

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»  
Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте  
Факультет Техники и технологии  
Кафедра технологии машиностроения, станков и инструментов

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой,  
к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ А.В. Бобылев  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

«Участок механической обработки детали «Проставка»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
15.03.05.2020.265 ПЗ ВКР

Консультанты:  
Безопасность жизнедеятельности  
А.В. Бобылев, доцент  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Строительный раздел  
А.В. Козлов, профессор  
\_\_\_\_\_ 2020г.

Руководитель ВКР  
Е.А. Полуэктов, доцент  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Автор ВКР  
студент группы ФТТ-531  
А.Р. Теляубердин  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Нормоконтролер  
И.Н. Миронова, доцент  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Златоуст  
2020

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»  
Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте  
Факультет Техники и технологии

Направление 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств  
Кафедра технологии машиностроения, станков и инструментов

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой  
\_\_\_\_\_ /Бобылев А.В./  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

ЗАДАНИЕ  
на выпускную квалификационную работу студента(ки)

Теляубердина Артёма Ринатовича

Группа ФТТ-531

1. Тема работы Участок механической обработки детали «Проставка»  
утверждена приказом ректора университета от «24» апреля 2020 г. № 627
  2. Срок сдачи студентом законченной работы «29» июня 2020 г.
  3. Исходные данные к работе
    - 3.1 Чертеж детали
    - 3.2 Годовая программа выпуска детали 5000 штук
    - 3.3 Материал преддипломной практики
-

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

#### АННОТАЦИЯ

#### ОГЛАВЛЕНИЕ

#### ВВЕДЕНИЕ

4.1 Анализ исходных данных. Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений. Задачи проектирования.

4.2 Технологический раздел. Анализ технологичности детали. Разработка предлагаемого варианта технологического процесса. Размерный анализ разработанного технологического процесса. Расчет режимов резания и нормирование технологического процесса. Выводы.

4.3 Конструкторский раздел. Проектирование станочного приспособления для фрезерной операции. Расчет и проектирование фасонного резца. Проектирование приспособления для контроля. Выводы.

4.4 Строительный раздел. Определение количества оборудования и рабочих. Выбор типов и определение количества транспортных средств. Расчет площадей для складирования заготовок и деталей. Выбор способа транспортирования стружки. Планировка оборудования. Выбор типа, формы и определение размеров здания. Выводы.

4.5 Безопасность жизнедеятельности. Анализ производственных факторов.. Повышение устойчивости работы цеха в условиях чрезвычайных ситуаций. Выводы.

4.6 Экономический раздел. Расчет себестоимости изготовления детали. Выводы

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

---

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1 Чертеж детали (Проставка)	1 л
2 Чертеж заготовки	0,5 л
3 Размерный анализ (схема линейной проекции)	1 л
4 Размерный анализ (схема диаметральной проекции)	1 л
5 Приспособление для фрезерной операции	2 л
6 Приспособление для контроля радиального биения	0,5 л
7 Планировка участка	1 л
8 Резец на торцевую канавку	0,25 л

Всего 7,25 листов

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

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал (консультант)	Задание принял (студент)
Строительный	Козлов А.В.	Дата, подпись	Дата, подпись
Безопасность жизнедеятельности	Бобылев А.В.	Дата, подпись	Дата, подпись

7. Дата выдачи задания 25.04.2020

Руководитель Полуэктов Евгений Анатольевич  
(ФИО)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Задание принял к исполнению 25.04.2020

Студент-дипломник Теляубердин Артём Ринатович  
(ФИО)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов ВКР	Срок выполнения этапов ВКР	Отметка о выполнении
Введение Обзорный анализ	30.04.2020	
Технологический раздел	15.05.2020	
Конструкторский раздел	22.05.2020	
Строительный раздел	23.05.2020	
Безопасность жизнедеятельности	29.05.2020	
Экономический раздел	30.05.2020	
Оформление проекта	16.06.2020	
Сдача ВКР на кафедру	29.06.2020	

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.В. Бобылев/

(подпись)

Руководитель ВКР \_\_\_\_\_ /Е.А. Полуэктов/

(подпись)

Студент \_\_\_\_\_ /А.Р. Теляубердин

(подпись)

## АННОТАЦИЯ

Теляубердин А.Р. Участок механической обработки детали «Проставка» – Златоуст: Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте, факультет ТиТ, кафедра ТМСИ, 2020, 120 с, 18 ил. Библиографический список – 22 наименований, 6 листов чертежей формата А1, 2 листа чертежей формата А2 21 листов карт технологического процесса

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был выбран метод получения заготовки, рассчитаны оптимальные припуски на обработку детали. Разработаны маршрутный и операционный технологические процессы для станков с ЧПУ.

Спроектирован режущий инструмент, а также контрольное приспособление для измерения радиального биения и зажимное приспособление на фрезерную операцию.

Произведены расчеты режимов резания и технологической нормы времени. Проведено технико-экономическое обоснование выбора заготовки.

					15.03.05.2020.265.000 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Теляубердин			Участок механической обработки детали «Проставка» Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Полуэктов					6	
Реценз.						Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте Кафедра ТМСИ,		
Н. контр.		Миронова						
Утверд.		Бобылев						

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	9
<b>1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ</b>	
1.1 Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий.....	11
1.2 Задачи проектирования.....	15
<b>2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ</b>	
2.1 Анализ технологичности детали и существующего технологического процесса .....	16
2.2 Разработка предлагаемого варианта технологического процесса .....	20
2.3 Определение последовательности обработки поверхностей детали.....	24
2.4 Выбор методов и определение количества переходов для обработки поверхностей детали .....	26
2.5 Формирование операций .....	29
2.6 Размерный анализ разработанного технологического процесса.....	31
2.6.1 Преобразование и кодирование чертежа детали.....	31
2.6.2 Составление таблицы технологического маршрута.....	32
2.6.3 Оформление размерных схем и составление уравнений технологических размерных цепей.....	39
2.7 Расчет режимов резания, определение сил резания, проверка оборудования по мощности .....	54
2.8 Нормирование технологических операций .....	60
2.9 Вывод по разделу .....	62
<b>3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ</b>	
3.1 Проектирование зажимного приспособления для фрезерной операции ЧПУ63	
3.1.1 Разработка теоретической схемы базирования.....	63
3.1.2 Проектирование схемы приспособления.....	65
3.1.3 Силовой, кинематический, прочностной расчет основных элементов приспособления.....	66

3.1.4	Компоновка зажимного приспособления, описание устройства и принципа работы.....	69
3.1.5	Расчет приспособления на точность .....	71
3.2	Расчет канавочного резца.....	73
3.3	Расчет и проектирование измерительного инструмента .....	75
3.3.1	Расчет контрольного приспособления для измерения радиального биения .....	76
3.4	Ввод по разделу .....	78
4	СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	79
5	БЕЗОПАСОСТЬ ЖИЗНИДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	84
5.1	Опасные и вредные производственные факторы .....	84
5.2	Допуск к самостоятельной работе.....	85
5.3	Отражение требований безопасности в технологической документации .....	85
5.4	Требования безопасности к производственному оборудованию.....	87
5.5	Требования безопасности при работе со смазочно–охлаждающей жидкостью.....	88
6	ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ .....	102
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	122
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	123

## ВВЕДЕНИЕ

Успешное развитие экономики страны значительно зависит от рациональной структуры промышленности производства и первоочередного развития перспективных отраслей.

Машиностроение – важная отрасль промышленности, которая способствует быстрому развитию процесса производства, обеспечению ее современными средствами автоматизации и систем управления.

Сочетание различных средств и методов производства машин, сформированных в ходе длительного промежутка времени и используемых в определенной сфере производства, определяет технологи данной отрасли. Механическая обработка непосредственно связана с использованием сложного оборудования – металлообрабатывающих станков: трудоемкость выше чем на следующих этапах производства, так же выше и себестоимость детали.

В обстановке рыночной экономике, использование современных технологий дает такие плюсы как доходность и конкурентоспособность. Технологические процессы производства изделий проектируют и внедряют в производство - технологи. От технологов зависит правильный и целесообразный выбор заготовок, назначить оптимальные припуски на проектируемую деталь, применение современных станков с числовым программным управлением (ЧПУ), Использование средств автоматизации и механизации производственных процессов, новых и передовых конструкций оснастки и режущего инструмента. В разработке технологических процессов решаются такие вопросы как, экономия материала, определения метода производства заготовки, замена ручного инструмента механизмами и машинами, организации рабочего места, рост производительности труда за счет внедрения современного инструмента, модернизация оснастки новейшего оборудования.

Самой важной задачей является, достижения высокой производительности не снижая при этом качество продукции.

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

Целью дипломного проекта является проектирование участка механической обработки детали «Проставка» с разработкой конструкторско-технологического обеспечения.

Что бы выполнить вышеупомянутые цели, нужно решить такие задачи:

- выполнить описание детали и материала детали;
- проверить деталь на технологичность;
- определить вид и способ производства заготовки;
- назначить порядок обработки поверхностей детали «Проставка»;
- определить методы и назначить количества переходов для изготовления поверхностей детали «Проставка»;
- произвести размерный анализ спроектированного технологического процесса;
- определить режимы резания и нормы времени;
- рассчитать и спроектировать станочное приспособление для фрезерной операции.

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

# 1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

## 1.1 Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий

Выбор стандартного оборудования – одна из важнейших задач при разработке технологического процесса механической обработки заготовки. От правильного выбора зависит производительность изготовления детали, экономическое использование производственных площадей, механизации и автоматизации ручного труда, электроэнергии и в итоге себестоимость изделия. В зависимости от объема выпуска изделий выбирают станки по степени специализации и высокой производительности, а также станки с программным управлением.

При выборе оборудования необходимо руководствоваться основными принципами:

- станок должен обеспечить требуемую точность обработки и качество поверхности;
- производительность станка должна соответствовать заданной производственной программе выпуска деталей;
- мощность и жесткость станка должны обеспечить обработку твердосплавным режущим инструментом на оптимальных режимах резания;
- станок должен обеспечить удобство обработки (удобство управления, удаления стружки);
- размеры рабочей зоны станка должны соответствовать размерам обрабатываемой детали.

Серийное производство выпускает до 70% общей продукции машиностроения, и характеризуется большими затратами рабочего времени на выполнение вспомогательных операций.

Основным направлением сокращения затрат вспомогательного времени является автоматизация проектируемого процесса. Одним из главных

										Лист
										11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

направлений автоматизации является применение станков с числовым программным управлением (ЧПУ).

Сложные, дорогостоящие в изготовлении и требующие трудоемкой наладки кулачки, копиры и упоры в системах ЧПУ не требуются. Это значительно удешевляет и ускоряет наладку станков и делает выгодным применение станков с ЧПУ, хотя они достаточно дороги.

Эффективность применения станков с ЧПУ можно проследить в следующем:

- точность размеров детали и форма ее поверхностей полностью определяется правильностью программирования и точностью автоматических перемещений узлов станка;

- увеличение производительности;

- снижение себестоимости обработки, связанное с понижением требований к квалификации станочника, с уменьшением затрат на приспособления.

Для операции выбираем станок с техническими характеристиками:

Для токарной операции (010) выбираем станок с ЧПУ серии MacTurn, предназначенные для комплексной обработки деталей различных материалов, в том числе и высоколегированных закаленных сталей с твердостью поверхности HRC от 58 до 60. Многофункциональные станки фирмы «Okuma» с 9-ти осевым контролем имеют широкие возможности режимов обработки: одновременная контурная обработка в 5-и осях широкое перемещение по оси Y; использование нижней револьверной головки; использование второго шпинделя, автоматического люнета, что дает возможность обработки деталей различной конфигурации и разной длины. Данный станок представлен на рисунке 1.

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12



Рисунок 1 – Обрабатывающий центр  
Okuna MacTurn 250W

Техническая характеристика станка.

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия:	550 (мм)
Частота вращения шпинделя	5000 (об/мин)
Мощность электродвигателя	11/7,5 (кВт)
Пределы подачи:	
– продольная	0 - 2,8 (мм/об)
– поперечная	0 - 1,4 (мм/об)
Масса станка	4000 (кг)
Габаритные размеры	
– длина	4100 (мм)
– ширина	1700 (мм)
– высота	2145 (мм)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.265 ПЗ

Лист

13

Для фрезерной операции (040) выбираем вертикальный обрабатывающий центр HERMLE C800 U, у которого присутствует магазин на 30 инструментов, 360-градусный поворотный стол, станок также оснащен панелью управления HEIDENHAIN TNC 430. Станок представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Обрабатывающий центр HERMLE C800U

Техническая характеристика:

Частота вращения шпинделя:	15000 (об/ мин)
Продольный ход X:	800 (мм)
Продольный ход Y:	600 (мм)
Продольный ход Z:	500 (мм)
Мощность	400 (В)
Габариты и вес:	
– длина	2700 (мм)
– ширина	2210 (мм)
– высота	2930 (мм)
Вес станка	8500(кг)

## 1.2 Задачи проектирования

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить ряд задач:

- выполнить описание детали и материала детали;
- выполнить анализ технологичности детали;
- выбрать вид и метод получения заготовки;
- определить последовательность обработки поверхностей детали «Проставка»;
- выбрать методы и определение количества переходов для обработки поверхностей детали «Проставка»;
- выполнить размерный анализ разработанного технологического процесса;
- определить режимы резания и нормы времени;
- рассчитать станочное приспособление для фрезерной операции.

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Анализ технологичности детали и существующего технологического процесса

Деталь имеет вид тела сложной формы. Имеет 3 выступа, которые располагаются на 0, 120 и 240 градусов. Деталь не является симметричной, имеет элементы токарной и фрезерной обработки, в этом и заключается сложность ее изготовления. Габаритные размеры детали:  $\varnothing 30$  мм и длина 28,5 мм. У вершины детали имеется внешний шестигранник высотой 0,8 мм. Рабочими поверхностями детали являются внутренние диаметры 14,8 мм, 12,5 мм, наружные диаметры 16,45, 27,1. Ориентация детали в сборке происходит по 3 выступам 4 мм. Для сборки используется шестигранник 26,8 (3 места).

Значение параметра шероховатости деталь имеет Rz 40, в некоторых местах доходя до Ra 2,5. Чертеж детали представлен на рисунке 3.

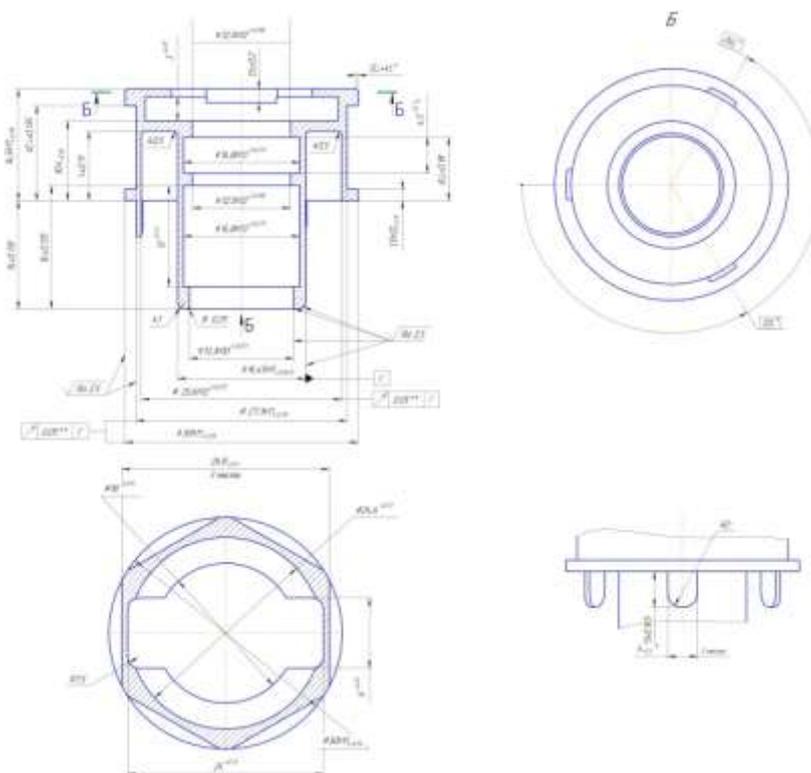


Рисунок 3 – Чертеж детали «Проставка»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.265 ПЗ

Лист

16

Материал детали – сплав АМг6, относится к сплавам системы Al – Mg, которые в свою очередь относятся к группе коррозионностойких и свариваемых сплавов. Сплав АМг6 содержит добавки марганца и титана. Марганец способствует повышению прочностных свойств полуфабрикатов и с этой целью вводится в количестве от 0,2 до 0,8 %; титан используется в качестве модификатора литой зерненной структуры в слитках непрерывного литья, в сварных швах, уменьшая тем самым склонность сплавов к кристаллизационным трещинам при литье и аргонодуговой сварке.

Сплавы системы Al – Mg обладают хорошей свариваемостью. С увеличением содержания Mg коэффициент трещинообразования при сварке снижается. Но из-за возрастания температурного интервала плавления и увеличения концентрации водорода, с повышением содержания магния пористость сварных соединений возрастает.

Химический состав сплава АМг6 приведен в таблице 1, физико-механические свойства сплава приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Химический состав сплава АМг6 ГОСТ 4784-97

Состав элементов, %						
Алюминий	Марганец	Кремний	Магний	Железо	Цинк	Другие элементы
Al	Mn	Si	Mg	Fe	Zn	
91,1–93,68	0,5 – 0,8	до 0,4	5,8 – 6,8	до 0,4	до 0,2	до 0,305

Таблица 2 – Физико-механические свойства сплава АМг6 ГОСТ 4754-97

Марка сплава	$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	НВ $10^{-1}$ , МПа
АМг6	190	355	19,5	65

При проверке на технологичность детали, элементы делали были проверены общие указания к технологичности конструкции детали [1].

1) Деталь состоит из стандартных элементов.

2) Деталь производится из отливки

3) Изделия имеет размеры, приемлемых параметров.

4) Физико-химические и механические свойства материала отвечают указанной технологии производства, хранения и перевозки. Вследствие того что деталь имеет большой диаметр относительно толщины детали, она маложесткая.

5) Данные базовой поверхности изделия удовлетворяет точность установки, обработки и контроля.

6) Конструкция детали удовлетворяет вероятность использования типовых и стандартных технологических процессов для ее производства.

Цель обеспечения технологичности конструкции детали – повышение производительности труда и качества изделия при максимальном снижении затрат времени и средств на разработку, технологическую подготовку производства, изготовление, эксплуатацию и ремонт.

Количественная оценка технологичности соответствует показателям технологичности по данным коэффициентам [4]:

Коэффициент унификации:

$$K_{yэ} = \frac{Q_{эу}}{Q_э}, \quad (1)$$

где  $K_{yэ}$  – коэффициент унификации конструктивных элементов детали;

$Q_{эу}$  – число унифицированных элементов детали,  $Q_{эу} = 22$ ;

$Q_э$  – общее число конструктивных элементов детали,  $Q_э = 40$

$$K_{yэ} = \frac{22}{40} = 0,55.$$

Коэффициент использования материала:

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

$$K_{ИМ} = \frac{G_{Д}}{G_{З}}, \quad (2)$$

где  $G_{Д}$  – масса детали по чертежу,  $G_{Д} = 0,010$  кг;

$G_{З}$  – масса материала заготовки,  $G_{З} = 0,0125$  кг.

$$K_{ИМ} = \frac{0,010}{0,0125} = 0,8 \%$$

Коэффициент точности обработки детали:

$$K_{ТЧ} = \frac{Q_{ТЧН}}{Q_{ТЧО}}, \quad (3)$$

где  $Q_{ТЧН}$  – число размеров обоснованной степени точности обработки,

$$Q_{ТЧН} = 50;$$

$Q_{ТЧО}$  – общее число размеров, подлежащих обработке,  $Q_{ТЧО} = 55$ .

$$K_{ТЧ} = \frac{50}{55} = 0,9.$$

Коэффициент шероховатости поверхностей детали:

$$K_{Ш} = \frac{Q_{ШН}}{Q_{ШО}}, \quad (4)$$

где  $Q_{ШН}$  – число поверхностей детали обоснованной шероховатости,  $Q_{ШН} = 7$ ;

$Q_{ШО}$  – общее число поверхностей детали, подлежащих обработке,  $Q_{ШО} = 42$ .

$$K_{Ш} = 0,16.$$

Полученные данные представлены в таблице 3 для их сравнения с базовыми значениями.

Таблица 3 – Показатель технологичности

Наименование коэффициента	Базовые значения	Расчетные значения
$K_{уэ}$	$\geq 0,6$	0,55
$K_{т,ч}$	$\geq 0,8$	0,9
$K_{ш}$	$\leq 0,32$	0,16

Следовательно, можно сделать вывод, что деталь нетехнологична по показателю унификации.

## 2.2 Разработка предлагаемого варианта технологического процесса

### Выбор вида и метода получения заготовки

Определяем способ получения заготовки – отливка, т.к. есть положительный экономический эффект от ее применения, также последующая обработка отлитой заготовки потребует меньше производственных ресурсов, чем обработка заготовки из проката.

Спроектируем заготовку.

1) Класс размерной точности отливки [3, табл. П9]. Выбор зависит от: вида литья – литье по выплавляемым моделям; максимальные габариты изделия –  $\varnothing 30 \times 32$  мм; типа сплава сплав АМгб.

Получаем класс размерной точности: диапазон 5–9.

Наименьшие значения из диапазона относятся к простым отливкам и условиям массового автоматизированного производства, наибольшие – к сложным отливкам единичного и мелкосерийного производства. Средние значения имеет отношение к отливкам средней сложности и условиям механизированного серийного производства.

Принимаем 7 класс размерной точности отливки.

2) Степень коробления элементов отливки [3, табл. П10].

Выбор зависит от отношения минимального размера элемента к

максимальному размеру элемента. Толщина стенки  $(16,45-14,8)/2 = 0,825$  мм, наружный диаметр – 30 мм,  $0,825/16,45 = 0,05$ .

Соотношение находится в диапазоне от 0,025 до 0,050, многократные формы, термообрабатываемые отливки.

Получаем диапазон 6–9.

Выбираем 7.

3) Степень точности поверхностей отливки [3, табл. П12]. Диапазон 9–16. Выбираем 13.

Шероховатость поверхностей отливки [3, табл. П11]. Выбираем Ra 8.

Класс точности массы отливки [3, табл. П13]. Диапазон 5т–12. Масса отливки находится в диапазоне до 1,0 кг. Выбираем 9.

Выбор ряда припусков на обработку отливки зависит от степени точности поверхности отливок [3, табл. П14]. Диапазон 5–8.

Для отливок из цветных легкоплавких металлов рекомендуется выбирать наименьшее значение из ряда припусков. Наибольшее значение рекомендуется выбирать для заготовок из ковкого чугуна, а среднее значение для заготовок из серого и высокопрочного чугуна, термообрабатываемых отливок из стальных и цветных тугоплавких сплавов. Выбираем 5

Точность обработки [3, табл. П15]. Обработка на агрегатных и станках с ЧПУ – средняя точность обработки.

