

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(национальный исследовательский университет)»  
Факультет «Машиностроительный»  
Кафедра «Технология производства машин»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой, к.т.н.  
\_\_\_\_\_ А.В.Плаксин  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Участок механической обработки детали "Корпус опоры" \_\_\_\_\_

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

ЮУрГУ – 15.03.05.2017.330.00 ПЗ \_\_\_\_\_ ВКР

Консультант, должность  
Старший преподаватель \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ / О.Б. Кучина /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Руководитель, должность  
Старший преподаватель \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ / В.Г. Сорокина /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Консультант, должность  
Старший преподаватель \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ / Е.С. Шапранова /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Автор  
студент группы МиМс 546  
\_\_\_\_\_ / А.А. Ибрагимов /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Консультант, должность  
Старший преподаватель \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ / Я.В. Высокорец /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Нормоконтролер, должность  
Старший преподаватель \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ / Е.С. Шапранова /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЮЖНО – УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»  
в г. Миассе

Факультет «Машиностроительный»  
Кафедра «Технология производства машин»  
Направление «Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств».

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ А.В. Плаксин  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

ЗАДАНИЕ  
на выпускную квалификационную работу студента  
Ибрагимов Александр Азатовича

\_\_\_\_\_ (Ф. И.О. полностью)

Группа 546

1. Тема работы

Участок механической обработки детали «Корпус опоры»

\_\_\_\_\_ (название)

утверждена приказом по университету от 28.04. 2017г. № 835

2. Срок сдачи студентом законченной работы 16.06.17

3. Исходные данные к работе

1 Чертеж детали

2 Программа выпуска 2000 штук

3 Материалы преддипломной практики

4 Методические указания

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

---

---

---

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

1 Технологический раздел

1.1 Назначение и описание детали и узла изделия

1.2 Группирование деталей подлежащих изготовлению на участке

1.3 Анализ существующего технологического процесса

1.4 Выбор и обоснование метода получения заготовки

1.5 Разработка проектного варианта

1.6 Разработка маршрутного технологического процесса

1.7 Расчет припусков, операционных размеров и размеров заготовки

1.8 Расчет режимов резания

1.9 Нормирование операций обработки детали

2 Конструкторский раздел

2.1 Расчет приспособления к токарному станку

2.2 Расчет приспособления к фрезерному станку

2.3 Проектирование и расчет контрольного приспособления

3 Строительный раздел

3.1 Расчет количества основного технологического оборудования

3.2 Определение числа производственных рабочих для многостаночного обслуживания оборудования

3.3 Определение численности вспомогательных рабочих, инженерно-технических работников и служащих

3.4 Определение основных параметров производственного здания

3.5 Выбор и обоснование метода удаления стружки и метода снабжения участка СОТС

3.6 Описание планировки участка

4 Автоматизированное проектирование

4.1 3D проектирование приспособления к токарному станку

4.2 3D проектирование приспособления к фрезерному станку

4.3 3D проектирование контрольного приспособления

4.4 Визуализация механической обработки

5 Безопасность жизнедеятельности

5.1 Микроклимат

5.2 Вентиляция

5.3 Освещение

5.4 Техника безопасности при работе на станках с ЧПУ

5.5 Пожарная безопасность

5.6 Производственный травматизм

---

---

---

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей, плакатов в листах формата А1)

1 Чертеж детали

2 Чертеж заготовки 0,25

3 Размерный анализ 1

4 Чертеж приспособления к токарному станку 0,5

5 Чертеж приспособления к фрезерному станку 1

6 Чертеж контрольного приспособления 1

7 Планировка участка 1

8 3D модель приспособления к токарному станку 0,25

8 3D модель приспособления к фрезерному станку 0,5

9 3D контрольного приспособления 0,5

Всего 6 листов

6. Консультанты по работе, с указанием относящихся к ним разделов работы

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал (консультант)	Задание принял (студент)
Строительный	О.Б. Кучина		
Автоматизированное проектирование	Я.В. Высогорец		
Безопасность жизнедеятельности	Е.С. Шапранова		

7. Дата выдачи задания \_\_\_\_\_

Руководитель \_\_\_\_\_

В.Г. Сорокина

(подпись)

(И.О. Ф.)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_

А.А. Ибрагимов

(подпись студента)

(И.О. Ф.)

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении руководителя
Технологический раздел	3.04.17 – 28.04.17	
Конструкторский раздел	17.04.17 – 5.06.17	
Строительный раздел	1.06.17 – 11.06.17	
БЖД	1.06.17 – 11.06.17	
Автоматизированное проектирование	1.06.17 – 11.06.17	
Оформление пояснительной записки и чертежей	12.06.17 – 15.06.17	
Представление ВКР руководителю	16.06.17 – 20.06.17	
Нормоконтроль	16.06.17 – 26.06.17	
Утверждение	16.06.17 – 26.06.17	

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_/А.В. Плаксин/

Руководитель работы \_\_\_\_\_/В.Г. Сорокина/

Студент \_\_\_\_\_/А.А. Ибрагимов/

## АННОТАЦИЯ

Ибрагимов А.А. Участок механической обработки детали «Корпус опоры». - Миасс: МиМс ЮУрГУ, Кафедра ТПМ, 2017г. Пояснительная записка - 108 с., чертежей формата А1 – 4 листов, чертежей формата А2 – 3 листов, чертежей формата А3 – 2 листа, альбом техпроцесса – 45 листов, библиография литературы – 21 наим.

В данной дипломной работе был проведен анализ действующего техпроцесса и усовершенствование технологии. Разработка и изменение техпроцесса с учетом имеющихся предложений. Расчет припусков межоперационных размеров. Подбор оборудования. Расчет режимов резания, сил резания, крутящих моментов. Нормирование технологических операций. Расчеты элементов станочного и контрольного приспособлений. Расчет фасонного резца. Построение планировки механического участка. Графическое выполнение конструкторской документации.

					<b>15.03.05.2017.330.00. ПЗ</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		А.А. Ибрагимов			<b>Участок механической обработки детали «Корпус опоры»</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров.</i>		В.Г. Сорокина					6	108
<i>Н.контр</i>		Е.С. Шапранова				<b>ЮУрГУ Кафедра ТПМ</b>		
<i>Утв.</i>		А.В. Плаксин						

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### АНОТАЦИЯ

ВВЕДЕНИЕ.....9

### 1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Назначение и описание узла изделия и детали.....11

1.2 Группирование деталей подлежащих изготовлению на участке.....13

1.3 Анализ существующего технологического процесса.....16

1.4 Выбор и обоснование метода получения заготовки.....25

1.5 Разработка проектного варианта.....26

1.6 Разработка маршрутного технологического процесса.....27

1.7 Расчет припусков, операционных размеров и размеров заготовки.....37

1.7.1 Расчет линейных припусков.....37

1.7.2 Расчет диаметральных припусков.....41

1.8 Расчет режимов резания.....49

1.8.1 Аналитический способ.....49

1.8.2 Табличный способ.....55

1.9 Нормирование операций обработки детали.....62

### 2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Расчет приспособления к токарному станку.....65

2.1.1 Расчет усилия закрепления.....66

2.1.2 Расчет зажимающего устройства.....68

2.2 Расчет приспособления к фрезерному станку.....69

2.2.1 Расчет усилия закрепления.....70

2.2.2 Расчет зажимающего устройства.....71

2.3 Проектирование и расчет контрольного приспособления.....72

### 3 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

3.1 Расчет количества основного технологического оборудования.....76

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

3.2	Определение числа производственных рабочих для многостаночного обслуживания оборудования.....	77
3.3	Определение численности вспомогательных рабочих, инженерно-технических работников и служащих.....	78
3.4	Определение основных параметров производственного здания.....	79
3.5	Выбор и обоснования метода устранения стружки и метода снабжения участка СОЖ.....	81
3.6	Описание планировки участка.....	82
4	АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ	
4.1	3D проектирование приспособления к токарному станку.....	84
4.2	3D проектирование приспособления к фрезерному станку.....	86
4.3	3D проектирование контрольного приспособления.....	88
4.4	Визуализация механической обработки.....	90
5	БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
5.1	Микроклимат.....	93
5.2	Вентиляция.....	94
5.3	Освещение.....	96
5.4	Техника безопасности при работе на станках с ЧПУ.....	98
5.5	Пожарная безопасность.....	100
5.6	Производственный травматизм.....	102
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	
	ПРИЛОЖЕНИЕ А	
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б	



## ВВЕДЕНИЕ

Одна из наиболее важных задач, стоящих перед нашим обществом, задача повышения научно-технического уровня, обеспечения быстрого роста производительности труда, повышение эффективности общественного производства.

Машиностроение является важнейшей отраслью промышленности. Рост промышленности и народного хозяйства, а также темпы перевооружения их новой техникой в значительной степени зависят от уровня развития машиностроения.

Технический прогресс в машиностроении характеризуется не только улучшением конструкции машин, но и непрерывным совершенствованием технологии их производства. От принятой технологии производства во многом зависит надёжность работы выпускаемых машин, а также экономика их эксплуатации.

Совершенствование технологии машиностроения определяется потребностями производства необходимых обществу машин. Развитие новых прогрессивных технологических методов способствует конструированию более совершенных машин, снижению их себестоимости и уменьшению затрат труда на их изготовление.

Одной из главных задач технологии машиностроения является изучение закономерностей протекания технологических процессов и выявление параметров, воздействуя на которые можно интенсифицировать производство и повысить его точность. Знание этих закономерностей является основным условием рационального проектирования технологических процессов. Лишь на базе этих закономерностей может решаться задача автоматизации производства. В каждом конкретном случае принятый вариант автоматизации должен подтверждаться точными технологическими и экономическими расчётами.

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

Задачей данной дипломной работы является проектирование участка механической обработки детали "Корпус опоры". Разработка участка механической обработки включает в себя: анализ базового техпроцесса, проектирование проектного варианта, расчёт припусков, расчёт режимов резания и норм времени, расчет и проектирование оснастки, проектирование участка, расчёт организационных параметров, определение норм охраны труда и техники безопасности.

Спроектировав новый технологический процесс мы заменили универсальные токарно – винторезные станки SV18R на токарный станок с ЧПУ WEILER E30 и широкоуниверсальные фрезерные станки 6B75 на универсальный пяти осевой фрезерный станок с ЧПУ DMU-50, что обеспечивает более высокое качество и гибкость производства и привело к уменьшению количества станков и оснастки. На операции 015 установ 2, 050 спроектировали цанговую оправку с пневмозажимом, а на операции 020 комплексное приспособление позволяющее выполнять фрезерную обработку детали на одном станке без переналадки.

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		10

# 1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

## 1.1 Назначение и описание узла изделия и детали.

Данный корпус рис. 1.2, 1.3 является несущей деталью резинометаллического амортизатора, входящего в сборочную единицу, называемую опорой рис. 1.1. На оси корпуса на двух шарикоподшипниках установлена втулка. В одной из опор на втулке и в корпусе располагается поворотный трансформатор, в другой – двигатель стабилизации. Опоры устанавливаются по наружной оси карданова подвеса гиросtabilизированной платформы прибора.

С поворотного трансформатора снимается информация об угловом положении корпуса прибора относительно стабилизированной в инерциальном пространстве платформы, двигателя стабилизации являются силовыми исполнительными элементами систем грубого наведения и стабилизации платформы.

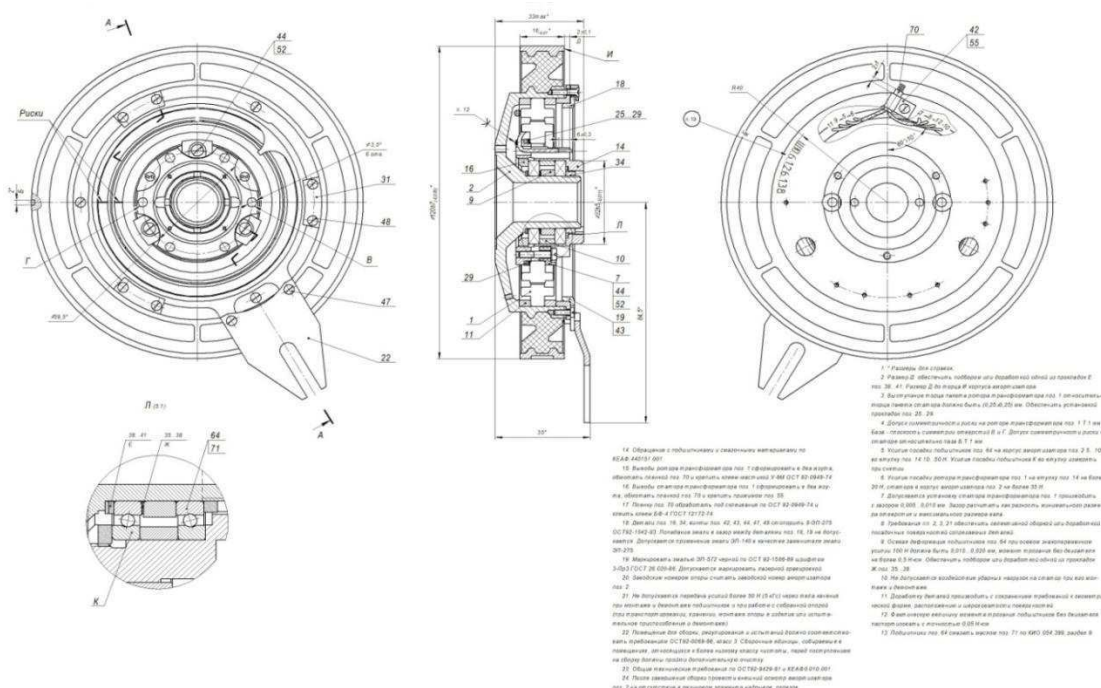


Рисунок 1.1 – Узел опора

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.330.00 ПЗ

Лист

11



Рисунок 1.2 – 3D модель детали "Корпус опоры"

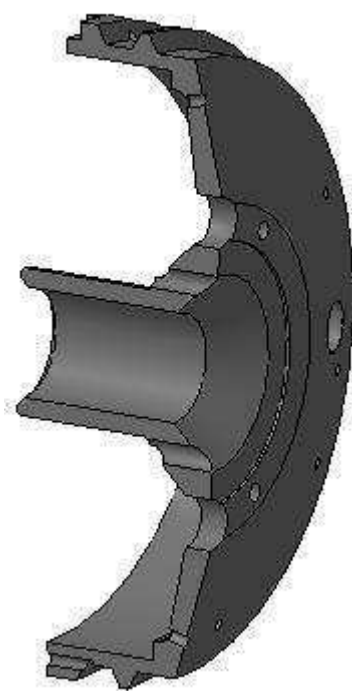


Рисунок 1.3 – Разрез 3D модели детали "Корпус опоры"

Основные характеристики детали "Корпус опоры":

- габариты ВхШ 89х31 мм;
- материал Д16 ГОСТ 4784-97;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.330.00 ПЗ

Лист

12

- вес детали 0,1 кг;
- точность 12...5 квалитет;
- программа 2000 штук в год.

"Корпус опоры" изготавливается из алюминиевого деформируемого сплава Д16 (дюралюмина), упрочняемого термической обработкой.

Деформируемые алюминиевые сплавы сравнительно легко обрабатываются в горячем и холодном состоянии (прокаткой, прессованием, волочением, ковкой, штамповкой и др.), из них изготавливают прутки, листы, проволоку, прессованные профили, поковки и т.д.

Дюралюмины – это сплавы, имеющие сложный химический состав, основу которого составляют алюминий, медь и магний, для повышения коррозионной стойкости добавляют марганец. Дюралюмины характеризуются небольшой плотностью, высокой прочностью, достаточной твердостью и вязкостью, для повышения механических свойств их подвергают термической обработке. Прочность дюралюминия в 4 – 5 раз выше прочности чистого алюминия. Дюралюминий маркируют буквой Д, за которой следует кодирующая цифра, определяющая химический состав (Д1 – дюралюминий обыкновенной прочности; Д16 – дюралюминий высокопрочный).[1, 2]

Таблица 1 – Химический состав в % материала Д16 ГОСТ 4784-97

Fe	Si	Mn	Cr	Ti	Al	Cu	Mg	Zn	Примесей
до 0.5	до 0.5	0.3 - 0.9	до 0.1	до 0.15	90.9 - 94.7	3.8 - 4.9	1.2 - 1.8	до 0.25	прочие, каждая 0.05; всего 0.15

## 1.2 Группирование деталей подлежащих изготовлению на участке.

Так как программа выпуска мала, то в условиях серийного производства на данном участке будут обрабатываться детали схожей конфигурации и отличающиеся, как правило, друг от друга габаритными размерами. На этом

участке необходимо поместить оборудование, которое сможет обрабатывать всю номенклатуру деталей и при этом имеет высокую степень переналаживаемости для снижения затрат на переналадку оборудования, а также одним из самых важных факторов является загрузка оборудования. Всем этим требованиям отвечают современные станки с ЧПУ.

Детальными представителями являются:

- "Корпус опоры 2" рис. 1.4 находится в узле опоры 2, принцип действия узла и детали одинаковы, различие только в оси на которую устанавливается данный узел.

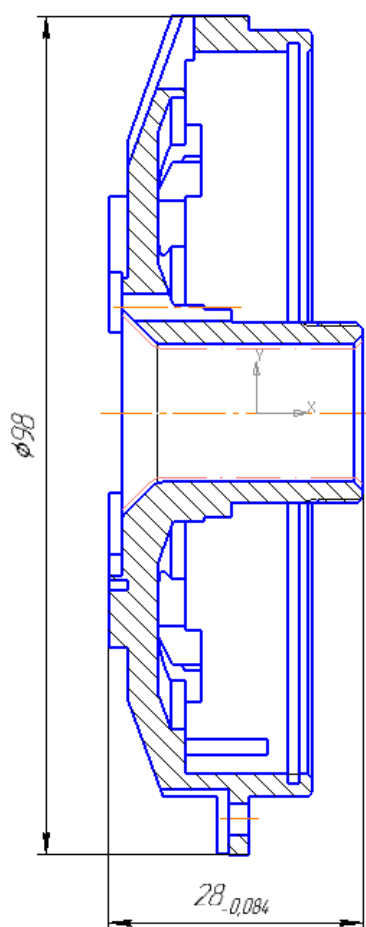


Рисунок 1.4 – 2D модель детали "Корпус опоры 2"

Отличаются детали только габаритами и некоторыми техническими требованиями.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.330.00 ПЗ

Лист

14

Основные характеристики детали "Корпус опоры 2":

- габариты ВхШ 98x28 мм;
- материал Д16 ГОСТ 4784-97;
- вес детали 0,12 кг;
- точность 12...5 квалитет;
- программа 2000 штук в год.

- "Корпус опоры 3" рис. 1.5 находится в узле опоры 3, шарикоподшипники в данном случае устанавливаются в отверстие корпуса, а двигатель стабилизации или поворотный трансформатор во внутреннюю полость корпуса. Узел устанавливается на третью ось подвеса.

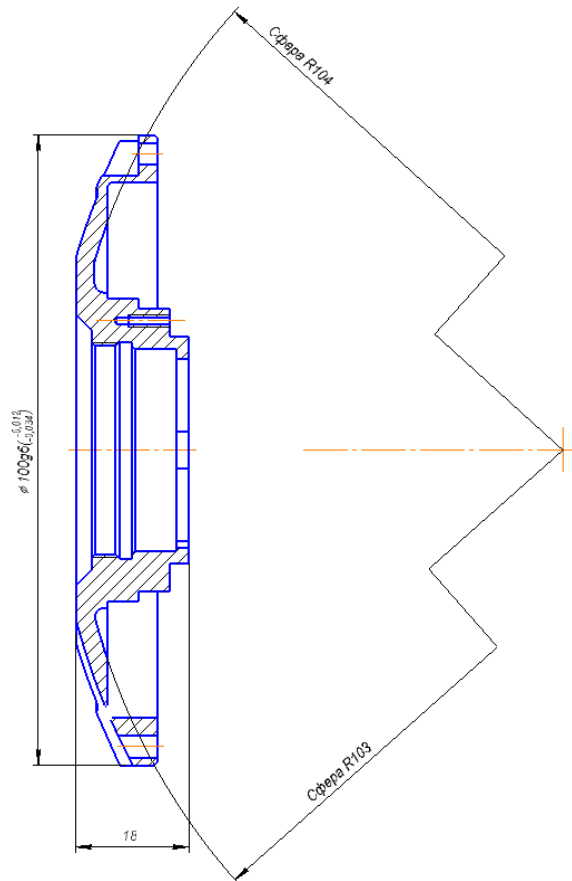


Рисунок 1.5 – 2D модель детали "Корпус опоры 3"

Отличаются детали только габаритами и некоторыми техническими требованиями.

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Основные характеристики детали "Корпус опоры 3":

- габариты ВхШ100х16 мм;
- материал Д16 ГОСТ 4784-97;
- вес детали 0,1 кг;
- точность 12...6 квалитет;
- программа 2000 штук в год.

### 1.3 Анализ существующего технологического процесса.

При составлении плана обработки следует соблюдать следующие правила:

Термообработка деталей (закалка, отпуск) производится перед чистовыми операциями.

Грубая операция должна предшествовать более точной, т.к. при первых операциях снимается больший слой металла (устраняются дефекты).

Отделочные операции следует относить к концу (уменьшается возможность повреждения при транспортировке и коробление при обработке других поверхностей).

В первую очередь выполняют операции, при которых снижается жесткость детали.

Контрольные операции планируются перед операциями выполняемыми другими цехами (термические, гальванические и т.д.), перед трудоемкими и ответственными операциями, после окончания обработки.

По существующему технологическому процессу все детали изготавливаются из прутка Д16 ГОСТ 4784-97, что не технологично т.к. коэффициент использования материала в этом случае:

$$K_{\text{им}} = \frac{G_{\text{д}}}{G_{\text{з}}}, \quad (1.1)$$

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16



где  $K_{им}$  - коэффициент использования материала;

$G_d$  – масса детали, кг;

$G_з$  - масса заготовки, кг.

$$K_{им} = \frac{0,1}{0,79} = 0,12$$

Термообработка и старение производится после первой токарной обработки для облегчения дальнейшей обработки. Стабилизирующее старение производится перед отделочной операцией (тонкое точение) и после окончания обработки.

Из отделочных операций применяется тонкое точение, которое проводится в конце технологического процесса.

По технологическому процессу предусматривается 2 контрольных операции: перед тонким точением (после нанесения покрытия), после окончания обработки.

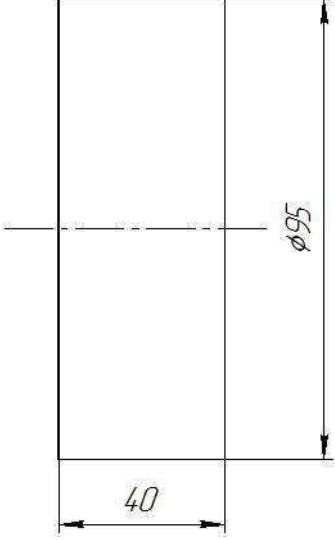
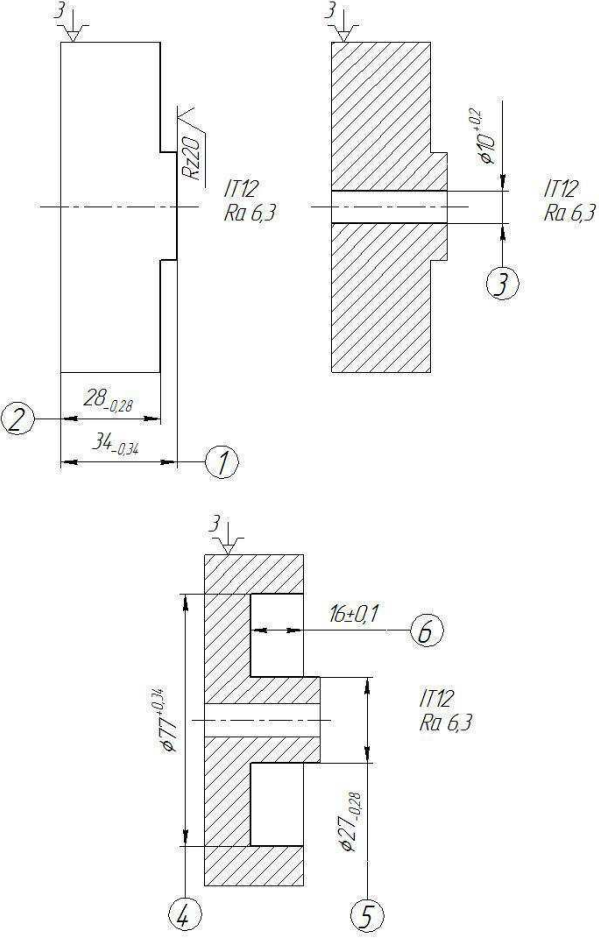
Сверление отверстий на конусной поверхности производится фрезой, что не вызывает трудностей с выполнением размеров.

Все отверстия на детали сквозные, что технологично.

Содержание технологического процесса механической обработки «корпуса опоры» действующего в настоящее время отражено в таблице 2.

