				090	Моечная														
B18					Ванна														
A19				095	Контрольная														
B20					Контрольный стол														
A21																			
МК	МАРШРУТНАЯ КАРТА																		