Допуски размеров отливок [3, табл. П1]. Выбор ведется в зависимости от класса размерной точности отливок (см. п. 1 – был выбран 7 класс).

Толщины:

– 28,5 мм – 0,9 мм;

– 19,1 мм – 0,9 мм;

– 14,5 мм – 0,8 мм;

– 9 мм – 0,64 мм.

Диаметры:

– диаметр 16,45 мм – 0,8 мм;

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

- диаметр 24,6 мм – 0,9 мм;
- диаметр 25,6 мм – 0,9 мм;
- диаметр 30 мм – 0,9 мм.

Класс размерной точности отливки определяется в зависимости от допуска размеров элемента отливки, полученных двумя полу формами или полу формой и стержнем. На 1-2 класса точнее назначают допуск размеров образованных одной частью литейной формы или одним стержнем. А на 1-2 класса грубее назначают допуски размеров, полученных тремя и больше частями литейной формы, а также допуски толщины стенок, полученных двумя и больше частями формы, или формой

Допуски формы и расположения поверхностей отливок в диаметральном выражении, устанавливаем согласно 3 разделу.

В нашем случае требуется установить допуск смещения отливки по плоскости разъема в диаметральном выражении. Следуя [3, п. 3.7] назначаем по [3, табл. П1] на уровне класса размерной точности отливки по номинальному размеру самой тонкой из стенок заготовки, выходящих на разъем или пересекающих его.

Назначаем 0,5 мм.

Отклонение от плоскостности согласно [3, п. 3.5]. Назначаем по [3, табл. П2]: была выбрана 7 степень коробления отливки и размеры до 125 мм – 0,50 мм.

Допуск массы отливки [3, табл. П4].

В зависимости от класса точности массы (см. п. 5 – был выбран 9 класс).

Масса отливки  $\approx 0,0127$  кг. Попадает в диапазон до 0,1 кг.

Допуск 24 %. Установлено симметричное расположение поля допуска массы относительно номинальной массы. Значит масса заготовки  $0,0127 \text{ кг} \pm 12\%$ .

Припуски на обработку отливок:

а) Наименьший литейный припуск на обработку поверхности отливки устанавливаем по рекомендациям [3, табл. П5] для исключения неровностей и

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

дефектов литой поверхности и снижение шероховатости поверхности если не требуется об ходимость в высокой точности размеров, формы и расположения обрабатываемой поверхности.

Выбор ведется в зависимости от ряда припуска отливки – в п. 6 он был назначен 5.

Тогда минимальный литейный припуск – 0,5 мм.

б) Общие допуски элементов отливок, учитывающие совместное влияние допуска размера от поверхности до базы и допусков формы и расположения поверхности, назначаем по [3, табл. П16].

в) Общие припуски назначаем по полным значениям общих допусков во всех случаях по [3, табл. П6].

Выбор вида механической обработки рекомендуется делать в зависимости от требуемого качества поверхности:

а) от 100 до 12,5 – черновая;

б) от 12,5 до 6,3 – получистовая;

в) от 6,3 до 1,6 – чистовая;

г) 1,6 и качественнее – тонкая.

Назначение уклонов производим по ГОСТ 3212–92 [3, табл. П17].

Принимаем уклоны  $1^\circ$ .

Радиусы округления принимаем равный примерно  $1/5$  средней толщины [3] сопрягаемых деталей равный 6 мм. Эскиз заготовки детали «Проставка» представлен на рисунке 4.

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

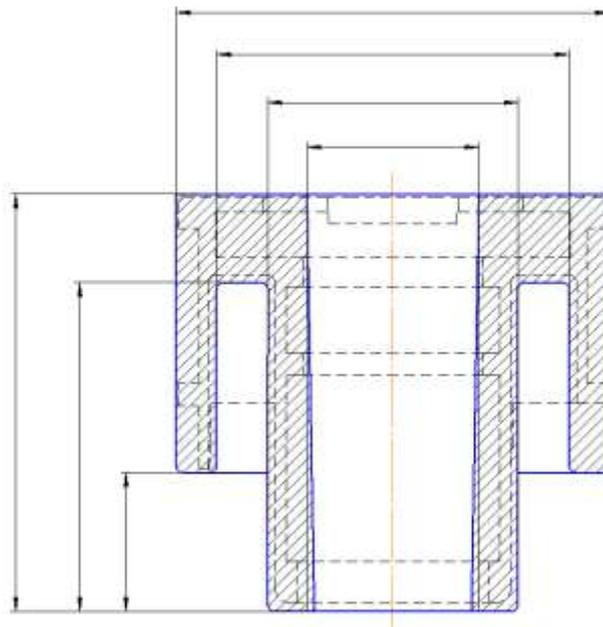


Рисунок 4 – Эскиз заготовки

### 2.3 Определение последовательности обработки поверхностей детали

На рисунке 5 представлен эскиз детали с нумерацией поверхностей.

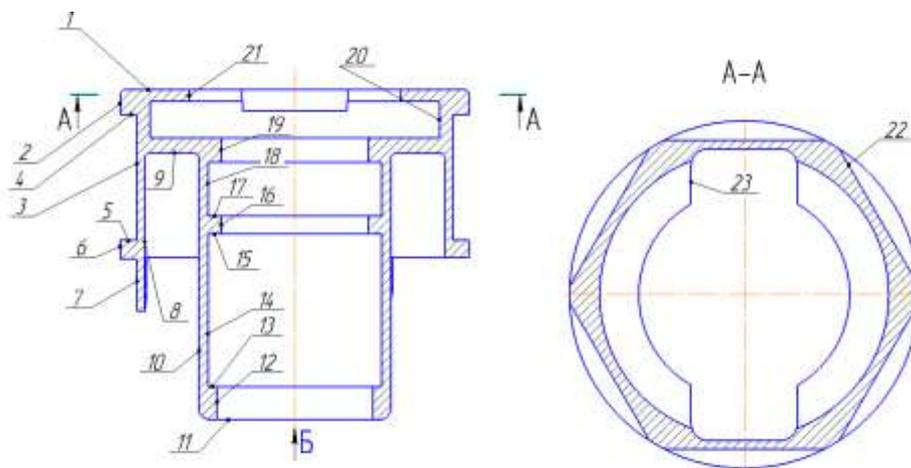


Рисунок 5 – Эскиз детали с нумерацией  
поверхностей

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.265 ПЗ

Лист

24

Рекомендуется следующая последовательность обработки поверхностей.  
Первоначально базируемся по наружному диаметру шестиугольника, с упором в торец детали

- Обработка торца  $31,5_{-0,3}$  (предварительно);
- Обработка  $\varnothing 16,45_{-0,043}$  (предварительно);
- Обработка  $\varnothing 28,5_{-0,13}$  (предварительно);
- Обработка  $\varnothing 30_{-0,13}$  (предварительно);
- Обработка  $\varnothing 16,45_{-0,043}$  (окончательная);
- Обработка  $\varnothing 28,5_{-0,13}$  (окончательная);
- Обработка  $\varnothing 30_{-0,13}$  (окончательная);
- Обработка  $\varnothing 12,5^{+0,18}$  (предварительно);
- Обработка  $\varnothing 13,3^{+0,043}$  (предварительно);
- Обработка  $\varnothing 12,5^{+0,18}$  (окончательная);
- Обработка  $\varnothing 13,3^{+0,043}$  (окончательная);
- Обработка  $\varnothing 14,8^{+0,27}$  (окончательная);
- Обработка  $\varnothing 25,6_{+0,048}^{+0,240}$  (предварительно);
- Обработка  $\varnothing 25,6_{+0,048}^{+0,240}$  (окончательная);
- Обработка  $\varnothing 27,1_{-0,13}^{-0,03}$  (предварительно);
- Обработка  $\varnothing 27,1_{-0,13}^{-0,03}$  (окончательная);
- Обработка 3 выступов  $4_{-0,336}^{-0,072}$  (окончательная).

Базируемся по  $\varnothing 16,45_{-0,043}$  с упором в торец детали

- Обработка торца  $14,45_{-0,05}$  (окончательная);
- Обработка  $\varnothing 30_{-0,13}$  (предварительно);
- Обработка фасок  $0,3 \times 45^\circ$  (окончательная);
- Обработка  $\varnothing 18^{+0,135}$  (предварительно);
- Обработка  $\varnothing 24,6^{+0,33}$  (окончательная);
- Обработка  $\varnothing 30_{-0,13}$  (окончательная);
- Обработка  $\varnothing 18^{+0,135}$  (окончательная).

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

Базирование по выступам  $4_{-0,336}^{-0,072}$  и упором в торец детали

- Обработка 2 пазов  $9^{+0,22}$  (окончательная);
- Обработка шестигранника  $26,8_{-0,33}$  (окончательная).

2.4 Выбор методов и определение количества переходов для обработки поверхностей детали

Расчетный метод.

Расчётный метод используется для определения количества переходов при обработке отверстия  $\varnothing 16,45h9, Ra2,5$ .

Определяем величину уточнения по диаметральной точности и шероховатости поверхности [4]:

$$E_D^{\varnothing} = \frac{T_z}{T_d}; \quad E_D^{Ra} = \frac{Ra_z}{Ra_d}; \quad (5)$$

где  $T_z$  – допуск заготовки для данной поверхности (допуск на литье ИТ – 1,6 мм.);

$T_d$  – допуск детали;

$Ra_z$  – шероховатость заготовки (Ra25);

$Ra_d$  – шероховатость детали;

$$E_D^{\varnothing} = \frac{1,6}{0,043} = 37,21;$$

$$E_D^{Ra} = \frac{25}{2,5} = 10.$$

Выбираем способы обработки которые позволяют обеспечить заданную точность данной поверхности  $-h9, Ra2,5$ : точение чистовое 9 кв., Ra2,5; фрезерование чистовое 9 кв., Ra2,5; шлифование чистовое 9 кв., Ra1,6.

Принимаем в качестве способа окончательной обработки чистовое точение, которое позволяет обеспечить 9 кв. и Ra2,5.

Определяем допуск предшествующего перехода

$$T_{i-1} = \frac{z_n}{2 \dots 4'} \quad (6)$$

где  $z_n = 0,2$  – номинальный припуск для чистового точение [5];

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

$$T_{i-1} = \frac{0,4}{2 \dots 4} = 0,2 \dots 0,1.$$

Принимаем  $T_{i-1} = 0,18$  (IT12).

Определяем величину уточнения, которую обеспечивает растачивание чистовое:

$$E_i = \frac{T_{i-1}}{T_d}; \quad (7)$$

$$E_i = \frac{0,18}{0,043} = 4,19.$$

В качестве первого способа обработки отверстия принимаем черновое точение, которое обеспечивает IT12, Ra3,2

Допуск растачивания чернового  $T_1 = 0,18$ .

Определяем величину уточнения

$$E_1 = \frac{T_3}{T_1}, \quad (8)$$

где  $T_3$  – допуск заготовки для данной поверхности;

$T_1$  - допуск, обеспечиваемый способом обработки на первом переходе (операции).

$$E_1 = \frac{1,6}{0,18} = 8,89.$$

Проверка:  $(E_i \cdot E_1) \geq E_d^{\circ}$ ;

$$4,19 \cdot 8,89 = 37,25 > 37,21.$$

Условие выполняется.

Проверка по обеспечению шероховатость поверхности:

$$E_{\text{чист}}^{Ra} = \frac{Ra^{P\text{полу}}}{Ra^{P\text{чист}}} - \text{чистовое точение}; \quad (9)$$

$$E_{\text{чист}}^{Ra} = \frac{3,2}{2,5} = 1,28;$$

$$E_{\text{черн}}^{Ra} = \frac{Ra^{\text{заг}}}{Ra^{\text{черн}}} - \text{растачивание черновое}; \quad (10)$$

$$E_{\text{черн}}^{Ra} = \frac{25}{3,2} = 7,81;$$

Проверка:  $(E_{\text{чист}}^{Ra} \cdot E_{\text{черн}}^{Ra}) \geq E_{\text{д}}^{Ra}$ ;

$$1,28 \cdot 7,81 = 9,997 \approx 10.$$

Условие выполняется.

Таким образом, для обработки отверстия  $\varnothing 16,45h9$ , Ra2,5необходимы следующие способы обработки и количество переходов:

– черновое точение:  $T_1 = 0,18$  (h12), Ra 3,2;

– чистовое точение:  $T_2 = 0,043$  (h9), Ra 2,5;

Табличный метод.

Для всех остальных поверхностей детали способы обработки и количество переходов выбираем по рекомендации [5].

1) Обработка наружной поверхности шестигранник с размерами сторон 26,8h13<sub>-0,33</sub>мм, IT13, Rz20:

– черновое фрезерование IT13, Rz20 (40 операция)

2) Обработка торца 14,5h11, Rz20(15,25 операция)

– подрезка торца, IT11, Rz20

3) Обработка наружной поверхности  $\varnothing 27h11$ , Ra2,5(10,20 операция)

– черновое точение: h12, Ra 3,2;

– чистовое точение: h11 Ra 2,5;

4) Обработка поверхности  $\varnothing 30h11$ , Ra2,5 (15,25 операция)

– черновое точение: h12, Ra 3,2;

– чистовое точение: h11 Ra 2,5;

5) Обработка внутренней поверхности  $\varnothing 25,6H12$ , Rz20(10,20 операция)

– черновое точение: H12, Rz20;

6) Обработка внутренней поверхности  $\varnothing 13,3H10$ , Rz20(10,20 операция)

– черновое растачивание: H12, Rz20;

– чистовое растачивание: H10 Rz20;

7) Растачивание внутренней поверхности  $\varnothing 12,5H12$ , Rz20(10,20 операция)

– черновое растачивание: H12, Rz20;

8) Растачивание внутренней канавки  $\varnothing 14,3H13$ , Rz20(10,20 операция)

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

– черновое растачивание: H13, Rz20;

9) Растачивание внутренней канавки  $\varnothing 24,6H13, Rz20(10,20$  операция)

– черновое растачивание: H13, Rz20;

10) Фрезерование внутреннего паза, выдерживания размеры  $18\pm 0,2$ мм,  $\varnothing 18^{+0,135}$ мм, 25H13, 9H13, Rz20(40 операция)

– черновое фрезерование IT13, Rz20

11) Обработка торца  $14\pm 0,135, Rz20(10,20$  операция)

– подрезка торца, IT14, Rz20

12) Обработка 3х выступов с размерами 4,6js13, 4h14 Rz20(10,20 операция)

– фрезерование однократное IT14, Rz20

13) обработка паза шириной  $0,8^{+0,14}$ мм, Rz20(40 операция)

– фрезерование однократное IT14, Rz20

14) Обработка наружной канавки поверхности  $\varnothing 27h11, Ra2,5(10,20$  операция)

– черновое точение: h12, Ra 3,2;

– чистовое точение: h11 Ra 2,5;

## 2.5 Формирование операций

Наметив последовательность обработки поверхностей, количество переходов, способы их выполнения, приступаем к формированию операций и технологического маршрута изготовления детали [1,2,4,6].

**000** Заготовительная. Литьё в кокиль (1066)

**005** Контрольная (0260)

**010** Комплексная с ЧПУ (4237)

Комплексная на обрабатывающем центре с ЧПУ MACTURN 250

– Подрезать торец, точить по контуру  $\varnothing 16,45h12$ мм на длину  $9,52\pm 0,045$ мм,  $\varnothing 27,1h12$ мм на длину  $14\pm 0,135$ мм предварительно;

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

– Точить торцевую канавку, выдерживая размеры  $\varnothing 16,45h12\text{мм}$ ,  $\varnothing 25,6^{+0,21}\text{мм}$  на длину  $9\pm 0,11$ ;

– Расточить по контуру  $\varnothing 13,3H12\text{мм}$  предварительно на длину  $16\pm 0,135\text{мм}$ ,  $\varnothing 12,5H12\text{мм}$  однократно;

– Расточить 2 канавки  $\varnothing 14,8H13$  шириной  $13^{+0,43}\text{мм}$ ,  $4,5^{+0,3}\text{мм}$ ;

**015** Комплексная с ЧПУ (4237)

Комплексная на обрабатывающем центре с ЧПУ MACTURN 250

– Подрезать торец, точить  $\varnothing 30h12$  предварительно;

– Точить канавку  $\varnothing 27,1h12\text{мм}$  шириной  $12,3\pm 0,135\text{мм}$  предварительно;

– Расточить  $\varnothing 18H12\text{мм}$  предварительно, выдержав размер  $10,4_{-0,18}\text{мм}$ ;

– Расточить канавку  $\varnothing 24,6^{+0,33}\text{мм}$  шириной  $3^{+0,25}\text{мм}$ ;

**020** Комплексная с ЧПУ (4237)

Комплексная на обрабатывающем центре с ЧПУ MACTURN 250

– Точить  $\varnothing 16,45h9\text{мм}$  окончательно на длину  $24,5\pm 0,26\text{мм}$ ;

– Точить  $\varnothing 27,1h11$ ,  $\varnothing 30h11$  окончательно, выдержав размер  $14\pm 0,135\text{мм}$

– Расточить окончательно  $\varnothing 13,3H10\text{мм}$ ;

– Фрезерование 3 выступов, выдерживая размеры  $4,6\pm 0,09\text{мм}$ ,  $R2$ ,  $4_{-0,3}\text{мм}$ ;

**025** Комплексная с ЧПУ (4237)

Комплексная на обрабатывающем центре с ЧПУ MACTURN 250

– Точить  $\varnothing 30h11$  окончательно;

– Точить канавку  $\varnothing 27,1h11$  шириной  $12,3\pm 0,135\text{мм}$  окончательно;

– Расточить  $\varnothing 18^{+0,135}\text{мм}$  окончательно

**030** Моечная (0130)

**035** Слесарная (0108)

**040** Фрезерная на станках с ЧПУ (4237)

Комплексная на обрабатывающем центре с ЧПУ HERMLE C800 U

– Фрезерование шестигранника, выдерживая размер  $26,8_{-0,33}$ ;

– Фрезерование 2 пазов шириной  $9^{+0,22}\text{мм}$ , длиной  $25^{+0,33}\text{мм}$ .

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

045 Моечная (0130)

050 Слесарная (0108)

055 Контрольная (0260)

060 Гальваническая (химическое никелирование) (7163)

065 Контрольная (0260)

070 Упаковочная (0422)

## 2.6 Размерный анализ разработанного технологического процесса

### 2.6.1 Преобразование и кодирование чертежа детали

В начале размерного анализа, необходимо преобразовать и кодировать чертеж детали [3]. На рисунке 6 показан преобразование линейных размеров чертежа детали, а на рисунке 7 преобразование диаметральных размеров

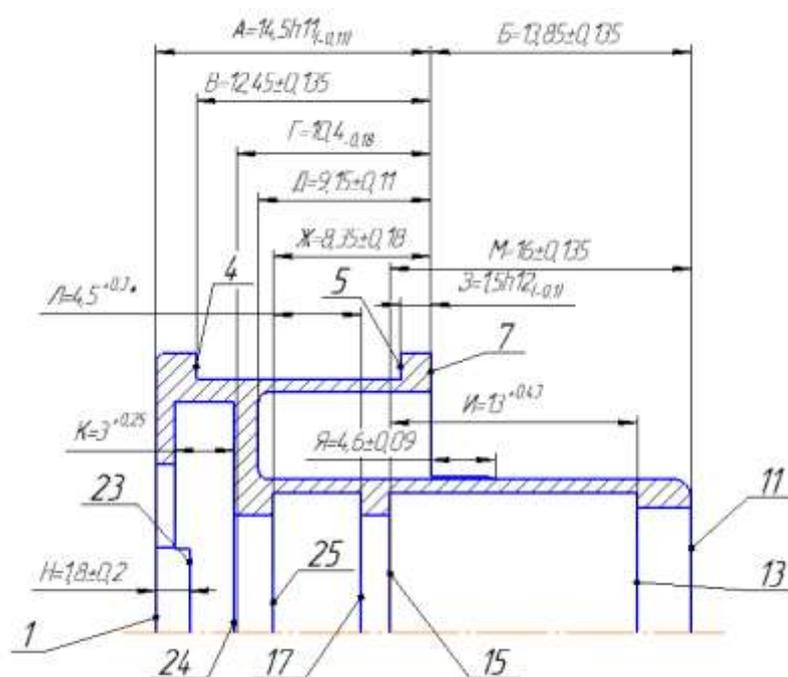


Рисунок 6 – Преобразованный чертёж в  
линейной проекции

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.265 ПЗ

Лист

31

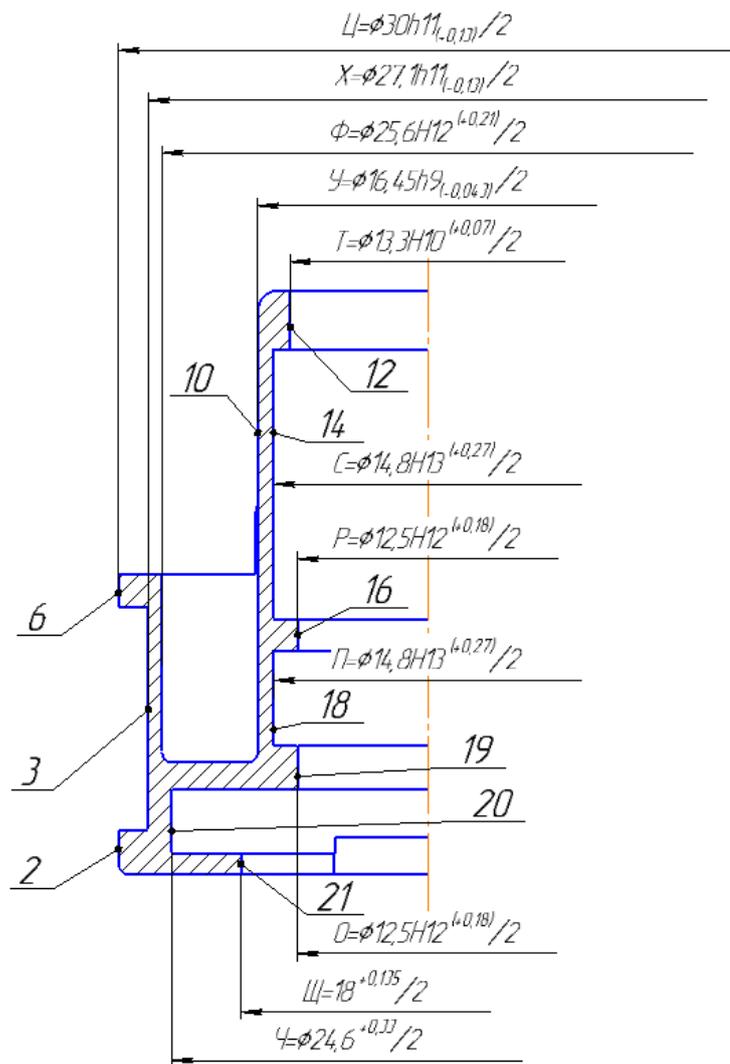


Рисунок 7 - Преобразованный чертёж  
в диаметральной проекции

### 2.6.2 Составление таблицы технологического маршрута

На основе сформированных операций составляем таблицу технологического маршрута изготовления детали представлен в таблица 4.