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Таблица 2 – Содержание действующего техпроцесса

Номер, название операции, применяемое оборудование, содержание операции	Операционный эскиз	Оборудование
<p>005 Пило-отрезная</p> <p>1. Отрезать заготовку Ø95, длиной 40 мм</p>		<p>ПД 8666</p>
<p>010 Токарная</p> <p>1. Подрезать торцы выдерживая размеры 1, 2</p> <p>2. Сверлить отверстие выдерживая размер 3</p> <p>3. Расточить выдерживая размеры 4, 5, 6</p>		<p>Универсальный токарно – винторезный станок SV18R</p>

Продолжение таблицы 2

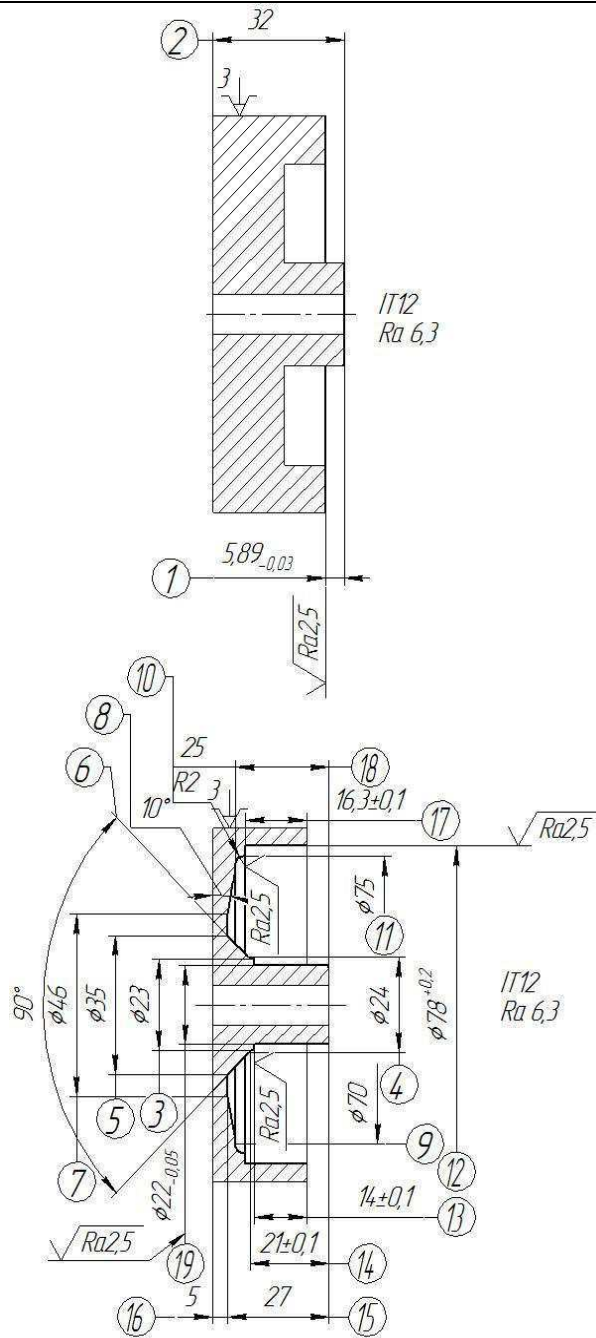
015 Термическая

020 Токарная

1. Подрезать торец  
выдерживая размер

1

2. Расточить  
выдерживая  
размеры 2 – 18



Универсальный  
токарно –  
винторезный  
станок SV18R

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.330.00 ПЗ

Лист

19

Продолжение таблицы 2

025 Токарная

1. Подрезать торец  
выдерживая размер

1

2. Точить

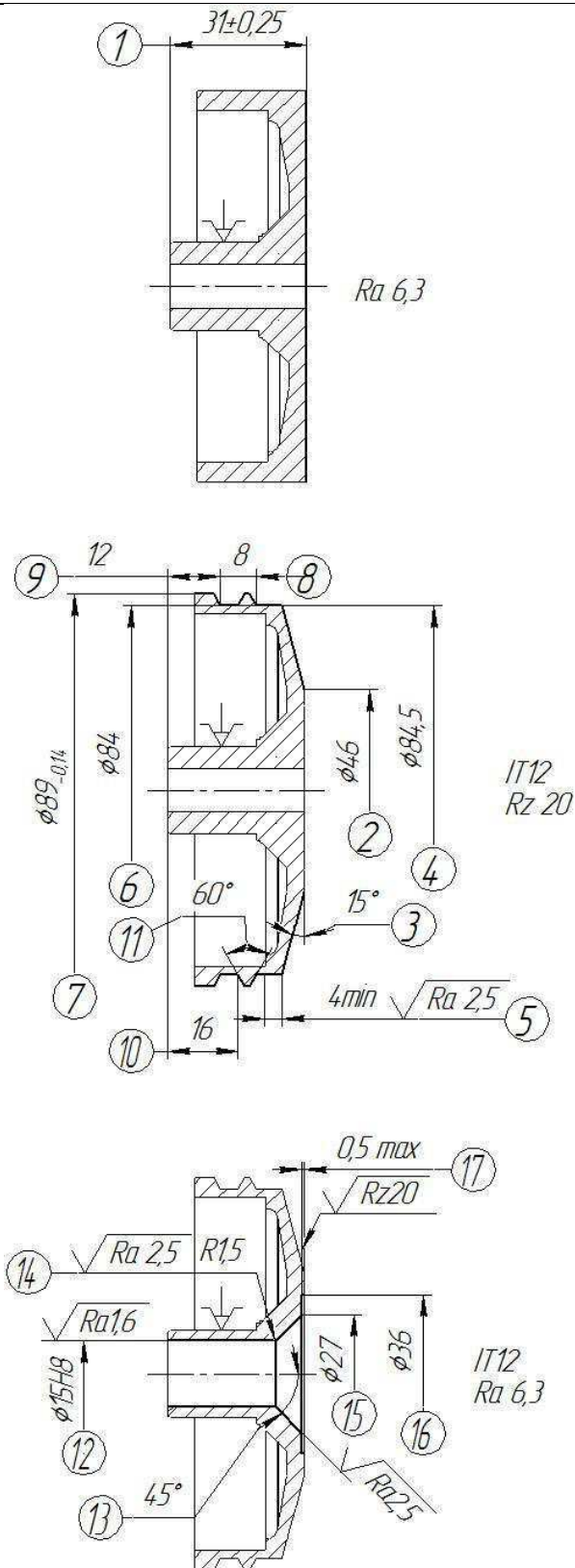
выдерживая

размеры 2 – 11

3. Расточить

выдерживая

размеры 12 – 17



Универсальный  
токарно –  
винторезный  
станок SV18R

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.330.00 ПЗ

Лист

20

Продолжение таблицы 2

030 Контрольная		
<p>035 Фрезерная</p> <p>1. Сверлить 2 отв. выдерживая размеры 1, 2</p> <p>2. Развернуть 2 отв. выдерживая размеры 3, 4</p>		<p>широкоуниверсальный фрезерный станок 6В75</p>
040 Слесарная		
<p>045 Фрезерная</p> <p>1. Фрезеровать 9 бобышек выдерживая размеры 1 – 12</p> <p>2. Сверлить 9 отв. выдерживая размеры 13 – 24</p>		<p>широкоуниверсальный фрезерный станок 6В75</p>

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

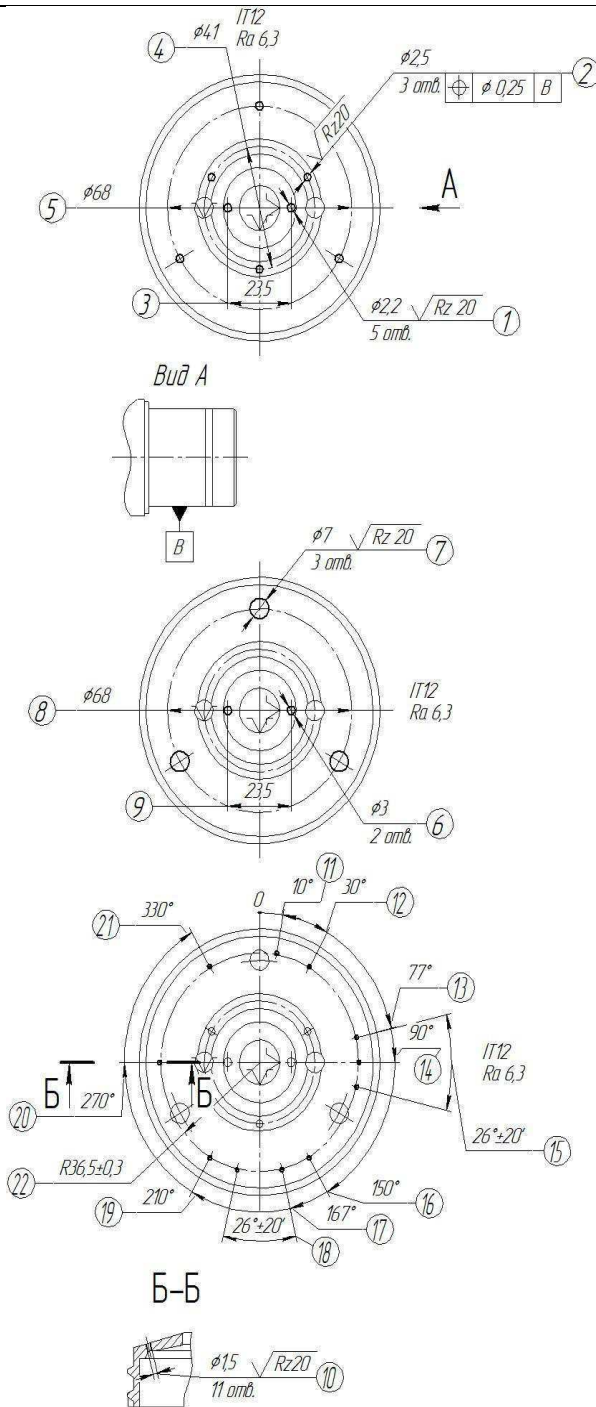
15.03.05.2017.330.00 ПЗ

Лист

21

Продолжение таблицы 2

050 Фрезерная  
 1. Сверлить  
 отверстия  
 выдерживая  
 размеры 1 – 5  
 2. Расфрезеровать  
 отверстия  
 выдерживая  
 размеры 6 – 9  
 3. Сверлить 9 отв.  
 выдерживая  
 размеры 10 – 21



широкоуниверсальный  
 фрезерный  
 станок 6В75

055 Контрольная

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.330.00 ПЗ

Лист

22

Продолжение таблицы 2

060 Слесарная		
065 Промывочная		
070 Гравировально-фрезерная		Г 6А463
075 Слесарная		
080 Промывочная		
085 Термическая		
090 Отделочная		
095 Контрольная		
100 Токарная 1. Точить выдерживая размеры 1, 2		Универсальный токарно – винторезный станок SV18RA

Продолжение таблицы 2

105 Токарная

1. Подрезать торец  
выдерживая размер

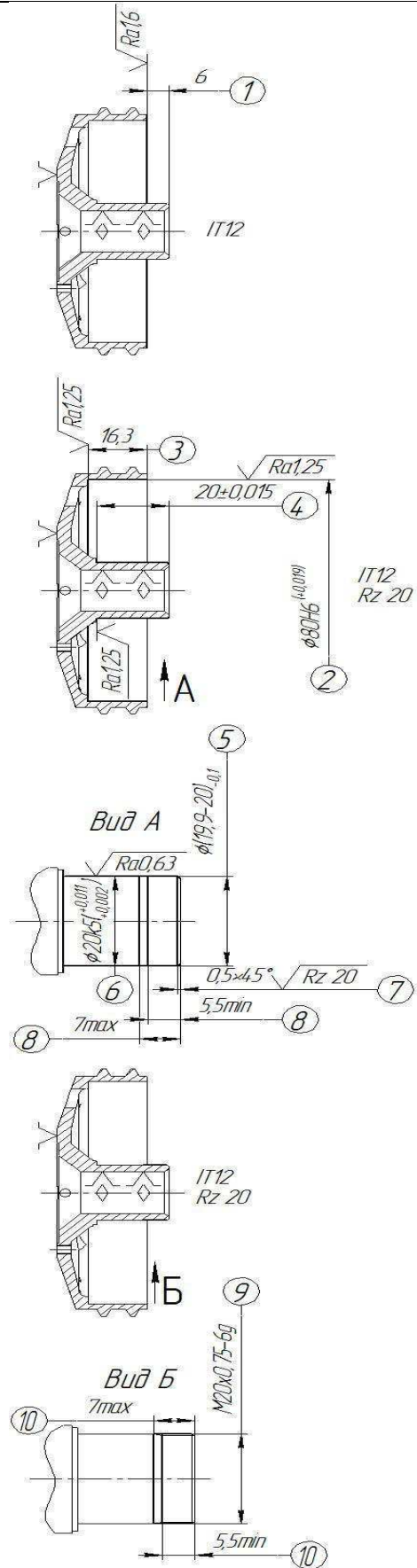
1

2. Расточить  
выдерживая

размеры 2 – 8

3. Нарезать резьбу  
выдерживая

размеры 9 – 10



Универсальный  
токарно –  
винторезный  
станок SV18RA

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.330.00 ПЗ

Лист

24



Окончание таблицы 2

110 Слесарная		
115 Промывочная		
120 Термическая		
125 Контрольная		
130 Консервация		
135 Складирование		

1.4 Выбор и обоснование метода получения заготовки

Способ получения заготовки определяется типом производства и материалом детали и обеспечивает оптимальный технологический процесс механической обработки.

Поскольку производство среднесерийное, то для корпуса в качестве заготовки предлагается поковка, получаемая в закрытых штампах.

Штамповка в закрытых штампах – процесс, при котором заготовка деформируется, находясь в полости одной части штампа, в которую входит, как в направляющую, другая его часть. При этом штамп не обеспечивает свободного удаления поковки из ручья. Для удаления поковки используются либо выталкиватели (на кривошипном горячештамповочном пресе КГШП), либо часть штампа, в которой расположена полость, выполняется разъемной, состоящей из двух половин (на горизонтально-ковачной машине ГКМ). Практически некоторая часть металла затекает в зазоры между разъемными частями закрытого штампа, образуя незначительный заусенец, объем которого зависит от колебаний объема заготовок вследствие неточности изготовления.

Закрытая штамповка более рациональна, чем открытая, так как при ней возможен только непредусматриваемый и небольшой величины заусенец, качество поковок более высокое. Не требуется специального оборудования для обрезки облоя. Закрытые штампы менее требовательны к фасонированию

заготовок, однако, как и в открытых штампах должно быть обеспечено центрирование заготовок.

Основной недостаток способа штамповки в закрытых штампах состоит в неуниверсальности и ограниченности рациональных форм штампуемых поковок. Заготовки должны быть точными по объему, что требует использования специального оборудования для отрезки заготовок. Меньший объем заготовок, чем требующийся, приводит к незаполнению углов штампов и браку поковок. Большой объем заготовки из-за отсутствия возможности фиксировать момент заполнения полости (конец штамповки) приводит к распору штампа, что отрицательно сказывается на его долговечности.

Коэффициент использования материала в этом случае:

$$K_{\text{им}} = \frac{0,1}{0,3} = 0,33$$

### 1.5 Разработка проектного варианта

При изменении тех. процесса надо стремиться к укрупнению операций. Для данного типа производства главное качество, а не количество выпускаемой продукции.

Предлагаю:

Поменять универсальные токарно – винторезные станки SV18R на токарный станок с ЧПУ WEILER E30 и широкоуниверсальные фрезерные станки 6B75 на пяти осевой фрезерный станок с ЧПУ DMU-50, что обеспечивает более высокое качество и гибкость производства и приведет к уменьшению количества станков и оснастки. В части оснастки спроектируем фасонный резец, цанговый патрон к токарному станку и многоместное приспособление к фрезерному станку с ЧПУ DMU-50 для объединения трех операций на один станок.

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

## 1.6 Разработка маршрутного технологического процесса

Назначение допусков на заготовительную операцию производится по [4, с. 65], несоосностей по [4, с. 91].

Назначение допусков на каждую операцию производится по [4, с. 65], несоосностей по [4, с. 65].

Определяем исходный индекс [4, с. 49]:

$$\text{Исх.инд.} = G+M+C+T \quad (1.2)$$

$$\left. \begin{array}{l} G = 1 \\ M3 = 3 \\ C4 = 3 \\ T4 = 4 \end{array} \right\} [4, \text{стр. 49, 87}]$$

$$\text{Исх.инд.} = 1+3+3+4 = 11$$

000 Заготовительная

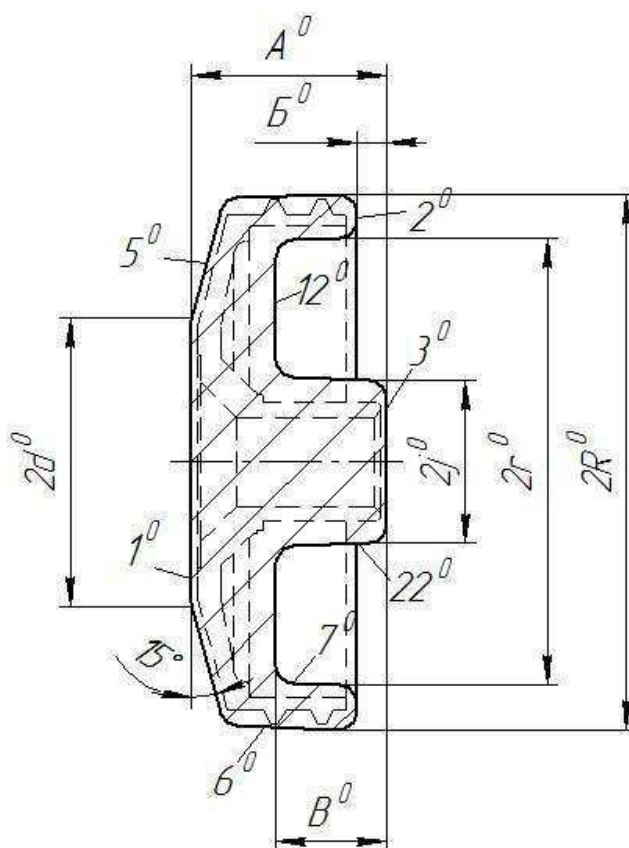


Рисунок 1.6 – Эскиз заготовки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.330.00 ПЗ

Лист

27

$$T_{A^0} = 1({}_{-0,3}^{+0,7});$$

$$T_{B^0} = 1({}_{-0,3}^{+0,7});$$

$$T_{2R^0} = 1,2({}_{-0,4}^{+0,8});$$

$$T_{2r^0} = 1,2({}_{-0,4}^{+0,8});$$

$$T_{2j^0} = 1,2({}_{-0,4}^{+0,8});$$

$$T_{2F^0} = 1({}_{-0,3}^{+0,7});$$

$$T_{2d^0} = 1,2({}_{-0,4}^{+0,4});$$

$$T_{2T^0} = 1,2({}_{-0,4}^{+0,4});$$

$$6^0, 9^0 \leq 0,5;$$

$$6^0, 22^0 \leq 0,5;$$

$$6^0, 11^0 \leq 0,5;$$

$$6^0, 7^0 \leq 0,5.$$

005 Токарная с ЧПУ

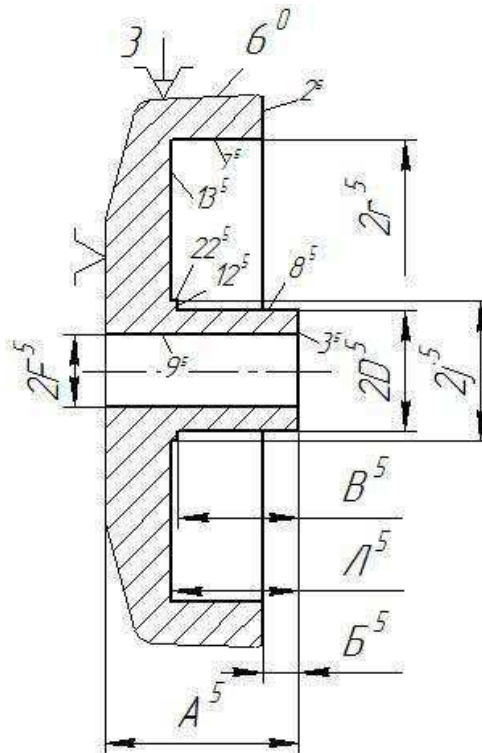


Рисунок 1.7 – Эскиз токарной операции

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.330.00 ПЗ

Лист

28

$$T_{A^5} = 0,25;$$

$$T_{B^5} = 0,12;$$

$$T_{B^5} = 0,21;$$

$$T_{Л^5} = 0,21;$$

$$T_{2D^5} = 0,21;$$

$$T_{2j^5} = 0,21;$$

$$T_{2F^5} = 0,18;$$

$$T_{2r^5} = 0,30;$$

$$6^{08^5} \leq 0,04;$$

$$6^{022^5} \leq 0,04;$$

$$6^{07^5} \leq 0,1;$$

$$6^{09^5} \leq 0,05.$$

010 Термическая

015 Токарная с ЧПУ

Установ 1

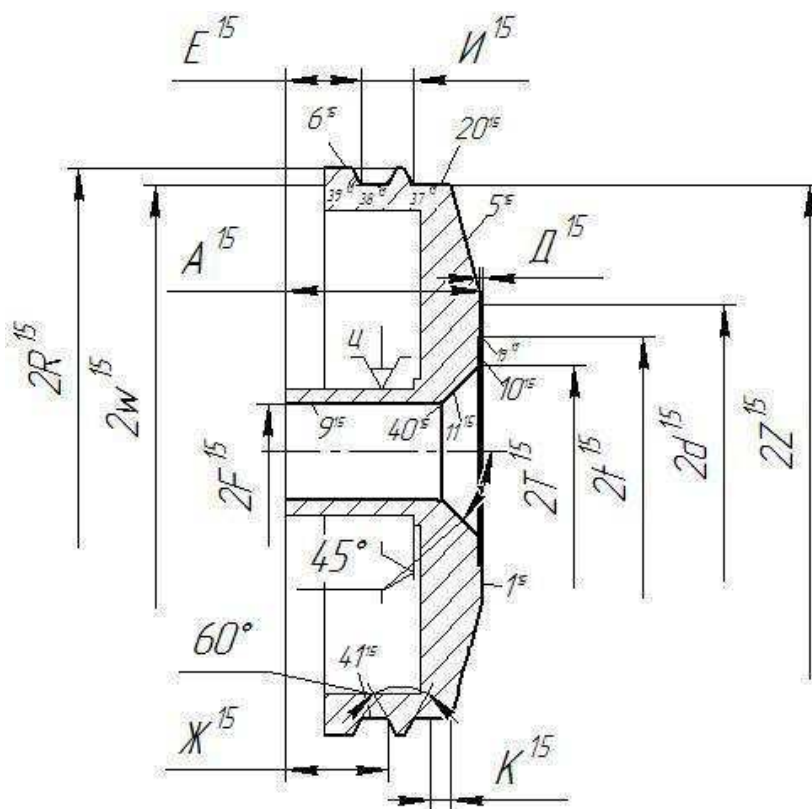


Рисунок 1.8 – Эскиз токарной операции

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.330.00 ПЗ

Лист

29

$$T_{A^{15}} = 0,25;$$

$$T_{Д^{15}} = 0,04; T_{Д^{15}'} = 0,1;$$

$$T_{E^{15}} = 0,12;$$

$$T_{Ж^{15}} = 0,12;$$

$$T_{И^{15}} = 0,12;$$

$$T_{K^{15}} = 0,12;$$

$$T_{2F^{15}} = 0,043; T_{2F^{15}'} = 0,07;$$

$$T_{2T^{15}} = 0,052; T_{2T^{15}'} = 0,084;$$

$$T_{2t^{15}} = 0,1; T_{2t^{15}'} = 0,25;$$

$$T_{2Z^{15}} = 0,14; T_{2Z^{15}'} = 0,35;$$

$$T_{2R^{15}} = 0,35;$$

$$T_{2d^{15}} = 0,35;$$

$$T_{2w^{15}} = 0,35;$$

$$8^5 20^{15} \leq 0,04; 8^5 20^{15'} \leq 0,06;$$

$$8^5 41^{15} \leq 0,06;$$

$$8^5 6^{15} \leq 0,06;$$

$$8^5 9^{15} \leq 0,012; 8^5 9^{15'} \leq 0,03;$$

$$8^5 19^{15} \leq 0,03; 8^5 19^{15'} \leq 0,059;$$

$$8^5 11^{15} \leq 0,06;$$

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Установ 2

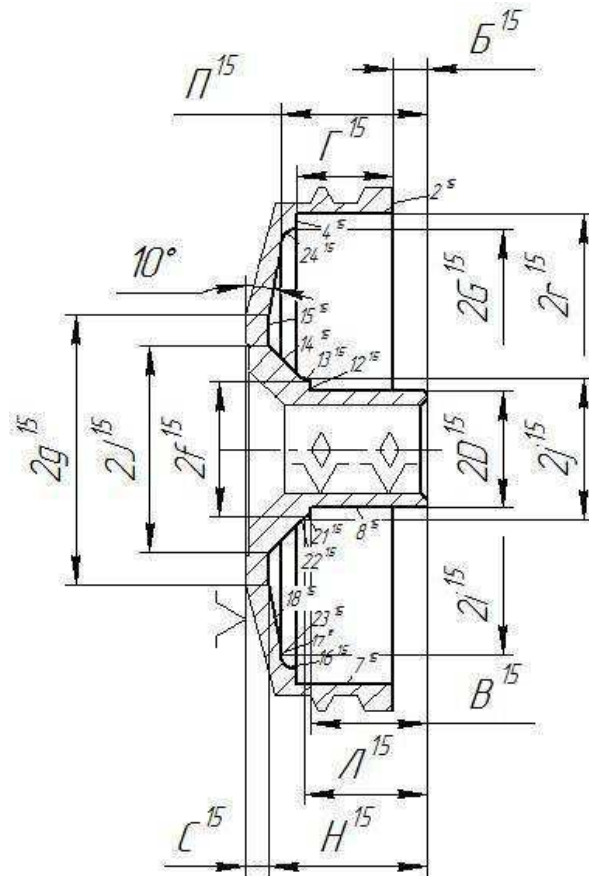


Рисунок 1.9 – Эскиз токарной операции

$$T_{\Gamma^{15}} = 0,052; T_{\Gamma^{15'}} = 0,21;$$

$$T_{Л^{15}} = 0,21;$$

$$T_{C^{15}} = 0,15;$$

$$T_{B^{15}} = 0,052;$$

$$T_{B^{15}} = 0,03;$$

$$T_{H^{15}} = 0,21;$$

$$T_{П^{15}} = 0,21;$$

$$T_{2i^{15}} = 0,12; T_{2i^{15'}} = 0,30;$$

$$T_{2r^{15}} = 0,12;$$

$$T_{2G^{15}} = 0,12; T_{2G^{15'}} = 0,30;$$

$$T_{2j^{15}} = 0,084;$$

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

15.03.05.2017.330.00 ПЗ

Лист

31

$$T_{2g}^{15} = 0,25;$$

$$T_{2f}^{15} = 0,25;$$

$$T_{2D}^{15} = 0,084;$$

$$T_{2f}^{15} = 0,084; T_{2f}^{15'} = 0,21;$$

$$9^{15}8^{15} \leq 0,04;$$

$$9^{15}7^{15} \leq 0,06;$$

$$9^{15}21^{15} \leq 0,04; 9^{15}21^{15'} \leq 0,06;$$

$$9^{15}22^{15} \leq 0,04;$$

$$9^{15}24^{15} \leq 0,06; 9^{15}24^{15'} \leq 0,1;$$

$$9^{15}16^{15} \leq 0,06;$$

$$9^{15}23^{15} \leq 0,06; 9^{15}23^{15'} \leq 0,1.$$

020 Фрезерная с ЧПУ

Установ 1

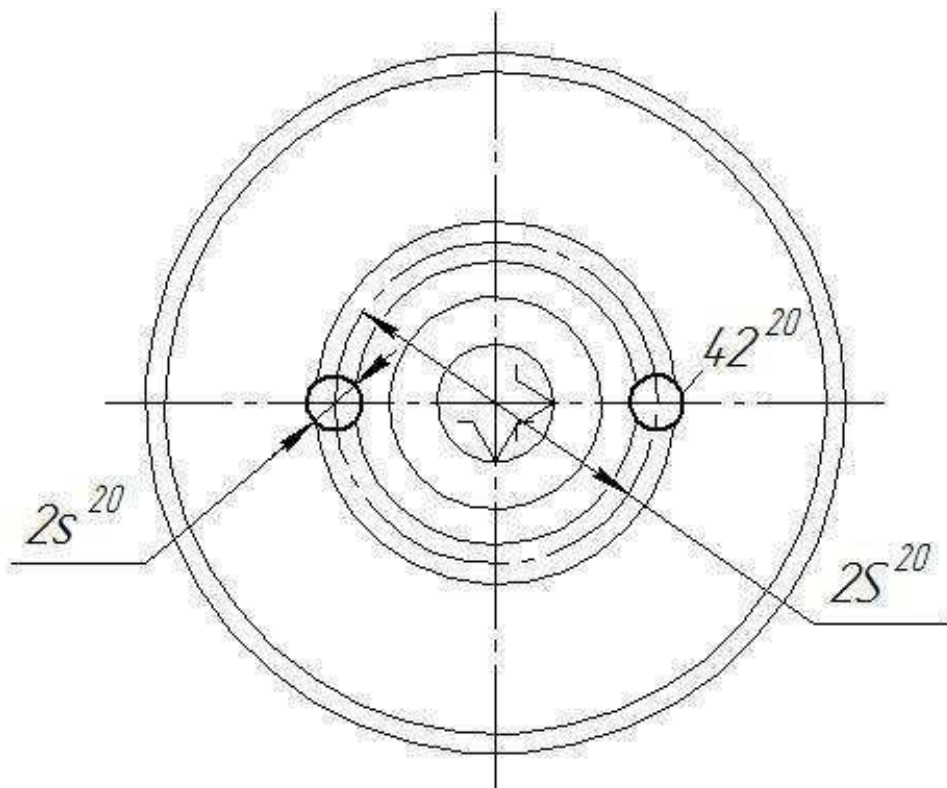


Рисунок 1.10 – Эскиз фрезерной операции

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.330.00 ПЗ

Лист

32



$$T_{2S^{20}} = 0,25;$$

$$T_{2S^{20}} = 0,022; T_{2S^{20}'} = 0,15;$$

$$9^{15}42^{20} \leq 0,06; 6^{15}42^{20'} \leq 0,1.$$

Установ 2

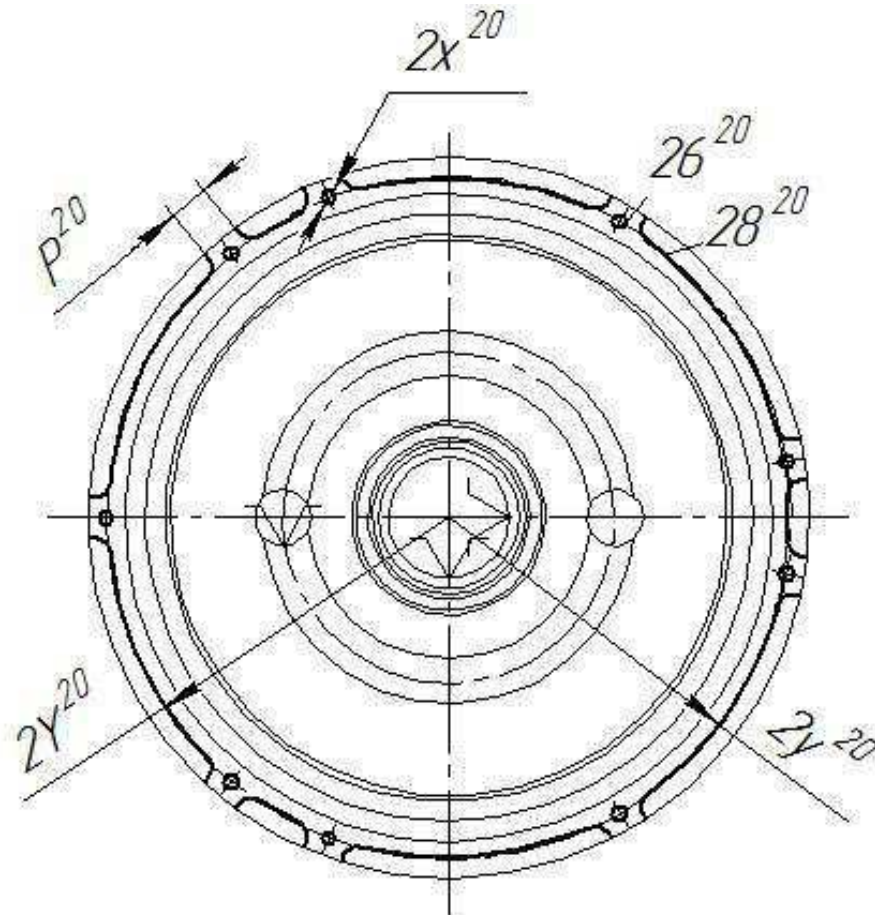


Рисунок 1.11 – Эскиз фрезерной операции

$$T_{2x^{20}} = 0,1;$$

$$T_{2y^{20}} = 0,35;$$

$$T_{2y^{20}} = 0,35;$$

$$T_{P^{20}} = 0,12;$$

$$9^{15}26^{20} \leq 0,06;$$

$$9^{15}28^{20} \leq 0,06.$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.330.00 ПЗ

Лист

33

Установ 3

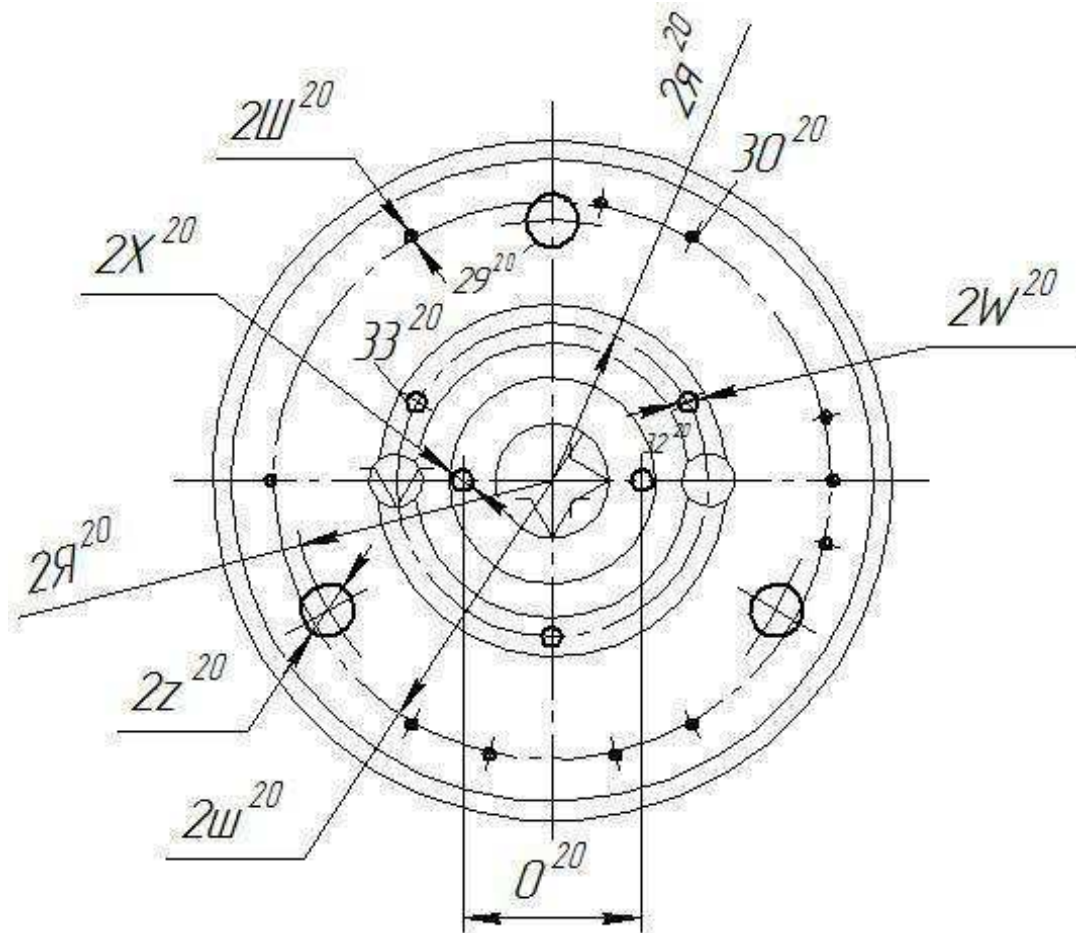


Рисунок 1.12 – Эскиз фрезерной операции

$$T_{2Ш^{20}} = 0,1;$$

$$T_{2Ш^{20}} = 0,3;$$

$$T_{2W^{20}} = 0,1;$$

$$T_{2Я^{20}} = 0,3;$$

$$T_{2Я^{20}} = 0,25;$$

$$T_{2Z^{20}} = 0,15; T_{2Z^{20'}} = 0,058;$$

$$T_{2Х^{20}} = 0,1;$$

$$T_{0^{20}} = 0,21;$$

$$9^{15}29^{20} \leq 0,06; 9^{15}29^{20'} \leq 0,1;$$

$$9^{15}32^{20} \leq 0,04;$$

$$9^{15}33^{20} \leq 0,059;$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.330.00 ПЗ

Лист

34

$$9^{15}30^{20} \leq 0,06.$$

025 Промывочная

030 Маркировочная

035 Термическая

040 Отделочная

045 Контрольная

050 Токарная с ЧПУ

Установ 1

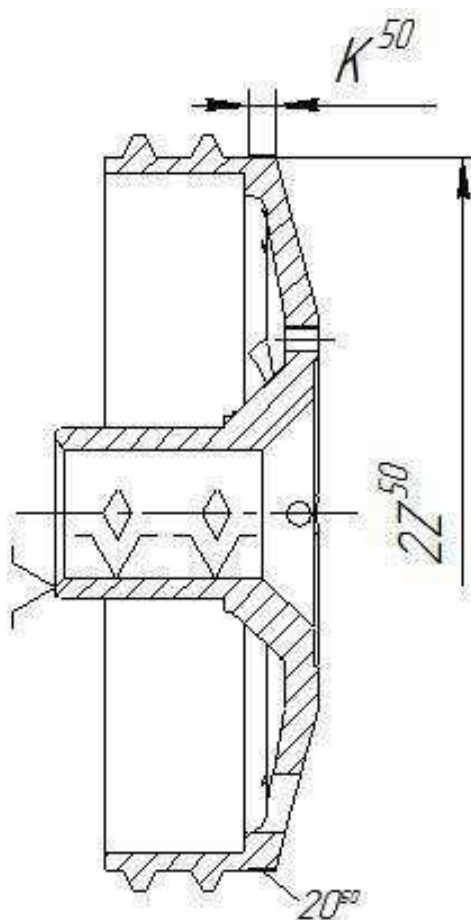


Рисунок 1.13 – Эскиз токарной операции

$$T_{K^{50}} = 0,018;$$

$$T_{27.50} = 0,054;$$

$$9^{15}20^{50} \leq 0,04.$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.330.00 ПЗ

Лист

35

Установ 2

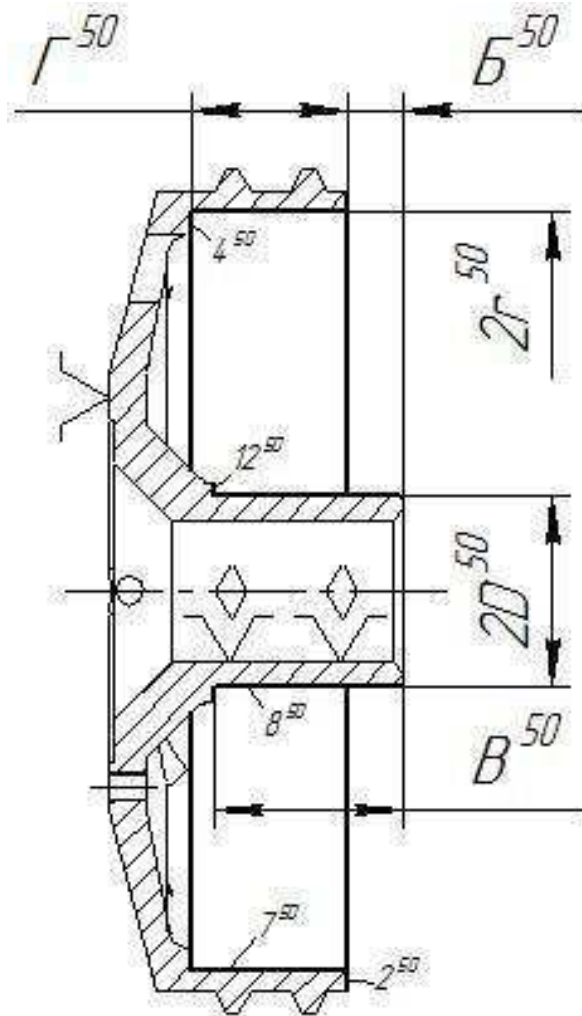


Рисунок 1.14 – Эскиз токарной операции

$$T_{B^{50}} = 0,033;$$

$$T_{B^{50}} = 0,018;$$

$$T_{R^{50}} = 0,027;$$

$$T_{2D^{50}} = 0,009; T_{2D^{50}'} = 0,013; T_{2D^{50}''} = 0,033;$$

$$T_{2r^{50}} = 0,046;$$

$$9^{15}7^{50} \leq 0,04;$$

$$9^{15}8^{50} \leq 0,006; 9^{15}8^{50'} \leq 0,006; 9^{15}8^{50''} \leq 0,01.$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.330.00 ПЗ

Лист

36

- 055 Слесарная
- 060 Промывочная
- 065 Термическая
- 070 Контрольная
- 075 Консервация
- 080 Сдаточная

## 1.7 Расчет припусков, операционных размеров и размеров заготовки

### 1.7.1 Расчет линейных припусков

Работа с размерной схемой линейных размеров (см. ПРИЛОЖЕНИЕ А)

Уравнения для замыкающих припусков линейных размеров [5, с. 12]:

$[Z_2^{50}] = -B^{15} + B^{50}$	$[Z_2^{50}]_{min} = 0,025 + 0,025 = 0,05\text{мм}$
$[Z_4^{50}] = -\Gamma^{15} + \Gamma^{50}$	$[Z_4^{50}]_{min} = 0,025 + 0,025 = 0,05\text{мм}$
$[Z_{12}^{50}] = -B^{15} + B^{50}$	$[Z_{12}^{50}]_{min} = 0,025 + 0,025 = 0,05\text{мм}$
$[Z_{20}^{50}] = -K^{15} + K^{50}$	$[Z_{20}^{50}]_{min} = 0,025 + 0,025 = 0,05\text{мм}$
$[Z_2^{15}] = B^{15} - B^5$	$[Z_2^{15}]_{min} = 0,05 + 0,05 = 0,01\text{мм}$
$[Z_4^{15}] = \Gamma^{15} - \Gamma^{15'}$	$[Z_4^{15}]_{min} = 0,05 + 0,05 = 0,01\text{мм}$
$[Z_{12}^{15}] = B^{15} - B^5$	$[Z_{12}^{15}]_{min} = 0,05 + 0,05 = 0,01\text{мм}$
$[Z_{13}^{15}] = L^{15} - L^5$	$[Z_{13}^{15}]_{min} = 0,05 + 0,05 = 0,01\text{мм}$
$[Z_{10}^{15}] = D^{15} - D^{15'}$	$[Z_{10}^{15}]_{min} = 0,05 + 0,05 = 0,01\text{мм}$
$[Z_1^{15}] = A^5 - A^{15}$	$[Z_1^{15}]_{min} = 0,08 + 0,15 = 0,23\text{мм}$
$[Z_{12}^{15}] = B^5 - B^0$	$[Z_{12}^{15}]_{min} = 0,08 + 0,15 = 0,23\text{мм}$
$[Z_2^5] = B^5 - B^0$	$[Z_2^5]_{min} = 0,08 + 0,15 = 0,23\text{мм}$
$[Z_3^5] = A^0 - A^5$	$[Z_3^5]_{min} = 0,08 + 0,15 = 0,23\text{мм}$

$$[Z_2^{50}]_{min} = -B_{max}^{15} + B_{min}^{50}$$

$$B_{max}^{15} = B_{min}^{50} - [Z_2^{50}]_{min} = 5,94 - 0,05 = 5,89 \text{ мм}$$

$$B_{min}^{15} = B_{max}^{15} - T_{B^{15}} = 5,89 - 0,03 = 5,59 \text{ мм}$$

$$B^{15} = \mathbf{5,89}_{-0,03} \text{ мм}$$

$$[Z_2^{50}]_{max} = [Z_2^{50}]_{min} + \sum T_{B_i} = 0,05 + 0,03 + 0,018 = 0,098 \text{ мм}$$

$$[Z_4^{50}]_{min} = -\Gamma_{max}^{15} + \Gamma_{min}^{50}$$

$$\Gamma_{max}^{15} = \Gamma_{min}^{50} - [Z_4^{50}]_{min} = 16,21 - 0,05 = 16,16 \text{ мм}$$

$$\Gamma_{min}^{15} = \Gamma_{max}^{15} - T_{\Gamma^{15}} = 16,16 - 0,052 = 18,108 \text{ мм}$$

$$\Gamma^{15} = \mathbf{16,108}_{-0,052} \text{ мм}$$

$$[Z_4^{50}]_{max} = [Z_4^{50}]_{min} + \sum T_{\Gamma_i} = 0,05 + 0,027 + 0,052 = 0,129 \text{ мм}$$

$$[Z_{12}^{50}]_{min} = -B_{max}^{15} + B_{min}^{50}$$

$$B_{max}^{15} = B_{min}^{50} - [Z_{12}^{50}]_{min} = 19,9 - 0,05 = 19,85 \text{ мм}$$

$$B_{min}^{15} = B_{max}^{15} - T_{B^{15}} = 19,85 - 0,052 = 19,33 \text{ мм}$$

$$B^{15} = \mathbf{19,85}_{-0,052} \text{ мм}$$

$$[Z_{12}^{50}]_{max} = [Z_{12}^{50}]_{min} + \sum T_{B_i} = 0,05 + 0,052 + 0,018 = 0,12 \text{ мм}$$

$$[Z_{20}^{50}]_{min} = -K_{max}^{15} + K_{min}^{50}$$

$$K_{max}^{15} = K_{min}^{50} - [Z_{20}^{50}]_{min} = 4 - 0,05 = 3,95 \text{ мм}$$

$$K_{min}^{15} = K_{max}^{15} - T_{K^{15}} = 3,95 - 0,12 = 3,83 \text{ мм}$$

$$K^{15} = \mathbf{3,95}_{-0,12} \text{ мм}$$

$$[Z_{20}^{50}]_{max} = [Z_{20}^{50}]_{min} + \sum T_{K_i} = 0,05 + 0,018 + 0,12 = 0,188 \text{ мм}$$

$$[Z_2^{15}]_{min} = B_{min}^{15} - B_{max}^5$$

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

$$B_{max}^5 = B_{min}^{15} - [Z_2^{15}]_{min} = 5,59 - 0,1 = 5,49 \text{ мм}$$

$$B_{min}^5 = B_{max}^5 - T_{B^5} = 5,49 - 0,12 = 5,37 \text{ мм}$$

$$B^5 = \mathbf{5,49}_{-0,12} \text{ мм}$$

$$[Z_2^{15}]_{max} = [Z_2^{15}]_{min} + \sum T_{B_i} = 0,1 + 0,03 + 0,012 = 0,142 \text{ мм}$$

$$[Z_4^{15}]_{min} = \Gamma_{min}^{15} - \Gamma_{min}^{15'}$$

$$\Gamma_{max}^{15'} = \Gamma_{min}^{15} - [Z_4^{15}]_{min} = 16,108 - 0,1 = 16,008 \text{ мм}$$

$$\Gamma_{min}^{15'} = \Gamma_{max}^{15'} - T_{\Gamma^{15'}} = 16,008 - 0,21 = 15,798 \text{ мм}$$

$$\Gamma^{15'} = \mathbf{16,008}_{-0,21} \text{ мм}$$

$$[Z_4^{15}]_{max} = [Z_4^{15}]_{min} + \sum T_{\Gamma_i} = 0,1 + 0,52 + 0,21 = 0,83 \text{ мм}$$

$$[Z_{12}^{15}]_{min} = B_{min}^{20} - B_{max}^5$$

$$B_{max}^5 = B_{min}^{15} - [Z_{12}^{15}]_{min} = 19,33 - 0,1 = 19,23 \text{ мм}$$

$$B_{min}^5 = B_{max}^5 - T_{B^5} = 19,23 - 0,21 = 19,02 \text{ мм}$$

$$B^5 = \mathbf{19,23}_{-0,21} \text{ мм}$$

$$[Z_{12}^{15}]_{max} = [Z_{12}^{15}]_{min} + \sum T_{B_i} = 0,1 + 0,052 + 0,21 = 0,362 \text{ мм}$$

$$[Z_{13}^{15}]_{min} = L_{min}^{15} - L_{max}^5$$

$$L_{max}^5 = L_{min}^{15} - [Z_{13}^{15}]_{min} = 20,895 - 0,1 = 20,795 \text{ мм}$$

$$L_{min}^5 = L_{max}^5 - T_{L^5} = 20,795 - 0,21 = 20,585 \text{ мм}$$

$$L^5 = \mathbf{20,795}_{-0,21} \text{ мм}$$

$$[Z_{13}^{15}]_{max} = [Z_{13}^{15}]_{min} + \sum T_{L_i} = 0,1 + 0,21 + 0,21 = 0,52 \text{ мм}$$

$$[Z_{10}^{15}]_{min} = D_{min}^{15} - D_{max}^{15'}$$

$$D_{max}^{15'} = D_{min}^{15} - [Z_{10}^{15}]_{min} = 0,45 - 0,1 = 0,35 \text{ мм}$$

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

$$D_{min}^{15'} = D_{max}^{15'} - T_{D^{15'}} = 0,35 - 0,1 = 0,25 \text{ мм}$$

$$D^{15'} = \mathbf{0,35}_{-0,1} \text{ мм}$$

$$[Z_{10}^{15}]_{max} = [Z_{10}^{15}]_{min} + \sum T_{D_i} = 0,1 + 0,04 + 0,1 = 0,24 \text{ мм}$$

$$[Z_1^{15}]_{min} = A_{min}^5 - A_{max}^{15}$$

$$A_{min}^5 = A_{max}^{15} + [Z_1^{15}]_{min} = 31,25 + 0,23 = 31,48 \text{ мм}$$

$$A_{max}^5 = A_{min}^5 + T_{A^5} = 31,48 + 0,25 = 31,73 \text{ мм}$$

$$A^5 = \mathbf{31,73}_{-0,25} \text{ мм}$$

$$[Z_1^{15}]_{max} = [Z_1^{15}]_{min} + \sum T_{A_i} = 0,23 + 0,25 + 0,25 = 0,73 \text{ мм}$$

$$[Z_{12}^5]_{min} = B_{min}^5 - B_{max}^0$$

$$B_{max}^0 = B_{min}^5 - [Z_{12}^5]_{min} = 19,02 - 0,23 = 18,79 \text{ мм}$$

$$B_{min}^0 = B_{max}^0 - T_{B^0} = 18,79 - 1 = 17,79 \text{ мм}$$

$$B^0 = \mathbf{18,79}_{-1} \text{ мм}$$

$$[Z_{12}^5]_{max} = [Z_{12}^5]_{min} + \sum T_{B_i} = 0,23 + 0,21 + 1 = 1,44 \text{ мм}$$

$$[Z_2^5]_{min} = B_{min}^5 - B_{max}^0$$

$$B_{max}^0 = B_{min}^5 - [Z_2^5]_{min} = 5,37 - 0,23 = 5,14 \text{ мм}$$

$$B_{min}^0 = B_{max}^0 - T_{B^0} = 5,14 - 1 = 4,14 \text{ мм}$$

$$B^0 = \mathbf{5,14}_{-1} \text{ мм}$$

$$[Z_2^5]_{max} = [Z_2^5]_{min} + \sum T_{B_i} = 0,23 + 0,12 + 1 = 1,35 \text{ мм}$$

$$[Z_3^5]_{min} = A_{min}^0 - A_{max}^5$$

$$A_{min}^0 = A_{max}^5 + [Z_3^5]_{min} = 31,73 + 0,23 = 31,96 \text{ мм}$$

$$A_{max}^0 = A_{min}^0 + T_{A^0} = 31,96 + 1 = 32,96 \text{ мм}$$

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40



$$A^0 = 32,96_{-1} \text{ мм}$$

$$[Z_3^5]_{max} = [Z_3^5]_{min} + \sum T_{A_i} = 0,23 + 1 + 0,25 = 1,48 \text{ мм}$$