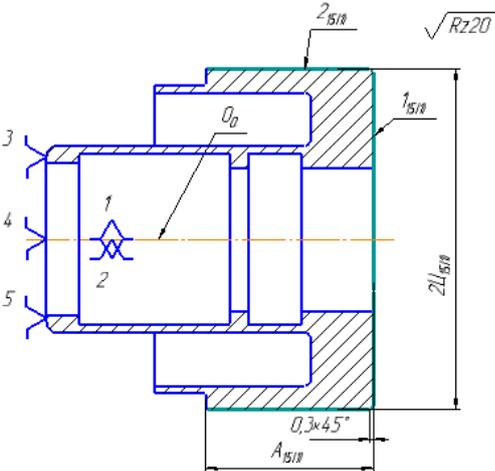
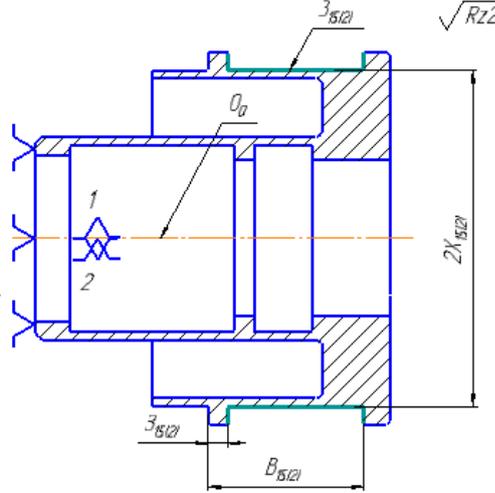
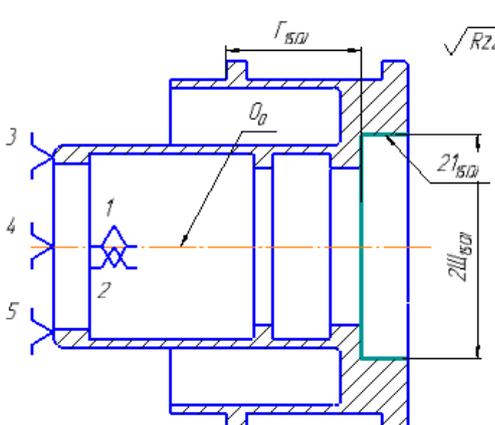
Таблица 4 – Технологический маршрут изготовления детали

Номер операции	Эскиз	Допуски и технические требования
000		<p> <math>TЭ_0=1,8</math>  <math>TЮ_0=1,8</math>  <math>TШ_0=1,8</math>  <math>T2P_0=1,6</math>  <math>T2Y_0=1,6</math>  <math>T2Ф_0=1,6</math>  <math>T2Ц_0=1,8</math>  <math>\perp_{10,20} = 0,6</math>  <math>\textcircled{\varnothing} 2^{0,16^0} = 0,3</math>  <math>\textcircled{\varnothing} 10^{0,2^0} = 0,3</math>  <math>\textcircled{\varnothing} 2^{0,8^0} = 0,3</math>  <math>\textcircled{\varnothing} 0^{0,2^0} = 0,3</math> </p>
010 Переход 1		<p> <math>TЭ_{10(1)}=0,09</math>  <math>TБ_{10(1)}=0,27</math>  <math>TШ_{10(1)}=0,52</math>  <math>T2Y_{10(1)}=0,18</math>  <math>T2X_{10(1)}=0,21</math>  <math>\perp_{11_{10(1)}, 10_{10(1)}} = 0,06</math>  <math>\textcircled{\varnothing} 0,7_{10(1)} = 0,3</math>  <math>\textcircled{\varnothing} 0,10_{10(1)} = 0,3</math> </p>

Продолжение таблицы 4

Номер операции	Эскиз	Допуски и технические требования
<p>010 Переход 2</p>		<p> <math>TЮ_{10(2)}=0,52</math>  <math>T2У_{10(2)}=0,18</math>  <math>T2Ф_{10(2)}=0,21</math>  <math>\perp 9_{10(2)}, 10_{10(2)} = 0,06</math>  <math>\odot 0,8_{10(2)} = 0,3</math>  <math>\odot 0,10_{10(2)} = 0,3</math> </p>
<p>010 Переход 3</p>		<p> <math>TM_{10(3)}=0,27</math>  <math>T2T_{10(3)}=0,18</math>  <math>T2P_{10(3)}=0,18</math>  <math>\perp 15_{10(3)}, 12_{10(3)} = 0,06</math>  <math>\odot 0,16_{10(3)} = 0,3</math>  <math>\odot 0,12_{10(3)} = 0,3</math> </p>
<p>010 Переход 4</p>		<p> <math>TI_{10(4)}=0,43</math>  <math>TЛ_{10(4)}=0,3</math>  <math>TЖ_{10(4)}=0,36</math>  <math>T2C_{10(4)}=0,27</math>  <math>T2П_{10(4)}=0,27</math>  <math>\odot 0,18_{10(4)} = 0,3</math>  <math>\odot 0,14_{10(4)} = 0,3</math> </p>

Продолжение таблицы 4

Номер операции	Эскиз	Допуски и технические требования
<p>015 Переход 1</p>		<p><math>T A_{15(1)} = 0,11</math>  <math>T 2Ц_{15(1)} = 0,21</math>  <math>\perp 1_{15(1)}, 2_{15(1)} = 0,06</math>  <math>\textcircled{\varnothing} 0_0, 2_{15(1)} = 0,3</math></p>
<p>015 Переход 2</p>		<p><math>T B_{15(2)} = 0,27</math>  <math>T 3_{15(2)} = 0,1</math>  <math>T 2X_{15(2)} = 0,21</math>  <math>\textcircled{\varnothing} 3_{15(2)}, 0_0 = 0,3</math></p>
<p>015 Переход 3</p>		<p><math>T \Gamma_{15(3)} = 0,18</math>  <math>T 2Ш_{15(3)} = 0,18</math>  <math>\textcircled{\varnothing} 21_{15(3)}, 0_0 = 0,3</math></p>

Продолжение таблицы 4

Номер операции	Эскиз	Допуски и технические требования
<p>015 Переход 4</p>		<p> <math>TГ_{15(3)}=0,18</math>  <math>TK_{15(4)}=0,25</math>  <math>T2Ч_{15(3)}=0,33</math>  <math>\ominus 20_{15(4)}, 0_0 = 0,3</math> </p>
<p>020 Переход 1</p>		<p> <math>TЮ_{20(1)}=0,13</math>  <math>T2У_{10(2)}=0,043</math>  <math>\ominus 10_{20(1)}, 0_0 = 0,08</math> </p>
<p>020 Переход 2</p>		<p> <math>TБ_{20(2)}=0,27</math>  <math>T2Ц_{20(2)}=0,13</math>  <math>T2X_{20(2)}=0,13</math>  <math>\ominus 0_{0,7_{20(2)}} = 0,08</math>  <math>\ominus 0_{0,2_{20(2)}} = 0,08</math> </p>

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

15.03.05.2020.265 ПЗ

Лист

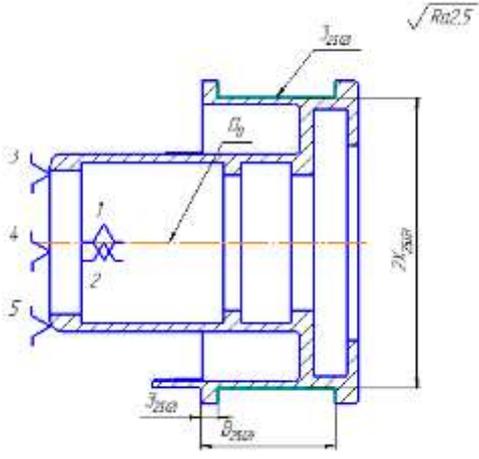
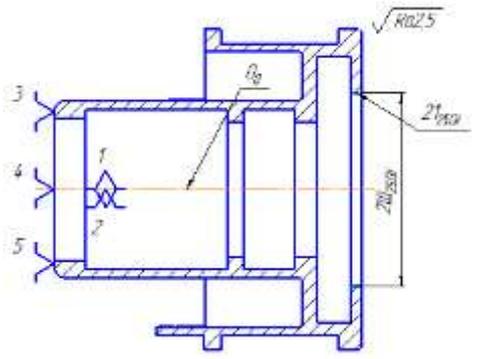
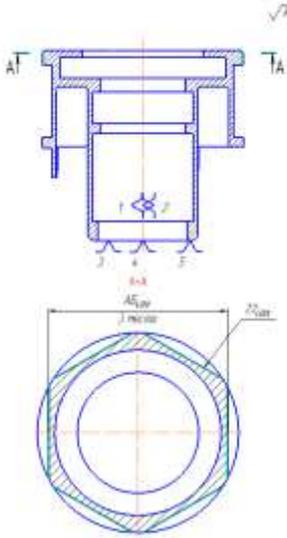
36

Продолжение таблицы 4

Номер операции	Эскиз	Допуски и технические требования
<p>020 Переход 3</p>		<p><math>T_{2T_{20(3)}}=0,07</math>  <math>\odot 0_{0,12_{20(3)}} = 0,08</math></p>
<p>020 Переход 4</p>		<p><math>T_{Я_{20(4)}}=0,18</math>  <math>T_{A3_{20(4)}}=0,3</math></p>
<p>025 Переход 1</p>		<p><math>T_{2Ц_{25(1)}}=0,13</math>  <math>\odot 2_{25(1)}, 0_0 = 0,08</math></p>

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

Продолжение таблицы 4

Номер операции	Эскиз	Допуски и технические требования
<p>025 Переход 2</p>		<p>ТВ<sub>25(2)</sub>=0,27 ТЗ<sub>25(2)</sub>=0,1 Т2Х<sub>25(2)</sub>=0,13 ○ 3<sub>25(2)</sub>,0<sub>0</sub> = 0,08</p>
<p>025 Переход 3</p>		<p>Т2Щ<sub>25(3)</sub>=0,135 ○ 21<sub>25(3)</sub>,0<sub>0</sub> = 0,08</p>
<p>040 Переход 1</p>		<p>ТАБ<sub>40(1)</sub>=0,33</p>

Продолжение таблицы 4

Номер операции	Эскиз	Допуски и технические требования
<p>040 Переход 2</p>		<p>ТАГ<sub>40(2)</sub>=0,33 ТАВ<sub>40(2)</sub>=0,22 ТН<sub>40(2)</sub>=0,4</p>

2.6.3 Оформление размерных схем и составление уравнений технологических размерных цепей

На основании таблицы 4 вычерчиваются схемы линейных, размеров и пространственных отклонений представленных на рисунке 8..

Уравнение размерных цепей по размерной схеме:

$$[Z_1^{10(1)}] = Ш_0 - Ш_{10(1)}$$

$$[Z_2^{10(2)}] = Э_{10(1)} - Э_0 + Z_1^{10(1)}$$

$$\Theta_{10(1)} = [Б] - [Я]$$

$$[Z_3^{10(2)}] = \text{Ю}_{10(2)} - \text{Ю}_0 + Z_1^{10(1)}$$

$$\text{Ю}_{10(2)} = [Д] + [Б]$$

$$[Z_4^{15(1)}] = \text{Ш}_{10(1)} - A_{15(1)} - Б_{10(1)}$$

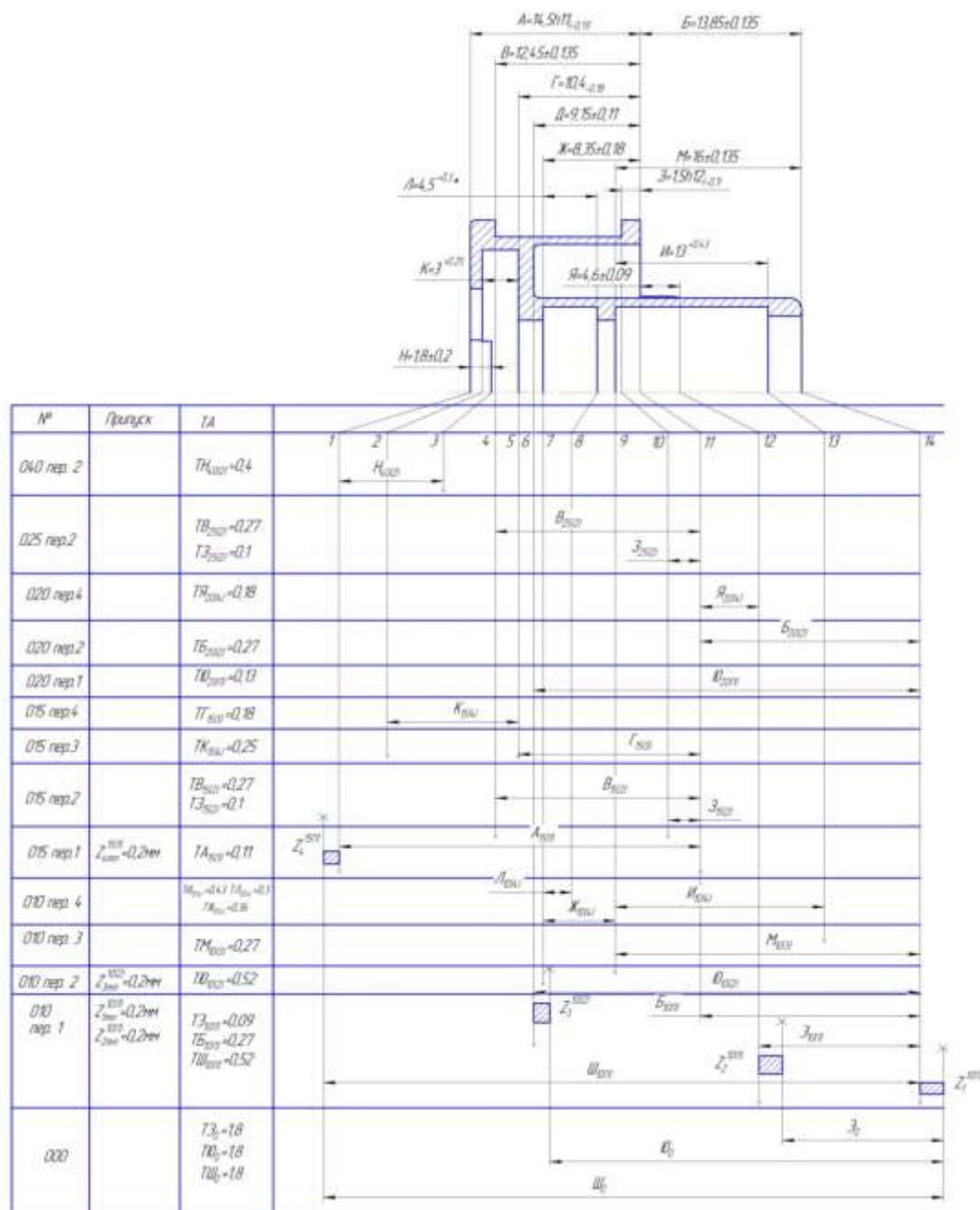


Рисунок 8 – Схема линейных размеров

Проверка точности разработанного технологического процесса:

$$[Д]=Ю_{10(2)} - [Б]$$

$$[Я] = [Б] - Э_{10(1)}$$

Проверку выполняем по допуску замыкающего звена [1].

$$1. ТЮ_{10(2)} \geq ТД + ТБ$$

$$0,52 \geq 0,22 + 0,27 = 0,49 - \text{обеспечивается}$$

Допуск на размер  $Ю_{10(2)}$  принимаем по 14 квалитету, который равен 0,52мм

$$2. ТБ \geq ТЭ_{10(1)} + ТЯ$$

$$0,27 \geq 0,09 + 0,18 = 0,27 - \text{обеспечивается}$$

Допуск на размер  $Э_{10(1)}$  принимаем по 11 квалитету, который равен 0,09мм

Определим припуски и межоперационные размеры по схеме линейных размеров:

$$[Z_4^{15(1)}] = Ш_{10(1)} - A_{15(1)} - B_{10(1)}$$

$$Z_{4min}^{15(1)} = 0,2\text{мм}$$

$$A_{15(1)} = 14,5_{-0,11}\text{мм}$$

$$B_{10(1)} = 13,85 \pm 0,135\text{мм}$$

$$ТШ_{10(1)} = 0,52\text{мм}$$

$$Z_{4min}^{15(1)} = Ш_{10(1)min} - A_{15(1)max} - B_{10(1)max}$$

$$Ш_{10(1)min} = A_{15(1)max} - B_{10(1)max} + Z_{4min}^{15(1)}$$

$$Ш_{10(1)min} = 14,5 + 13,985 = 28,485\text{мм}$$

$$Ш_{10(1)} = 28,485 + 0,52 = 29,005\text{мм}$$

$$\text{Принимаем } Ш_{10(1)} = 29,35_{-0,52}\text{мм}$$

$$Z_{4max}^{15(1)} = Ш_{10(1)max} - A_{15(1)min} - B_{10(1)min}$$

$$Z_{4max}^{15(1)} = 29,35 - 14,39 - 13,715 = 1,245$$

$$Z_4^{15(1)} = 1,0_{-0,8}^{+0,245}\text{мм}$$

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

$$Ю_{10(2)} = [Д] + [Б]$$

$$[Д] = 9,15 \pm 0,11\text{мм}$$

$$[Б] = 13,85 \pm 0,135\text{мм}$$

$$ТЮ_{10(2)} = 0,52\text{мм}$$

$$Ю_{10(2)min} = [Д]_{max} + [Б]_{max}$$

$$Ю_{10(2)min} = 10,26 + 19,985 = 24,245\text{мм}$$

$$Ю_{10(2)max} = 24,245 + 0,52 = 24,765\text{мм}$$

$$\text{Принимаем } Ю_{10(2)} = 24,505 \pm 0,26\text{мм}$$

$$[Z_1^{10(1)}] = Ш_0 - Ш_{10(1)}$$

$$Z_{1min}^{10(1)} = 0,2\text{мм}$$

$$Ш_{10(1)} = 29,35_{-0,52}\text{мм}$$

$$ТШ_0 = 1,8\text{мм}$$

$$Z_{1min}^{10(1)} = Ш_{0min} - Ш_{10(1)max}$$

$$Ш_{0min} = Ш_{10(1)max} + Z_{1min}^{10(1)}$$

$$Ш_{0min} = 29,35 + 0,2 = 29,55\text{мм}$$

$$Ш_0 = 29,55 + 1,8 = 31,35\text{мм}$$

$$\text{Принимаем } Ш_0 = 30,45 \pm 0,9\text{мм}$$

$$Z_{1max}^{10(1)} = Ш_{0max} - Ш_{10(1)min}$$

$$Z_{1max}^{10(1)} = 31,35 - 28,83 = 2,52\text{мм}$$

$$Z_1^{10(1)} = 1,1_{-0,9}^{+1,42}\text{мм}$$

$$[Z_3^{10(2)}] = Ю_{10(2)} - Ю_0 + Z_1^{10(1)}$$

$$Z_{3min}^{10(2)} = 0,2\text{мм}$$

$$Z_1^{10(1)} = 1,1_{-0,9}^{+1,42}\text{мм}$$

$$Ю_{10(2)} = 24,505 \pm 0,26\text{мм}$$

$$ТЮ_0 = 1,8\text{мм}$$

$$Z_{3min}^{10(2)} = Ю_{10(2)min} - Ю_{0max} + Z_{1max}^{10(1)}$$

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

$$Ю_{0max} = Ю_{10(2)min} + Z_{1max}^{10(1)} - Z_{3min}^{10(1)}$$

$$Ю_{0max} = 24,245 + 2,52 - 0,2 = 26,565\text{мм}$$

$$Ю_0 = 26,565 - 1,8 = 24,765\text{мм}$$

$$\text{Принимаем } Ю_0 = 25,605 \pm 0,9\text{мм}$$

$$Z_{3max}^{10(2)} = Ю_{10(2)max} - Ю_{0min} + Z_{1min}^{10(1)}$$

$$Z_{3max}^{10(2)} = 24,765 - 23,705 + 0,2 = 1,26\text{мм}$$

$$Z_3^{10(2)} = 1,0_{-0,8}^{+0,26}\text{мм}$$

$$\mathcal{E}_{10(1)} = [\text{Б}] - [\text{Я}]$$

$$[\text{Я}] = 4,6 \pm 0,09\text{мм}$$

$$[\text{Б}] = 13,85 \pm 0,135\text{мм}$$

$$T\mathcal{E}_{10(1)} = 0,09\text{мм}$$

$$\mathcal{E}_{10(1)min} = [\text{Б}]_{max} - [\text{Я}]_{min}$$

$$\mathcal{E}_{10(1)min} = 13,985 - 4,51 = 9,475\text{мм}$$

$$\mathcal{E}_{10(1)max} = 9,475 + 0,09 = 9,565\text{мм}$$

$$\text{Принимаем } \mathcal{E}_{10(1)} = 9,52 \pm 0,045\text{мм}$$

$$[Z_2^{10(1)}] = \mathcal{E}_{10(1)} - \mathcal{E}_0 + Z_1^{10(1)}$$

$$Z_{2min}^{10(1)} = 0,2\text{мм}$$

$$Z_1^{10(1)} = 1,1_{-0,9}^{+1,42}\text{мм}$$

$$\mathcal{E}_{10(1)} = 9,52 \pm 0,045\text{мм}$$

$$T\mathcal{E}_0 = 1,8\text{мм}$$

$$Z_{2min}^{10(1)} = \mathcal{E}_{10(1)min} - \mathcal{E}_{0max} + Z_{1max}^{10(1)}$$

$$\mathcal{E}_{0max} = \mathcal{E}_{10(1)min} + Z_{1max}^{10(1)} - Z_{2min}^{10(1)}$$

$$\mathcal{E}_{0max} = 9,475 + 2,52 - 0,2 = 11,795\text{мм}$$

$$\mathcal{E}_0 = 11,795 - 1,8 = 9,995\text{мм}$$

$$\text{Принимаем } \mathcal{E}_0 = 9,62 \pm 0,9\text{мм}$$

$$Z_{2max}^{10(1)} = \mathcal{E}_{10(1)max} - \mathcal{E}_{0min} + Z_{1min}^{10(1)}$$

$$Z_{2max}^{10(1)} = 9,565 - 8,72 + 0,2 = 1,045\text{мм}$$

$$Z_2^{10(1)} = 1,0_{-0,8}^{+0,045}\text{мм}$$

Результаты расчета размерного анализа приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты расчета размерного анализа

Уравнение размерной цепи	Исходные данные	Результат расчёта ( $A_i$ , $Z_{max}$ )
$[Z_1^{10(1)}] = Ш_0 - Ш_{10(1)}$	$Z_{1min}^{10(1)} = 0,2\text{мм}$ $Ш_{10(1)} = 29,35_{-0,52}\text{мм}$ $ТШ_0 = 1,8\text{мм}$	$Ш_0 = 30,45 \pm 0,9\text{мм}$ $Z_1^{10(1)} = 1,1_{-0,9}^{+1,42}\text{мм}$
$[Z_2^{10(1)}] = Э_{10(1)} - Э_0 + Z_1^{10(1)}$	$Z_{2min}^{10(1)} = 0,2\text{мм}$ $Z_1^{10(1)} = 1,1_{-0,9}^{+1,42}\text{мм}$ $Э_{10(1)} = 9,52 \pm 0,045\text{мм}$ $ТЭ_0 = 1,8\text{мм}$	$Э_0 = 9,62 \pm 0,9\text{мм}$ $Z_2^{10(1)} = 1,0_{-0,8}^{+0,045}\text{мм}$
$Э_{10(1)} = [Б] - [Я]$	$[Я] = 4,6 \pm 0,09\text{мм}$ $[Б] = 13,85 \pm 0,135\text{мм}$ $ТЭ_{10(1)} = 0,09\text{мм}$	$Э_{10(1)} = 9,52 \pm 0,045\text{мм}$
$[Z_3^{10(2)}] = Ю_{10(2)} - Ю_0 + Z_1^{10(1)}$	$Z_{3min}^{10(2)} = 0,2\text{мм}$ $Z_1^{10(1)} = 1,1_{-0,9}^{+1,42}\text{мм}$ $Ю_{10(2)} = 24,505 \pm 0,26\text{мм}$ $ТЮ_0 = 1,8\text{мм}$	$Ю_0 = 25,605 \pm 0,9\text{мм}$ $Z_3^{10(2)} = 1,0_{-0,8}^{+0,26}\text{мм}$
$Ю_{10(2)} = [Д] + [Б]$	$[Д] = 9,15 \pm 0,11\text{мм}$ $[Б] = 13,85 \pm 0,135\text{мм}$ $ТЮ_{10(2)} = 0,52\text{мм}$	$Ю_{10(2)} = 24,505 \pm 0,26\text{мм}$
$[Z_4^{15(1)}] = Ш_{10(1)} - A_{15(1)} - B_{10(1)}$	$Z_{4min}^{15(1)} = 0,2\text{мм}$ $A_{15(1)} = 14,5_{-0,11}\text{мм}$ $B_{10(1)} = 13,85 \pm 0,135\text{мм}$ $ТШ_{10(1)} = 0,52\text{мм}$	$Ш_{10(1)} = 29,35_{-0,52}\text{мм}$ $Z_4^{15(1)} = 1,0_{-0,8}^{+0,245}\text{мм}$

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

Размерная схема в диаметральной проекции представлена на рисунке 9.

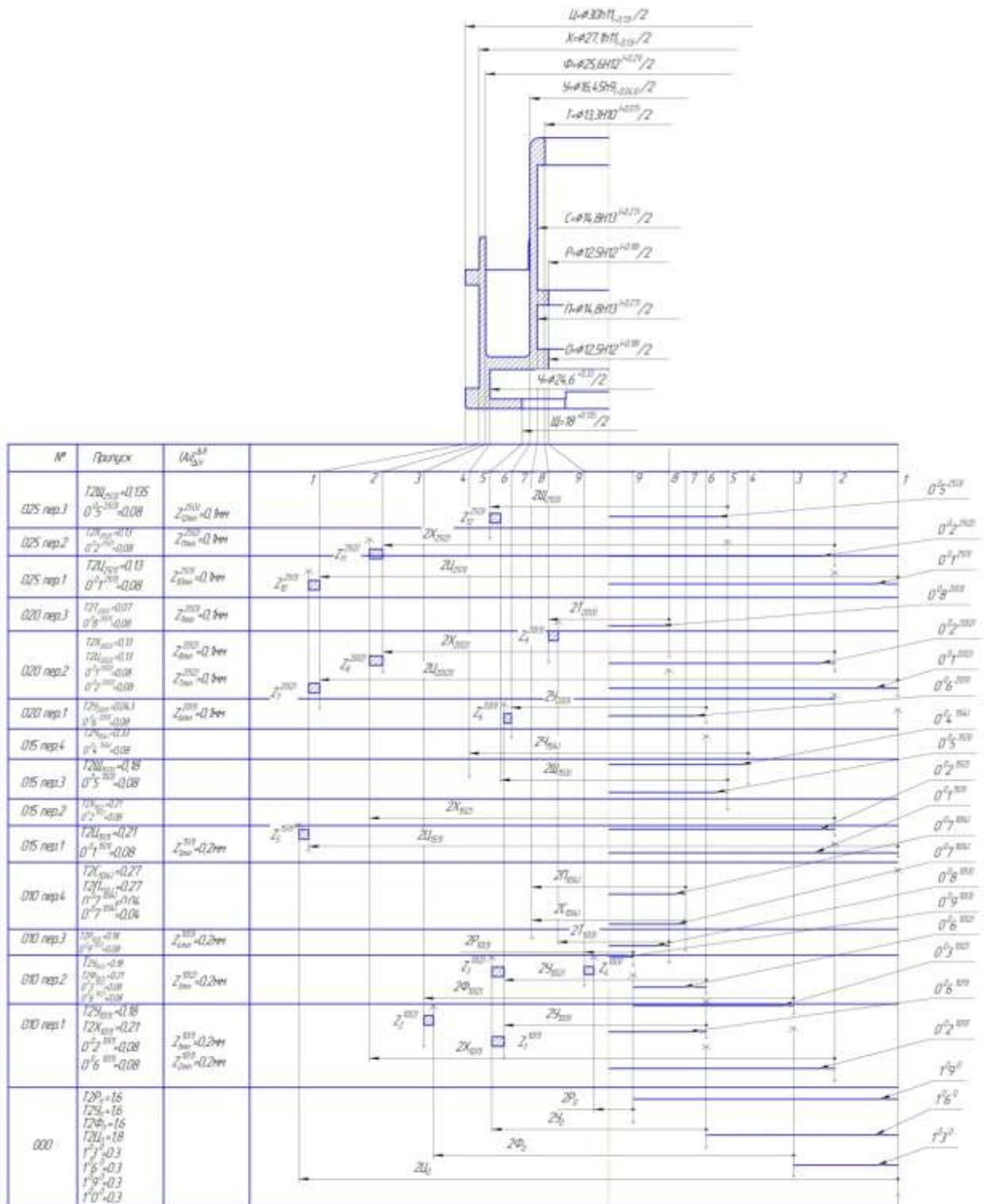


Рисунок 9 - Размерная схема в диаметральной проекции

Уравнение размерных цепей по размерной схеме:

$$[Z_1^{10(1)}] = Y_0 - Y_{10(1)} - 1^0 6^0 - 0^0 6^{10(1)}$$

$$[Z_2^{10(2)}] = \Phi_{10(2)} - \Phi_0 - 1^0 3^0 - 0^0 3^{10(2)}$$

$$[Z_3^{10(2)}] = Y_0 - Y_{10(2)} - 1^0 6^0 - 0^0 6^{10(2)}$$

$$[Z_4^{10(3)}] = P_{10(3)} - P_0 - 1^0 9^0 - 0^0 9^{10(3)}$$

$$[Z_5^{15(1)}] = \Pi_0 - \Pi_{15(1)} - 0^0 1^0 - 0^0 1^{15(1)}$$

$$[Z_6^{20(1)}] = Y_{10(2)} - Y_{20(1)} - 0^0 6^{20(1)}$$

$$[Z_7^{20(2)}] = \Pi_{10(1)} - \Pi_{20(1)} - 0^0 1^{20(2)}$$

$$[Z_8^{20(2)}] = X_{20(2)} - X_{10(2)} - 0^0 2^{20(2)}$$

$$[Z_9^{20(3)}] = T_{20(3)} - T_{10(3)} - 0^0 8^{20(3)}$$

$$[Z_{10}^{25(1)}] = \Pi_{15(1)} - \Pi_{20(1)} - 0^0 1^{25(1)}$$

$$[Z_{11}^{25(2)}] = X_{15(2)} - X_{25(2)} - 0^0 2^{25(2)}$$

$$[Z_{12}^{25(3)}] = \Pi_{25(3)} - \Pi_{15(1)} - 0^0 5^{25(3)}$$

$$[Z_{12}^{25(3)}] = \Pi_{25(3)} - \Pi_{15(1)} - 0^0 5^{25(3)}$$

$$Z_{12min}^{25(3)} = Rz + h = 0,05 + 0,05 = 0,1\text{мм}$$

$0^0 5^{25(3)} = 0,08$  – отклонение концентричности базовых поверхностей

$$\Pi_{25(3)} = 18^{+0,135}\text{мм}$$

$$T\Pi_{15(1)} = 0,18\text{мм}$$

$$Z_{12min}^{25(3)} = \Pi_{25(3)min} - \Pi_{15(1)max} - 0^0 5^{25(3)max}$$

$$\Pi_{15(1)max} = \Pi_{25(3)min} - Z_{12min}^{25(3)} - 0^0 5^{25(3)max}$$

$$\Pi_{15(1)max} = 18 - 0,1 - 0,08 = 17,82\text{мм}$$

$$\Pi_{15(1)min} = 17,82 - 0,18 = 17,64\text{мм}$$

$$\text{Принимаем, } \Pi_{15(1)} = 17^{+0,18}\text{мм}$$

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

$$Z_{12max}^{25(3)} = \Psi_{25(3)max} - \Psi_{15(1)min} - 0^0 5^{25(3)min}$$

$$Z_{12max}^{25(3)} = 18,135 - 17 = 1,135 \text{ мм}$$

$$[Z_{12}^{25(3)}] = 1,0_{-0,9}^{+0,135} \text{ мм}$$

$$[Z_{11}^{25(2)}] = X_{15(2)} - X_{25(2)} - 0^0 2^{25(2)}$$

$$Z_{11min}^{25(2)} = Rz + h = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ мм}$$

$0^0 2^{25(2)} = 0,08$  – отклонение концентричности базовых поверхностей

$$X_{25(2)} = 27,1_{-0,13} \text{ мм}$$

$$TX_{15(2)} = 0,21 \text{ мм}$$

$$Z_{11min}^{25(2)} = X_{15(2)min} - X_{25(2)max} - 0^0 2^{25(2)max}$$

$$X_{15(2)min} = X_{25(2)max} + Z_{11min}^{25(2)} + 0^0 2^{25(2)max}$$

$$X_{15(2)min} = 27 + 0,1 + 0,18 = 27,18 \text{ мм}$$

$$X_{15(2)max} = 27,18 + 0,21 = 27,39 \text{ мм}$$

Принимаем,  $X_{15(2)} = 28_{-0,21} \text{ мм}$

$$Z_{11max}^{25(2)} = X_{15(1)max} - X_{25(2)min} - 0^0 2^{25(2)min}$$

$$Z_{11max}^{25(2)} = 28 - 26,97 = 1,03 \text{ мм}$$

$$[Z_{11}^{25(2)}] = 0,9_{-0,8}^{+0,13} \text{ мм}$$

$$[Z_{10}^{25(1)}] = \Psi_{15(1)} - \Psi_{20(1)} - 0^0 1^{25(1)}$$

$$Z_{10min}^{25(1)} = Rz + h = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ мм}$$

$0^0 1^{25(1)} = 0,08$  – отклонение концентричности базовых поверхностей

$$\Psi_{20(1)} = 30_{-0,13} \text{ мм}$$

$$T\Psi_{15(1)} = 0,21 \text{ мм}$$

$$Z_{10min}^{25(1)} = \Psi_{15(1)min} - \Psi_{25(1)max} - 0^0 1^{25(1)max}$$

$$\Psi_{15(1)min} = \Psi_{25(1)max} + Z_{10min}^{25(1)} + 0^0 1^{25(1)max}$$

$$\Psi_{15(1)min} = 30 + 0,1 + 0,18 = 30,18 \text{ мм}$$

$$Ц_{15(1)max} = 30,18 + 0,21 = 30,39\text{мм}$$

Принимаем,  $Ц_{15(1)} = 31_{-0,21}\text{мм}$

$$Z_{10max}^{25(1)} = Ц_{15(1)max} - Ц_{25(1)min} - 0^0 1^{25(1)min}$$

$$Z_{10max}^{25(1)} = 30 - 29,97 = 1,03\text{мм}$$

$$[Z_{10}^{25(1)}] = 0,9_{-0,8}^{+0,13}\text{мм}$$

$$[Z_9^{20(3)}] = T_{20(3)} - T_{10(3)} - 0^0 8^{20(3)}$$

$$Z_{9min}^{205(3)} = Rz + h = 0,05 + 0,05 = 0,1\text{мм}$$

$0^0 8^{20(3)} = 0,08$  – отклонение концентричности базовых поверхностей

$$T_{20(3)} = 13,3^{+0,07}\text{мм}$$

$$TT_{10(3)} = 0,18\text{мм}$$

$$Z_{9min}^{20(3)} = T_{20(3)min} - T_{10(3)max} - 0^0 8^{20(3)max}$$

$$T_{10(3)max} = T_{20(3)min} - Z_{9min}^{20(3)} - 0^0 8^{20(3)max}$$

$$T_{10(3)max} = 13,3 - 0,1 - 0,08 = 13,12\text{мм}$$

$$T_{10(3)min} = 13,12 - 0,18 = 12,94\text{мм}$$

Принимаем,  $T_{10(3)} = 12,3^{+0,18}\text{мм}$

$$Z_{9max}^{20(3)} = T_{20(3)max} - T_{10(3)min} - 0^0 8^{20(3)min}$$

$$Z_{9max}^{20(3)} = 13,37 - 12,3 = 1,07\text{мм}$$

$$[Z_9^{20(3)}] = 1,0_{-0,9}^{+0,07}\text{мм}$$

$$[Z_8^{20(2)}] = X_{20(2)} - X_{10(2)} - 0^0 2^{20(2)}$$

$$[Z_8^{20(2)}] = [Z_{11}^{25(2)}] = 0,9_{-0,8}^{+0,13}\text{мм}$$

$$X_{10(2)} = X_{15(2)} = 28_{-0,21}\text{мм}$$

$$[Z_7^{20(2)}] = Ц_{10(1)} - Ц_{20(1)} - 0^0 1^{20(2)}$$

$$[Z_7^{20(2)}] = [Z_{10}^{25(1)}] = 0,9_{-0,8}^{+0,13}\text{мм}$$

$$Ц_{10(1)} = Ц_{15(1)} = 31_{-0,21}\text{мм}$$

$$[Z_6^{20(1)}] = Y_{10(2)} - Y_{20(1)} - 0^0 6^{20(1)}$$

$$Z_{6min}^{20(1)} = Rz + h = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ мм}$$

$0^0 6^{20(1)} = 0,08$  – отклонение концентричности базовых поверхностей

$$Y_{20(1)} = 16,45_{-0,043} \text{ мм}$$

$$TY_{10(2)} = 0,18 \text{ мм}$$

$$Z_{6min}^{20(1)} = Y_{10(2)min} - Y_{20(1)max} - 0^0 6^{20(1)max}$$

$$Y_{10(2)min} = Y_{20(1)max} + Z_{6min}^{20(1)} + 0^0 6^{20(1)max}$$

$$Y_{10(2)min} = 16,45 + 0,1 + 0,18 = 16,63 \text{ мм}$$

$$Y_{10(2)max} = 16,63 + 0,18 = 16,81 \text{ мм}$$

Принимаем,  $Y_{10(1)} = 17,45_{-0,18} \text{ мм}$

$$Z_{6max}^{20(1)} = Y_{10(2)max} - Y_{20(1)min} - 0^0 6^{20(1)min}$$

$$Z_{6max}^{20(1)} = 17,45 - 16,407 = 1,043 \text{ мм}$$

$$[Z_6^{20(1)}] = 1,0_{-0,9}^{+0,043} \text{ мм}$$

$$[Z_5^{15(1)}] = Ц_0 - Ц_{15(1)} - 0^0 1^0 - 0^0 1^{15(1)}$$

$$Z_{5min}^{15(1)} = Rz + h = 0,1 + 0,1 = 0,2 \text{ мм}$$

$0^0 1^{15(1)} = 0,08$  – отклонение концентричности базовых поверхностей

$0^0 1^0 = 0,3 \text{ мм}$  - самостоятельная погрешность формы (изогнутость)

поверхности на заготовительной операции 000

$$Ц_{15(1)} = 31_{-0,21} \text{ мм}$$

$$TC_0 = 1,8 \text{ мм}$$

$$Z_{5min}^{15(1)} = Ц_{0min} - Ц_{15(1)max} - 0^0 1^{0max} - 0^0 1^{15(1)max}$$

$$Ц_{0min} = Ц_{15(1)max} + 0^0 1^{0max} + 0^0 1^{15(1)max} + Z_{5min}^{15(1)}$$

$$Ц_{0min} = 31 + 0,2 + 0,3 + 0,08 = 31,58 \text{ мм}$$

$$Ц_{0max} = 31,58 + 1,8 = 33,38 \text{ мм}$$

Принимаем,  $Ц_0 = 32,48 \pm 0,9 \text{ мм}$

$$Z_{5max}^{15(1)} = \Pi_{0max} - \Pi_{15(1)min} - 0^0 1^{0min} - 0^0 1^{15(1)min}$$

$$Z_{5max}^{15(1)} = 33,38 - 30,79 = 2,59\text{мм}$$

$$[Z_5^{15(1)}] = 1,48_{-1,28}^{+1,11}\text{мм}$$

$$[Z_4^{10(3)}] = P_{10(3)} - P_0 - 1^0 9^0 - 0^0 9^{10(3)}$$

$$Z_{4min}^{10(3)} = Rz + h = 0,1 + 0,1 = 0,2\text{мм}$$

$0^0 9^{10(3)} = 0,08$  – отклонение концентричности базовых поверхностей

$1^0 9^0 = 0,3\text{мм}$  - самостоятельная погрешность формы (изогнутость)

поверхности на заготовительной операции 000

$$P_{10(3)} = 12,5_{+0,18}\text{мм}$$

$$TP_0 = 1,6\text{мм}$$

$$Z_{4min}^{10(3)} = P_{10(3)min} - P_{0max} - 1^0 9^{0max} - 0^0 9^{10(3)max}$$

$$P_{0max} = P_{10(3)min} - 1^0 9^{0max} - 0^0 9^{10(3)max} - Z_{4min}^{10(3)}$$

$$P_{0max} = 12,5 - 0,2 - 0,08 - 0,3 = 11,92\text{мм}$$

$$P_{0min} = 11,92 - 1,6 = 10,32\text{мм}$$

Принимаем,  $P_0 = 11,12 \pm 0,6\text{мм}$

$$Z_{4max}^{10(3)} = P_{10(3)max} - P_{0min} - 1^0 9^{0min} - 0^0 9^{10(3)min}$$

$$Z_{4max}^{10(3)} = 12,68 - 10,32 = 2,36\text{мм}$$

$$[Z_4^{10(3)}] = 1,38_{-1,18}^{+0,98}\text{мм}$$

$$[Z_3^{10(2)}] = Y_0 - Y_{10(2)} - 1^0 6^0 - 0^0 6^{10(2)}$$

$$Z_{3min}^{10(2)} = Rz + h = 0,1 + 0,1 = 0,2\text{мм}$$

$0^0 6^{10(2)} = 0,08$  – отклонение концентричности базовых поверхностей

$1^0 6^0 = 0,3\text{мм}$  - самостоятельная погрешность формы (изогнутость)

поверхности на заготовительной операции 000

$$Y_{10(2)} = Y_{10(1)} = 17,45_{-0,18}$$

$$TY_0 = 1,6\text{мм}$$

$$Z_{3min}^{10(2)} = Y_{0min} - Y_{10(2)max} - 1^0 6^{0max} - 0^0 6^{10(2)max}$$

$$Y_{0min} = Y_{10(2)max} + 1^0 6^{0max} + 0^0 6^{10(2)max} + Z_{3min}^{10(2)}$$

$$Y_{0min} = 17,75 + 0,2 + 0,3 + 0,08 = 18,33 \text{ мм}$$

$$Y_{0max} = 18,33 + 1,6 = 19,93 \text{ мм}$$

Принимаем,  $Y_0 = 19,13 \pm 0,6 \text{ мм}$

$$Z_{3max}^{10(2)} = Y_{0max} - Y_{10(2)min} - 0^0 6^{0min} - 0^0 6^{10(2)min}$$

$$Z_{3max}^{10(2)} = 19,93 - 17,27 = 2,66 \text{ мм}$$

$$\left[ Z_3^{10(2)} \right] = 1,68_{-1,48}^{+0,98} \text{ мм}$$

$$\left[ Z_2^{10(2)} \right] = \Phi_{10(2)} - \Phi_0 - 1^0 3^0 - 0^0 3^{10(2)}$$

$$Z_{2min}^{10(2)} = Rz + h = 0,1 + 0,1 = 0,2 \text{ мм}$$

$0^0 3^{10(2)} = 0,08$  – отклонение концентричности базовых поверхностей

$1^0 3^0 = 0,3 \text{ мм}$  – самостоятельная погрешность формы (изогнутость)

поверхности на заготовительной операции 000

$$\Phi_{10(2)} = 25,6_{+0,21} \text{ мм}$$

$$T\Phi_0 = 1,6 \text{ мм}$$

$$Z_{2min}^{10(2)} = \Phi_{10(2)min} - \Phi_{0max} - 1^0 3^{0max} - 0^0 3^{10(2)max}$$

$$\Phi_{0max} = \Phi_{10(2)min} - 1^0 3^{0max} - 0^0 3^{10(2)max} - Z_{2min}^{10(2)}$$

$$\Phi_{0max} = 25,6 - 0,2 - 0,3 - 0,08 = 25,02 \text{ мм}$$

$$\Phi_{0min} = 25,02 - 1,6 = 23,42 \text{ мм}$$

Принимаем,  $\Phi_0 = 24,22 \pm 0,6 \text{ мм}$

$$Z_{2max}^{10(2)} = \Phi_{10(2)max} - \Phi_{0min} - 1^0 3^{0min} - 0^0 3^{10(2)min}$$

$$Z_{2max}^{10(2)} = 23,42 - 25,6 = 2,18 \text{ мм}$$

$$\left[ Z_2^{10(2)} \right] = 1,38_{-1,18}^{+0,8} \text{ мм}$$

$$\left[ Z_1^{10(1)} \right] = Y_0 - Y_{10(1)} - 1^0 6^0 - 0^0 6^{10(1)}$$

$$\left[ Z_1^{10(1)} \right] = \left[ Z_3^{10(2)} \right] = 1,68_{-1,48}^{+0,98} \text{ мм}$$

Результаты расчета размерного анализа приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты расчета размерного анализа