### 1.7.2 Расчет радиальных припусков

Работа с размерной схемой радиальных размеров (см. ПРИЛОЖЕНИЕ Б)

Уравнения для замыкающих припусков линейных размеров [5, с. 12]:

$$[Z_8^{50}] = D^{50'} - (9^{15}, 8^{50'}) - (9^{15}, 8^{50}) - D^{50}$$

$$[Z_8^{50'}] = D^{50''} - (9^{15}, 8^{50''}) - (9^{15}, 8^{50'}) - D^{50'}$$

$$[Z_8^{50''}] = D^{15} - (9^{15}, 8^{15}) - (9^{15}, 8^{50''}) - D^{50''}$$

$$[Z_7^{50}] = r^{50} - (9^{15}, 7^{50}) - (9^{15}, 7^{15}) - r^{15}$$

$$[Z_{20}^{50}] = Z^{15} - (8^5, 20^{15}) - (8^5, 9^{15}) - (9^{15}, 8^{15}) - (9^{15}, 20^{50}) - Z^{50}$$

$$[Z_8^{15}] = D^5 - (8^5, 9^{15}) - (9^{15}, 8^{15}) - D^{15}$$

$$[Z_{21}^{15}] = f^{15'} - (9^{15}, 21^{15'}) - (9^{15}, 21^{15}) - f^{15}$$

$$[Z_{22}^{15}] = j^5 - (6^0, 22^5) - (6^0, 8^5) - (8^5, 9^{15}) - (9^{15}, 22^{15}) - j^{15}$$

$$[Z_{23}^{15}] = i^{15} - (9^{15}, 23^{15}) - (9^{15}, 23^{15'}) - i^{15'}$$

$$[Z_{24}^{15}] = G^{15} - (9^{15}, 24^{15}) - (9^{15}, 24^{15'}) - G^{15'}$$

$$[Z_7^{15}] = r^{15} - (9^{15}, 7^{15}) - (6^0, 7^5) - r^5$$

$$[Z_7^5] = r^5 - (6^0, 7^5) - (8^5, 9^{15}) - (6^0, 8^5) - (6^0, 7^0) - r^0$$

$$[Z_9^{15}] = F^{15} - (8^5, 9^{15}) - (8^5, 9^{15'}) - F^{15'}$$

$$[Z_9^{15'}] = F^{15'} - (8^5, 9^{15'}) - (6^0, 9^5) - F^5$$

$$[Z_{11}^{15}] = T^{15} - (8^5, 11^{15}) - (8^5, 11^{15'}) - T^{15'}$$

$$[Z_{19}^{15}] = t^{15} - (8^5, 19^{15}) - (8^5, 19^{15'}) - t^{15'}$$

$$[Z_{20}^{15}] = Z^{15'} - (8^5, 20^{15'}) - (8^5, 20^{15}) - Z^{15}$$

$$[Z_6^{15}] = R^0 - (6^0, 8^5) - (8^5, 6^{15}) - R^{15}$$

$$[Z_5^{15}] = d^0 - (6^0, 5^0) - (6^0, 8^5) - (8^5, 5^{15}) - d^{15}$$

$$[Z_{22}^5] = j^0 - (6^0, 22^0) - (6^0, 22^5) - j^5$$

$$[Z_8^{50}]_{min} = 0,005 + 0,015 = 0,02 \text{ мм}$$

$$[Z_8^{50'}]_{min} = 0,01 + 0,02 = 0,03 \text{ мм}$$

$$[Z_8^{50''}]_{min} = 0,025 + 0,025 = 0,05 \text{ мм}$$

$$[Z_7^{50}]_{min} = 0,025 + 0,025 = 0,05 \text{ мм}$$

$$[Z_{20}^{50}]_{min} = 0,025 + 0,025 = 0,05 \text{ мм}$$

$$[Z_8^{15}]_{min} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ мм}$$

$$[Z_{21}^{15}]_{min} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ мм}$$

$$[Z_{22}^{15}]_{min} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ мм}$$

$$[Z_{23}^{15}]_{min} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ мм}$$

$$[Z_{24}^{15}]_{min} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ мм}$$

$$[Z_7^{15}]_{min} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ мм}$$

$$[Z_7^5]_{min} = 0,08 + 0,15 = 0,23 \text{ мм}$$

$$[Z_9^{15}]_{min} = 0,025 + 0,025 = 0,05 \text{ мм}$$

$$[Z_9^{15'}]_{min} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ мм}$$

$$[Z_{11}^{15}]_{min} = 0,08 + 0,15 = 0,23 \text{ мм}$$

$$[Z_{19}^{15}]_{min} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ мм}$$

$$[Z_{20}^{15}]_{min} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ мм}$$

$$[Z_6^{15}]_{min} = 0,08 + 0,15 = 0,23 \text{ мм}$$

$$[Z_5^{15}]_{min} = 0,08 + 0,15 = 0,23 \text{ мм}$$

$$[Z_{22}^5]_{min} = 0,08 + 0,15 = 0,23 \text{ мм}$$

$$[Z_8^{50}]_{min} = D_{min}^{50'} - (9^{15}, 8^{50'})_{max} - (9^{15}, 8^{50})_{max} - D_{max}^{50}$$

$$D_{min}^{50'} = (9^{15}, 8^{50'})_{max} + (9^{15}, 8^{50})_{max} + D_{max}^{50} + [Z_8^{50}]_{min}$$

$$= 0,006 + 0,006 + 10,0055 + 0,02 = 10,0375 \text{ мм}$$

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

$$D_{max}^{50'} = D_{min}^{50'} + T_{D^{50'}} = 10,0375 + 0,0065 = 10,044 \text{ мм}$$

$$2D^{50'} = \mathbf{20,088}_{-0,013} \text{ мм}$$

$$[Z_8^{50}]_{max} = [Z_8^{50}]_{min} + \sum T_{D_i} = 0,02 + 0,0045 + 0,006 + 0,0065 + 0,006 \\ = 0,043 \text{ мм}$$

$$[Z_8^{50'}]_{min} = D_{min}^{50''} - (9^{15}, 8^{50''})_{max} - (9^{15}, 8^{50'})_{max} - D_{max}^{50'}$$

$$D_{min}^{50''} = (9^{15}, 8^{50''})_{max} + (9^{15}, 8^{50'})_{max} + D_{max}^{50'} + [Z_8^{50'}]_{min} \\ = 0,01 + 0,006 + 10,004 + 0,03 = 10,09 \text{ мм}$$

$$D_{max}^{50''} = D_{min}^{50''} + T_{D^{50''}} = 10,09 + 0,0165 = 10,1065 \text{ мм}$$

$$2D^{50''} = \mathbf{20,213}_{-0,033} \text{ мм}$$

$$[Z_8^{50''}]_{max} = [Z_8^{50''}]_{min} + \sum T_{D_i} = 0,03 + 0,0165 + 0,01 + 0,0065 + 0,006 \\ = 0,069 \text{ мм}$$

$$[Z_8^{50''}]_{min} = D_{min}^{15} - (9^{15}, 8^{15})_{max} - (9^{15}, 8^{50''})_{max} - D_{max}^{50''}$$

$$D_{min}^{15} = (9^{15}, 8^{15})_{max} + (9^{15}, 8^{50''})_{max} + D_{max}^{50''} + [Z_8^{50''}]_{min} \\ = 0,04 + 0,019 + 10,1065 + 0,05 = 10,2155 \text{ мм}$$

$$D_{max}^{15} = D_{min}^{15} + T_{D^{15}} = 10,2155 + 0,042 = 10,2575 \text{ мм}$$

$$2D^{15} = \mathbf{20,515}_{-0,084} \text{ мм}$$

$$[Z_8^{15''}]_{max} = [Z_8^{15''}]_{min} + \sum T_{D_i} = 0,05 + 0,042 + 0,04 + 0,0065 + 0,01 \\ = 0,1485 \text{ мм}$$

$$[Z_7^{50}]_{min} = r_{min}^{50} - (9^{15}, 7^{50})_{max} - (9^{15}, 7^{15})_{max} - r_{max}^{15}$$

$$r_{max}^{15} = r_{min}^{50} - (9^{15}, 7^{50})_{max} - (9^{15}, 7^{15})_{max} - [Z_7^{50}]_{min} \\ = 40 - 0,04 - 0,06 - 0,05 = 39,85 \text{ мм}$$

$$r_{min}^{15} = r_{max}^{15} - T_{r^{15}} = 39,85 - 0,06 = 39,79 \text{ мм}$$

$$2r^{15} = 79,58^{+0,12} \text{ мм}$$

$$[Z_7^{50}]_{max} = [Z_7^{50}]_{min} + \sum T_{D_i} = 0,05 + 0,023 + 0,04 + 0,06 + 0,06 \\ = 0,233 \text{ мм}$$

$$[Z_{20}^{50}]_{min}$$

$$= Z_{min}^{15} - (8^5, 20^{15})_{max} - (8^5, 9^{15})_{max} - (9^{15}, 8^{15})_{max} \\ - (9^{15}, 20^{50})_{max} - Z_{max}^{50}$$

$$Z_{min}^{15} = (8^5, 20^{15})_{max} + (8^5, 9^{15})_{max} + (9^{15}, 8^{15})_{max} + (9^{15}, 20^{50})_{max} \\ + Z_{max}^{50} + [Z_{20}^{50}]_{min} \\ = 0,04 + 0,059 + 0,04 + 0,04 + 41,9205 + 0,05 = 42,1495 \text{ мм}$$

$$Z_{max}^{15} = Z_{min}^{15} + T_{Z^{15}} = 42,1495 + 0,07 = 42,2195 \text{ мм}$$

$$2Z^{15} = 84,439_{-0,14} \text{ мм}$$

$$[Z_{20}^{50}]_{max} = [Z_{20}^{50}]_{min} + \sum T_{D_i} \\ = 0,05 + 0,027 + 0,04 + 0,04 + 0,059 + 0,07 + 0,04 \\ = 0,326 \text{ мм}$$

$$[Z_8^{15}]_{min} = D_{min}^5 - (8^5, 9^{15})_{max} - (9^{15}, 8^{15})_{max} - D_{max}^{15}$$

$$D_{min}^5 = (8^5, 9^{15})_{max} + (9^{15}, 8^{15})_{max} + D_{max}^{15} + [Z_8^{15}]_{min} \\ = 0,012 + 0,04 + 10,2575 + 0,1 = 10,4095 \text{ мм}$$

$$D_{max}^5 = D_{min}^5 + T_{D^5} = 10,4095 + 0,105 = 10,5145 \text{ мм}$$

$$2D^5 = 21,029_{-0,21} \text{ мм}$$

$$[Z_8^{15}]_{max} = [Z_8^{15}]_{min} + \sum T_{D_i} = 0,1 + 0,042 + 0,04 + 0,105 + 0,012 \\ = 0,299 \text{ мм}$$

$$[Z_{21}^{15}]_{min} = f_{min}^{15'} - (9^{15}, 21^{15'})_{max} - (9^{15}, 21^{15})_{max} - f_{max}^{15}$$

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

$$f_{min}^{15'} = (9^{15}, 21^{5'})_{max} + (9^{15}, 21^{15})_{max} + f_{max}^{15} + [Z_{21}^{15}]_{min}$$

$$= 0,06 + 0,04 + 11,5 + 0,1 = 11,7 \text{ мм}$$

$$f_{max}^{15'} = f_{min}^{15'} + T_{f^{15'}} = 11,7 + 0,105 = 11,805 \text{ мм}$$

$$2f^{15'} = 23,4_{-0,21} \text{ мм}$$

$$[Z_{21}^{15}]_{max} = [Z_{21}^{15}]_{min} + \sum T_{D_i} = 0,1 + 0,105 + 0,06 + 0,042 + 0,04$$

$$= 0,347 \text{ мм}$$

$$[Z_{22}^{15}]_{min}$$

$$= j_{min}^5 - (6^0, 22^5)_{max} - (6^0, 8^5)_{max} - (8^5, 9^{15})_{max}$$

$$- (9^{15}, 22^{15})_{max} - j_{max}^{15}$$

$$j_{min}^5 = (6^0, 22^5)_{max} + (6^0, 8^5)_{max} + (8^5, 9^{15})_{max} + (9^{15}, 22^{15})_{max} + j_{max}^{15}$$

$$+ [Z_{22}^{15}]_{min} = 0,04 + 0,04 + 0,012 + 0,04 + 12 + 0,1$$

$$= 12,232 \text{ мм}$$

$$j_{max}^5 = j_{min}^5 + T_{j^5} = 12,232 + 0,105 = 12,337 \text{ мм}$$

$$2j^5 = 24,674_{-0,21} \text{ мм}$$

$$[Z_{22}^{15}]_{max} = [Z_{22}^{15}]_{min} + \sum T_{D_i}$$

$$= 0,1 + 0,105 + 0,04 + 0,04 + 0,012 + 0,042 + 0,04$$

$$= 0,379 \text{ мм}$$

$$[Z_{23}^{15}]_{min} = i_{min}^{15} - (9^{15}, 23^{15})_{max} - (9^{15}, 23^{15'})_{max} - i_{max}^{15'}$$

$$i_{max}^{15'} = i_{min}^{15} - (9^{15}, 23^{15})_{max} - (9^{15}, 23^{15'})_{max} - [Z_{23}^{15}]_{min}$$

$$= 35,15 - 0,06 - 0,1 - 0,1 = 34,89 \text{ мм}$$

$$i_{min}^{15'} = i_{max}^{15'} - T_{i^{15'}} = 34,89 - 0,15 = 34,74 \text{ мм}$$

$$2i^{15'} = 69,48^{+0,3} \text{ мм}$$

$$[Z_{23}^{15}]_{max} = [Z_{23}^{15}]_{min} + \sum T_{D_i} = 0,1 + 0,06 + 0,06 + 0,15 + 0,05 = 0,42 \text{ мм}$$

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

$$[Z_{24}^{15}]_{min} = G_{min}^{15} - (9^{15}, 24^{15})_{max} - (9^{15}, 24^{15'})_{max} - G_{max}^{15'}$$

$$G_{max}^{15'} = G_{min}^{15} - (9^{15}, 23^{15})_{max} - (9^{15}, 23^{15'})_{max} - [Z_{24}^{15}]_{min}$$

$$= 37,65 - 0,06 - 0,1 - 0,1 = 37,39 \text{ мм}$$

$$G_{min}^{15'} = G_{max}^{15'} - T_{G^{15'}} = 37,39 - 0,15 = 37,24 \text{ мм}$$

$$2G^{15'} = 74,48^{+0,3} \text{ мм}$$

$$[Z_{24}^{15}]_{max} = [Z_{24}^{15}]_{min} + \sum T_{D_i} = 0,1 + 0,06 + 0,06 + 0,15 + 0,1 = 0,47 \text{ мм}$$

$$[Z_7^{15}]_{min} = r_{min}^{15} - (9^{15}, 7^{15})_{max} - (6^0, 7^5)_{max} - r_{max}^5$$

$$r_{max}^5 = r_{min}^{15} - (9^{15}, 7^{15})_{max} - (6^0, 7^5)_{max} - [Z_7^{15}]_{min}$$

$$= 39,79 - 0,06 - 0,1 - 0,1 = 39,53 \text{ мм}$$

$$r_{min}^5 = r_{max}^5 - T_{r^5} = 39,53 - 0,15 = 38,38 \text{ мм}$$

$$2r^5 = 78,76^{+0,3} \text{ мм}$$

$$[Z_7^{15}]_{max} = [Z_7^{15}]_{min} + \sum T_{D_i} = 0,1 + 0,06 + 0,06 + 0,15 + 0,05 = 0,41 \text{ мм}$$

$$[Z_7^5]_{min}$$

$$= r_{min}^5 - (6^0, 7^5)_{max} - (8^5, 9^{15})_{max} - (6^0, 8^5)_{max} - (6^0, 7^0)_{max} - r_{max}^0$$

$$r_{max}^0 = r_{min}^5 - (6^0, 7^5)_{max} - (8^5, 9^{15})_{max} - (6^0, 8^5)_{max} - (6^0, 7^0)_{max} - [Z_7^5]_{min} = 39,38 - 0,1 - 0,012 - 0,04 - 0,5 - 0,23$$

$$= 38,498 \text{ мм}$$

$$r_{min}^0 = r_{max}^0 - T_{r^0} = 38,498 - 0,6 = 37,898 \text{ мм}$$

$$2r^0 = 75,796^{+1,2} \text{ мм}$$

$$[Z_7^5]_{max} = [Z_7^5]_{min} + \sum T_{D_i} = 0,23 + 0,15 + 0,1 + 0,012 + 0,09 + 0,3 + 0,6$$

$$= 1,482 \text{ мм}$$

$$[Z_9^{15}]_{min} = F_{min}^{15} - (8^5, 9^{15})_{max} - (8^5, 9^{15'})_{max} - F_{max}^{15'}$$

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

$$F_{max}^{15'} = F_{min}^{15} - (8^5, 9^{15})_{max} - (8^5, 9^{15'})_{max} - [Z_9^{15}]_{min}$$

$$= 7,5 - 0,012 - 0,03 - 0,05 = 7,408 \text{ мм}$$

$$F_{min}^{15'} = F_{max}^{15'} - T_{F^{15'}} = 7,408 - 0,035 = 7,373 \text{ мм}$$

$$2F^{15'} = 14,746^{+0,07} \text{ мм}$$

$$[Z_9^{15}]_{max} = [Z_9^{15}]_{min} + \sum T_{D_i} = 0,05 + 0,0215 + 0,012 + 0,035 + 0,03$$

$$= 0,1485 \text{ мм}$$

$$[Z_9^{15'}]_{min} = F_{min}^{15'} - (8^5, 9^{15'})_{max} - (6^0, 9^5)_{max} - F_{max}^5$$

$$F_{max}^5 = F_{min}^{15'} - (8^5, 9^{15'})_{max} - (6^0, 9^5)_{max} - [Z_9^{15'}]_{min}$$

$$= 7,373 - 0,03 - 0,05 - 0,1 = 7,193 \text{ мм}$$

$$F_{min}^5 = F_{max}^5 - T_{F^5} = 7,193 - 0,09 = 7,103 \text{ мм}$$

$$2F^5 = 14,206^{+0,18} \text{ мм}$$

$$[Z_9^{15'}]_{max} = [Z_9^{15'}]_{min} + \sum T_{D_i} = 0,1 + 0,035 + 0,03 + 0,09 + 0,05$$

$$= 0,305 \text{ мм}$$

$$[Z_{11}^{15}]_{min} = T_{min}^{15'} - (8^5, 11^{15})_{max} - (8^5, 11^{15'})_{max} - T_{max}^{15}$$

$$T_{max}^{15'} = T_{min}^{15} - (8^5, 11^{15})_{max} - (8^5, 11^{15'})_{max} - [Z_{11}^{15}]_{min}$$

$$= 13,5 - 0,06 - 0,04 - 0,1 = 13,3 \text{ мм}$$

$$T_{min}^{15'} = T_{max}^{15'} - T_{T^{15'}} = 13,3 - 0,105 = 13,195 \text{ мм}$$

$$2T^{15'} = 26,39^{+0,21} \text{ мм}$$

$$[Z_{11}^{15}]_{max} = [Z_{11}^{15}]_{min} + \sum T_{D_i} = 0,1 + 0,06 + 0,04 + 0,21 + 0,06 = 0,47 \text{ мм}$$

$$[Z_{19}^{15}]_{min} = t_{min}^{15} - (8^5, 19^{15})_{max} - (8^5, 19^{15'})_{max} - t_{max}^{15'}$$

$$t_{max}^{15'} = t_{min}^{15} - (8^5, 19^{15})_{max} - (8^5, 19^{15'})_{max} - [Z_{19}^{15}]_{min}$$

$$= 18 - 0,03 - 0,059 - 0,1 = 17,811 \text{ мм}$$

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

$$t_{min}^{15'} = t_{max}^{15'} - T_{t^{15'}} = 17,811 - 0,125 = 17,686 \text{ мм}$$

$$2t^{15'} = 35,372^{+0,25} \text{ мм}$$

$$\begin{aligned} [Z_{19}^{15}]_{max} &= [Z_{19}^{15}]_{min} + \sum T_{D_i} = 0,1 + 0,05 + 0,03 + 0,125 + 0,059 \\ &= 0,364 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$[Z_{20}^{15}]_{min} = Z_{min}^{15'} - (8^5, 20^{15'})_{max} - (8^5, 20^{15})_{max} - Z_{max}^{15}$$

$$\begin{aligned} Z_{min}^{15'} &= (8^5, 20^{15'})_{max} + (8^5, 20^{15})_{max} + Z_{max}^{15} + [Z_{20}^{15}]_{min} \\ &= 0,06 + 0,04 + 42,2195 + 0,1 = 42,4195 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$Z_{max}^{15'} = Z_{min}^{15'} + T_{Z^{15'}} = 42,4195 + 0,175 = 42,5945 \text{ мм}$$

$$2Z^{15'} = 85,189_{-0,35} \text{ мм}$$

$$\begin{aligned} [Z_{20}^{15}]_{max} &= [Z_{20}^{15}]_{min} + \sum T_{D_i} = 0,1 + 0,07 + 0,04 + 0,175 + 0,06 \\ &= 0,445 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$[Z_6^{15}]_{min} = R_{min}^0 - (6^0, 8^5)_{max} - (8^5, 6^{15})_{max} - R_{max}^{15}$$

$$\begin{aligned} R_{min}^0 &= (6^0, 8^5)_{max} + (8^5, 6^{15})_{max} + R_{max}^{15} + [Z_6^{15}]_{min} \\ &= 0,04 + 0,06 + 44,5 + 0,23 = 44,83 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$R_{max}^0 = R_{min}^0 + T_{R^0} = 44,83 + 0,6 = 45,43 \text{ мм}$$

$$2R^0 = 90,86_{-1,2} \text{ мм}$$

$$\begin{aligned} [Z_6^{15}]_{max} &= [Z_6^{15}]_{min} + \sum T_{D_i} = 0,23 + 0,175 + 0,06 + 0,04 + 0,6 \\ &= 0,948 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$[Z_5^{15}]_{min} = d_{min}^0 - (6^0, 5^0)_{max} - (6^0, 8^5)_{max} - (8^5, 5^{15})_{max} - d_{max}^{15}$$

$$\begin{aligned} d_{min}^0 &= (6^0, 5^0)_{max} + (6^0, 8^5)_{max} + (8^5, 5^{15})_{max} + d_{max}^{15} + [Z_5^{15}]_{min} \\ &= 0,5 + 0,04 + 0,06 + 23 + 0,23 = 23,83 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$d_{max}^0 = d_{min}^0 + T_{d^0} = 23,83 + 0,6 = 24,43 \text{ мм}$$

$$2d^0 = 48,86_{-1,2} \text{ мм}$$

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48



$$[Z_5^{15}]_{max} = [Z_5^{15}]_{min} + \sum T_{Di} = 0,23 + 0,175 + 0,06 + 0,5 + 0,6 = 1,605\text{мм}$$

$$[Z_{22}^5]_{min} = j_{min}^0 - (6^0, 22^0)_{max} - (6^0, 22^5)_{max} - j_{max}^5$$

$$j_{min}^0 = (6^0, 22^0)_{max} + (6^0, 22^5)_{max} + j_{max}^5 + [Z_{22}^5]_{min}$$

$$= 0,5 + 0,04 + 12,337 + 0,23 = 13,107\text{мм}$$

$$j_{max}^0 = j_{min}^0 + T_{j^0} = 13,107 + 0,6 = 13,707 \text{ мм}$$

$$2j^0 = 27,414_{-1,2} \text{ мм}$$

$$[Z_{22}^5]_{max} = [Z_{22}^5]_{min} + \sum T_{Di} = 0,23 + 0,105 + 0,04 + 0,5 + 0,6 = 1,475\text{мм}$$

## 1.8 Расчет режимов резания

### 1.8.1 Аналитический способ

Операция 020 установ 1 сверление отверстий Ø6,9 мм

Глубина резания, мм [7, с. 276]:

$$t = 0,5D = 0,5 * 6,8 = 3,4 \text{ мм} \quad (1.3)$$

Назначаем подачу, мм/об [7, с. 277]:

S=0,27 – 0,36 мм/об. Принимаем подачу S= 0,3 мм/об.

Определяем скорость резания, м/мин [7, с. 276]:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^{m_{sv}}} K_v, \quad (1.4)$$

где T=35 мин – среднее значение периода стойкости сверл [7, с. 280].

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

$$K_v = K_{mV}K_{uV}K_{LV}K_{зV}K_{nV},$$

(1.5)

где  $K_v$ - общий поправочный коэффициент на скорость резания [7, с. 276];

$K_{mV}=1,2$ - коэф. учитывающий влияние материала заготовки [7, с. 263];

$K_{uV}= 1,0$  - коэф. материала инструмента [7, с. 263];

$K_{LV}= 1,0$  - коэф. учитывающий глубину сверления [7, с. 280];

$K_{nV}= 1,0$  - коэф. учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания [7, с. 263];

$K_{зV}=0,75$  - коэффициент на заточку сверл [7, с. 278].

$$K_v = 1,2 * 1,0 * 1,0 * 1,0 * 0,75 = 0,9$$

$C_v=36,3$  ;  $m=0,125$  ;  $q=0,25$  ;  $y=0,55$ . [7, с. 278]

$$V = \frac{36,3 * 6,8^{0,25}}{35^{0,125} 0,3^{0,55}} * 0,9 = 65,28 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости резания, об/мин [8, с. 5]:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000*65,28}{3,14*6,8} = 3057,3 \text{ об/мин} \quad (1.6)$$

Принимаем  $n = 3000$  об/мин.

Тогда действительная скорость резания, м/мин [8, с. 6]:

$$V_d = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14*6,8*3000}{1000} = 65 \text{ м/мин} \quad (1.7)$$

Рассчитываем крутящий момент, Н\*м и осевую силу, Н [7, с. 280]:

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

$$M_{кр} = 10C_M D^q S^y K_p, \quad (1.8)$$

$$P_o = 10C_p * D^q S^y K_p, \quad (1.9)$$

$K_p = K_{mp} = 1$ -коэф. учитывающий фактические условия обработки [7, с. 280];

$K_{mp}$  - коэф. учитывающий материал заготовки.

$C_M=0,005$  ; $q=2$  ;  $y=0,8$ ; [7,с. 281]

$C_p=9,8$  ;  $q=1$  ;  $y=0,7$ . [7,с. 281]

$$M_{кр} = 10 * 0,005 * 6,8^2 0,3^{0,8} = 0,91 \text{ Н * м}$$

$$P_o = 10 * 9,8 * 6,8^1 0,3^{0,7} = 291,4 \text{ Н}$$

Механизм подачи станка DMU-50 допускает осевую силу  $P_{max}=8000\text{Н}$ [9,с. 10].  $P_o \leq P_{max} 291,4 < 20000$  - следовательно назначенная подача  $S=0,3$  мм/об допустима.

Мощность затрачиваемая на резание, кВт [7,с. 280]:

$$N = \frac{M_{кр} * n}{9750} = \frac{0,91 * 3000}{9750} = 0,28 \text{ кВт} \quad (1.10)$$

Проверяем достаточна ли мощность привода станка по условию  $N \leq N_{шт.}$ . У станка DMU-50  $N_{шт.}=N_d * \eta = 8,4 * 0,8 = 6,72$  кВт [9,с. 10]. Условие выполняется ( $0,28 \leq 6,72$ ). Следовательно обработка возможна.

Основное время на обработку, мин [8,с. 13]:

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

$$T_o = \frac{L}{nS}, \quad (1.11)$$

где L - длина рабочего хода, мм [8 с. 13].

$$L = l + y, \quad (1.12)$$

где l = 4,5 мм - длина обрабатываемой поверхности;

y - величина врезания, мм.

Величина врезания [8,с. 13]:

$$y = 0,4D, \quad (1.13)$$

$$y = 0,4 * 6,8 = 2,72 \text{ мм}$$

$$L = 4,5 + 2,72 = 7,22 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{7,22}{3000 * 0,3} = 0,01 \text{ мин}$$

Операция 015 установ 2 растачивание  $\varnothing 80H6^{+0,019}$  чистовое

Припуск берем из размерного анализа:

$$t = [Z_7^{20}]_{max} = 0,41 \text{ мм}$$

Для параметра шероховатости поверхности Ra=2,5 мкм при обработке резцом с радиусом при вершине R=0,4 мм, S=0,144мм/об.[7,с. 268]

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

При одноинструментальной обработке рекомендуется период стойкости  $T=50$  мин.[7,с. 268]

Определяем скорость резания, допускаемую режущими свойствами резца, м/мин [7,с. 265]:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v, \quad (1.14)$$

$C_v=328$ ;  $m=0,28$ ;  $x=0,2$ ;  $y=0,5$ .[7,с. 270]

$$K_v = K_{mV} K_{nV} K_{uV} K_{\varphi} K_r K_{bV}, \quad (1.15)$$

где  $K_{mV}$  – коэф. учитывающий влияние материала, = 1,2;[7, с. 263]

$K_{nV}=0,9$  – поправочный коэф. на растачивание;[7, с. 270]

$K_{uV}= 2,5$  – коэф. на материал инструмента;[7, с. 270]

$K_{\varphi}=0,7$  – коэф. углов в плане;[7,с. 271]

$K_r=0,94$  – коэф. радиуса при вершине резца;[7,с. 271]

$K_{bV}=0,9$  – коэф. на вид обработки.[7,с. 271]

$$K_v = 1,2 * 0,9 * 2,5 * 0,7 * 0,94 * 0,9 = 1,6$$

$$V = \frac{328}{60^{0,28} 0,41^{0,2} 0,144^{0,5}} * 1,6 = 248,72 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости резания:

$$n = \frac{1000 * 248,72}{3,14 * 78,76} = 1005 \text{ об/мин}$$

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

Корректируем частоту вращения по паспортным данным станка WEILER E30 и устанавливаем действительную частоту вращения  $n_n = 1000$  об/мин.

Действительная скорость резания:

$$V_d = \frac{3,14 * 78,76 * 1000}{1000} = 247,31 \text{ м/мин}$$

Мощность затрачиваемая на резание, кВт [7,с. 271]:

$$N = \frac{P_z * V}{1020 * 60}, \quad (1.16)$$

Сила резания, Н [7,с. 271]:

$$P_z = 10 C_p t^x S^y V^n K_p, \quad (1.17)$$

$C_p = 40; x = 1; y = 0,75; n = 0$ . [7,с. 274]

$$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{rp} K_{\lambda p}, \quad (1.18)$$

$K_{mp} = 1,5$  – коэф. учитывающий влияние материала, = 1,2; [7, с. 263]

$K_{\varphi p} = 1,08$  – коэф. учитывающий геометрические параметры инструмента;  
[7,с. 275]

$K_{\gamma p} = 0,87$  – коэф. учитывающий геометрические параметры инструмента;  
[7,с. 275]

$K_{\lambda p} = 1,15$  – коэф. учитывающий геометрические параметры инструмента.  
[7,с. 275]

$$K_p = 1,5 * 1,08 * 0,87 * 1,15 = 1,62$$

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

$$P_z = 10 * 40 * 0,41^1 * 0,144^{0,75} * 247,31^0 * 1,62 = 62,11 \text{ Н}$$

$$N = \frac{62,11 * 247,31}{1020 * 60} = 0,25 \text{ кВт}$$

Проверяем достаточно ли мощность привода станка по условию  $N \leq N_{\text{штп}}$ . У станка WEILER E30  $N_{\text{штп}} = N_d * \eta = 11 * 0,8 = 8,8 \text{ кВт}$ . [10] Условие выполняется ( $0,25 \leq 8,8$ ). Следовательно обработка возможна.

Основное время на обработку рассчитываем по формуле 1.9:

$$L = l + y + \Delta, \quad (1.19)$$

где  $\Delta$  - величина перебега

Величина врезания:

$$y = t * ctg\varphi, \quad (1.20)$$

$$y = 1,82 * ctg90 = 0$$

Перебег принимаем равным 0 мм:

$$L = 16,3 + 0 + 0 = 16,3 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{16,3}{1000 * 0,144} = 0,11 \text{ мин}$$

## 1.8.2 Табличный способ

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Операция 020 установ 1 развертывание Ø7Н7

Глубина резания:

$$t = 0,5(D - d) = 0,5 * (6,8 - 7) = 0,1 \text{ мм}$$

Назначаем подачу мм/об, скорость резания м/мин, осевую силу Н и мощность резания, кВт [11,с. 127]:

$$S_{от}=0,61 \text{ мм/об}; V_T=12,6 \text{ м/мин}; P_T=9 \text{ Н}; N_T=0,12 \text{ кВт.}$$

Корректируем подачу, скорость резания, осевую силу и мощность резания вводя поправочные коэффициенты [11,с. 141]:

$$S_o = S_{от}K_{Sm}, \quad (1.21)$$

где  $K_{Sm}=K_{Vm}=K_{Pm}=K_{Nm}=1$  – поправочные коэффициенты на подачу, скорость, осевую силу и мощность резания.[11,с. 143]

$$S_o = 0,61 * 1 = 0,61 \text{ мм/об}$$

Принимаем подачу  $S_{п}= 0,6 \text{ мм/об}$ .

Рассчитываем скорость резания вводя поправочные коэффициенты, м/мин [11,с. 144]:

$$V = V_T K_{Vm} K_{V3} K_{Vж} K_{VT} K_{Vп} K_{Vi} K_{Vi} K_{Vw}, \quad (1.22)$$

где  $V_T= 12,6$  - табличная скорость резания;

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56



$K_{Vw}=1$  – коэф. состояния поверхности заготовки;[11,с. 144]

$K_{Vi}=1$  – коэф. инструментального материала;[11,с. 145]

$K_{V3}=1$  – коэф. формы заточки инструмента;[11,с. 145]

$K_{Vn}=1$  – коэф. учитывающий износостойкое покрытие;[11,с. 146]

$K_{Vi}=0,74$  – коэф. последовательности переходов маршрута обработки;[11,с. 148]

$K_{Vt}=0,57$  – коэф. зависимости от отношения периода стойкости фактического к нормативному для измененных условий работы;[11,с. 147]

$K_{Vж}=1$  – коэф. наличия охлаждения.[11,с. 144]

$$V = 12,6 * 0,74 * 0,57 = 5,31 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости резания, об/мин:

$$n = \frac{1000 * 5,31}{3,14 * 7} = 241,58 \text{ об/мин}$$

Устанавливаем действительную частоту вращения  $n_n=250$  об/мин.

Действительная скорость резания, м/мин:

$$V_d = \frac{3,14 * 7 * 250}{1000} = 5,5 \text{ м/мин}$$

Рассчитываем осевую силу с учетом поправочных коэффициентов, Н [11,с. 141]:

$$P = P_T \frac{K_{Pi}}{K_{PM}}, \quad (1.23)$$

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

где  $K_{Pi} = 4,5$  – поправочный коэф. на осевую силу резания.[11,с. 150]

$$P = \frac{9 * 4,5}{1} = 40,5 \text{ Н}$$

Мощность резания, кВт [11,с. 141]:

$$N = N_T \frac{K_{Ni}}{K_{Nm}}, \quad (1.24)$$

где  $K_{Ni} = 3,1$  - поправочный коэф. на мощность резания.[11,с. 149]

$$N = \frac{0,12 * 3,1}{1} = 0,372 \text{ кВт}$$

Проверяем достаточна ли мощность привода станка по условию  $N \leq N_{\text{штп.}}$ . У станка DMU-50  $N_{\text{штп.}} = N_d * \eta = 8,4 * 0,8 = 6,72$  кВт. Условие выполняется ( $0,372 \leq 6,72$ ). Следовательно обработка возможна.

Основное время по табличному методу

$$y = 0,4 * 7 = 2,8 \text{ мм}$$

$$L = 5 + 2,8 = 7,8 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{7,8}{250 * 0,6} = 0,052 \text{ мин}$$

Операция 020 установ 2 фрезерование Ø84 мм.

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

Припуск и ширина фрезерования:

$$t = 2,5 \text{ мм}; B = 2 \text{ мм.}$$

Рассчитываем окончательную подачу, мм/зуб[11,с.215]:

$$S_z = S_{zT} K_{Sm} K_{Su} K_{Sl} K_{Sz}, \quad (1.25)$$

где  $S_{zT} = 0,06$  – подача для полуступенчатой стадии обработки;[11,с.215]

$K_{Sm} = 1,0$  – коэф. механ. свойств обрабатываемого материала;[11,с.218]

$K_{Su} = 1,0$  – коэф. материала режущей части фрезы;[11,с.218]

$K_{Sl} = 1,0$  – коэф. вылета фрезы к диаметру;[11,с.218]

$K_{Sz} = 1,0$  – коэф. отношения фактического числа зубьев к нормативному; [11,с.218]

$$S_o = 0,06 * 1,0 * 1,0 * 1,0 * 1,0 = 0,06 \text{ мм/зуб}$$

Рассчитываем скорость резания, м/мин [11,с. 79]:

$$V = V_T K_{Vo} K_{Vi} K_{Vt} K_{Vb} K_{Vn} K_{Vж}, \quad (1.26)$$

где  $V_T = 83$  – табличная скорость резания;[11,с.226]

$K_{Vi} = 1,0$  – коэф. зависимости от инструментального материала;[11,с.228]

$K_{Vt} = 1,0$  – коэф. периода стойкости режущей части фрезы;[11,с.228]

$K_{Vo} = 1,0$  – коэф. обрабатываемого материала;[11,с.228]

$K_{Vb} = 1,1$  – коэф. отношения фактической ширины фрезерования к нормативной;[11,с.228]

$K_{Vn} = 1,0$  – коэф. состояния поверхности заготовки;[11,с.228]

$K_{Vж} = 1$  – коэф. наличия охлаждения.[11,с.228]

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

$$V = 83 * 1,0 * 1,0 * 1,0 * 1,1 * 1,0 * 1 = 91,3 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости резания, об/мин:

$$n = \frac{1000 * 91,3}{3,14 * 84} = 346,15 \text{ об/мин}$$

Корректируем частоту вращения по паспортным данным станка DMU-50 и устанавливаем действительную частоту вращения  $n_p = 350$  об/мин.

$$V_d = \frac{3,14 * 84 * 350}{1000} = 92,32 \text{ м/мин}$$

Мощность, необходимая для резания определяется по формуле [11, с. 33]:

$$N = N_T K_{No} K_{Ni} K_{NT} K_{NB} K_{Nn} K_{Nж}, \quad (1.27)$$

где  $N_T = 0,19$  – табличная мощность резания; [11, с. 79]

$K_{Ni} = 1,0$  – коэф. зависимости от инструментального материала; [11, с. 228]

$K_{NT} = 1,0$  – коэф. периода стойкости режущей части фрезы; [11, с. 228]

$K_{No} = 1,0$  – коэф. обрабатываемого материала; [11, с. 228]

$K_{NB} = 1,1$  – коэф. отношения фактической ширины фрезерования к нормативной; [11, с. 228]

$K_{Nn} = 1,0$  – коэф. состояния поверхности заготовки; [11, с. 228]

$K_{Nж} = 0,8$  – коэф. наличия охлаждения. [11, с. 228]

$$N = 0,19 * 1,0 * 1,0 * 1,0 * 1,1 * 1,0 * 0,8 = 0,16 \text{ кВт}$$

Проверяем достаточно ли мощность привода станка по условию  $N \leq N_{\text{штп}}$ . У станка DMU-50  $N_{\text{штп}} = N_d * \eta = 8,4 * 0,8 = 6,72$  кВт. Условие выполняется ( $0,16 \leq 6,72$ ). Следовательно обработка возможна.

Основное время по табличному методу:

Вычислим минутную подачу, мм/мин:

$$S_m = S_z z n \quad (1.28)$$

$$S_m = 0,06 * 4 * 350 = 84 \text{ мм/мин}$$

$$y = 0,3 * 3 = 0,9 \text{ мм}$$

$$L = 280 + 0,9 * 9 + 4 * 9 = 324,1 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{324,1}{84} = 3,86 \text{ мин.}$$

Таблица 3 – Режимы резания

№ операции	Содержание перехода		$S, \text{мм/об}$	$n, \text{об/мин}$	$V, \text{м/мин}$	$T_o, \text{мин}$
005 Токарная с ЧПУ		Переход 1	0,31	1000	43,5	0,13
		Переход 2	0,3	1200	335,35	0,13
		Переход 3	0,16	1400	351,68	0,31
015 Токарная с ЧПУ	Установ 1	Переход 1	0,3	1200	335,35	0,13
		Переход 2	0,2	1400	391,24	0,28
		Переход 3	0,1	1200	335,35	0,41
		Переход 4	0,15	1500	127,17	0,2
	Установ 2	Переход 5	0,2	1500	423,9	0,06
		Переход 6	0,144	1000	247,31	0,7

Окончание таблицы 3

020 Фрезерная с ЧПУ	Установ 1	Переход 1	0,3	3000	65	0,01
		Переход 2	0,6	250	5,5	0,052
	Установ 2	Переход 3	0,24	350	92,32	3,86
		Переход 4	0,09	1000	5,02	0,1
		Переход 5	0,4	500	3,14	0,08
	Установ 3	Переход 6	0,3	3000	65	0,03
		Переход 7	0,2	3000	50	0,03
		Переход 8	0,2	3000	50	0,03
		Переход 9	0,09	1000	2,5	0,1
		Переход 10	0,4	500	3,1	0,08
		Переход 11	0,5	500	3,1	0,08
050 Токарная с ЧПУ	Установ 1	Переход 1	0,12	1500	395,6	0,03
	Установ 2	Переход 1	0,1	1300	63,3	0,15
		Переход 2	0,03	2500	157	0,41
		Переход 3	0,75	1000	62,8	0,012

1.9 Нормирование операций обработки деталей

Операция 020 установ 1 сверление отверстия Ø6,9 мм, развертывание Ø7Н8

Расчет вспомогательного времени:

Время на установку и снятие детали на разжимной оправке  $t_{в.уст}=0,11$  мин. [14, с. 73]

Время, связанное с переходом на станке с программным управлением,  $t_{в.пер}=0,02$  мин; так как два перехода по затратам времени одинаковы, то  $t_{в.пер} = 0,02 * 2 = 0,04$  мин. [14, с. 150]

Время на контрольное измерение, измерительное приспособление калибр-пробка гладкая двусторонняя  $t_{в.изм}=0,11$  мин. [14, с. 201]

Общее вспомогательное время, мин [15,с. 48]:

$$t_B = t_{B.УСТ} + t_{B.ПЕР} + t_{B.ИЗМ}, \quad (1.29)$$

$$t_B = 0,11 + 0,04 + 0,11 = 0,26 \text{ мин}$$

Расчет оперативного времени, мин [15,с. 48]:

$$t_{OP} = T_{O\Sigma} + t_B, \quad (1.30)$$

$$t_{OP} = 0,01 + 0,01 + 0,052 + 0,052 + 0,26 = 0,384 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание рабочего места составляет 6% от  $t_{OP}$  [14,с. 223]:

$$t_{обс} = 0,384 * 0,06 = 0,023 \text{ мин.}$$

Время на отдых и личные надобности равняется 4% от  $t_{OP}$  [14,с. 224]:

$$t_{от.л} = 0,384 * 0,04 = 0,015 \text{ мин.}$$

Норму штучного калькуляционного времени находим по формуле [15,с. 38]:

$$t_{ш-к} = T_{O\Sigma} + t_B + t_{обс} + t_{от.л} \quad (1.31)$$

$$t_{ш-к} = 0,01 + 0,01 + 0,052 + 0,052 + 0,384 + 0,023 + 0,015 = 0,55 \text{ мин}$$

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Таблица 4 – Нормирование операций обработки

№ операции	Содержание перехода	$T_{\Sigma}$ , мин.	$t_{в}$ , мин.	$t_{оп}$ , мин.	$t_{обс}$ , мин.	$t_{от.л}$ , мин.	$t_{ш-к}$ , мин.
005	Токарная с ЧПУ	0,7	0,4	1,1	0,07	0,05	1,22
015	Токарная с ЧПУ	2,74	1,2	3,94	0,24	0,16	4,34
020	Фрезерная с ЧПУ	8,06	3,4	11,46	0,7	0,46	12,62
050	Токарная с ЧПУ	1,5	0,9	2,4	0,14	0,1	2,64



## 2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Расчет приспособления к токарному станку

Анализ технической операции:

Спроектировать приспособление к токарному станку для обработки детали по операциям 015 установ 2, 050.

Определяем теоретическую схему базирования.

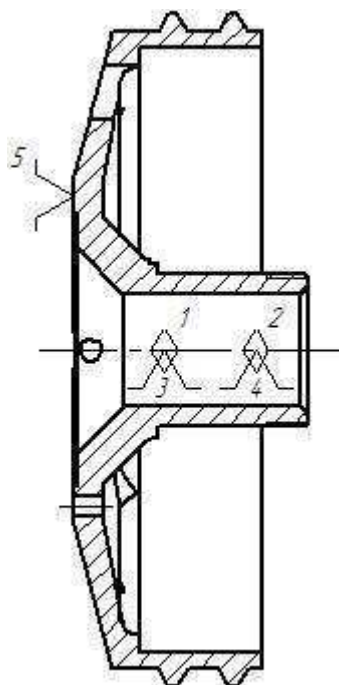


Рисунок 2.1 – Схема базирования заготовки

Данная схема базирования имеет двойную направляющую скрытую (лишает детали 4-х степеней свободы) и опорную базы.

Зажимным устройством принимаем цангу.[18, с. 11]

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.330.00 ПЗ

Лист

65

### 2.1.1 Расчет усилия зажима

Сила затяжки цанг, Н [17,с. 90]:

$$W = (Q + Q') \operatorname{tg}\left[\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right) + \operatorname{tg}\varphi_1\right], \quad (2.1)$$

где  $Q$  – сила закрепления заготовки;

$Q'$  – сила разжима лепестков цанг для выбора зазора  $\Delta$  между цангой и заготовкой;

$\alpha$  – половина угла конуса цанги,  $30^0$ ; [17, с. 90]

$\varphi$  – угол трения между цангой и разжимающей втулкой,  $= 9^0$ ; [19, с. 59];

$\varphi_1$  – угол трения между цангой и заготовкой,  $= 9^0$ ; [19, с. 59].

Сила закрепления заготовки, Н [17,с. 90]:

$$Q = k \sqrt{\frac{\left(\frac{M}{r}\right)^2 + P^2}{f_1}}, \quad (2.2)$$

где  $M$  - момент резания;

$P$  - сила резания;

$r$  – радиус базовой поверхности заготовки;

$f_1$  - коэффициент трения между цангой и заготовкой,  $= 0,25$ ; [17, с. 73]

$k$  – коэффициент запаса.

Момент резания, Н\*м [17,с. 91]:

$$M_{\text{рез}} = \frac{P_z D}{2}, \quad (2.3)$$

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

где  $P_z$  - окружная сила резания при обработке;

$D$  – обрабатываемый диаметр.

Коэффициент запаса [17,с. 74]:

$$k = k_0 k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 k_6, \quad (2.4)$$

где  $k_0=1,5$  – гарантированный коэффициент запаса;[17,с. 74]

$k_1=1,2$  – коэф. учитывающий увеличение силы резания из-за колебания припуска на заготовке;[17,с. 74]

$k_2=1$  – коэф. учитывающий увеличение силы резания при затуплении инструмента;[17,с. 74]

$k_3=1$  – коэф. учитывающий изменение силы резания при обработке прерывистой поверхности;[17,с. 75]

$k_4=1,3$  – коэф. учитывающий непостоянство сил зажима при закреплении; [17,с. 75]

$k_5=1$  – коэф. характеризующий эргономику немеханизированных зажимных механизмов;[17,с. 75]

$k_6=1$  – коэф. учитывающий неопределимость мест контакта плоских базовых поверхностей заготовки с плоскими поверхностями установочного элемента.[17,с. 75]

$$k = 1,5 * 1,2 * 1,3 = 2,34$$

Принимаем  $k=2,5$ .

$$M_{рез} = \frac{62,11 * 0,079}{2} = 2,45 \text{ Н * м}$$

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

$$Q = 2,5 \sqrt{\frac{\left(\frac{2,45}{0,0075}\right)^2 + 62,11^2}{0,18}} = 1959,39 \text{ Н}$$

Сила разжима лепестков цанг, Н [17,с. 90]:

$$Q' = 2 * 10^2 \frac{\Delta S D^3}{l^3}, \quad (2.5)$$

где  $\Delta$  – зазор между цангой и заготовкой;

$S$  – толщина лепестка цанги;

$D$  – наружный диаметр лепестков;

$l$  – расстояние от плоскости задела лепестка цанги до середины зажимающего конуса цанги.

$$Q' = 2 * 10^2 \frac{0,3 * 1,5 * 13,5^3}{18,5^3} = 34,97 \text{ Н}$$

$$W = (1959,39 + 34,97) \operatorname{tg}\left[\left(\frac{30^0}{2} + 9^0\right) + \operatorname{tg}9^0\right] = 877,51 \text{ Н}$$

### 2.1.2 Расчет зажимающего устройства

Зажимающим устройством выбираем пневмоцилиндр вращающегося типа двухстороннего действия.

Определим диаметр пневмоцилиндра, мм [17,с. 95]:

$$D_c = \sqrt{\frac{4W}{\pi p \eta}}, \quad (2.6)$$

где  $p$  – давление воздуха, =0,4 МПа; [17,с. 95]

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

$\eta$  – КПД, учитывающий потери на трение в цилиндре, = 0,7.[17,с. 95]

$$D_c = \sqrt{\frac{4 * 877,51}{3,14 * 0,8 * 0,4}} = 59,09 \text{ мм}$$

Диаметр пневмоцилиндра принимается из стандартного ряда. Для вращающегося пневмоцилиндра принимаем ближайший диаметр  $D_c=200$  мм.

Действительное усилие на штоке равно, Н [17,с. 95]:

$$P_{шт} = \frac{\pi D^2 p \eta}{4} = \frac{3,14 * 200^2 * 0,4 * 0,7}{4} = 8792 \text{ Н} \quad (2.7)$$

Так как для закрепления необходимо усилие 877,51 Н необходимо уменьшить давление воздуха в системе до 0,04 МПа, тогда:

$$P_{шт} = \frac{3,14 * 200^2 * 0,04 * 0,7}{4} = 879,2 \text{ Н}$$

## 2.2 Расчет приспособления к фрезерному станку

Анализ технической операции:

Спроектировать комплексное приспособление к фрезерному станку для обработки деталей по операции 020.

Определяем теоретическую схему базирования.