Уравнение размерной цепи	Исходные данные	Результат расчёта ( $A_i, z_{max}$ )
$[Z_1^{10(1)}] =$ $= Y_0 - Y_{10(1)} - 1^0 6^0 - 0^0 6^{10(1)}$	$Z_{3min}^{10(2)} = 0,2\text{мм}$ $0^0 6^{10(2)} = 0,08$ $1^0 6^0 = 0,3\text{мм}$ $Y_{10(2)} = Y_{10(1)} = 17,45_{-0,18}$ $TY_0 = 1,6\text{мм}$	$[Z_1^{10(1)}] = [Z_3^{10(2)}] = 1,68_{-1,48}^{+0,98}$ $Y_0 = 19,13 \pm 0,6$
$[Z_2^{10(2)}] =$ $= \Phi_{10(2)} - \Phi_0 - 1^0 3^0 - 0^0 3^{10(2)}$	$Z_{2min}^{10(2)} = 0,2\text{мм}$ $0^0 3^{10(2)} = 0,08, 1^0 3^0 = 0,3\text{мм}$ $\Phi_{10(2)} = 25,6_{+0,21}\text{мм}$ $T\Phi_0 = 1,6\text{мм}$	$\Phi_0 = 24,22 \pm 0,6$ $[Z_2^{10(2)}] = 1,38_{-1,18}^{+0,8}$
$[Z_3^{10(2)}] =$ $= Y_0 - Y_{10(2)} - 1^0 6^0 - 0^0 6^{10(2)}$	$Z_{3min}^{10(2)} = 0,2\text{мм}$ $0^0 6^{10(2)} = 0,08$ $1^0 6^0 = 0,3\text{мм}$ $Y_{10(2)} = Y_{10(1)} = 17,45_{-0,18}$ $TY_0 = 1,6\text{мм}$	$[Z_3^{10(2)}] = 1,68_{-1,48}^{+0,98}$ $Y_0 = 19,13 \pm 0,6$
$[Z_4^{10(3)}] =$ $= P_{10(3)} - P_0 - 1^0 9^0 - 0^0 9^{10(3)}$	$Z_{4min}^{10(3)} = 0,2\text{мм}$ $0^0 9^{10(3)} = 0,08$ $1^0 9^0 = 0,03\text{мм}$ $P_{10(3)} = 12,5_{+0,18}\text{мм}$ $TP_0 = 1,6\text{мм}$	$P_0 = 11,12 \pm 0,6$ $[Z_4^{10(3)}] = 1,38_{-1,18}^{+0,98}$
$[Z_5^{15(1)}] =$ $= Ц_0 - Ц_{15(1)} - 0^0 1^0 - 0^0 1^{15(1)}$	$Z_{5min}^{15(1)} = 0,2\text{мм}$ $0^0 1^{15(1)} = 0,08$ $0^0 1^0 = 0,03\text{мм}$ $Ц_{15(1)} = 31_{-0,21}\text{мм}$ $TC_0 = 1,8\text{мм}$	$Ц_0 = 32,48 \pm 0,9$ $[Z_5^{15(1)}] = 1,48_{-1,28}^{+1,11}$

Продолжение таблицы 6

Уравнение размерной цепи	Исходные данные	Результат расчёта ( $A_i, Z_{max}$ )
$\begin{aligned} [Z_6^{20(1)}] &= \\ &= Y_{10(2)} - Y_{20(1)} - 0^0 6^{20(1)} \end{aligned}$	$\begin{aligned} Z_{6min}^{20(1)} &= 0,1\text{мм} \\ 0^0 6^{20(1)} &= 0,08 \\ Y_{20(1)} &= 16,45_{-0,043}\text{мм} \end{aligned}$	$\begin{aligned} Y_{10(1)} &= 17,45_{-0,18} \\ [Z_6^{20(1)}] &= 1,0_{-0,9}^{+0,043} \end{aligned}$
$\begin{aligned} [Z_7^{20(2)}] &= \\ &= Ц_{10(1)} - Ц_{20(1)} - 0^0 1^{20(2)} \end{aligned}$	$\begin{aligned} Z_{10min}^{25(1)} &= 0,1\text{мм} \\ 0^0 1^{25(1)} &= 0,08 \\ Ц_{20(1)} &= 30_{-0,13}\text{мм} \\ ТЦ_{15(1)} &= 0,21\text{мм} \end{aligned}$	$\begin{aligned} [Z_7^{20(2)}] &= [Z_{10}^{25(1)}] = 0,9_{-0,8}^{+0,13} \\ Ц_{10(1)} &= Ц_{15(1)} = 31_{-0,21} \end{aligned}$
$\begin{aligned} [Z_8^{20(2)}] &= \\ &= X_{20(2)} - X_{10(2)} - 0^0 2^{20(2)} \end{aligned}$	$\begin{aligned} Z_{11min}^{25(2)} &= 0,1\text{мм} \\ 0^0 2^{25(2)} &= 0,08 \\ X_{25(2)} &= 27,1_{-0,13}\text{мм} \\ ТХ_{15(2)} &= 0,21\text{мм} \end{aligned}$	$\begin{aligned} [Z_8^{20(2)}] &= [Z_{11}^{25(2)}] = 0,9_{-0,8}^{+0,13} \\ X_{10(2)} &= X_{15(2)} = 28_{-0,21} \end{aligned}$
$\begin{aligned} [Z_9^{20(3)}] &= \\ &= T_{20(3)} - T_{10(3)} - 0^0 8^{20(3)} \end{aligned}$	$\begin{aligned} Z_{9min}^{205(3)} &= 0,1\text{мм} \\ 0^0 8^{20(3)} &= 0,08 \\ T_{20(3)} &= 13,3^{+0,07}\text{мм} \\ ТТ_{10(3)} &= 0,18\text{мм} \end{aligned}$	$\begin{aligned} T_{10(3)} &= 12,3^{+0,18}\text{мм} \\ [Z_9^{20(3)}] &= 1,0_{-0,9}^{+0,07}\text{мм} \end{aligned}$
$\begin{aligned} [Z_{10}^{25(1)}] &= \\ &= Ц_{15(1)} - Ц_{20(1)} - 0^0 1^{25(1)} \end{aligned}$	$\begin{aligned} Z_{10min}^{25(1)} &= 0,1\text{мм} \\ 0^0 1^{25(1)} &= 0,08 \\ Ц_{20(1)} &= 30_{-0,13}\text{мм} \\ ТЦ_{15(1)} &= 0,21\text{мм} \end{aligned}$	$\begin{aligned} Ц_{15(1)} &= 31_{-0,21}\text{мм} \\ [Z_{10}^{25(1)}] &= 0,9_{-0,8}^{+0,13}\text{мм} \end{aligned}$
$\begin{aligned} [Z_{11}^{25(2)}] &= \\ &= X_{15(2)} - X_{25(2)} - 0^0 2^{25(2)} \end{aligned}$	$\begin{aligned} Z_{11min}^{25(2)} &= 0,1\text{мм} \\ 0^0 2^{25(2)} &= 0,08 \\ X_{25(2)} &= 27,1_{-0,13}\text{мм} \\ ТХ_{15(2)} &= 0,21\text{мм} \end{aligned}$	$\begin{aligned} X_{15(2)} &= 28_{-0,21}\text{мм} \\ [Z_{11}^{25(2)}] &= 0,9_{-0,8}^{+0,13}\text{мм} \end{aligned}$
$\begin{aligned} [Z_{12}^{25(3)}] &= \\ &= Щ_{25(3)} - Щ_{15(1)} - 0^0 5^{25(3)} \end{aligned}$	$\begin{aligned} Z_{12min}^{25(3)} &= 0,1\text{мм} \\ 0^0 5^{25(3)} &= 0,08 \\ Щ_{25(3)} &= 18^{+0,135}\text{мм} \\ ТЩ_{15(1)} &= 0,18\text{мм} \end{aligned}$	$\begin{aligned} Щ_{15(1)} &= 17^{+0,18}\text{мм} \\ [Z_{12}^{25(3)}] &= 1,0_{-0,9}^{+0,135}\text{мм} \end{aligned}$

С учетом полученных размеров заготовки, на рисунке 10 представлен эскиз заготовки с техническими требованиями.

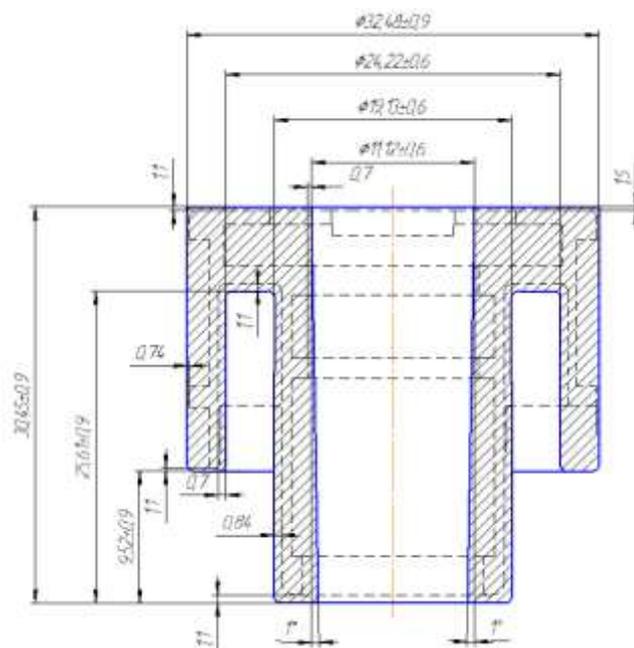


Рисунок 10 – Эскиз заготовки

2.7 Расчет режимов резания, определение сил резания, проверка оборудования по мощности

Операция 010. Токарно-фрезерная. Переход 1.

1. Глубина резания:  $t = 0,5$  мм.
2. Подача по таблице 11 [4, с.266] для данной глубины резания:  
 $s = 0,5$  мм/об
3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^{m \cdot t^x \cdot s^y}} \cdot K_V, \quad (11)$$

Период стойкости инструмента принимаем:  $T=30$  мин.

Значения коэффициентов:  $C_V = 328$ ;  $m = 0,28$ ;  $x = 0,12$ ;  $y = 0,5$  – определены по таблице 17 [4, с.269].

Коэффициент  $K_V$  :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV}, \quad (12)$$

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

где  $K_{MV} = 1,2$ , по табл. 4 [4, с.263] - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПV}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 5, 6 [4, с.261]:  $K_{ПV} = 0,9$ ;  $K_{ИV} = 2,7$ .

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 2,7 = 2,9.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{328}{30^{0,28} \cdot 0,5^{0,12} \cdot 0,5^{0,5}} \cdot 2,9 = 564 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 564}{3,14 \cdot 32} = 5614 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 3500 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 32 \cdot 3500}{1000} = 350 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P \quad (13)$$

Значения коэффициентов:  $C_P = 40$ ;  $n = 0$ ;  $x = 0,1$ ;  $y = 0,75$  – определены по таблице 22 [4, с.273].

Коэффициент  $K_P$ :

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{фP} \cdot K_{γP} \cdot K_{λP} \cdot K_{гP} \quad (14)$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 10, 23 [4, с.264]:

$$K_{MP} = 2,9; K_{фP} = 0,89; K_{γP} = 1,0; K_{λP} = 1,0; K_{гP} = 0,93.$$

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{фP} \cdot K_{γP} \cdot K_{λP} \cdot K_{гP} = 2,9 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 2,4.$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P = 10 \cdot 40 \cdot 0,5^{0,1} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 350^0 \cdot 2,4 = 532 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{352 \cdot 350}{1020 \cdot 60} = 3,06 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{3,06}{0,75} = 4,1 \text{ кВт.}$$

Так как значение к.п.д. привода нам неизвестно, то принимаем худший вариант  $\eta = 0,75$ .

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{\text{ст}} \cdot \eta;$$

$$4,1 < 16,5$$

где  $N_{\text{ст}}$  – мощность электродвигателя главного привода станка.

Рассчитаем аналогично режимы резания для остальных операций технологического процесса изготовления детали «Поставка». Результаты расчета режимов резания представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Режимы резания

№ п/п	Название операции и содержание перехода	Режущий инструмент	Режимы резания				То, мин
			t, мм	S, м/о б	V, м/мин	n, об/мин	
010 Комплексная с ЧПУ (4237) Станок токарно-фрезерный обрабатывающий центр ЧПУ MACTURN 250							
1	Подрезать торец, точить по контуру Ø16,45h12мм на длину 9,52±0,045мм, Ø27,1h12мм на длину 14±0,135мм предварительно	Резец PSKNR 2020K 12 пластина SNMG 12 04 04-PM 4325 Sandvik Coromant	1,0	0,5	350	1500	0,05
2	Точить торцевую канавку, выдерживая размеры Ø16,45h12мм, Ø25,6 <sup>+0,21</sup> мм на длину 9±0,11	Резец канавочный торцевой специальной	0,7	0,15	300	1500	0,08

Продолжение таблицы 7

№ п/п	Название операции и содержание перехода	Режущий инструмент	Режимы резания				То, мин
			t, мм	S, м/о б	V, м/мин	n, об/мин	
3	Расточить по контуру Ø13,3H12мм предварительно на длину 16±0,135мм, Ø12,5H12мм однократно	Резец расточной A25T-STFCR 16HP-R пластина TCMT 16 T3 08-PR 4325 Sandvik Coromant	0,7	0,15	300	1500	0,15
4	Расточить 2 канавки Ø14,8H13 шириной 13 <sup>+0,43</sup> мм, 4,5 <sup>+0,3</sup> мм	Резец расточной канавочный RAG123J08-25B пластина N123J2-0500-0004-TF 4325 Sandvik Coromant	1,15	0,15	250	1500	0,1
ИТОГО							0,37
015 Комплексная с ЧПУ (4237) Станок токарно-фрезерный обрабатывающий центр ЧПУ MACTURN 250							
1	Подрезать торец, точить Ø30h12 предварительно	Резец PSKNR 2020K 12 пластина SNMG 12 04 04-PM 4325 Sandvik Coromant	1,0	0,5	350	1500	0,03
2	Точить канавку Ø27,1h12мм шириной 12,3±0,135мм предварительно	Резец канавочный N123H55-25A2 пластина N123H2-0400-0004-TF 4325 Sandvik Coromant	1,5	0,15	300	1500	0,07

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

15.03.05.2020.265 ПЗ

Лист

57

Продолжение таблицы 7

№ п/п	Название операции и содержание перехода	Режущий инструмент	Режимы резания				То, мин
			t, мм	S, мм /об	V, м/мин	n, об/мин	
3	Расточить Ø18H12мм предварительно, выдержав размер 10,4 <sub>-0,18</sub> мм	Резец расточной A25T-STFCR 16HP-R пластина TCMT 16 T3 08-PR 4325 Sandvik Coromant	2,75	0,15	300	1500	0,06
4	Расточить канавку Ø24,6 <sup>+0,33</sup> мм шириной 3 <sup>+0,25</sup> мм	Резец расточной канавочный RAG123J08-25B пластина N123J2-0500-0004-TF 4325 Sandvik Coromant	3,3	0,15	250	1500	0,03
ИТОГО							0,19
020 Комплексная с ЧПУ (4237) Станок токарно-фрезерный обрабатывающий центр ЧПУ MACTURN 250							
1	Точить Ø16,45h9мм окончательно на длину 24,5±0,26мм	Резец расточной A25T-STFCR 16HP-R пластина TCMT 16 T3 08-PR 4325 Sandvik Coromant	0,5	0,1	350	1500	0,19
2	Точить Ø27,1h11, Ø30h11 окончательно, выдержав размер 14±0,135мм	Резец PSKNR 2020K 12 пластина SNMG 12 04 04-PM 4325 Sandvik Coromant	0,5	0,1	300	1500	0,12

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

15.03.05.2020.265 ПЗ

Лист

58

Продолжение таблицы 7

№ п/п	Название операции и содержание перехода	Режущий инструмент	Режимы резания				То, мин
			t, мм	S, м/об	V, м/мин	n, об/мин	
3	Расточить окончательно Ø13,3H10мм	Резец расточной A25T-STFCR 16HP-R пластина TCMT 16 T3 08-PR 4325 Sandvik Coromant	0,5	0,1	300	1500	0,09
4	Фрезерование 3 выступов, выдерживая размеры 4,6±0,09мм, R2, 4, 0,3мм	Фреза Ø6 JS512060D2C/3Z2 -NXT SECO	0,5	0,05	300	5000	0,7
ИТОГО							1,1
025 Комплексная с ЧПУ (4237) Станок токарно-фрезерный обрабатывающий центр ЧПУ MACTURN 250							
1	Точить Ø30h11 окончательно	Резец PSKNR 2020K 12 пластина SNMG 12 04 04-PM 4325 Sandvik Coromant	0,5	0,1	350	1500	0,13
2	Точить канавку Ø27,1h11 шириной 12,3±0,135мм окончательно	Резец канавочный N123H55-25A2 пластина N123H2-0400-0004-TF 4325 Sandvik Coromant	0,5	0,08	300	1500	0,14
3	Расточить Ø18 <sup>+0,135</sup> мм окончательно	Резец расточной A25T-STFCR 16HP-R пластина TCMT 16 T3 08-PR 4325 Sandvik Coromant	0,5	0,1	300	1500	0,06
ИТОГО							0,32

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

15.03.05.2020.265 ПЗ

Лист

59

Продолжение таблицы 7

№ п/п	Название операции и содержание перехода	Режущий инструмент	Режимы резания				Т <sub>о</sub> , мин
			t, мм	S, м/о б	V, м/мин	n, об/мин	
040 Фрезерная на станках с ЧПУ (4237) Вертикальный обрабатывающий центр HERMLE C800 U							
1	Фрезерование шестигранника, выдерживая размер 26,8 <sub>-0,33</sub>	Фреза Ø3 JS512030F2C/3 Z2-NXT SECO	0,5	0,05	200	3500	1,2
2	Фрезерование 2 пазов шириной 9 <sup>+0,22</sup> мм, длиной 25 <sup>+0,33</sup> мм	Фреза Ø3 JS512030F2C/3 Z2-NXT SECO	0,5	0,05	250	5000	0,9
ИТОГО							2,1

## 2.8 Нормирование технологических операций

Определение нормы времени на изготовление данной детали выполняется в соответствии с нормативами на обработку [5].

### Операция 010

#### 1. Расчет основного технологического времени (мин):

$$T_o = TM_1 + TM_2 + \dots + TM_6, \quad (15)$$

где ТМ – машинное время, мм.

$$T_o = 0,05 + 0,08 + 0,15 + 0,1 = 0,37 \text{ мин}$$

#### 2. Расчет вспомогательного времени выполняется, по формуле 16:

$$T_B = T_{\text{уст}} + T_{\text{прот}} + T_{\text{очист}} + T_{\text{пр.ст}} + T_{\text{шпинд}} + T_{\text{рез.к дет}} + T_{\text{шц}}, \quad (16)$$

где  $T_{\text{уст}} = 0,115$  мин – время на установку детали;

$T_{\text{прот}} = 0,038$  мин – время, связанное с выполнением перехода ;

$T_{\text{очист}} = 0,09$  мин – время, связанное с очисткой от стружки ;

$T_{\text{пр.ст}} = 0,015$  мин – время на настройку станка;

$T_{\text{шпинд}} = 0,05$  мин – время на холостое вращение шпинделя;

$T_{\text{рез.к дет}} = 0,025$  мин – время, связанное с подводом режущего инструмента;

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

$T_{\text{шц}}=0,12$ мин – время на измерение.

$T_{\text{в}}=0,115+0,038+0,09+0,015+0,05+0,025+0,05+0,12=0,575$  мин

3. Расчет оперативного времени осуществляется по формуле 17:

$$T_{\text{опер}}=T_{\text{о}}+T_{\text{в}}, \quad (17)$$

где  $T_{\text{о}}$  - основное время, мин;

$T_{\text{в}}$  - вспомогательное время, мин.

$T_{\text{опер}}=0,37+0,575=0,945$  мин

4. Время на тех. обслуживание составляет 2,5% от оперативного времени:

$$T_{\text{тех}} = \frac{T_{\text{опер}} \cdot a_{\text{тех}} \%}{100\%}, \quad (18)$$

$$T_{\text{тех}} = \frac{0,945 \cdot 2,5\%}{100\%} = 0,02 \text{ мин}$$

5. Время на организационное обслуживание составляет 1,4% от суммы оперативного и вспомогательного времени:

$$T_{\text{орг}} = \frac{(T_{\text{опер}} + T_{\text{в}}) \cdot a_{\text{орг}} \%}{100\%}, \quad (19)$$

$$T_{\text{орг}} = \frac{(0,945 + 0,575) \cdot 1,4\%}{100\%} = 0,02 \text{ мин}$$

6. Время на отдых и личные надобности составляет 5% от суммы оперативного и вспомогательного времени:

$$T_{\text{отд}} = \frac{(T_{\text{опер}} + T_{\text{в}}) \cdot a_{\text{отд}} \%}{100\%}, \quad (19)$$

$$T_{\text{отд}} = \frac{(0,945 + 0,575) \cdot 5\%}{100\%} = 0,08 \text{ мин}$$

7. Время на обслуживание рабочего места, определяется по формуле 20:

$$T_{\text{обсл}}=T_{\text{орг}}+T_{\text{тех}} \quad (20)$$

$T_{\text{обсл}}=0,02+0,02=0,04$  мин

8. Расчет нормы штучного времени:

$$T_{\text{шт}}= T_{\text{о}}+T_{\text{в}}+T_{\text{обсл}}+T_{\text{отд}}, \quad (21)$$

$T_{\text{шт}}=0,37+0,575+0,04+0,08=1,065$  мин

При серийном производстве необходимо еще рассчитать штучно-калькуляционное время.

9. Расчет штучно-калькуляционное время,

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n}, \quad (22)$$

где  $T_{шт}$  - штучное время, мин;

$n$  – число деталей в партии, шт;

$T_{пз}$  – подготовительно заготовительное время, мин.

$$T_{пз} = 14 \text{ мин}$$

$$T_{шт.к.} = 1,065 + \frac{14}{1000} \approx 1,1 \text{ мин}$$

Для оставшихся операций  $T_{шт}$  приведено в таблице 8.

Таблица 8 – Расчет штучного, вспомогательного и основного времени

Операция	$t_o$	$t_{всп}$	$t_{опер}$	$T_{тех}$	$t_{орг}$	$t_{отд}$	$t_{обсл}$	$t_{шт}$
010	0,37	0,575	0,945	0,02	0,02	0,05	0,04	1,1
015	0,19	0,575	0,765	0,02	0,02	0,04	0,04	0,84
020	1,1	0,575	1,675	0,04	0,03	0,09	0,07	1,83
025	0,32	0,575	0,895	0,02	0,02	0,05	0,04	0,98
040	1,2	0,7	1,9	0,05	0,04	0,10	0,08	2,08

## 2.9 Вывод по разделу

В данном разделе было определено, что деталь не является технологичной по показателю унификации. Так же была произведена разработка предлагаемого варианта технологического процесса и выбор вида и метода получения заготовки.

Так же была определена последовательность обработки поверхностей детали. Выбор методов и определение количества переходов для обработки поверхностей детали. Расчет размерного анализа разработанного технологического процесса и расчет режимов резания, определение сил резания, проверка оборудования по мощности.

### 3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

#### 3.1 Проектирование зажимного приспособления для фрезерной операции

##### 3.1.1 Разработка теоретической схемы базирования

Приспособление – это устройство, которое применяется при механической обработке изделия. Контрольные и рабочие инструменты и станочные приспособления, называют технологической оснасткой. Существенную. долю составляют приспособления, используемые для установки и закрепления изготавливаемых деталей. Применение приспособлений влияет на рост производительности и точности обработки, сборки и контроля; улучшению условий труда, уменьшения числа рабочих и не требует высокой квалификации.