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

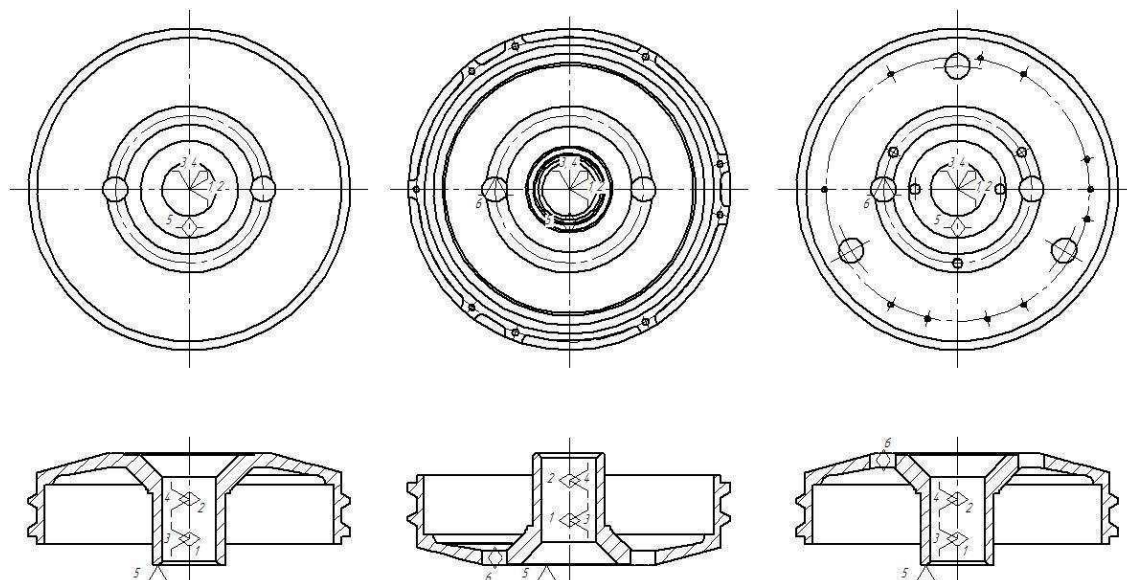


Рисунок 2.2 – Схема базирования заготовки

Данная схема базирования имеет двойную направляющую скрытую (лишает детали 4-х степеней свободы) и две опорных базы.

На плите будут располагаться три детали, для ориентации детали и обеспечения угловых размеров на установках 2, 3 принимаем палец установочный постоянный срезанный: Палец 7030-0924 7f9 ГОСТ 12210-66

Зажимным устройством принимаем цангу.[18,с. 11]

### 2.2.1 Расчет усилия зажима

Момент резания считаем по формуле 2.3:

$$M_{рез} = \frac{123 * 0,084}{2} = 5,17 \text{ Н * м}$$

Силу закрепления заготовки считаем по формуле 2.2:

$$Q = 2,5 \sqrt{\frac{(\frac{5,17}{0,0075})^2 + 123^2}{0,18}} = 1869,54 \text{ Н}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.330.00 ПЗ

Лист

70

Сила затяжки цанг считаем по формуле 2.1:

$$W = (1869,54 + 34,97)tg\left[\left(\frac{15^0}{2} + 9^0\right) + tg9^0\right] = 837,98 \text{ Н}$$

## 2.2.2 Расчет зажимающего устройства

Так как у станка DMU-50 отсутствует подача воздуха внутри станка, принимаем комбинированное зажимное устройство, закрепление будет осуществляться пружиной сжатия, открепление с помощью пневмоцилиндра в полость которого будет подаваться воздух после окончания обработки при помощи шланга расположенного снаружи станка.

Зажимная пружина: Пружина 1086-1001 ГОСТ 18793-80

$D = 34 \text{ мм}$ ;  $d_{\text{пр.}} = 6 \text{ мм}$ ;  $t = 9,8 \text{ мм}$ ;  $F_{\text{сж.}} = 1800 \text{ Н}$ ;  $n = 9 \text{ витков}$ ;  $L = 88,2 \text{ мм}$ .

Определим диаметр пневмоцилиндра по формуле 2.6:

$$D_c = \sqrt{\frac{4 * 1800}{3,14 * 0,7 * 0,6}} = 73,85 \text{ мм}$$

Диаметр пневмоцилиндра принимается из стандартного ряда, принимаем ближайший диаметр  $D_c = 75 \text{ мм}$ .

Действительное усилие на штоке равно:

$$P_{\text{шт}} = \frac{3,14 * 75^2 * 0,6 * 0,7}{4} = 1854,56 \text{ Н}$$

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

Для обеспечения точности размеров и расположения поверхностей проведем расчет на прочность Ø15 мм в системе SolidWorks приложив к нему силу в 900 Н.

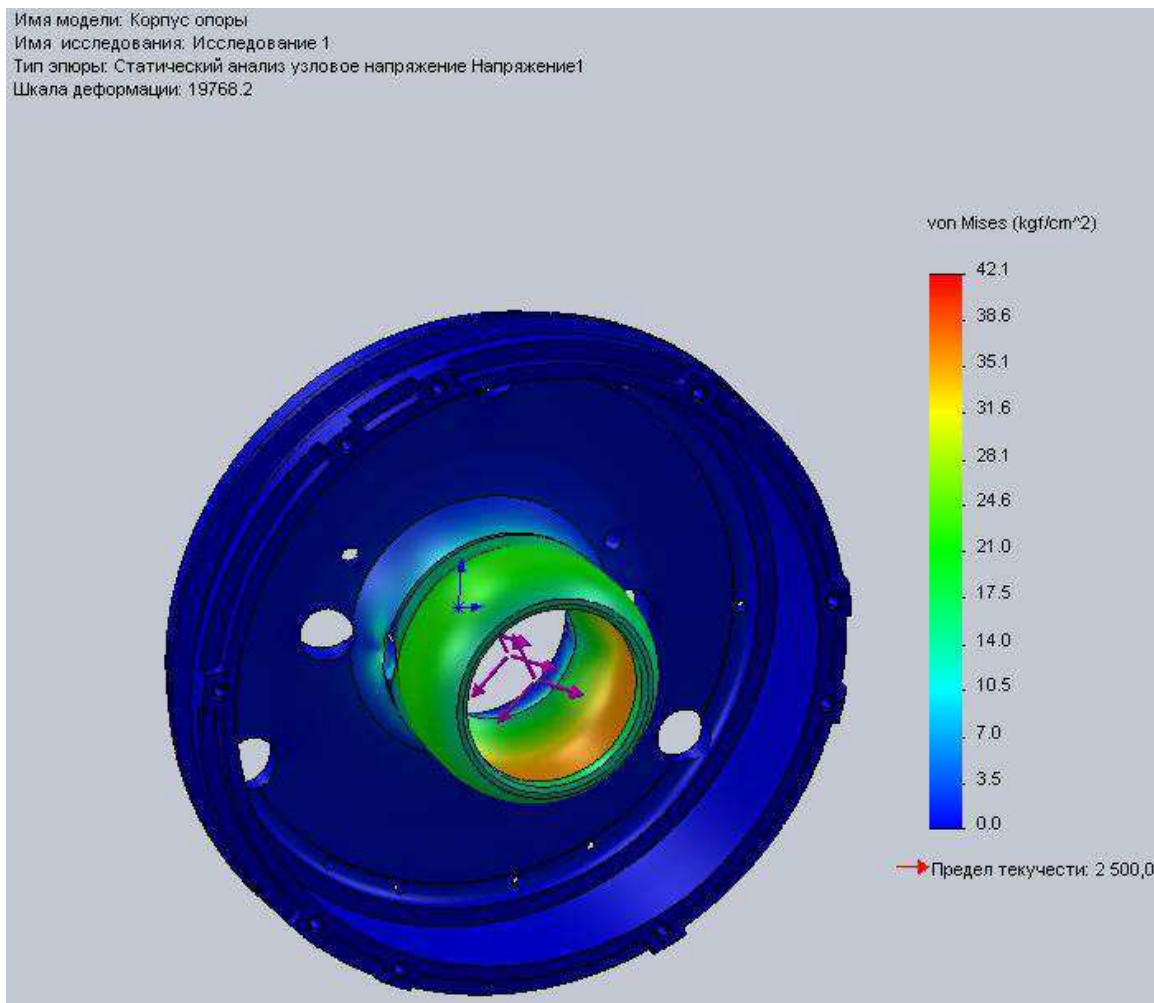


Рисунок 2.3 – Расчет на прочность в системе SolidWorks

Рисунок 2.3 демонстрирует то, что у дюралюминия Д16 предел текучести равен 2500 кг/см<sup>2</sup>, максимальная нагрузка от приложенного усилия в 900 Н равняется 42,1 кг/см<sup>2</sup>.

Вывод выбранный для закрепления Ø15 мм выдержит усилие закрепления в 900 Н не потеряв геометрической формы.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.330.00 ПЗ

Лист

72



## 2.3 Проектирование и расчет контрольного приспособления

Спроектируем контрольное приспособление для того, чтобы проверить радиальное биение 0,02 мм пов. Н относительно базового диаметра В  $\varnothing 20k5^{+0,011}_{+0,002}$  мм и прилегающего торца Д  $14\pm 0,1$  мм. Принимаем схему измерения:

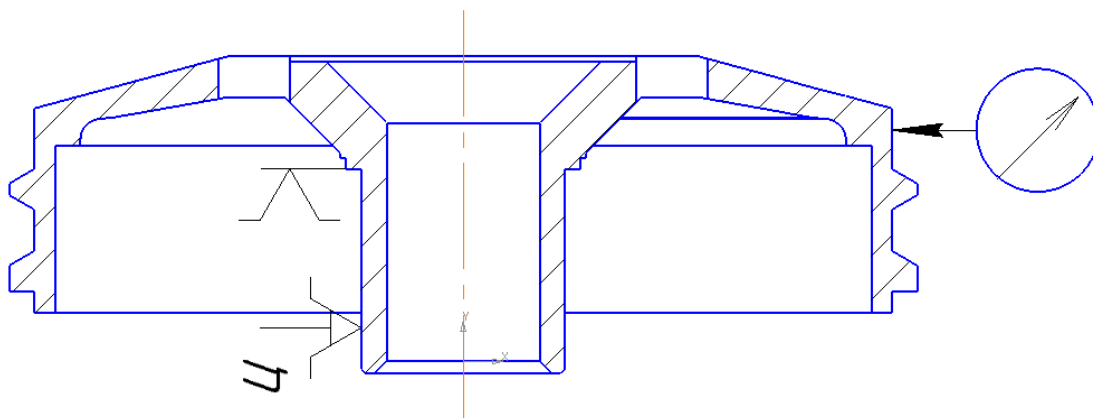


Рисунок 2.4 – Схема измерения

Для проверки на радиальное биение применим установку детали на цанговую оправку с упором в торец. Цанговая оправка будет установлена в корпус приспособления на 2-х шарикоподшипниках.

В качестве измерительного прибора принимаем индикатор многооборотный с ценой деления 0,001 1МИГ-1 ГОСТ 9696-82. Допускаемая погрешность в пределах одного оборота стрелки 0,0015 мм [20, с. 15].

Расчет погрешности измерения:

Погрешность измерения – разность между показаниями контрольного приспособления и действительным значением проверяемой им величины.

Погрешность контрольного приспособления определяют путем последовательного вычисления погрешностей, составляющих общую погрешность  $\Delta_{\text{изм}}$ , и сравнения ее с допустимым значением  $[\Delta]_{\text{изм}}$  [17, с. 158]:

$$\Delta_{\text{изм}} \leq [\Delta]_{\text{изм}},$$

или

$$\sqrt{\varepsilon^2 + \Delta_p^2 + \Delta_э^2 + \Delta_{\text{п}}^2} \leq (0,2 \dots 0,35)T, \quad (2.8)$$

где  $\varepsilon$  - погрешность положения детали в контрольном приспособлении;

$\Delta_p$  – погрешность передаточных устройств, т.к. передаточных устройств нет  $\Delta_p = 0$ ;

$\Delta_э$  – погрешность изготовления эталона, т.к. для контроля биения эталон не требуется  $\Delta_э = 0$ ;

$\Delta_{\text{п}}$  – погрешность измерительного прибора,  $\Delta_{\text{п}} = 0,0015$ .

Погрешность положения детали в контрольном приспособлении определяется,[17,с. 139]:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2}, \quad (2.9)$$

где  $\varepsilon_6$  – погрешность базирования,  $\varepsilon_6 = 0$ , т.к. технологическая база совпадает с измерительной;

$\varepsilon_3$  – погрешность закрепления детали при измерении,  $\varepsilon_3 = 0$ , т.к. прилагаемое усилие закрепления мало.

Погрешность изготовления приспособления  $\varepsilon_{\text{пр}}$  [7,с. 66]:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{10}\right)T, \quad (2.10)$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{0,02}{8} = 0,0025$$

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

$$\varepsilon = \sqrt{0^2 + 0^2 + 0,0025^2} = 0,0025$$

$$\Delta_{\text{изм}} = \sqrt{0,0025^2 + 0^2 + 0^2 + 0,0015^2} = 0,003 \text{ мм}$$

По опыту передовых заводов машиностроения погрешность измерения может составлять 20...35% от поля допуска на измеряемую величину, т.е.:

$$[\Delta]_{\text{изм}} = kT, \quad (2.11)$$

где  $[\Delta]_{\text{изм}}$  – допускаемая погрешность контрольного приспособления;

$k$  – коэффициент, зависящий от точности обработки и равный 0,25 для IT9;

[17,с. 159]

$T$  – технологический допуск на измеряемую (контролируемую) величину.

$$[\Delta]_{\text{изм}} = 0,25 * 0,02 = 0,005 \text{ мм}$$

$$0,003 < 0,005$$

Таким образом, общая погрешность контрольного приспособления не превышает допускаемого значения погрешности измерения.

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

### 3 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

#### 3.1 Расчет количества основного технологического оборудования.

Номинальный такт выпуска, мин [21, с. 18]:

$$\tau_p = \frac{F_0 \cdot 60}{N}, \quad (3.1)$$

где  $F_0$  – эффективный годовой фонд времени работы оборудования, = 3890 ч [21, с. 18];

$N$  – годовая программа выпуска, шт.

$$\tau_p = \frac{3890 \cdot 60}{2000} = 116,7 \text{ мин}$$

Действительный такт выпуска, мин [21, с. 18]:

$$\tau = \tau_p \left(1 - \frac{\beta}{100}\right), \quad (3.2)$$

где  $\beta$  - потери времени, на организационно-техническое обслуживание рабочего места и регламентированные перерывы,  $\beta = 6 \dots 8\%$ . [21, с. 19]

$$\tau = 116,7 \left(1 - \frac{8}{100}\right) = 107,36 \text{ мин}$$

Число станков, шт [17, с. 518]:

$$C_{\text{расч}} = \frac{t_{\text{ш-к}}}{\tau}, \quad (3.3)$$

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

где  $t_{шт}$  – штучное калькуляционное время выполнения операции, мин.

Для обеспечения загрузки оборудования объединим операции 005, 015, 050 на один станок.

$$C_{расч.т} = \frac{1,22 + 4,34 + 2,64}{107,36} = 0,09, \text{ принимаем } C_{пр.т} = 1;$$

Количество оборудования на фрезерной операции:

$$C_{расч.ф} = \frac{12,62}{107,36} = 0,12, \text{ принимаем } C_{пр.ф} = 1;$$

Коэффициент загрузки технологического оборудования на операции [21, с. 19]:

$$k_3 = \frac{C_{расч}}{C_{пр}}, \quad (3.4)$$

где  $C_{пр}$  – принятое технологическое оборудование для операции.

$$k_{з.т} = \frac{0,09}{1} = 0,09;$$

$$k_{з.ф} = \frac{0,12}{1} = 0,12;$$

3.2 Определение числа производственных рабочих для многостаночного обслуживания оборудования.

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

Число производственных рабочих-станочников определяют на основе анализа условий многостаночного обслуживания с учетом плана размещения оборудования. Под многостаночным обслуживанием понимается одновременная работа станочника на нескольких единицах оборудования. Несколько станков, обслуживаемых одним рабочим, образуют зону обслуживания. Рекомендуемая норма обслуживания составляет 2 – 5 станков.

В автоматизированном производстве к числу рабочих относится оператор-наладчик. Для двусменной работы станков (токарный станок с ЧПУ WEILER E30 и универсальный фрезерный станок с ЧПУ DMU-50) принимаем 2 оператора-наладчика.

### 3.3 Определение численности вспомогательных рабочих, инженерно-технических работников и служащих

Так как участок является многономенклатурным, то количество вспомогательных рабочих, ИТР и служащих будет браться в долях рабочего, после расчета остальных производственных площадей доли работников будут суммироваться и количество рабочих будет приниматься в большую сторону.

К вспомогательным относятся рабочие, выполняющие техническое обслуживание производственных участков: рабочие ремонтных и инструментальных служб, транспортные и подсобные рабочие, уборщики производственных помещений, рабочие складов и кладовых и др. Численность вспомогательных рабочих механическом цехе составляет 20...35% от числа производственных рабочих 2. С учетом 2 смен составляет 0,8 доли рабочего. [21, с. 36]

К категории инженерно-технических работников (ИТР) относятся лица, осуществляющие руководство цехом и его структурными подразделениями, а также инженеры технологи, техники, экономисты, нормировщики и т.д. Число

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

ИТР составляет 15-21% от числа основных станков механического цеха. Составляет 0,4 доли рабочего.[21, с. 36]

К категории служащих относится персонал выполняющий работы по счету, отчетности, снабжению, оформлению: бухгалтеры, кассиры, копировальщики, секретари, учетчики, заведующие складов и кладовых. Численность служащих составляет 1% от числа производственных рабочих. Составляет 0,01 долю рабочего.[21, с. 36]

### 3.4 Определение основных параметров производственного здания

Для организации механосборочного производства применим одноэтажное здание, т.к в этом случае облегчается установка тяжелого оборудования, а также упрощаются транспортные связи между отдельными цехами.

Ширину пролета выбираем такой, чтобы можно было рационально разместить кратное число рядов оборудования. Сетка колонн для одноэтажного здания оборудованного мостовым краном принимаем 18x12. Выбираем кран электрический мостовой однобалочный опорный: 1-А-3,2-16,5-12-380 ГОСТ22045-89.

Таблица 6 – Габаритные размеры станков.

Станок	Габариты (мм.)ДхШхВ
Токарный станок с ЧПУ WEILERE30	1700x1200x1620
Универсальный фрезерный станок с ЧПУ DMU-50	4500x3000x2750

Высоту пролета выбирают исходя из схемы, приведенной на рисунке 3.2

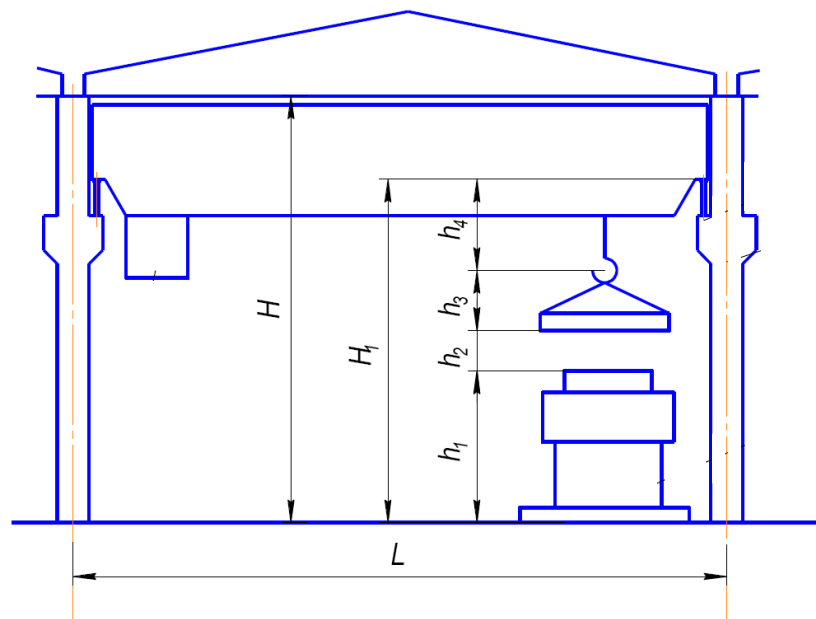


Рисунок 3.2 – Схема поперечного разреза

Высота от уровня пола до головки рельсового пути  $H_1$ , м [22, с. 43]:

$$H_1 = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \quad (3.5)$$

где  $h_1$  – максимально высотный габаритный размер оборудования, м;

$h_2$  – минимальное расстояние между оборудованием и перемещаемым грузом, м;

$h_3$  – высота транспортируемых грузов с учетом длины строп не менее 1 м, м;

$h_4$  – размер крана по паспорту от точки верхнего положения крюка до рельсового пути, м.

$$H_1 = 2,75 + 0,5 + 2,0 + 0,77 = 6,02 \text{ м.}$$

Принимаем:  $H_1 = 6,15$  м.[22, с. 43]

Высота пролета, м[22, с. 43]:



$$H = H_1 + A + M \quad (3.6)$$

где  $A$  – габаритный размер крана;

$M$  – минимальное расстояние от потолка до крана.

$$H = 6,15 + 1,0 + 0,100 = 7,25 \text{ м.}$$

Принимаем  $H = 8,4$  м. [22, с. 43]

Для здания высотой 9,6м и крана грузоподъемностью 3,2т принимаем по ГОСТ 25628-90 колонну с размерами 400х600 мм 9КК84.

3.5 Выбор метода устранения стружки, метода снабжения участка СОТС, транспортного средства

Выбор системы удаления стружки зависит от типа производства, марки обрабатываемого металла, вида стружки, её количества и площади, на которой она образуется. В данном случае критерием выбора системы удаления стружки служит то, что проектируемый участок является многономенклатурным т.е. ведется обработка из различных материалов из-за этого необходимо разделение стружки.

Для сбора стружки на территории цеха используются специальные контейнеры для уборки стружки. Заполненная стружкой тара вывозятся на накопительную площадку, а затем – на участок переработки.

Используемое при обработке СОТС 4,0 – 8,0% МИЛС-11 (водосмешиваемая СОТС) является универсальным и подходит для лезвийной обработки черных и цветных металлов, благодаря высокой биостабильности обеспечивает длительный срок эксплуатации СОТС. Входящий в ее состав комплект присадок, обеспечивает высокое качество обработки поверхности и более длительный срок службы режущего инструмента.

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

Способ подачи СОТС – централизованно-групповой: жидкость подается по трубопроводам из центральной установки к разборным кранам, установленным на участках. В процессе работы станка используется автономная система охлаждения станка, которая ежедневно пополняется из разборных кранов для восполнения потерь жидкости вследствие ее разбрызгивания, уноса со стружкой и обработанной заготовкой.

Так как вес заготовки составляет 0,3кг, принимаем транспортным средством ручную тележку. Габариты специальной тары с заготовками 300х300мм, тогда размер тележки примем 400х400мм. Ширина прохода, с учетом двухстороннего движения, мм[21 с. 53]:

$$A = 2Б + 1600, \quad (3.7)$$

где А – ширина прохода, мм;

Б – ширина тележки, мм.

$$A = 2 * 400 + 1600 = 2400 \text{ мм}$$

### 3.6 Описание планировки участка.

На участке расположена зона складирования, каждый стеллаж в зоне промаркирован в соответствии с применением (стеллаж заготовок, стеллаж готовых деталей и т.д.). Размеры стеллажей приняты с учетом хранения на них нескольких спец. тар с различными заготовками, деталями и т.д.

Оборудование на участке размещено в порядке технологических операций. Станки с ЧПУ (токарный станок с ЧПУ WEILER E30 и универсальный фрезерный станок с ЧПУ DMU-50), расположены рядом друг с другом для возможности многостаночного обслуживания. Вдоль участка расположен проход для тележек, ширина прохода принята с учетом проезда двух тележек

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

одновременно. Заготовки из заготовительного цеха по средствам электропогрузчика поступают по проезду на стеллаж, в специальной таре. Со стеллажа по мере надобности заготовки доставляются к станкам в ручную при помощи тележки. Оператор вручную устанавливает полуфабрикат в станочное приспособление в зоне обработки станка. Обработанные детали перемещают к следующему станку для последующей обработки. Детали поступают на контрольный пункт для проведения промежуточного и окончательного контроля. На контрольной операции детали берутся из тары контролером и устанавливаются на контрольной плите. После окончательного контроля детали отправляются на стеллаж готовых деталей, а далее в централизованный склад.

Все транспортные операции осуществляются с помощью ручных тележек.

Уборка стружки от металлорежущих станков осуществляется за счет установленного в них конвейера и тары для стружки расположенной около станка. С помощью тележки стружка переносится в накопитель для стружки, отсюда по средством межцехового транспорта в цех переработки стружки.

Инструмент и оснастка хранятся на специальном стеллаже около станка, размеры стеллажа приняты с учетом размещения на нем режущего и вспомогательного инструмента, спец. оснастки необходимых для сменной работы, остальной инструмент и оснастка хранятся в ИРК (инструментально - раздаточная кладовая).

На участке находится мостовой кран, на случай замены оборудования или его ремонта, так же приняты все меры для осуществления безопасной работы участка.

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

## 4 АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Автоматизированное проектирование, или проектирование с помощью компьютера – термин, используемый для обозначения широкого спектра компьютерных инструментов, которые помогают инженерам создавать, изменять, анализировать и оптимизировать проекты.