Приспособление должно иметь такие характеристики как, удобство и безопасность в ходе работы, достаточно жесткими для обеспечения требуемой точности обработки, удобными для того что бы уменьшить время установки его на станок, что наиболее необходимо при замене приспособления в серийном типе производства. Приспособление должно быть не сложным и не быть дорогостоящим в изготовлении, ремонт пригодным для замены отработанных деталей.

Для того что бы приспособление не провернулось относительно стола станка, оно устанавливается на стол станка т.к на столе есть наличие продольных пазов и центрального отверстия приспособление базируется по центральному отверстию круглой шпонкой и с помощью двух призматических шпонок по продольному пазу. Для этого в столе станка изготавливаются пазы размером  $14H7^{(+0,018)}$ , а размер установочной шпонки  $14h6 (-0,014)$ . Теоретическая схема базирования детали показана на рисунке 11. Установка приспособления на столе станка будет осуществляется по посадке с зазором  $14 \frac{H7}{h6}$  мм.

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Рассчитываем зазор между установочными пальцами и пазами стола

$$S'_{\max} = ei + ES, \quad (23)$$

где  $S'_{\max}$  – максимальный зазор, мм;

$ei$  – нижнее отклонение установочного пальца,  $ei = 0,014$  мм;

$ES$  – верхнее отклонение отверстия,  $ES = 0,018$  мм.

$$S'_{\max} = 0,014 + 0,018 = 0,032 \text{ мм.}$$

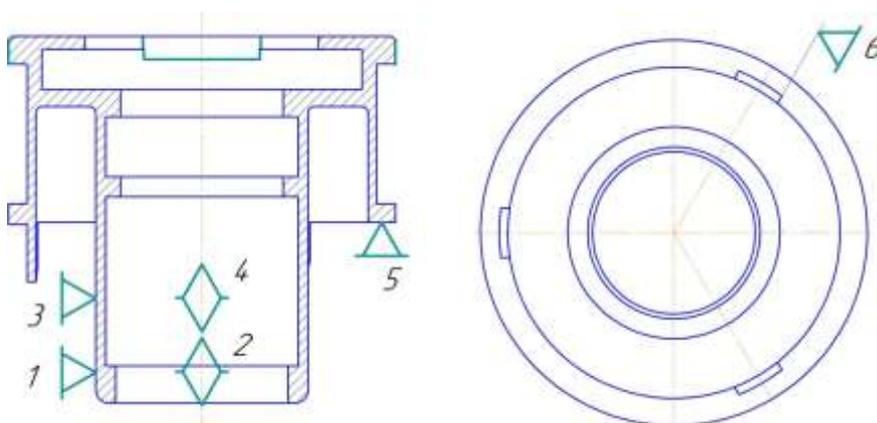


Рисунок 11 – Схема базирования

Для нахождения действительного угла поворота, рассчитываем по формуле 24

$$tg' \alpha = \frac{2 \cdot S'_{\max}}{L_n}, \quad (24)$$

где  $tg' \alpha$  – действительный угол поворота, град.;

$L_n$  – расстояние между установочными пальцами,  $L_n = 230$  мм.

$$tg' \alpha = \frac{2 \cdot 0,032}{230} = 0,27 \cdot 10^{-3} = 0^{\circ}0'15''$$

Тех. требования, предъявляемые к установочным пальцам:

- твердость – HRC от 56 до 61.
- покрытие – Хим. Окс. ПРМ.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

### 3.1.2 Проектирование схемы приспособления

Приспособление на операции 040, изображенное на рисунке 12, применяется постоянно, приспособление фиксируется на столе станке на время обработки всех деталей партии. Установка на стол осуществляется вертикально, правильное положение осуществляется благодаря трем пальцам и фиксируется двумя болтами.

Приспособление должно обеспечивать надежную фиксацию заготовки, не допускающую вероятность проворота детали при фрезеровании пазов, сверлении отверстий при воздействии сил резания.

Установка детали в приспособление происходит по торцевой поверхности, а фиксация вместе с центрирование осуществляется по цилиндрической поверхности диаметром  $16,45_{-0,043}$  мм. Определенная сила зажима не дает провернуться детали вокруг своей оси и оторваться или встать на перекося от поверхности приспособления. И в данном случае установленная деталь лишается 6 степеней свободы.

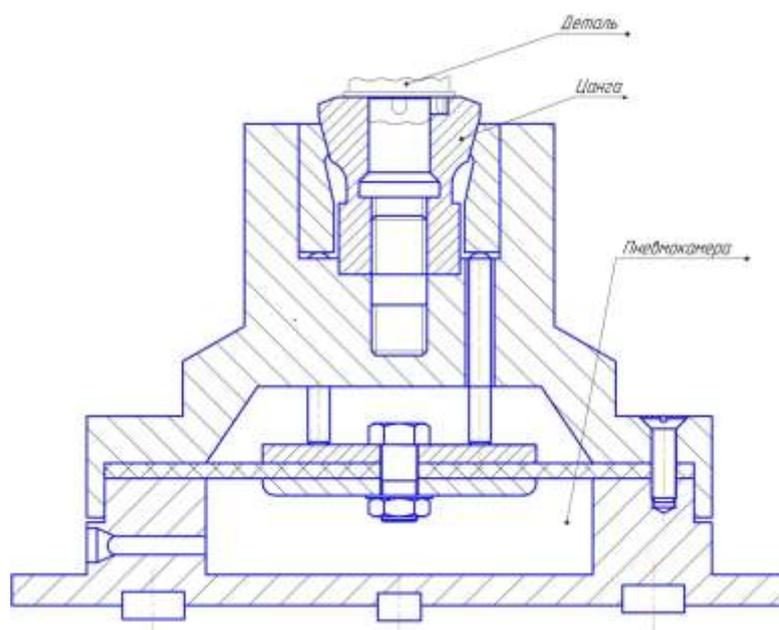


Рисунок 12 - Условная схема приспособление  
на операции 040

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.265 ПЗ

Лист

65

### 3.1.3 Силовой, кинематический, прочностной расчет основных элементов приспособления

Для чистовой обработки инструмент №1 фреза концевая диаметром 4 (число зубьев  $z=3$ ) принимаем:  $B=4$  мм;  $t=0,33$  мм;  $S=0,02$  мм/зуб,  $T=120$  мин.

$$K_v = 1 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 0,72.$$

Рассчитаем скорости резания для чистовой обработки по формуле .

Для фрезерной обработки:

$$V_{рез} = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v, \quad (25)$$

где  $S$  – подача, мм/об ( $S_z = S/z$  мм/зуб);

$T$  – период стойкости фрезы, мин;

$B$  – ширина фрезерования, мм;

$z$  – число зубьев фрезы;

$t$  – глубина фрезерования, мм;

$C_v$  – постоянная скорости;

$q, m, x, y, p, u$  – показатели степени.

$$V_{рез} = \frac{185,5 \cdot 4^1}{60^{0,33} \cdot 0,33^{0,2} \cdot 0,02^{0,2} \cdot 4^{0,1} \cdot 3^{0,1}} \cdot 0,72 = 294,52 \text{ м/мин};$$

Назначаем  $V_{рез}=294,5$  м/мин.

Частота вращения шпинделя  $n$ :

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (26)$$

где  $D$  – диаметр обрабатываемой поверхности, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 294,5}{3,14 \cdot 30} = 3126,32 \text{ об/мин}$$

Назначаем  $n = 3126$  об/мин.

Для фрезерной обработки силу резания рассчитывают по формуле:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}, \quad (27)$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 0,33^{0,86} \cdot 0,02^{0,72} \cdot 4^{1,0} \cdot 3}{4^{0,86} \cdot 3126^0} \cdot 1 = 57,26 \text{ Н}$$

Таким образом, сила, действующая на деталь, не будет превышать 57,26Н.

Для расчетов используем схему на рисунке 13. Необходимую силу зажима изделия можно рассчитать при помощи формулы 28 для цангового зажима :

$$W = (Q + Q') \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2} + \vartheta\right), \quad (28)$$

где  $\alpha$  – угол конуса цанги,  $\alpha = 30^\circ$ ;

$\vartheta$  – угол трения,  $\vartheta = 11,3$ .

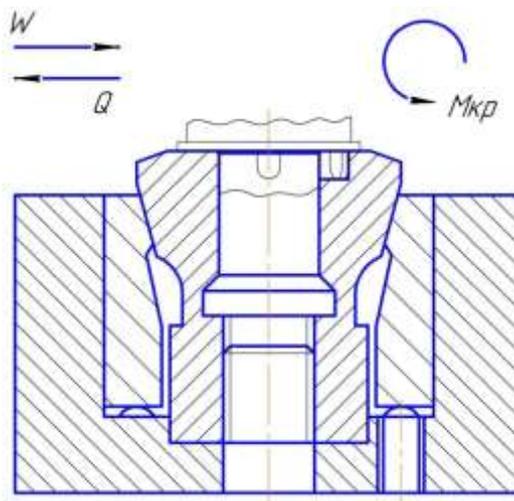


Рисунок 13 – Схема сил.

Для трехлепестковой цанги:

$$Q' = 6 \cdot 10^3 \cdot \frac{\delta \cdot S \cdot d^3}{l^3}, \quad (29)$$

где  $\delta$  – поле допуска на диаметр изготавливаемой детали,  $\delta = 0,043$  мм;

$S$  – толщина лепестка цанги,  $S = 3$  мм;

$d$  – диаметр детали,  $d = 16,45$  мм;

$l$  – длина цанги,  $l = 40$  мм.

$$Q' = 6 \cdot 10^3 \cdot \frac{0.043 \cdot 3 \cdot 16,45^3}{40^3} = 53,83H$$

$$Q = \frac{k \sqrt{P_z^2 + \frac{M_{кр}^2}{r^2}}}{f}, \quad (30)$$

где  $k$  – коэффициент запаса,  $k = 2,5$ ;

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

$r$  – радиус фрезы,  $r = 2$ .

Для достижения уверенности зажимного устройства необходим коэффициент запаса потому что поворот или сдвиг детали в процессе обработке не допустим.

Коэффициент  $K$  определяет отклонения расчетов, нестабильность условий обработки и закрепления заготовок.

Определяем коэффициент запаса по формуле

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (31)$$

где  $K_0$  – гарантированный коэффициент запаса при всех видах обработки,

$K_0 = 1,5$ ;

$K_1$  – коэффициент, определяющий состояние технологической базы, при чистовых  $K_1 = 1$ ;

$K_2$  – коэффициент, определяющий повышение сил резания от затупления режущего инструмента,  $K_2 = 1,3$ ;

$K_3$  – коэффициент, определяющий ударную нагрузку при обработке,  $K_3 = 1$ ;

$K_4$  – коэффициент, определяющий постоянство силового привода, так как у нас привод механизированный, то  $K_4 = 1$ ;

$K_5$  – коэффициент, определяющий удобное нахождение ручек в ручных приводах, для нашего случая  $K_5 = 1$ .

$K_6$  – коэффициент, определяющий вероятность поворота детали на опорах при закреплении при действии моментов,  $K_6 = 1,3$ .

$$K = 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,3 = 2,44.$$

Принимаем  $K=2,5$ .

$M_{кр}$  – крутящий момент, определяем по формуле:

$$M_{кр} = P_z \cdot r, \quad (32)$$

$$M_{кр} = 57,26 \cdot 2 = 114,52 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$Q = \frac{2,5 \cdot \sqrt{57,26^2 + \frac{114,52^2}{2^2}}}{0,2} = 1012,2 \text{ Н}$$

Подставляем полученные значения в формулу :

$$W = (1012,2 + 53,83) \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{30}{2} + 11,3\right) = 526,86 \text{ Н}$$

$$W > P_z$$

$$526,86 \text{ Н} > 57,26 \text{ Н}$$

Отсюда делаем вывод, что силы зажима достаточно для выполнения данной операции.

### 3.1.4 Компоновка зажимного приспособления, описание устройства и принципа работы

Компоновка зажимного приспособления представлено на рисунке 14.

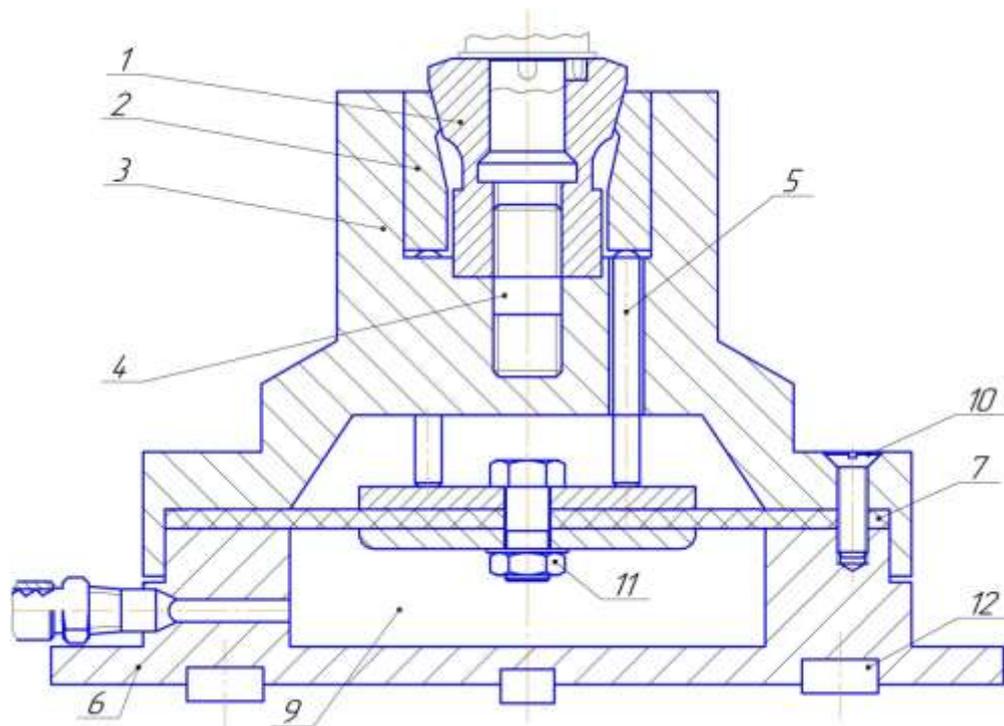


Рисунок 14 – Фрезерное приспособление на операцию 040

На рис. 11 показано фрезерное приспособление, применяется для фрезерования пазов и граней у цилиндрических деталей. Сжатый воздух из сети через штуцер подается в пневмоцилиндр корпуса и действует на мембрану 7. Развиваемая в результате этого сила передается через три штыря 5, которые поднимают стакан 2. Поднимаясь, стакан конусным отверстием сжимает конус цанги 1; обрабатываемая деталь при этом закрепляется.

Из чего следует, что мы избавляем данное приспособление от погрешностей. В нашем варианте зазоры отсутствуют, а имеющие зазоры в вертикальном направлении ни как не повлияют, потому что элементы детали выполняются на проход.

Для достижения требуемой точности обработки на данной операции требуется совершить точное выполнение и регулярный контроль размеров.

Поэтому с требованиями точности обработки находим тип и размеры установочных элементов.

### 3.1.5 Расчет приспособления на точность

Суммарная погрешность каждого координирующего размера определяется из начальных погрешностей, которые рекомендуется разделять на 3 группы: погрешность установки, погрешность настройки станка и погрешность обработки. В данный момент нас интересует погрешность установки.

Погрешность установки  $\varepsilon_{уст}$  появляется в результате закрепления деталей в приспособлении и состоит из погрешности базирования и погрешности закрепления. Не считая того, в погрешность установки рекомендуется использовать дополнительную погрешность, связанную с приспособлением: погрешность его изготовления, погрешность закрепления на станке, износом его установочных элементов.

Погрешность установки определяется сложения входящих ее погрешностей по правилу квадратного корня по формуле 33:

$$\varepsilon_{уст} = \sqrt{\varepsilon_{б}^2 + \varepsilon_{з}^2 + \varepsilon_{пр}^2}, \quad (33)$$

где  $\varepsilon_{б}$  – погрешность базирования, мм;

$\varepsilon_{з}$  – погрешность закрепления, мм;

$\varepsilon_{пр}$  – погрешность приспособления, мм.

Погрешностью базирования — это величина поля рассеивания образованного при обработке координирующего размера, образующая по причине сдвига конструктивной базы, когда она не является одновременно и опорной установочной базой. Для данного варианта погрешность базирования определяется из максимального зазора между установочным пальцем и пазом стола станка:  $S_{\max} = 0,032$  мм. Итак,  $\varepsilon_{б} = 0,032$  мм.

Погрешность закрепления называется разность между наибольшей и наименьшей величинами проекций смещения измерительной базы в направлении

получаемого размера вследствие приложения к обрабатываемой детали силы зажима.

Вследствие того что обработка детали осуществляется в жестком приспособлении, то погрешность закрепления оказывает несущественное влияние на точность обработки и далее в расчетах не учитывается, то есть можно скомпенсировать и  $\varepsilon_3 = 0$ .

Погрешность приспособления появляется за счет неточного изготовления приспособления, его сборки и износа установочных элементов в процессе эксплуатации.

В данном случае погрешность приспособления рассчитывается без учета износа установочных элементов. Эта погрешность будет складываться из:

- отклонения оси цанги от оси В – 0,02 мм;
- отклонения оси цанги от перпендикулярности относительно оси В – 0,02 мм;

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 0,02 + 0,02 = 0,04 \text{ мм.}$$

Находим, погрешность установки:

$$\varepsilon_{\text{уст}} = \sqrt{0,032^2 + 0,04^2} = 0,05 \text{ мм.}$$

Расчет приспособления на точность заключается в том, чтобы приспособление было работоспособным, позволяло получить заданные размеры обрабатываемой детали.

Для нашего случая допуск на получаемый размер обрабатываемой детали по чертежу составляет 0,31 мм, а приспособление дает погрешность 0,05 мм.

Таким образом, приспособление позволяет вести обработку заготовок и получать годные детали, то есть полученные размеры будут лежать в установленных пределах.

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

### 3.2 Расчет канавочного резца

Резец – инструмент, который используется для обработки поверхностей различной степени точности. Резцом можно обработать плоские, цилиндрические, конические фасонные и резьбовые поверхности

Для получения торцевой канавки на операции 010 в качестве режущего инструмента выбираем резец канавочный.

Проектирование резца производим по каталогу-справочнику. При глубине резания  $t = 1$  мм выбираем резец прямой канавочный с паяным креплением пластины. Определим диапазон диаметральных размеров получения канавки  $d_{\min} - d_{\max} = 16,45 \dots 25,6$  мм. По конструкции резец прямой. Длина вылета головки резца должна быть как можно меньше  $a_r = 18$  мм. Сечение державки  $20 \times 16$  мм. Назначаем длину частям резца  $l_1 = 130$  мм,  $l_3 = 115$  мм,  $f_1 = 20$  мм,  $h_1 = 12$  мм.

Определим режимы резания при геометрических параметрах пластины и обработке сплава АМгб: ширина пластины  $l_a = 3$  мм, радиус при вершине  $r_e = 0,3$ , задний угол  $\alpha_n = 12^\circ$ ,  $\alpha_{pf} = 12^\circ$ , передний угол  $\gamma_1 = 12^\circ$ , угол в плане  $\varphi_1 = 3^\circ$ , передний угол  $\gamma_2 = 12^\circ$ , угол в плане  $\varphi_2 = 3^\circ$ . Осевая подача  $S_{OC} = 0,1$  мм/об, радиальная подача  $S_{РАД} = 0,1$  мм, удельная сила резания  $P_Z = 2200$  Н/мм<sup>2</sup>, скорость резания  $V_C = 250,8$  м/мин. Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (34)$$

$$n = 3120 \text{ об/мин.}$$

Выберем материал державки резца – сталь 45.

Произведем проверочный расчет на прочность резца. Предел прочности  $\sigma_b = 700$  МПа =  $70$  кг/мм<sup>2</sup>. При расчете учитываем, что опасным сечением резца является место перехода от головки резца к телу.

$$\text{Предел прочности на изгиб } \sigma_{II} = 300 \text{ МПа} = 30 \text{ кг/мм}^2.$$

Определим максимальную нагрузку, допускаемую прочностью резца:

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

$$P_{Z \text{ доп}} = \frac{B \cdot H^2 \cdot \sigma_{\text{И}}}{6 \cdot a_r} \geq P_Z, \quad (35)$$

где В и Н – размеры державки, 20x16 мм.

$$P_{Z \text{ доп}} = \frac{20 \cdot 16^2 \cdot 300}{6 \cdot 25} = 14222,2 \text{ МПа} = 1422,2 \text{ кгс.}$$

Необходимое условие выполняется  $P_Z \leq P_{Z \text{ доп}}$ ;  $2200 \text{ МПа} \leq 14222,2 \text{ МПа}$ .

Максимальная нагрузка, допускаемая жесткостью резца, определяется по формуле 36:

$$P_{Z \text{ жест}} = \frac{3 \cdot f \cdot E \cdot J}{a_r^3}, \quad (36)$$

где f – допускаемая стрела прогиба резца:

при черновом точении –  $f = 0,1 \text{ мм}$ ;

при чистовом точении –  $f = 0,05 \text{ мм}$ ;

E – модуль упругости материала резца,  $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ ;

J – момент инерции сечения державки.

Момент инерции сечения державки для прямоугольного сечения определяется:

$$J = \frac{B \cdot H^3}{12} \quad (37)$$

$$J = \frac{20 \cdot 16^3}{12} = 6826,6 \text{ мм}^4.$$

$$P_{Z \text{ жест}} = \frac{3 \cdot 0,05 \cdot 200000 \cdot 6826,6}{18^3} = 3511625 \text{ Н} = 351162,5 \text{ кгс.}$$

Необходимое условие выполняется,  $P_Z \leq P_{Z \text{ жест}}$ ;  $22000 \leq 3511625$ .

Расчет паяного соединения.

Условие на разрыв:

$$Q_{\text{раз}} \leq F \cdot [\sigma_p], \quad (38)$$

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

где  $Q_{\text{раз}}$  – усилие, возникающие на конце внутренней части пластины,  
 $Q_{\text{раз}}=220\text{Н}$ ;

$F$  – площадь сечения паянного соединения,  $F = 256 \text{ мм}^2$ ;

$[\sigma_p]$  – допустимое напряжение при растяжении, МПа.

Величину  $[\sigma_p]$  берем для стали 45 [12, табл. 16],  $[\sigma_p]_{\text{т}} = 140 \text{ МПа}$ .