В дипломной работе проектирование трехмерных моделей осуществляется в системе автоматизированного проектирования от компании АСКОН "Компас-3D"

### 4.1 3D проектирование приспособления к токарному станку

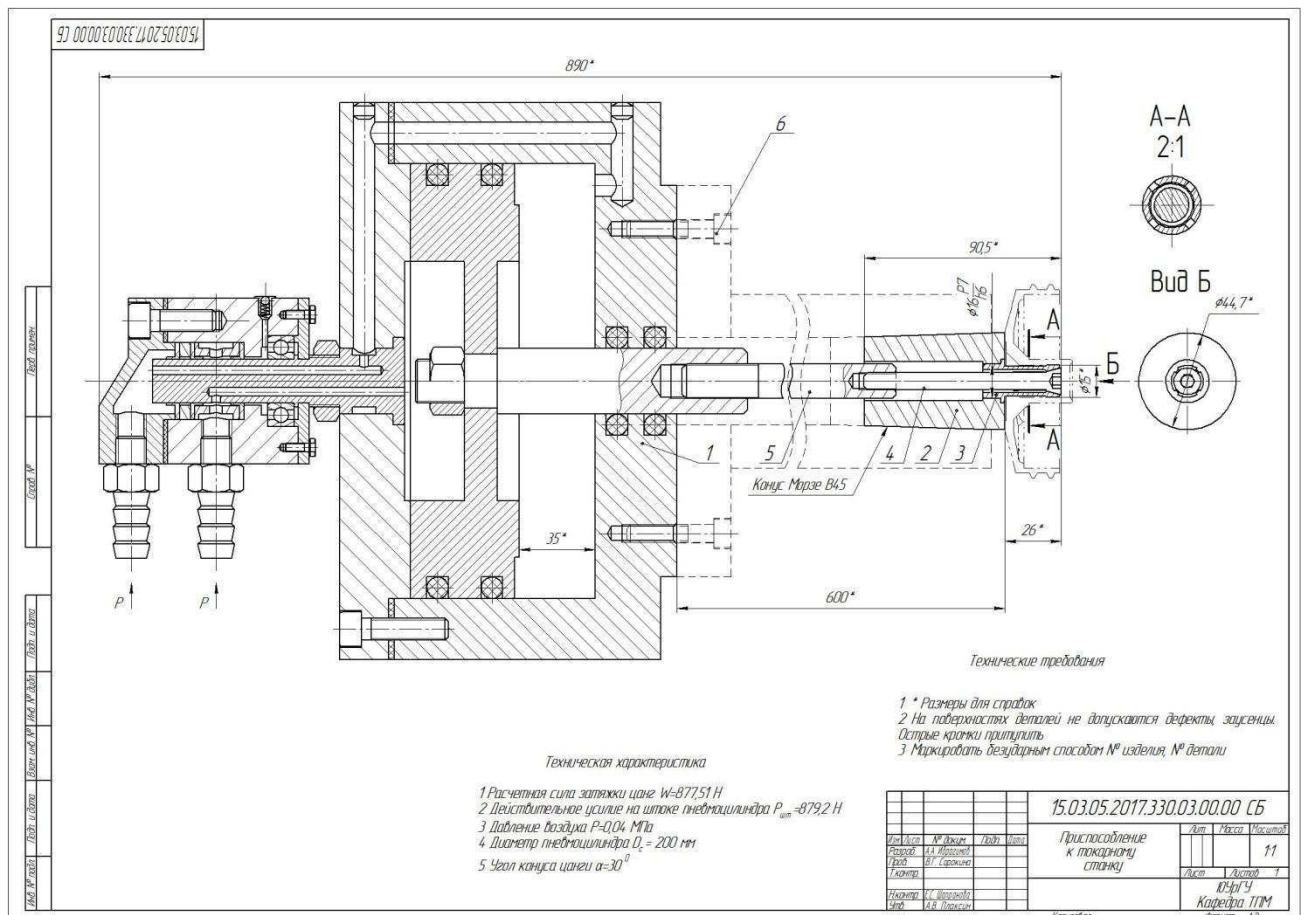


Рисунок 4.1 – Чертеж токарного приспособления

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.330.00 ПЗ

Лист

84

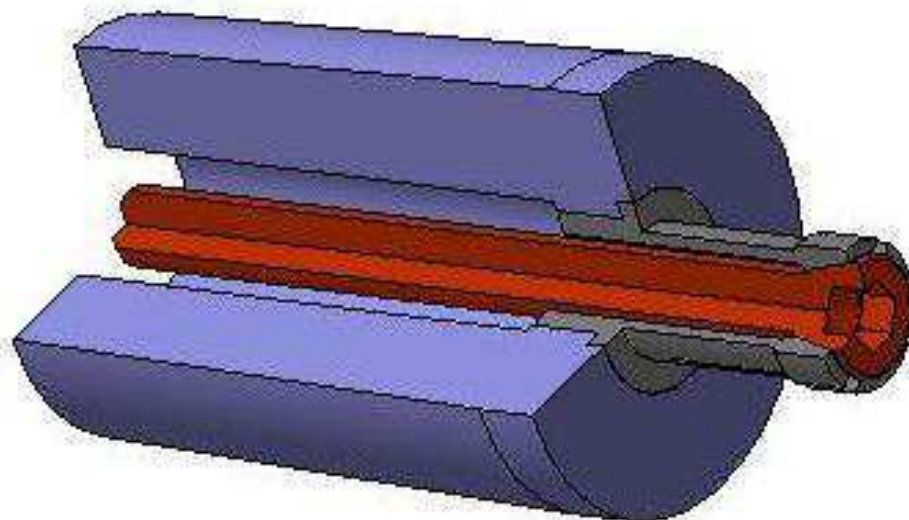


Рисунок 4.2 – Разрез 3D модели токарного приспособления

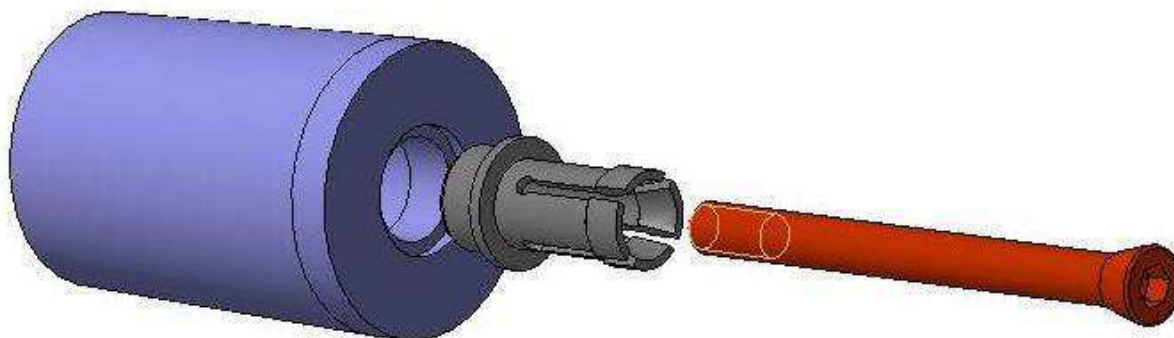


Рисунок 4.3 – Разнесение 3D модели токарного приспособления на детали

Данное приспособление служит для закрепления детали на операциях 015 установ 2, 050 и последующей обработки, в качестве зажимного устройства принят вращающийся пневмоцилиндр поз. 1 который соединяется с винтом поз. 4 через переходную шпильку поз. 5, при подачи воздуха в рабочие полости пневмоцилиндр тянет винт поз. 4 который за счет конуса разжимает цангу поз. 3 впрессованную в оправку поз. 2 (см. чертеж приспособления к токарному станку). Пневмоцилиндр крепится через соединительную муфту на шпиндель станка.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.330.00 ПЗ

Лист

85

## 4.2 3D проектирование приспособления к фрезерному станку

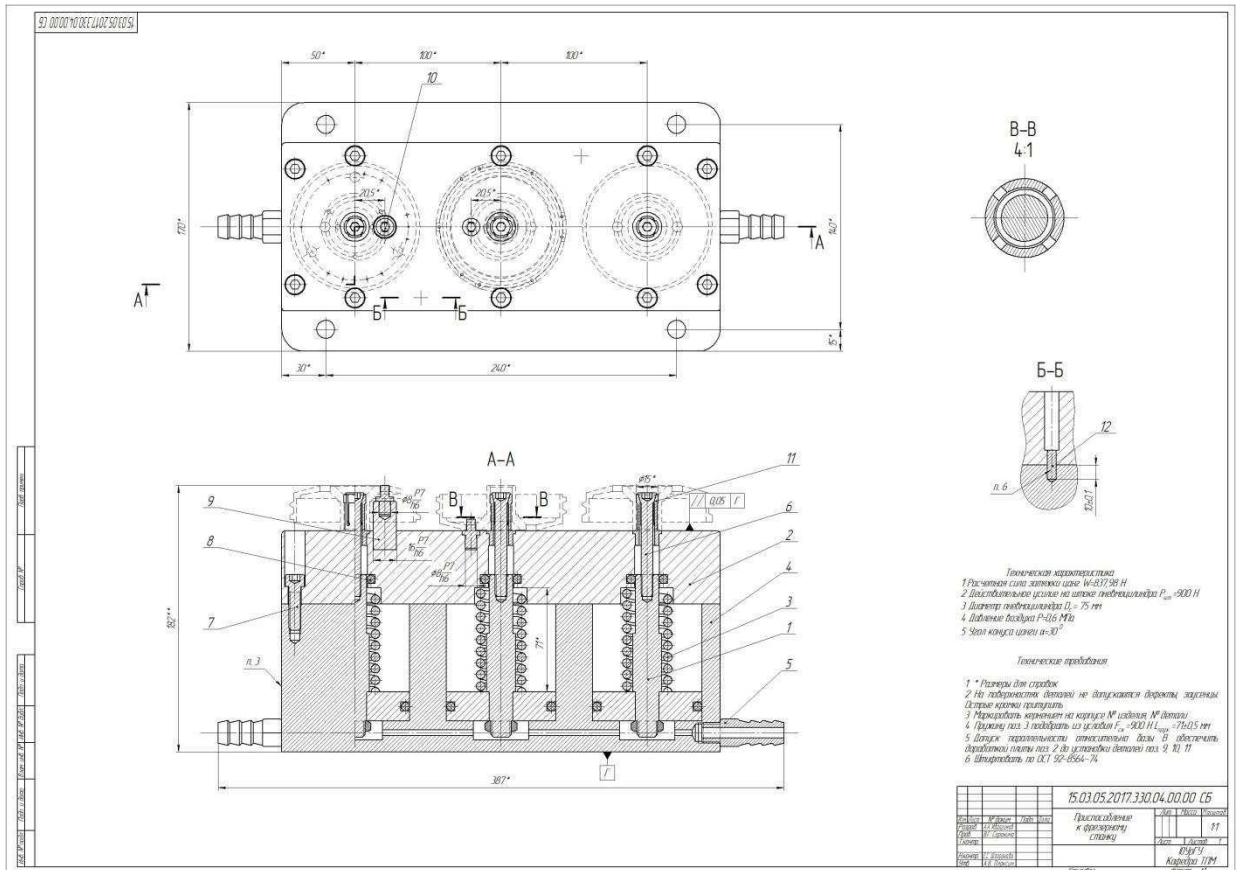


Рисунок 4.4 – Чертеж фрезерного приспособления

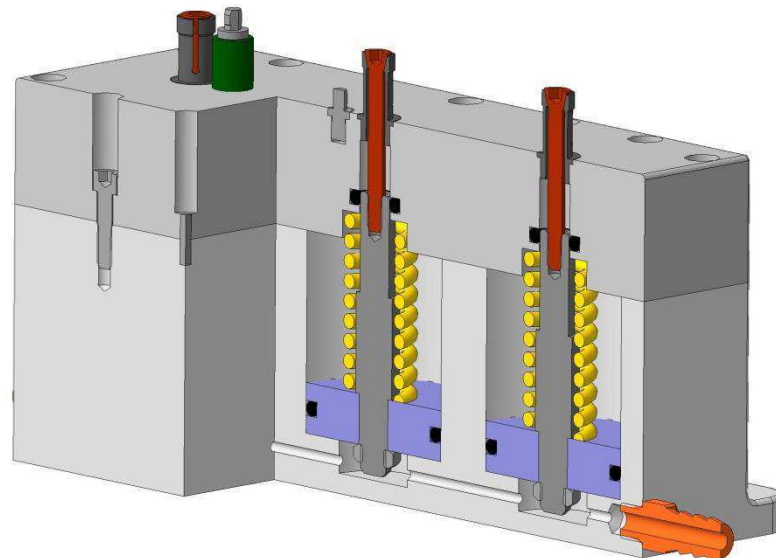


Рисунок 4.5 – Разрез 3D модели фрезерного приспособления

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.330.00 ПЗ

Лист

86

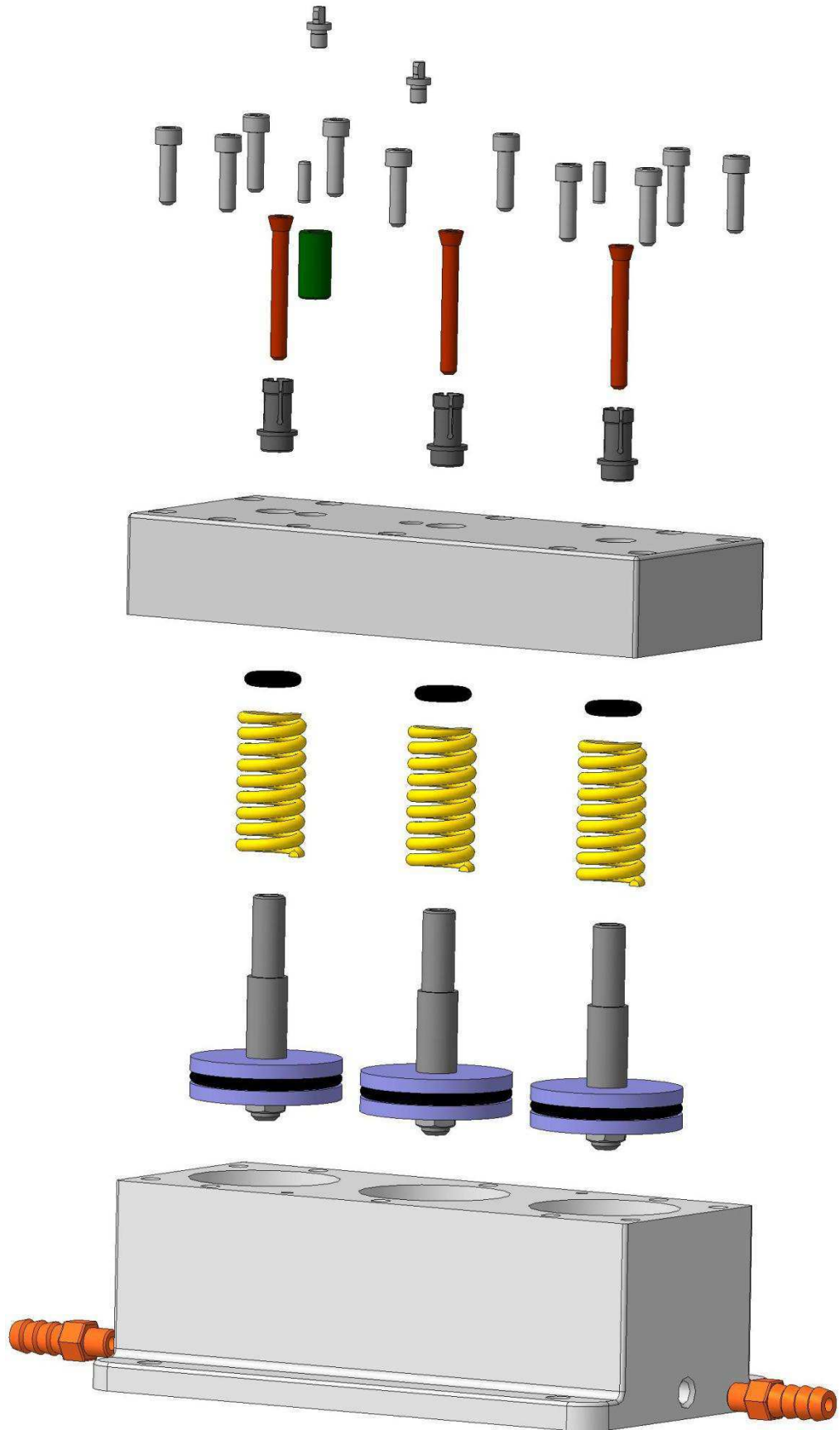


Рисунок 4.6 – Разнесение 3D модели фрезерного приспособления на детали

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.330.00 ПЗ

Лист

87

Данное приспособление служит для закрепления деталей на операции 020 и последующей комплексной обработки, в качестве зажимного устройства принята пружина поз. 3 которая давит на пневмоцилиндр поз. 1 соединенный с винтом поз. 6 который за счет конуса разжимает цангу поз. 11 впесованную в плиту поз. 2, при подачи воздуха в рабочую полость пневмоцилиндра сжимает пружину поз. 3 и происходит освобождение деталей. Для обеспечения постоянной геометрической формы и расположения поверхностей при ремонте и переборке приспособления плита поз. 2 штифтована установочными штифтами на корпусе поз. 4 (см. чертеж приспособления к фрезерному станку).

#### 4.3 3D проектирование контрольного приспособления

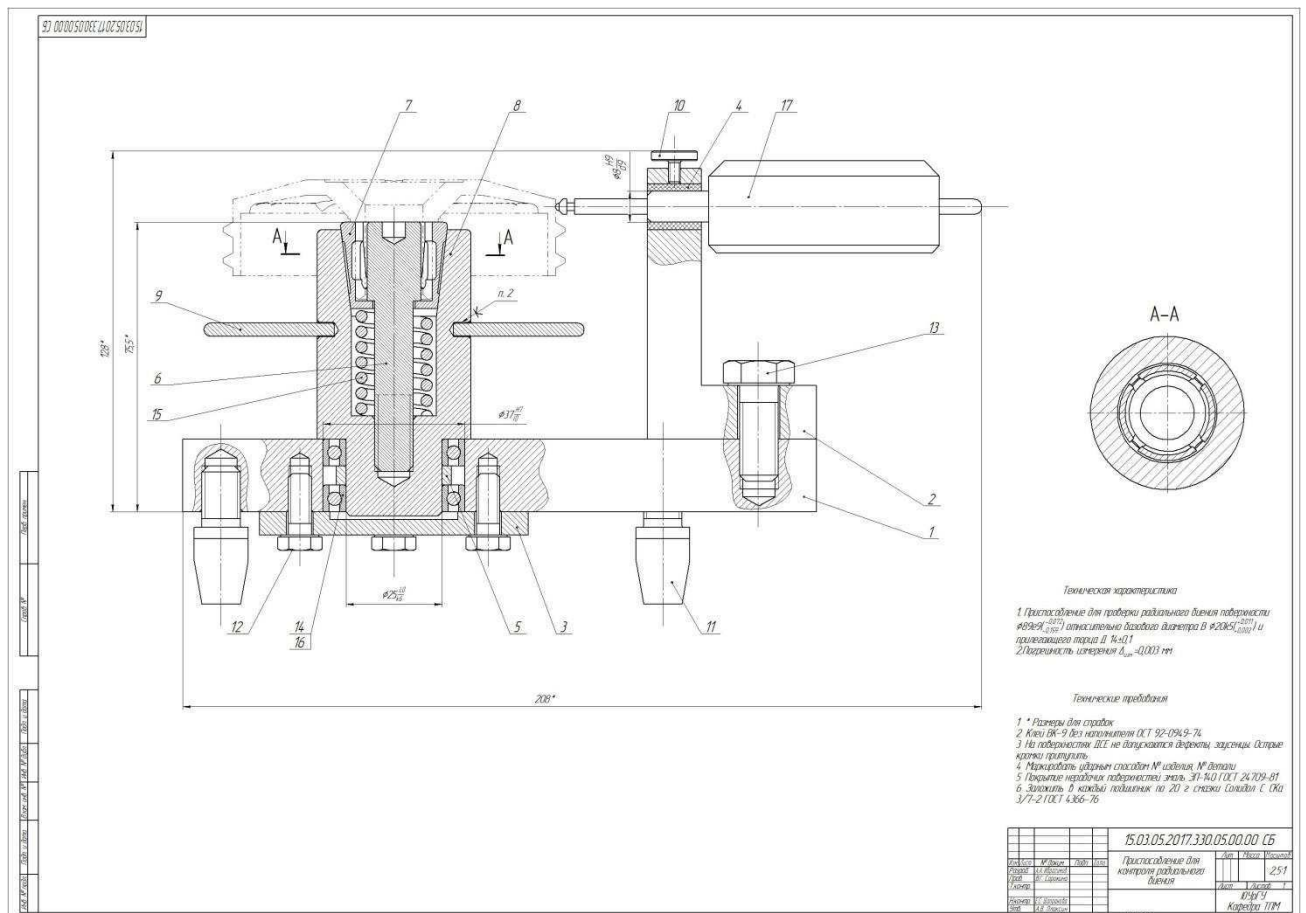


Рисунок 4.7 – Чертеж контрольного приспособления

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.330.00 ПЗ

Лист

88



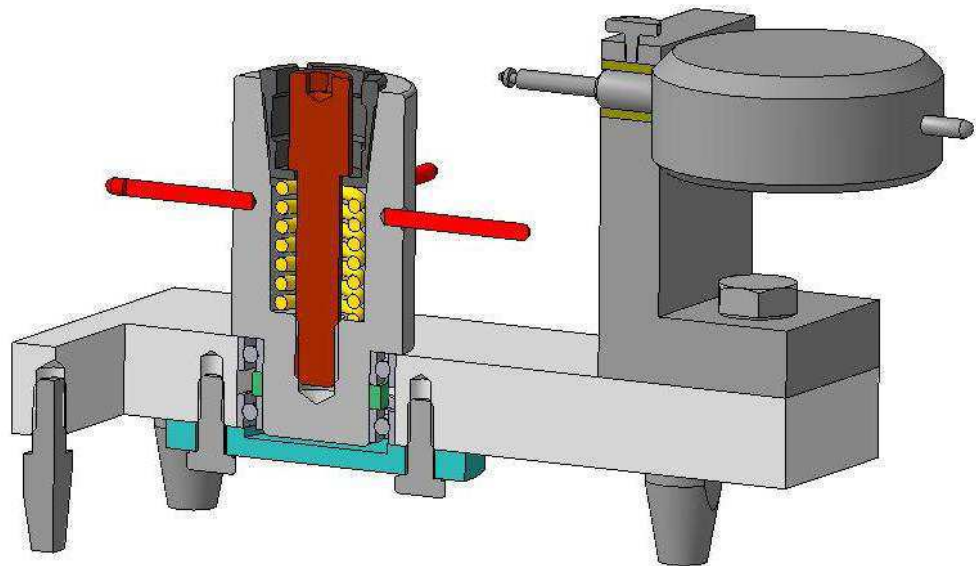


Рисунок 4.8 – Разрез 3D модели контрольного приспособления

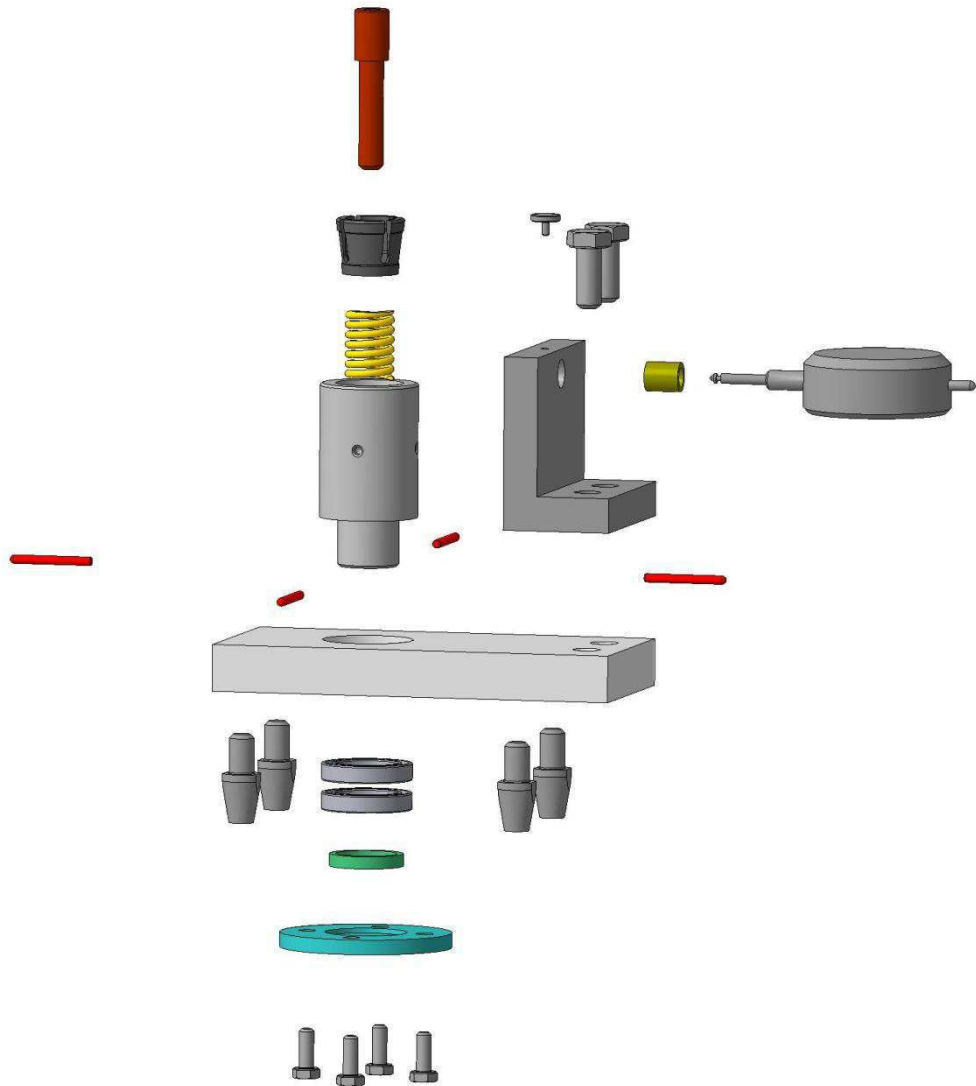


Рисунок 4.9 – Разнесение 3D модели контрольного приспособления на детали

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.330.00 ПЗ

Лист

89

Данное контрольное приспособление предназначено для того, чтобы проверить радиальное биение  $0,02 \text{ мм } \varnothing 84e9 \begin{pmatrix} -0,072 \\ -0,159 \end{pmatrix}$  мм относительно базового диаметра  $B\varnothing 20k5 \begin{pmatrix} +0,011 \\ +0,002 \end{pmatrix}$  мм и прилегающего торца  $D 14 \pm 0,1$  мм.