Определим  $[\sigma_p]_p$  и сравним её с  $[\sigma_p]_{\text{т}}$ . Если  $[\sigma_p]_p \leq [\sigma_p]_{\text{т}}$ , то условие соединения на разрыв будет выполнено. Выразим из уравнения  $[\sigma_p]_p$ .

$$[\sigma_p]_p = \frac{Q_{\text{раз}}}{F}, \quad (39)$$

Отсюда:

$$[\sigma_p]_p = \frac{220}{256} = 0,85 \text{ МПа}$$

Следовательно,  $[\sigma_p]_p \leq [\sigma_p]_{\text{т}}$  ( $0,85 \text{ МПа} < 140 \text{ МПа}$ ), значит, условие соединения на разрыв выполняется.

### 3.3 Расчет и проектирование измерительного инструмента

Для контроля обработанной поверхности применяются унифицированные измерительные инструменты. Но в редких случаях выгодней использовать специальный контрольно-измерительный инструмент. Так же в серийном типе производства применяются стандартные измерительный инструмент (штангенциркуль, микрометр, угломер, индикатор).

Для контроля готовых размеров деталей применяют разнообразные инструменты. Контроль готовых размеров изделия, изготовленный по допускам, используют предельные калибры. Для проверки валов применяется калибры-скобы, для контролирование отверстий применяется калибры-пробки.

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

### 3.3.1 Расчет контрольного приспособления для измерения радиального биения

Контрольное приспособление для измерения радиального биения диаметра 27,1h11 мм, представленное на рисунке 15, состоит из стойки (4), на стойке установлена шлицевая прямобочная оправка (3), на которой крепится деталь.

На столе (7) установлены штатив с часовым индикатором (10) МИГ 1, который измеряет отклонения от радиального биения.

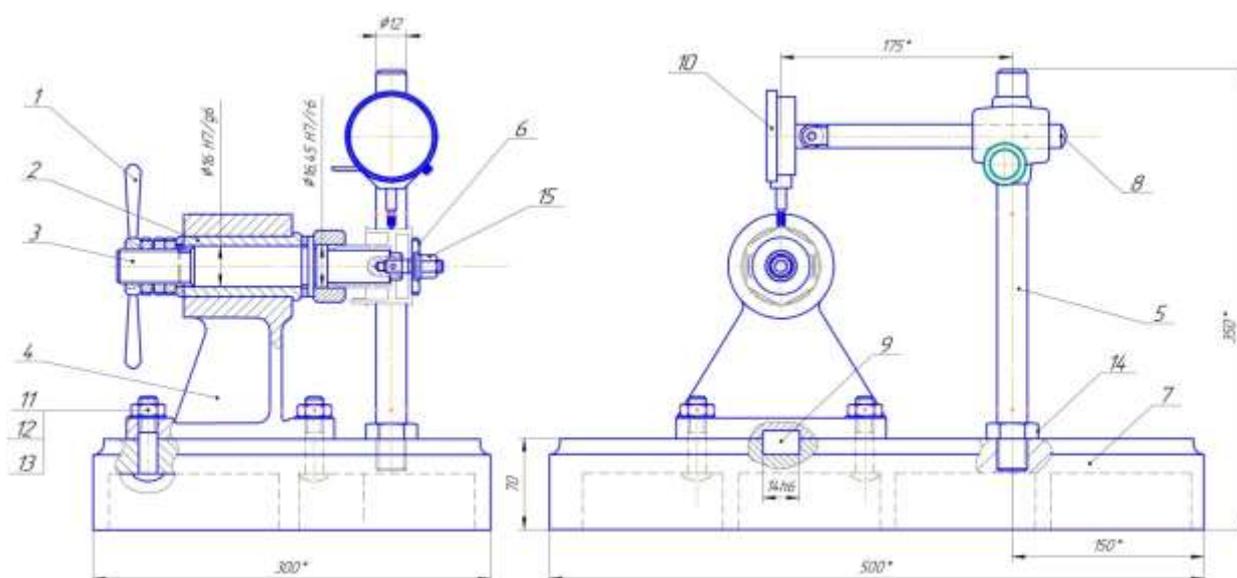


Рисунок 15 – Контрольное приспособление для измерения радиального биения

В первую очередь находим допустимую погрешность измерения  $[\epsilon_{\text{изм}}]$  для рассматриваемого приспособления по указанному контролируемому параметру – радиальное биение с допуском 0,019 мм. На основе данных [3, табл. 3.1] принимаем  $[\epsilon_{\text{изм}}] = 0,03$  мм.

Затем находим фактическую погрешность измерения для данного контрольного приспособления  $\epsilon_{\text{изм}}$ , она должна удовлетворить условия меньше или равно указанной допустимой погрешности.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Определять погрешность будем по этой формуле:

$$\varepsilon_{\text{изм}} = \varepsilon_{\text{ну}} + \varepsilon_{\text{ип}} + \varepsilon_{\text{им}} + \sqrt{\varepsilon_{\text{нб}}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{\text{ис}}^2 + \varepsilon_{\text{зп}}^2 + \varepsilon_{\text{си}}^2 + \varepsilon_{\text{др}}^2} \quad (40)$$

Находим все составляющие данной формулы, которые можно не учитывать в расчете данной формулы из-за особенности конструкции приспособления и применяемой схемы измерения.

Погрешность изготовления установочных элементов приспособления можно не учитывать в расчете т.к. она не влияет на процесс измерения, значит, составляющая  $\varepsilon_{\text{ну}}$  из расчетной формулы можно убрать.

Понятно, что при контроле не происходят смещения измерительной базы детали от заданного положения под влиянием измерительных сил, поэтому составляющая  $\varepsilon_{\text{ис}}$  тоже можно убрать.

В данной конструкции приспособления нету зажимных элементов, не используются меры и эталоны и не используются передаточные устройства, значит, исключаем погрешности  $\varepsilon_{\text{им}}$ ,  $\varepsilon_{\text{ип}}$ ,  $\varepsilon_{\text{зп}}$ .

Окончательно получаем следующую расчетную формулу:

$$\varepsilon_{\text{изм}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{нб}}^2 + \varepsilon_{\text{си}}^2 + \varepsilon_{\text{др}}^2} \quad (41)$$

В качестве средства измерения в приспособлении используется индикатор 1МИГ с ценной деления 0,001 мм и диапазоном измерения от 0-1мм. Погрешность средства измерения [3, табл. 3.4]  $\varepsilon_{\text{си}} = 0,0025$  мм.

Другие погрешности, вызванные действием случайных факторов, определим, как часть допуска на контролируемый параметр в соответствии с [3, п. 3.7.1]

$$\varepsilon_{\text{др}} = 0,05 \cdot 0,013 = 0,00065 \text{ мм.}$$

Находим суммарную погрешность измерения спец. приспособления в направлении контролируемого параметра – радиальное биение поверхности, по полученной ранее формуле (41):

$$\varepsilon_{\text{изм}} = \sqrt{0,003^2 + 0,0025^2 + 0,00065^2} = 0,005 \text{ мм.}$$

Сравниваем условие пригодности рассматриваемого приспособления, проверяем расчетную величину фактической погрешности измерения с максимально допустимым значением. В данном условии фактическая величина должно быть меньше или равна допустимому значению:

$$\varepsilon_{\text{изм}} \leq [\varepsilon_{\text{изм}}] \quad (42)$$

По неравенству проверяем выполнение условия:

$$0,005 \text{ мм} \leq 0,03 \text{ мм.}$$

Данные условие выполняются. Так что, данное контрольно-измерительное приспособление полностью соответствует требованиям точности измерительной оснастки и может применяться для замеров в контрольной операции.

### 3.4 Ввод по разделу

В данном разделе было рассчитано зажимного приспособления для фрезерной операции ЧПУ, проектирование режущего инструмента. А так же расчет контрольного приспособления

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

#### 4 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

Проектирование планировки участка механической обработки детали типа «Проставка»

В механический цех входят вспомогательные отделения и складские помещения. На размеры цеха могут влиять поставленные производственные задачи. Не редко бывает, что отделения и складские помещения объединяются, в некоторых случаях отделения представляют общими для нескольких цехов.

Для хранения запасов отливок, поковок, штамповок существует склад заготовок. И чаще всего он соединяется с заготовительным производством.

Главой задачей склада является регулярное и бесперебойное снабжение заготовками работающих станков. Поэтому количество заготовок на складе не велико.

Находим площадь склада заготовок по формуле :

$$S_{с.з.} = \frac{Q_1 \cdot t_1}{\Phi \cdot q_1 \cdot k}, \quad (43)$$

где  $S_{с.з.}$  – площадь склада заготовок,  $m^2$ ;

$Q_1$  – масса заготовок, обрабатываемых на участке в течение года ( $Q_1 = 0,064$  т);

$t_1$  – количество дней запаса заготовок ( $t_1 = 10$  дней);

$\Phi$  – число рабочих дней в году ( $\Phi = 247$  дней);

$q_1$  – грузонапряженность на пол склада ( $q_1 = 2 \div 2.5$  тт/  $m^2$ );

$k$  – коэффициент использования площади склада, учитывающий проходы и проезды ( $k = 0,5$ ).

$$S_{с.з.} = \frac{0,064 \cdot 10}{247 \cdot 2,5 \cdot 0,5} = 0,002 \text{ м}^2.$$

Из-за того что расчетная площадь мала , склад для заготовок находится в общецеховом складе заготовок.

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

Для хранения деталей в ходе их производства (между операциями обработки), для хранения полуфабрикатов, используется межоперационный склад.

Площадь склада определяется по средней массе  $Q_2$  (больше чистого веса деталей на 7 – 9%), и так же по количеству заходов деталей в промежуточную кладовую и по длительности нахождения деталей на складе.

Площадь межоперационного склада определяется по формуле

$$S_{\text{с.м.}} = \frac{Q_2 \cdot t_2 \cdot i}{\Phi \cdot q_2 \cdot k}, \quad (44)$$

где  $S_{\text{с.м.}}$  – площадь межоперационного склада,  $\text{м}^2$ ;

$Q_2$  – средняя масса деталей,  $Q_2 = 0,062 \text{ т}$ ;

$t_2$  – количество дней запаса деталей,  $t_1 = 8$  дней;

$i$  – среднее количество операций, после которых детали будут заходить на склад ( $i = 2$ );

$\Phi$  – число рабочих дней в году ( $\Phi = 247$  дней);

$q_2$  – грузонапряженность на пол склада ( $q_1 = 1 \div 1,6 \text{ тт/}^2$ );

$k$  – коэффициент использования площади склада, учитывающий проходы и проезды ( $k = 0,5$ ).

$$S_2 = \frac{0,062 \cdot 8 \cdot 2}{247 \cdot 1,6 \cdot 0,5} = 0,005 \text{ м}^2$$

Площадь склада готовых деталей определяется по формуле :

$$S_{\text{с.г.}} = \frac{Q_3 \cdot t_3}{\Phi \cdot q_3 \cdot k}, \quad (45)$$

где  $S_{\text{с.г.}}$  – площадь склада готовых деталей,  $\text{м}^2$ ;

$Q_3$  – чистая масса ( $Q_3 = 0,057 \text{ т}$ );

$t_3$  – количество дней запаса деталей ( $t_1 = 5$  дней);

$\Phi$  – число рабочих дней в году ( $\Phi = 247$  дней);

$q_3$  – грузонапряженность на пол склада ( $q_1 = 0,4 \div 0,6 \text{ тт/}^2$ );

$k$  – коэффициент использования площади склада, учитывающий проходы и проезды ( $k = 0,4$ ).

$$S_3 = \frac{0,057 \cdot 5}{247 \cdot 0,6 \cdot 0,4} = 0,004 \text{ м}^2$$

Из-за не большой площади, склад готовых деталей располагается в общецеховом складе готовых деталей.

Площадь ИРК рассчитываем по количеству обслуживаемого оборудования. Исходя из типа производства и габаритных размеров деталей принимаем площадь ИРК на один станок равным  $0,7 \text{ м}^2$ , а площадь приспособлений на один производственный станок –  $0,4 \text{ м}^2$ .

Следовательно, общая площадь ИРК равна  $(0,7 + 0,4)3 = 3,3 \text{ м}^2$ .

Эта площадь участка входит в площадь ИРК цеха.

Определим площадь контрольного отделения.

Площадь контрольного отделения определяется по числу контролеров. В нашем случае число контролеров – 1 человек. На одного контролера в среднем принимается  $3 \text{ м}^2$  площади.

Расчет ширины пролета здания и укрупненной площади участка.

Ширина пролета здания цеха, где находится проектируемый участок, зависит от габаритов технологического и грузоподъемного оборудования. Если технологическое оборудование на участке мелкое или среднее, то ширину пролета можно принять 16 м, но не шире 24 м. Для крупных и уникальных станков – 24 или 30 (36) м.

Принимаем ширину пролета здания 18 м.

Укрупнено площадь участка можно определить исходя из удельной площади, приходящейся на единицу оборудования. Удельная площадь для мелкого оборудования принимается равным примерно от 20 до  $25 \text{ м}^2$ , для среднего – от 30 до  $35 \text{ м}^2$ , для крупного – от 45 до  $60 \text{ м}^2$ .

Площадь, рассчитанная по удельной площади, применяется для предварительной компоновки и уточняется при распланировке всего

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

оборудования, рабочих мест, с учетом разрывов, предусмотренных нормами технологического проектирования и подъемно-транспортных устройств. Укрупненная площадь участка  $S = 105 \text{ м}^2$ .

В серийном и массовом производстве оборудование расставляют по ходу технологического процесса (то есть в порядке следования технологических операций), а в мелкосерийном и единичном чаще по типам станков.

Правильная планировка рабочего места и его организация имеет особое значение для увеличения производительности труда, уменьшения утомляемости рабочего, для устранения потерь времени на лишнее хождение, для удобного расположения инструмента, заготовок. Рабочее место оборудуется тумбочкой, в которой хранятся инструменты постоянного пользования и средства по уходу за станком.

Заготовки приходят с заготовительного склада. Доставку заготовок осуществляют на электрокаре. Транспортирование заготовок к рабочим местам осуществляется с помощью тележек, подвод сжатого воздуха и СОЖ осуществляется централизованно.

Для установки и транспортировки станков, а также для перемещения тяжелых грузов и утилизации стружки используем кран мостовой грузоподъемностью 10 т. Ширина пролета в проектируемом варианте составляет 18 м. Она находится в зависимости от пролета мостового крана:

$$L = L_k + 2 \cdot l, \quad (46)$$

где  $l$  – расстояние от оси колонн до вертикальной оси кранового рельса, м;

В нашем случае  $L_k = 17 \text{ м}$  [22].

Исходя из рекомендаций и формул приведенного ниже литературного источника, определяем также высоту здания 12 м, расстояние от пола до головки подкранового рельса 6,15 м, недоход главного крюка мостового крана в обе стороны (1,2 м и 1,4 м).

Естественное и искусственное освещение проектируется в соответствии с действующими нормами (СНиП 11 – А.8 – 62, СНиП 11-А.9-62 и СНиП 11 – М.2-62). Разрез участка приведена на рисунке 16.

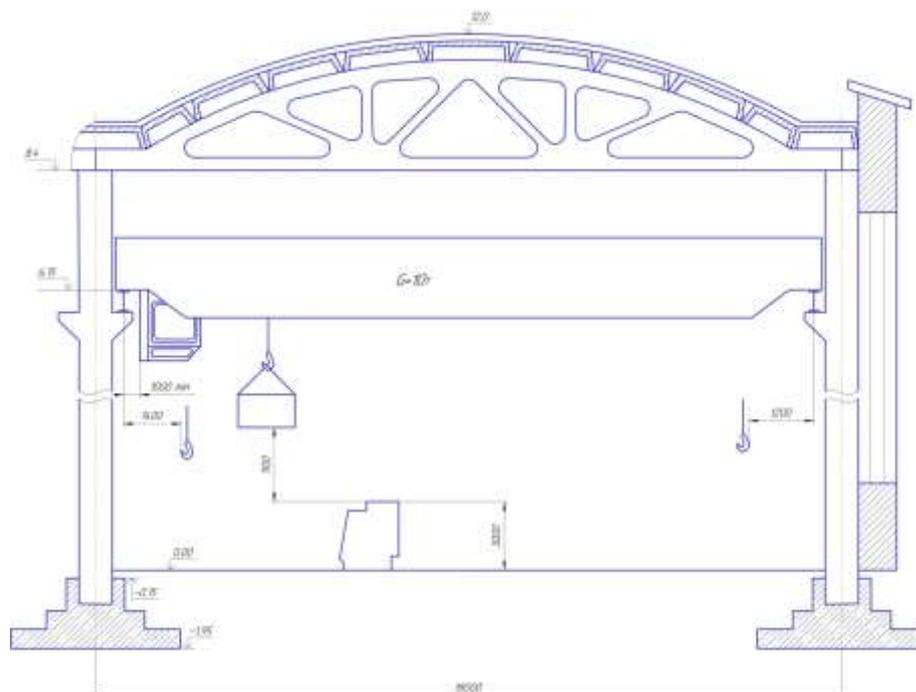


Рисунок 16 –Разрез здания

Техника безопасности и пожарной безопасности. На участке должны выполняться:

- общие правила техники безопасности и производственной санитарии для машиностроения;
- правила устройства электроустановок;
- правила технической эксплуатации и безопасность обслуживания электроустановок;
- все оборудование должно быть заземлено; для местного освещения используется напряжение не более 36 В.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.265 ПЗ

Лист

83

## 5 БЕЗОПАСОСТЬ ЖИЗНИДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Охрана труда для участка механической обработки изготовления детали «Проставка»

Человек подвергается воздействию опасностей в процессе трудовой деятельности. Эта деятельность осуществляется в пространстве, называемом производственной средой. В условиях производства на человека в основном действуют техногенные, т.е. связанные с техникой, опасности, которые принято называть опасными и вредными производственными факторами.

### 5.1 Опасные и вредные производственные факторы

Опасным производственным фактором (ОПФ) называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или к другому внезапному резкому ухудшению здоровья.

Вредным производственным фактором (ВПФ) называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности. Заболевания, возникающие под действием вредных производственных факторов, называются профессиональными.

К вредным и опасным производственным факторам при производстве детали «Проставка» в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 относятся:

#### 1) Физические:

- движущиеся машины и механизмы;
- подвижные части производственного оборудования;
- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень вибрации;

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- острые кромки заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования.

2) Химические:

- токсические и раздражающие химические вещества (аэрозоли, масла, свинец, кадмий и т.д.).

3) Биологические:

- микробы в СОЖ и продукты их жизнедеятельности.

4) Психофизиологические:

- физиологические перегрузки;
- монотонность труда.

## 5.2 Допуск к самостоятельной работе

К самостоятельной работе в качестве станочника допускаются лица не моложе 18 лет. Прошедшие медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний, прошедшие обучение по специальности и получившие квалификационное удостоверение, прошедшие стажировку от 2 до 14 смен. Прошедшие первичный инструктаж по охране труда на рабочем месте, имеющие группу по электробезопасности, знающие и умеющие оказать первую помощь пострадавшим и допущенные приказом по цеху на основании приказа по предприятию.

## 5.3 Отражение требований безопасности в технологической документации

При проектировании участка механической обработки детали «Проставка» разработка, организация и выполнение технологических процессов

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

холодной обработки металлов должны соответствовать ПОТ РМ-006-97 «Межотраслевые правила по охране труда при холодной обработке металлов», ГОСТ 12.3.002-75 «Процессы производственные. Общие требования к безопасности».

Санитарным правилам организации технологических процессов и гигиеническим требованиям к производственному оборудованию и другой действующей нормативно–технической документации, утвержденной в установленном порядке.

В технологической документации на обработку детали «Крышка» должны быть указаны основные и вспомогательные приспособления и инструменты, защитные и транспортные устройства и способы безопасного ведения работ.

При процессах холодной обработки металлов должны быть предусмотрены меры защиты работающих от воздействия опасных и вредных производственных факторов. Концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны и уровень опасных и вредных факторов не должен превышать значений, установленных ГН 2.2.5.686-98 «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

Организация и проведение технологических процессов холодной обработки металлов должны предусматривать:

- исключение непосредственного контакта рабочих с исходными материалами, заготовками, полуфабрикатами, готовой продукцией и отходами производства, оказывающими на них вредное воздействие;
- оптимальные режимы работы оборудования, обеспечивающие непрерывность технологического процесса, рациональный ритм работы людей, выполняющих отдельные технологические операции;
- применение дистанционного управления в автоматизированных поточных технологических процессах, комплексной механизации и автоматизации;

- использование защитных и блокировочных устройств, исключающих возникновение аварийных ситуаций, средства светового и звукового оповещения, сигнализирующих о нарушении технологического процесса;
- механизацию ручного труда.

#### 5.4 Требования безопасности к производственному оборудованию

При проектировании участка механической обработки детали «Проставка» производственное оборудование должно соответствовать требованиям безопасности в течение всего срока эксплуатации по ГОСТ 12.2.003-91 «Оборудование производственное. Общие правила безопасности». На оборудование для холодной обработки металлов должна быть нормативно–техническая документация (паспорт, инструкция по эксплуатации и др.), содержащая требования безопасности в соответствии с ПОТ РМ-006-97 «Межотраслевые правила по охране труда при холодной обработке металлов».

В нормативно–технической документации, прилагаемой к оборудованию, должны быть указаны:

- требования по обеспечению безопасности при транспортировании, монтаже (демонтаже), наладке, эксплуатации, обслуживании и ремонте оборудования;
- предельно допустимые уровни опасных и вредных производственных факторов, создаваемых им (шум, вибрация, запыленность, загазованность);
- удобство обслуживания;
- усилия, требуемые для управления и обслуживания.

Специальные требования безопасности, необходимость которых может быть вызвана особенностями конструкции станков и условиями их эксплуатации, должны также указываться в нормативно–технической документации на оборудование.

						15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			87

Подключение оборудования к электросети и его пуск должны производиться только после установки на место всех защитных и предохранительных устройств и с разрешения руководства цеха (участка).

Все эксплуатируемое оборудование должно находиться в исправном состоянии. Не допускается работа на неисправном оборудовании. Неиспользуемое длительное время и неисправное оборудование должно быть отключено от всех энергоносителей и технологических трубопроводов (электрическое напряжение, сжатый воздух, подводка СОЖ и др.).

#### 5.5 Требования безопасности при работе со смазочно–охлаждающей жидкостью

Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 17 декабря 2010 года № 1122н для защиты кожного покрова от воздействия СОЖ и пыли токсичных металлов должны применяться дерматологические защитные средства (профилактические пасты мази, биологические перчатки).

Допускается применять другие профилактические пасты и мази по рекомендациям органов Государственного санитарного надзора.

Защитные дерматологические средства не должны загрязнять производственные материалы и готовые изделия.

Требования к показателям защитных, эксплуатационных и физиолого–гигиенических свойств дерматологических средств должны устанавливаться нормативно–технической документацией на конкретные препараты.

Эмульсии, использованные на операциях лезвийной обработки металлов, для станков с индивидуальной системой охлаждения рекомендуется заменять 1 раз в месяц, а в летнее время – 1 раз в две недели; при обработке черных металлов – не реже 1 раза в две недели; при обработке сплавов, содержащих алюминий, – 1 раз в неделю.

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

Помещение, в котором проводятся работы должно быть оборудовано приточно–вытяжной вентиляцией.