Для проверки на радиальное биение деталь устанавливаем в цангу поз. 7 с упором в торец которая при затягивании винта поз. 6 затягивает ее по конусу в оправку поз. 8. Оправка поз. 8 установлена в основание приспособления поз. 1 на 2-х шарикоподшипниках поз. 14. Для исключения заклинивания цанги поз. 7 в оправке поз. 8 установлена пружина поз. 15 (см. чертеж контрольного приспособления).

В качестве измерительного прибора принимаем индикатор многооборотный с ценой деления 0,001 1МИГ-1 ГОСТ 9696-82 установленный в кронштейн поз. 2 через втулку поз. 4 и винт поз. 10 (см. чертеж контрольного приспособления).

#### 4.4 Составление управляющей программы для станков с ЧПУ

CAM (computer-aided manufacturing) - продукты предназначены для проектирования обработки изделий на станках с ЧПУ и выдачи программ для этих станков (фрезерных, сверлильных, эрозионных, пробивных, токарных, шлифовальных и др.). CAM-системы еще называют системами технологической подготовки производства. В настоящее время они являются практически единственным способом для изготовления сложно-профильных деталей и сокращения цикла их производства. В CAM-системах используется трехмерная модель детали, созданная в CAD-системе

Составление управляющей программы CAM системе, основанная на принципах рациональной обработки элементов. Программа позволяет автоматически или вручную идентифицировать элементы в твердотельной модели: технолог-программист указывает, какие элементы он хочет обработать и система сама готовит управляющую программу для обработки этих

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

элементов. Составление программы производится путем импортирования твердотельной модели из системы "Компас-3D" в САМ систему с дальнейшим распознаванием поверхностей и назначением операций обработки, инструмента и режимов резания на каждую поверхность.

Программа позволяет обрабатывать любую комбинацию твердых тел, поверхностей, каркасной геометрии, обеспечивая производственной гибкостью. Начало работы со 100% правильной и точной геометрией устраняет трудности в работе со сложными деталями и существенно уменьшает время программирования. Универсальный постпроцессор позволяет выводить правильный G-код для максимально эффективного использования возможностей оборудования.

Различные САМ-системы могут отличаться друг от друга областью применения и возможностями. К примеру, существуют системы для токарной, фрезерной, электроэрозионной обработки и гравировки.

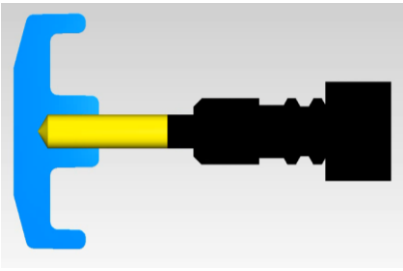
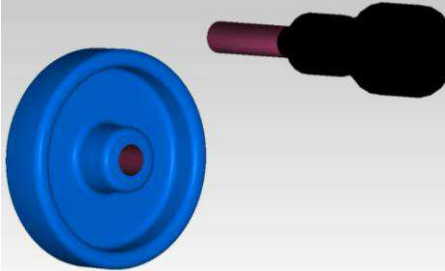
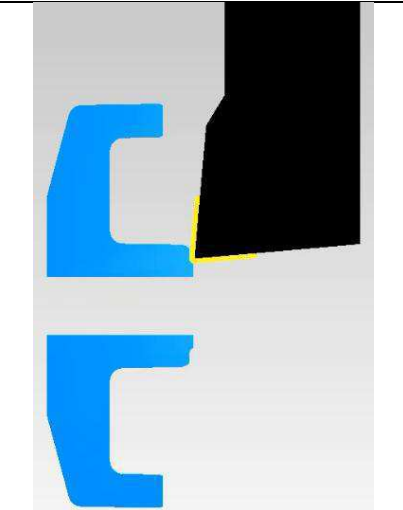

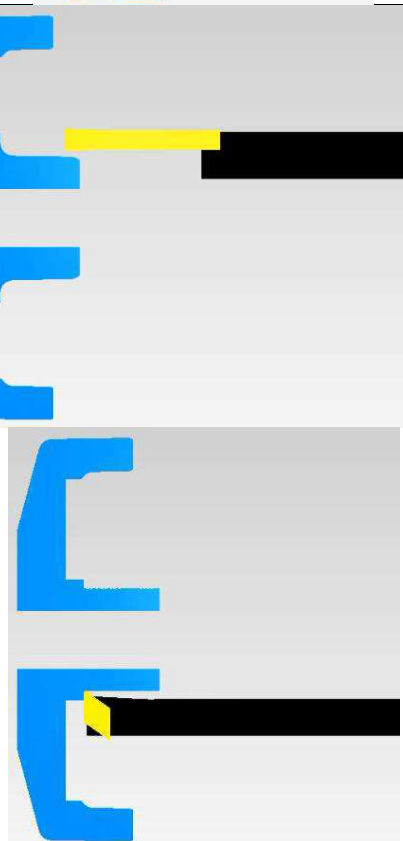
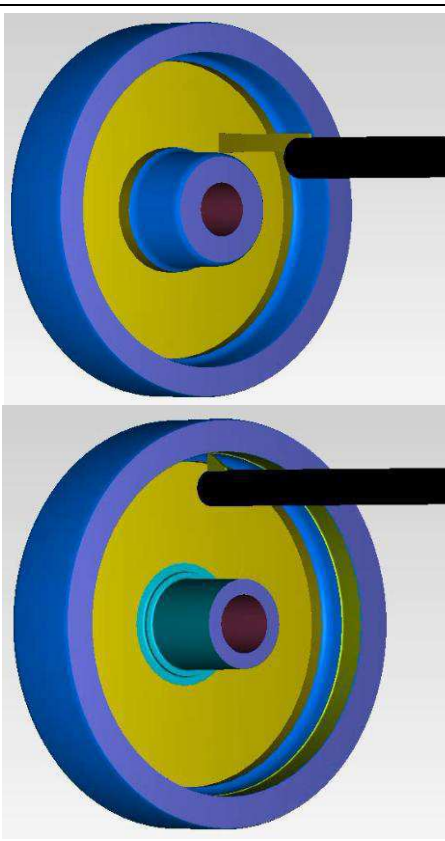
Алгоритм работы в САМ-системе:

- импортирование 3D модели обрабатываемой детали;
- добавление 3D модели заготовки, настройка параметров заготовки;
- выбор геометрии обработки;
- выбор стратегии и инструмента, назначение параметров обработки;
- расчет траектории и имитация плоской обработки;
- имитация объемной обработки;
- проверка полученной обработки (бэкплот и верификация);
- вывод управляющей программы.

Результаты созданной управляющей программы с скриншотами визуализации обработки для удобства предоставления сведем в таблицу 7.

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

Таблица 7 – Визуализация обработки операции 005 «Токарная с ЧПУ»

Переход	2D имитация	3D имитация
Переход 1. Сверление отверстия	 <p>2D simulation showing a yellow drill bit cutting into a blue workpiece. The workpiece is shown in cross-section.</p>	 <p>3D simulation showing a blue workpiece with a hole being drilled by a black drill bit.</p>
Переход 2. Подрезка торцев	 <p>2D simulation showing a black tool cutting the end of a blue workpiece. The workpiece is shown in cross-section.</p>	 <p>3D simulation showing a blue workpiece with a chamfered end being processed by a black tool.</p>
Переход 3. Расточка	 <p>2D simulation showing a black reamer tool finishing the hole of a blue workpiece. The workpiece is shown in cross-section.</p>	 <p>3D simulation showing a blue workpiece with a hole being finished by a black reamer tool.</p>

Обработка в САМ системе представлена в видео.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.330.00 ПЗ

Лист

92

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 5.1 Микроклимат

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей.

Учитывая, что трудовая деятельность человека всегда протекает в определенных метеорологических условиях, на рабочем месте необходимо создать оптимальный микроклимат, который при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивает сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения механизма терморегуляции, обеспечивает ощущения теплового комфорта и создает предпосылки для хорошей работоспособности. Длительное воздействие на человека неблагоприятных метеорологических условий резко ухудшает его самочувствие, снижает производительность труда и приводит к заболеваниям.

Высокая температура воздуха способствует быстрой утомляемости работающего, может привести к перегреву организма, тепловому удару или профзаболеванию. Низкая температура воздуха может вызвать местное или общее охлаждение организма, стать причиной простудного заболевания либо обморожения.

Влажность воздуха оказывает значительное влияние на терморегуляцию организма человека. Высокая относительная влажность (отношение содержания водяных паров в 1 м<sup>3</sup> воздуха к их максимально возможному содержанию в этом же объеме) при высокой температуре воздуха способствует перегреванию организма, при низкой же температуре она усиливает теплоотдачу с

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

поверхности кожи, что ведет к переохлаждению организма. Низкая влажность вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей рабочего.

Оптимальные параметры микроклимата приведены в таблице 7.

Таблица 8 – Оптимальные параметры микроклимата

Сезон	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный и переходной (среднесуточная $t^{\circ}$ воздуха ниже $+10^{\circ}\text{C}$ )	17...19	60...40	0,3
Теплый (среднесуточная $t^{\circ}$ воздуха $+10^{\circ}\text{C}$ и выше)	20...22	60...40	0,4

В цехе механической обработки детали «корпус опоры» ответственность за выполнение мероприятий по охране труда и технике безопасности возлагается на начальника цеха, а на участке – производственных мастеров, контроль соблюдения условий техники безопасности осуществляет инженер по технике безопасности.

## 5.2 Вентиляция

Вентиляцией называется комплекс взаимосвязанных устройств и процессов для создания требуемого воздухообмена в производственных помещениях.

Основное назначение вентиляции – удаление из рабочей зоны загрязненного или перегретого воздуха и подача чистого воздуха, в результате чего в рабочей зоне создаются необходимые благоприятные условия воздушной среды.

Производственные процессы могут сопровождаться выделением тепла, вредных газов, паров, пыли, влаги, вследствие чего метеорологические параметры и состав воздуха в производственных помещениях отличаются от нормального. Создание оптимальных и допустимых метеорологических условий, удаление и разбавление вредных веществ, выделяющихся при различных работах, достигается вентиляцией производственных, вспомогательных и бытовых помещений.

В зависимости от способа перемещения воздуха в производственных помещениях вентиляция делится на естественную и искусственную (механическую).

Естественная вентиляция производственных помещений осуществляется за счет разности температур в помещении наружного воздуха (тепловой напор) или действия ветра (ветровой напор). Для данных условий работы применяется неорганизованная естественная вентиляция, при которой воздухообмен осуществляется за счет вытеснения внутреннего теплового воздуха наружным холодным воздухом через окна, форточки, фрамуги и двери.

Помимо естественной, в цехе механической обработки универсальных технологий применяется также искусственная вентиляция, которая устраняет недостатки естественной вентиляции. При искусственной вентиляции воздухообмен осуществляется за счет напора воздуха, создаваемого вентиляторами; воздух в зимнее время подогревается, в летнее – охлаждается и, кроме того, очищается от загрязнений. В данном случае применяется приточная и вытяжная искусственная вентиляция.

При приточной системе вентиляции производится забор воздуха извне с помощью вентилятора через калорифер, где воздух нагревается и при необходимости увлажняется, а затем подается в помещение. Количество подаваемого воздуха регулируется клапанами или заслонками, устанавливаемыми в ответвлениях. Загрязненный воздух выходит через двери, окна, фонари и щели неочищенным.

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

Так же предусмотрена аварийная вентиляция, которая предназначена для быстрого удаления из помещений значительных объемов воздуха с большим содержанием вредных и взрывоопасных веществ, поступающих в помещение при нарушении технологического режима и авариях. Аварийная вентиляция спроектирована вытяжной.

### 5.3 Освещение

Свет имеет большое значение для человека, обеспечивая связь организма с окружающей средой. Назначение производственного освещения – обеспечить, прежде всего, нормальные зрительные условия работы в производственных помещениях в течение рабочего времени.

По типу источника света в цехе применяется производственное освещение следующих видов: естественное – за счет солнечного излучения (прямого и диффузно-рассеянного света небесного купола); искусственное – за счет источников искусственного света; совмещенное.

Естественное освещение имеет положительные и отрицательные стороны. Более благоприятный спектральный состав (наличие ультрафиолетовых лучей), высокая диффузность (рассеянность) света способствуют улучшению зрительных условий работы. В то же время при естественном освещении освещенность во времени и пространстве непостоянна, зависит от погодных условий, возможно тенеобразование, ослепление при ярком солнечном свете.

Искусственное освещение помогает избежать многих недостатков, характерных для естественного освещения, и обеспечивать оптимальный световой режим. Однако условия гигиены труда требуют максимального использования естественного освещения, так как солнечный свет оказывает оздоровляющее действие на организм.

В дневное время на участке обработки "Корпуса опоры" используется комбинированное естественное освещение – сочетание бокового, когда свет

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		96



проникает через оконные проемы, и верхнего освещения, когда свет проникает в помещение через аэрационные и зенитные фонари, проемы в перекрытиях. Комбинированное освещение обеспечивает более равномерное распределение света внутри производственного помещения.

В темное время суток или при недостатке естественного освещения используется искусственное освещение. Такое освещение называется совмещенным.

Искусственное освещение проектируется комбинированным – к общему освещению добавляется местное, концентрирующее световой поток непосредственно на рабочих местах. Поточная линия освещается общим освещением от магистральных ламп, создается освещенность на рабочем месте не менее 200лк. На контрольном столе предусмотрено местное освещение, создающее освещенность 500лк. Кроме этого в цехе предусмотрено аварийное освещение, которое предназначено для обеспечения минимальной освещенности в производственном помещении на случай внезапного отключения рабочего освещения.

Гигиенические требования к производственному освещению, основанные на психофизических особенностях восприятия света и его влияния на организм человека, сведены к следующему:

- должна быть обеспечена равномерность и устойчивость уровня освещенности в помещении;
- осветительная установка должна быть безопасной и безвредной в процессе эксплуатации;
- величина освещенности должна быть постоянной во времени;
- направленность светового потока на рабочую поверхность должна быть оптимальной.

## 5.4 Техника безопасности при работе на станках с ЧПУ

Перед началом работы работник обязан:

Надеть средства индивидуальной защиты, соответствующие выполняемой работе (специальную одежду застегнуть на все пуговицы, волосы убрать под головной убор). Перед использованием средств индивидуальной защиты убедиться в их исправности.

Отрегулировать светильники местного освещения таким образом, чтобы освещенность рабочей зоны была достаточной для качественного и безопасного выполнения работ.

Осмотреть рабочее место, убрать посторонние предметы и все, что может препятствовать безопасному выполнению работ, освободить проходы. Пол должен быть сухим и чистым, в случае наличия загрязнений их необходимо удалить.

Осмотреть состояние электрооборудования станка и надежность заземляющего устройства, в случае обнаружения неисправностей обратиться за их устранением к электротехническому персоналу.

Проверить наличие и исправность защитных ограждений рабочих органов и механических передач станка, их блокирующих устройств.

Произвести пробный пуск станка (при этом не должно быть посторонних шумов и повышенной вибрации), проверить действие тормозных устройств и эффективность действия устройств удаления отходов, стружки и пыли.

Обнаруженные нарушения требований по охране труда должны быть устранены до начала работ, при невозможности сделать это работник обязан сообщить о недостатках в обеспечении охраны труда руководителю работ и до их устранения к работе не приступать.

Во время работы работник обязан:

Выполнять только ту работу, которая входит в круг профессиональных обязанностей и по которой был получен инструктаж по охране труда.

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98

Работать только на исправном оборудовании при наличии исправного инструмента, приспособлений, устройств для удаления стружки.

Поддерживать чистоту на рабочем месте, не загромождать его заготовками и изделиями, не загромождать проходы и проезды.

В процессе работы на станках с программным управлением (ПУ) необходимо периодически наблюдай за работой станка:

- по контрольным точкам программ (возврат рабочих органов станка «в исходное состояние», «постоянство точки смены инструмента» в одной и той же позиции и др.);

- по отклонениям уровня шума различных механизмов, режущего инструмента;

- по четкости выполнения узлами оборудования с ЧПУ различных технологических команд.

При переналадке с обработки детали одного наименования на другое обращать внимание на правильную расстановку упоров, определяющих точки «исходного состояния» рабочих органов для начала работы по программе.

Внимательно следить за состоянием режущего инструмента.

Необходимо быть особо внимательным и осторожным при обработке первой детали после переналадок. Не допускать при этом ввода в систему управления максимальных значений перемещений.

Обо всех замеченных недостатках в программах обработки немедленно сообщить руководителю работ.

Обращать особое внимание на техническое состояние зажимных элементов пневмопатронов, следить за их исправной работой.

Все подготовительные работы на станках с ЧПУ проводить в их обесточенном состоянии или в режиме «Наладка»:

По окончании работы работник обязан:

Выключить станок и вспомогательное оборудование;

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		99

Привести в порядок рабочее место. Стружку и отходы следует убирать только при помощи щетки-сметки и совка;

Убрать рабочий инструмент и приспособления на специально отведенное для хранения место или сдать в кладовую.

Уходя с рабочего места, необходимо сообщить руководителю работ об имевших место неполадках в работе оборудования и о мерах, принятых к их устранению.

По завершении всех работ необходимо выполнить требования правил личной гигиены.

## 5.5 Пожарная безопасность

Пожарная безопасность предусматривает обеспечение безопасности людей и сохранения материальных ценностей цеха.

Пожарная опасность производственного здания определяется пожарной опасностью технологического процесса и конструктивно-планировочными решениями здания.

Проектируемый участок обработки "Корпуса опоры" по пожарной безопасности относится к категории «Д» (цех, связанный с применением негорючих веществ и материалов в холодном состоянии). В оценке противопожарных качеств зданий и сооружений большое значение имеет их огнестойкость. Выбранное здание по группе возгораемости относится ко 2 степени к негорючим, т.е. под воздействием огня или высокой температуры не воспламеняется, не тлеет и не обугливается.

Для обеспечения при пожаре безопасной эвакуации людей предусмотрены эвакуационные выходы. Двери, предназначенные для эвакуации, должны открываться в сторону выхода из здания.

Одним из условий борьбы с пожарами является немедленное уведомление пожарной команды. Очень надежной является электрическая пожарная

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100

сигнализация. Для быстрого обнаружения очага возгорания применяются тепловые, дымовые и световые извещатели. Кроме того, цех оборудован специальной пожарной сигнализацией, датчики которой находятся во всех вспомогательных помещениях. Для тушения начавшегося пожара твердых горючих материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей на участке предусмотрено использование огнетушителей ОПХ-10 (химический пенный ручной) и песок, находящийся в специальных ящиках. Для данного участка необходимо иметь 1 огнетушитель.

Все поступающие на работу проходят инструктаж о правилах пожарной безопасности, введенных на предприятии, и порядке пользования средствами пожаротушения и пожарной сигнализации и связи.

Ответственность за пожарную безопасность возлагается на руководителя предприятия. Руководитель предприятия обязан назначить приказом должностных лиц, ответственных за пожарную безопасность отдельных объектов (цехов, участков, установок и т.п.). Фамилии этих лиц должны быть вывешены на видных местах. В обязанности руководителей входит:

- организация пожарной охраны;
- организация обучения рабочих и служащих правилам пожарной безопасности;
- разработка мероприятий по повышению уровня пожарной безопасности предприятия – разработка инструкций о порядке работы с пожароопасными веществами и материалами, а также инструкций о соблюдении противопожарного режима и о действиях людей при возникновении пожара, изготовления и применения средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности.

Для предотвращения пожаров используются следующие меры:

- предотвращение образования горючей смеси;
- поддержание температуры и давления горючей среды ниже минимальных;

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101

- применение средств пожаротушения;
- эвакуация людей;
- организация пожарной охраны объектов;
- ограничение количества горючих веществ и их надлежащее хранение.

## 5.6 Производственный травматизм

Несчастный случай на производстве – это случай воздействия на работающего опасного производственного фактора при выполнении работающим трудовых обязанностей.

Порядок расследования несчастных случаев на производстве определен Положением о порядке расследования и учета несчастных случаев на производстве. Расследованию и учету подлежат несчастные случаи, повлекшие за собой необходимость перевода работника на другую работу, временную или стойкую утрату им трудоспособности либо его смерть, происшедшие при выполнении работником своих трудовых обязанностей на территории завода или вне его, а также во время следования к месту работы или с работы на транспорте, предоставленном заводом.

Расследование несчастных случаев проводится комиссией, включающей специалиста по охране труда, а также профсоюзного органа. В состав комиссии входит не менее трех человек. Результаты расследования несчастных случаев на производстве оформляются актами по форме Н-1. Эти документы хранятся на предприятии в течение 45 лет и используются при учете и анализе производственного травматизма.

При анализе травматизма определяются основные причины несчастного случая, чтобы в последующем стараться их избежать. Это могут быть:

а) технические причины:

- конструктивные недостатки машин, механизмов, оборудования, приспособлений и инструментов;

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		102

- неисправность машин, механизмов, оборудования, приспособлений и инструментов;

- неудовлетворительное техническое состояние здания, сооружений и их элементов;

- несовершенство технологических процессов;

б) организационные причины:

- нарушение технологических процессов;

- нарушение правил дорожного движения;

- неприменение средств индивидуальной защиты;

- использование работающих не по специальности;

- нарушение трудовой дисциплины;

в) личные причины:

- неосторожность или невнимательность, ошибочные действия.

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		103

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Задача, поставленная перед началом дипломного проектирования, выполнена.

Дипломная работа представляет вариант механической обработки детали "Корпус опоры", который удовлетворяет требованиям по точности, заданным в чертеже, и эксплуатационным условиям детали с меньшими затратами средств, времени, труда на ее изготовление, за счет снижения времени занятости рабочего и повышения гибкости участка.

В данной работе учтены все тонкости технологии производства детали, применено оборудование с ЧПУ для механической обработки, спроектированы приспособления для токарной и фрезерной операций и контроля размеров, не имеющие аналогов на предприятии, а также приведены расчеты режимов резания и норм времени, спроектирован участок механической обработки детали "Корпус опоры", определены нормы охраны труда и техники безопасности.

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		104



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алюминиевые сплавы (свойства, обработка, применение). Справочник. Пер. с нем. М., "Металлургия", 1979.
2. Квасов Ф.И., Фридляндер И.Н. Алюминиевые сплавы типа дуралюмин. М.: Metallurgiya, 1984. 240 с.
3. Основы технологии машиностроения. Под ред. В.С. Корсакова. Изд. 3-е, доп. И перераб. Учебник для вузов. М., «Машиностроение», 1977 г. 416 с.
4. Корнеев Н.И. Ковка и штамповка цветных металлов. Справочник. Колл.авторов. М., "Машиностроение", 1971. 232 стр.
5. Размерный анализ технологических процессов механической обработки: учебное пособие для самостоятельной работы/ Ю.Г. Миков. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 96 с.
6. Технология машиностроения: Методические указания по курсовому проектированию/ Составители: Ю.Г. Миков, С.Г. Чиненов; Под ред. Ю.Г. Микова. – Челябинск: ЧГТУ, 1996. – 46 с.
7. А. Г. Косилова. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2/ Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Суслова, А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. - 5-е изд., исправл.- М.: Машиностроение-1, 2003 г. 944 с., ил.
8. Процессы формообразования и инструмент. Учебное пособие к практическим занятиям. Кучина О. Б. /Под ред. Ю. Г. Микова. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005.
9. Технологические системы. Представитель DMG/MORISEIKI в России по Уральскому региону. [www.t-sistem.ru](http://www.t-sistem.ru)
10. Официальный сайт компании WEILER в России. [www.weiler.de/ru.html](http://www.weiler.de/ru.html)
11. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением: Справочник. 2-е изд./ Под ред. В.И. Гузеева. М.: Машиностроение, 2007. 368 с.

					15.03.05.2017.330.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		105

12. Н.А. Ординарцев, Г. В. Филиппов и др. Справочник инструментальщика - Л.: Машиностроение, 1987.

13. MemberIMCGroupIscar. Общий каталог токарного инструмента.

14. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Среднесерийное и крупносерийное производство. – М.: НИИтруда, 1984. – 460 с.

15. Технология машиностроения: учебное пособие к практическим занятиям/ Ю.Г. Миков, С.Г. Чиненов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 89 с.

16. Фаскиев Р.С. Проектирование приспособлений: учебное пособие./под ред. Р.С. Фаскиева, Е.В. Бондаренко. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2006.

17. В.М. Бурцев. Технология машиностроения: В 2 т. Т2. Производство машин: Учебник для вузов/ В.М. Бурцев, А.С. Васильев, О.М. Деев и др.; Под ред. Г.Н. Мельникова. – 2-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 640 с., ил.

18. Технологическая оснастка: учебное пособие по курсовому проектированию/ О.Б. Кучина; под ред. Ю.Г. Микова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 60с.

19. Миков Ю.Г., Кучина О.Б. Проектирование приспособлений: Учебное пособие – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 63с.

20. Индикаторы многооборотные с ценой деления 0,001 и 0,002 мм. Технические условия. ГОСТ 9696-75.

21. Проектирование машиностроительного производства: учебное пособие к практическим заданиям. О.Б Кучина – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007–63 с.