При попадании СОЖ на кожу – снять загрязненную одежду, промыть кожу водой с мылом. При попадании жидкости на слизистую оболочку глаз – промыть глаза обильным количеством чистой воды при хорошо раскрытой глазной щели.

При разливе СОЖ в помещении или на открытой площадке необходимо собрать продукт в отдельную емкость. В помещении место разлива протереть ветошью, на открытой площадке – засыпать песком. После полного впитывания удалить ветошь и песок для дальнейшего обезвреживания.

#### 5.6 Требования безопасности при мойке деталей и узлов в моечных растворах

Мойку производим в специально отведенном рабочем месте с работающей вытяжной вентиляцией.

Во время промывки изделия специальными средствами, необходимо избегать попадания моющего средства на не защищенные участки тела.

В случае попадания моющего средства, необходимо немедленно обильно промыть холодной водой. Моющего средства, содержащие вредные химические вещества, применяют с учетом требований ПОТ РМ-004-98 «Межотраслевые правила по охране труда при работе с химическими веществами».

К непосредственной работе на оборудовании МА-10-395 и др. , допускаются лица имеющие должную квалификацию и прошедшие инструктаж по технике безопасной.

Для защиты работника согласно выполняемой работе, от вредных производственных факторов, применяют СИЗ, специальную одежду, специальную обувь.

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

## 5.7 Требования техники безопасности при выполнении работ на станках с ЧПУ

Должны исполняться требования по ГОСТ 12.2.072-98 «Роботы промышленные. Роботизированные промышленные комплексы. Требования безопасности и методы испытаний».

Различные виды станков необходимо иметь защитные устройства, ограждающие зону работы станка.

Для предотвращения травматизма на производстве в используемом оборудовании в входящих в состав автоматических линий или работающих отдельно, все движущие части станка, столы и барабаны, инструментальные магазины, движущиеся части транспортных и загрузочных устройств должны быть ограждены..

Станки с числовым программным управлением, автоматические линии необходимо иметь защиту:

- не позволяющие открыть защитные ограждения п во время работы;
- не допускать запуска цикла обработки при плохо закрепленной детали или при неправильном их положении на рабочих позициях;
- исключить самопроизвольных движение подъемников, транспортных устройств, механизмов поворота деталей, накопителей и других подвижных элементов станка или линии;
- исключающие возможность запуска нового автоматического цикла обработки до окончания предыдущего.

От всех станков автоматизированных линий и комплексов удаление стружки должно осуществляться автоматически.

Для контроля размеров обрабатываемой детали при работе линии в автоматическом режиме должны быть установлены специальные контрольные приборы. Должна быть исключена возможность снятия деталей вручную с рабочей позиции для контроля размеров во время работы линии.

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

Перед непосредственным запуском станка ЧПУ и оборудовании в составе ГПС необходимо произвести пробный цикл работы на холостом ходу.

## 5.8 Требования к рабочему месту

Для цеха холодной обработки металлов количество, тип, мощность и габариты устанавливаемого основного и вспомогательного оборудования, используемых транспортных средств и средств механизации, а также организацию цеховых складов следует принимать в зависимости от размеров обрабатываемых изделий и принятых технологий.

Размещение основного и вспомогательного оборудования, расстояния между оборудованием и стенами здания должны соответствовать действующим нормам технологического проектирования, строительным нормам и правилам, утвержденным в установленном порядке. Основное и вспомогательное оборудование цехов для холодной обработки металлов должно устанавливаться в соответствии с направлением основного грузопотока. Размещение производственного оборудования должно обеспечивать безопасность и удобство его обслуживания, ремонта, монтажа и демонтажа.

Планировка рабочего места должна обеспечивать свободный проход, доступ к пультам и органам управления оборудованием, удобство и безопасность действий при выполнении трудовых операций и отвечать требованиям СТПЕ 2379-91 «Требования к размещению производственного оборудования и организации рабочих мест», а также ГОСТ 12.2.033-78 «Рабочее место, при выполнении работ стоя» и ГОСТ 12.2.032-78 «Рабочее место при выполнении работ сидя».

На рабочих местах должны быть предусмотрены площадки, на которых располагают стеллажи, тару, столы и другие устройства для размещения оснастки, материалов, заготовок, полуфабрикатов, готовых деталей и отходов производства. Рабочие места должны находиться вне линии движения грузов,

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

переносимых грузоподъемными средствами. На каждом рабочем месте около станка на полу должны быть деревянные трапы на всю длину рабочей зоны, а по ширине не менее 0,6 м от наиболее выступающих частей станка.

Размещение оборудования и планировка рабочих мест в цехах и участках должны предусматривать возможность безопасной эвакуации персонала в случае чрезвычайной ситуации.

### 5.9 Требования к микроклимату

При проектировании участка механической обработки детали «Проставка» обеспечение комфортных условий для трудовой деятельности позволяет повысить качество и производительность труда, обеспечить хорошее самочувствие и наилучшие для сохранения здоровья параметры среды.

Параметрами микроклимата, при которых выполняет работу человек и от которых зависит теплообмен между организмом человека и окружающей средой являются:

- температура окружающей среды;
- скорость движения воздуха;
- относительная влажность воздуха.

Согласно ГОСТ12.1.005 «Общие санитарно–гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» первому разделу «Оптимальные и допустимые показатели микроклимата в производственных помещениях» условия труда подразделяются на:

- оптимальные – комфортные условия;
- допустимые – условия небольшого дискомфорта.

От периода года зависит способность организма к акклиматизации, следовательно и значение оптимальных и допустимых параметров. При нормировании различают теплый и холодный период года. При теплом периоде

года среднесуточная температура воздуха выше  $+10^{\circ}\text{C}$ , при холодном равна или ниже  $+10^{\circ}\text{C}$ .

В данном случае, при обработке детали «Проставка» условия труда – допустимые.

При нормировании параметров микроклимата, категорирование работ по тяжести выполняются разграничением на основе общих затрат энергии организмом в единицу времени. Согласно СанПиН 2.2.4.584–96:

1) категории работ разграничиваются на основе интенсивности энергозатрат организма в ккал/ч (Вт);

2) к категории Ia относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (ряд профессий на предприятиях точного приборо- и машиностроения, на часовом, швейном производствах, в сфере управления и т.п.);

3) к категории Ib относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121–150 ккал/ч (140–174 Вт), производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (ряд профессий в полиграфической промышленности, на предприятиях связи, контролеры, мастера в различных видах производства и т.п.);

4) к категории IIa относятся работы с интенсивностью энергозатрат 151–200 ккал/ч (175–232 Вт), связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения (ряд профессий в механосборочных цехах машиностроительных предприятий, в прядильно-ткацком производстве и т.п.);

5) к категории IIб относятся работы с интенсивностью энергозатрат 201–250 ккал/ч (233–290 Вт), связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (ряд профессий в механизированных литейных, прокатных, кузнечных,

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

термических, сварочных цехах машиностроительных и металлургических предприятий и т.п.);

б) к категории III относятся работы с интенсивностью энергозатрат более 250 ккал/ч (более 290 Вт), связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий (ряд профессий в кузнечных цехах с ручной ковкой, литейных цехах с ручной набивкой и заливкой опок машиностроительных и металлургических предприятий и т.п.).

Для обработки детали «Проставка» принимаем следующие показатели микроклимата указанные в таблице 9.

Таблица 9 – Оптимальные и допустимые нормы температуры

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iб (140–174)	21–23	20–24	60–40	0,1
Теплый	Iб (140–174)	22–24	21–25	60–40	0,1

#### 5.10 Требования к освещению, вентиляции, шуму, вибрации.

##### Отопление, вентиляция

Производственные и вспомогательные помещения цеха и участка должны быть оборудованы системами отопления, вентиляции в соответствии с требованиями СНиП 2.04.05-91 «Требования к системам отопления, вентиляции и кондиционирования», обеспечивающими на рабочих местах снижение содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны до значений, не превышающих предельно допустимых концентраций, а также

метеорологические условия, соответствующие гигиеническим требованиям к микроклимату производственных помещений.

Рекомендуется использовать воздушные системы отопления, совмещенные с приточной вентиляцией. В нерабочее время для дежурного отопления может быть использована рециркуляция воздуха. Для отопления должны применяться нагревательные приборы с гладкой, легко очищаемой от пыли, поверхностью. В производственных и вспомогательных помещениях применение бытовых и самодельных электронагревательных приборов запрещается.

В помещении цеха холодной обработки металлов допускается использовать естественную и искусственную вентиляцию. Выбор системы вентиляции должен обосновываться расчетом, подтверждающим обеспечение требуемых параметров воздушной среды в помещениях.

Помещение цеха (участка) для холодной обработки металлов должны быть оборудованы обще обменной приточно-вытяжной вентиляцией. При этом воздух должен подаваться в верхнюю зону помещения или рассеянно в рабочую зону со скоростью соответствующей нормативам. В зимнее время приточный воздух должен подогреваться.

Помещения, в которых хранятся концентраты СОЖ и готовятся рабочие растворы технологических жидкостей, должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией.

Очистка вентиляционных установок и воздуховодов от осевшей пыли и грязи выполняется не реже двух раз в год в нерабочие дни. Удаление сухой пыли и шлама из пылеотделителей должно быть механизировано.

Воздухозаборные устройства систем вентиляции следует размещать в зоне, где загрязненность воздуха вредными веществами составляет не более 30% от их ПДК рабочей зоны, на высоте не менее 2 м, а при размещении их в зеленой зоне – не менее 1 м от уровня земли до нижнего края патрубка. При этом

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

входные отверстия воздухозаборных устройств должны быть защищены от попадания в них посторонних частиц, предметов и т.д.

### Освещение

Основные правила и требования безопасности, связанные с освещением производственных помещений, содержатся в СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» и в СНиП II-А.9-71 «Искусственное освещение. Нормы проектирования» и направлены на обеспечение основной задачи производственного освещения – поддержания на рабочем месте освещенности, соответствующей характеру зрительных работ.

Производственное освещение делится на:

- естественное;
- искусственное;
- совмещенное.

Размеры объекта различения определяют характеристику работы и ее разряд:

- 1 разряд – наивысшей точности (размер объекта менее 0,15 мм);
- 2 разряд – очень высокой точности (0,15–0,5 мм);
- 3 разряд – высокой точности (0,31–0,5);
- 4 разряд – средней точности (0,51–1);
- 5 разряд – малой точности (1,1 –5 мм);
- грубая работа (при размере объекта более 5 мм).

Для обработки детали «Проставка» принимаем 4 разряд работ – средняя точность. В данных условиях принимаем совмещенное освещение: искусственное и естественное. Искусственное освещение – комбинированное: общее и местное. Освещенность не менее 500 лк.

### Шум и вибрация

При проектировании технологических процессов, разработке и модификации используемого оборудования следует применять разнообразные способы и средства понижения шума. Потому что шумовые характеристики

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		96

оборудования могут превышать уровень шума на рабочих местах, установленным гигиеническим нормативам СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах в помещениях общественных зданий и территории жилой застройки» или техническими условиями.

В зонах где уровень шума выше 80 дБ необходимо обозначить знаками безопасности. Так же следует снабдить необходимо средствами защиты рабочих для работы в таких условиях.

На предприятии необходимо осуществлять, контроль уровней шума на рабочих местах и установлены правила безопасной работы в условиях повышенного шума.

При использовании оборудования возникает определенный уровень вибрации, который не должен превышать значения, определенных гигиеническими нормативами СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Для снижения воздействия вибрации и устранения контакта рук с холодными металлическими поверхностями инструмента и ручек они должны покрываться гасящими вибрацию и теплоизолирующими материалами (пенопласт, пористая резина и т.п.) Обрабатываемые детали должны устанавливаться для исключения новых вибраций.

Рабочие оборудование может передавать вибрации непосредственно на рабочие места. Что бы исключить передачу вибрации на рабочие место, необходимо конструировать и закреплять с учетом обеспечения их виброизоляции. Если не удастся исключить вибрацию, то управления оборудованием должно осуществляться автоматически или дистанционно. Оборудование и инструмент в процессе, которого появляются вибрации около 20% от величин виброскорости и виброускорения, относится вибрирующему оборудованию.

Лицам работающим в условиях повышенного шума и вибрации, необходимо пройти медицинский осмотр при устройстве на работу, и так же

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		97

проходить плановый медицинский осмотр в соответствии с действующими приказами Минздрава России.

#### Электробезопасность

Воздействие электрического тока на организм человека:

– термическое – возникновения ожогов на отдельных участках тела, нагревом до высокой температуры органов, что вызывает значительные физические расстройства;

– электролитическое – проявляется в разложении различных жидкостей организма на ионы, в результате чего происходит нарушение их физико–химического состава и свойств;

– биологическое – проявляется в виде раздражения и возбуждения тканей организма, судорожного сокращения мышц, а также нарушения внутренних биологических процессов;

– механическое – разрыв тканей организма, кожи, сосудов, связок.

При разработке механического участка для обработки детали «Проставка» в помещении цеха присутствуют следующий фактор: возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединению с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой. Следовательно, делаем вывод, что данное помещение будет относиться к категории с повышенной опасностью по электробезопасности.

#### Пожаробезопасность

На предприятиях не обходимо соблюдать пожарную безопасность в соответствии со ППБ-01-2003 «Правила пожарной безопасности в РФ».

Во всех помещениях производства в зависимости от характера выполняемых работ, должны быть соблюдены все необходимые средства пожаротушения.

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98

Взрыво – и пожароопасные территории обязаны быть отделены от других территорий стенами из материалов, имеющих предел огнестойкости не менее 0,75 ч.

Во взрыво – и пожароопасных помещениях не рекомендуется использовать асфальтовые полы, настил из резины или линолеума.

Все производственные и подсобные помещения необходимо обеспечить первичными средствами пожаротушения и пожарным инвентарем. На каждые 400–800 м<sup>2</sup> площади цеха должны быть предусмотрены первичные средства пожаротушения. Их количество и состав должны соответствовать действующим нормам.

Места расположения, количество и состав первичных средств пожаротушения и пожарного инвентаря должны согласовываться с пожарной инспекцией.

Огнетушители должны быть опломбированы, иметь учетные номера и бирки, маркировочные надписи на корпусе, покрашены в красный сигнальный цвет и установлены на высоте не более 1,5 м от уровня пола. Тепловые или световые извещатели устанавливаются в помещениях для хранения растворителей, ЛВЖ, ГЖ, смазочных материалов, а также в местах, где расположены оборудование и трубопроводы по перекачке горючих жидкостей и масел. Световые извещатели размещают в помещениях с производством и хранением щелочных материалов, металлических порошков; тепловые – в помещениях, где возможно выделение пыли.

#### Охрана окружающей среды

Основными направлениями экологической политики предприятия являются:

– обеспечения требований Российского законодательства в области охраны окружающей среды и соблюдения качества окружающей среды в соответствии с нормативными требованиями;

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		99

– стабильный прогресс, предусматривающее одинаковое внимание к экономической, социальной и экологической составляющим;

– использование современных научных открытий и передовых технологических процессов в сфере охраны окружающей среды и достижения экологической безопасности; постоянное повышение результативности и экономической эффективности экологической деятельности;

– экологически безопасное обращение с радиоактивными отходами и отходами производства и потребления, внедрение ресурсосберегающих и малоотходных технологий в основных сферах хозяйственной деятельности;

– снабжение природоохранной деятельности финансовыми, технологическими и кадровыми ресурсами;

– эффективное управление экологическими рисками и предупреждение аварийных ситуаций;

– регулярное экологическое образование и просвещение персонала для всеобщего вовлечения его в экологическую деятельность;

– открытость и доступность экологической информации, взаимодействие с общественными экологическими организациями;

– развитие системы экологического менеджмента в соответствии с требованиями международных стандартов серии ИСО 14000.

Источники загрязнения окружающей среды, появляющиеся в процессе использования технологического процесса на разрабатываемом участке:

- 1) металлический отход (стружка);
- 2) использованная СОЖ;
- 3) использованные смазывающие жидкости;
- 4) использованная ветошь, опилки;
- 5) люминесцентные лампы.

На вентиляционное оборудование для снижения попадания в атмосферу вредных веществ (паров СОЖ, масел, абразивной пыли), закрепляются фильтры (пылеуловители, туманоуловители).

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100

В соответствии с ГОСТ 12.3.025-80 водные СОЖ меняются не меньше одного раза в 3 месяца, т.е. 4 раза в год.

Если организация не имеет участков по устранению и очистке производственных сточных вод. То отработанные жидкости собираются в спец.таре и транспортируются с территории цеха специально отведенные площадки на территории предприятия. На этой территории также свозятся тара с отработанными горюче-смазочными жидкостями, промасленный материал, люминесцентные лампы. Далее данные отходы транспортируются с территории предприятия специализированными предприятиями, осуществляющие утилизацией промышленных отходов.

Металлические отходы в виде стружки удаляются с территории цеха на специально отведенную площадь на территории завода. Затем отходы сортируются по материалу и транспортируется с территории организации на металлургические предприятия для вторичного использования. Сбор стружки и ее вывоз с территории цеха осуществляет разнорабочий.

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101

## 6 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Целью ниже приведенных расчетов является доказательство экономической выгоды изготовления деталь типа «Проставка» по спроектированному технологическому процессу. В базовом техпроцессе заготовка изготавливалась методом проката массой 0,1 кг (КИМ = 0,133). В предлагаемом технологическом процессе заготовку получаем методом отливки массой 0,0125 кг (КИМ = 0,86). Вес готовой детали 0,010 кг.

Определяем годовую программу запуска:

$$N_{\text{зап}} = \frac{N_{\text{вып}} \cdot 100\%}{100\% - \alpha}, \quad (47)$$

где  $N_{\text{вып}}$  – годовая программа выпуска,  $N_{\text{вып}} = 1$  шт;

$\alpha$  – процент технологических потерь,  $\alpha = 3\%$

$$N_{\text{зап}} = \frac{1 \cdot 100\%}{100\% - 3\%} = 1,00 \text{ шт}$$

Определим трудоемкость производственной программы:

$$T_p = N \cdot T_{\text{шт}} , \quad (48)$$

где  $N$  – годовая программа выпуска деталей,  $N = 1$  шт;

$T_{\text{шт}}$  – суммарное время изготовления одной детали, мин.

Проектируемый вариант:  $T_{\text{шт}} = 2,77$  ч.

Базовый вариант:  $T_{\text{шт}} = 4,25$  ч.

Действительный годовой фонд времени определяется по формуле :

$$F_d = F \cdot k \cdot m , \quad (49)$$

где  $F$  – номинальный годовой фонд времени при работе в 1 смену, равный произведению продолжительности рабочей смены в часах на число рабочих дней в году за вычетом праздничных сокращенных часов;

$k$  – коэффициент использования номинального фонда времени;

$m$  – число рабочих смен в сутки ( $m=2$ ).

Коэффициент использования номинального фонда времени оборудования, учитывающий время простоя его в ремонте принимается в % от номинального фонда времени и зависит от режима работы. При работе в 2 смены составляет 3%, то есть  $k = 0,97$ .

Подставляя в формулу данные, получаем:

$$F_{\text{д}} = 247 \cdot 8 \cdot 0,97 \cdot 2 = 3834 \text{ ч.}$$

Действительный годовой фонд времени работы рабочего определяется по формуле (14.4):

$$F_{\text{др}} = F_{\text{р}} \cdot k_{\text{р}}, \quad (50)$$

где  $F_{\text{р}}$  – номинальный годовой фонд времени рабочего (как и для оборудования равен 2008 ч.);

$k_{\text{р}}$  – коэффициент использования номинального фонда времени рабочего, учитывающий время отпуска и невыход рабочего по уважительным причинам. Принимается в размере 11% от номинального фонда времени ( $k_{\text{р}} = 0,89$ ).

Подставляя значения в формулу, получаем:

$$F_{\text{др}} = 247 \cdot 8 \cdot 0,89 = 1759 \text{ ч.}$$

Расчетное количество станков определяем по формуле :

$$C_{\text{р}} = \frac{T_{\sum \text{шт.}}}{F_{\text{д}}}, \quad (51)$$

где  $T_{\sum \text{шт.}}$  – суммарное штучное время, необходимое для обработки на станках данного типа годового количества деталей, ч;

$F_{\text{д}}$  – действительное число часов работы одного станка при работе в одну смену.

Или расчетное число станков равно:

$$C_{\text{р}} = \frac{T_{\text{шт.}} \cdot N}{60 \cdot F_{\text{д}}}, \quad (52)$$

где  $T_{шт}$  – штучное время для обработки одной детали на станках данного типоразмера, мин.

Определим коэффициент загрузки оборудования.

Отношение расчетного количества оборудования к принятому оборудованию – это коэффициент загрузки или использования оборудования. Коэффициент загрузки в среднесерийном производстве следует принимать равным 0,75...0,85. При большем значении оборудование будет перегружено и потребуются увеличение числа станков. При меньшем значении коэффициента – необходимо догружать станок другими операциями.

$$K_{зо} = \frac{C_p}{C_{пр}}, \quad (53)$$

Произведем расчеты для проектируемого варианта.

Операция 010, 015 – Токарно-фрезерная с ЧПУ. Станок MACTURN 250.

$$\sum T_{шт} = 56 \text{ мин.}$$

Расчетное число станков:

$$C_p = \frac{56 \cdot 1}{60 \cdot 3834} = 0,0002$$

Принятое число станков  $C_{пр} = 1$ .

Коэффициент загрузки оборудования  $K_{зо} = 0,0002$

Операция 030 – Фрезерная с ЧПУ. Станок HERMLE C800U.

$$\sum T_{шт} = 12,5 \text{ мин}$$

Расчетное число станков:

$$C_p = \frac{12,5 \cdot 1}{60 \cdot 3834} = 0,00005$$

Принятое число станков  $C_{пр} = 1$ .

Коэффициент загрузки оборудования  $K_{зо} = 0,00005$

Операция 020, 035 – Моечная. Моечная машина MA-10-395

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		104

$$\sum T_{шт} = 20 \text{ мин}$$

Расчетное число станков:

$$C_p = \frac{20 \cdot 1}{60 \cdot 3834} = 0,00008$$

Принятое число станков  $C_{пр} = 1$ .

Коэффициент загрузки оборудования  $K_{зо} = 0,00008$

Операции 005, 045, 055 – Контрольная. Стол контролера.

$$\sum T_{шт} = 35 \text{ мин}$$

Расчетное число оборудования:

$$C_p = \frac{35 \cdot 1}{60 \cdot 3834} = 0,0001$$

Принимаем  $C_{пр} = 1$

Коэффициент загрузки  $K_{зо} = 0,0001$

Операция 025, 040 – Слесарная. Верстак слесарный.

$$\sum T_{шт} = 18 \text{ мин.}$$

Расчетное число оборудования:

$$C_p = \frac{18 \cdot 1}{60 \cdot 3834} = 0,00008$$

Принимаем  $C_{пр} = 1$

Коэффициент загрузки  $K_{зо} = 0,00008$

Полученные данные для разрабатываемого технологического процесса  
сведем в таблицу 10:

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		105

Таблица 10 – Количество оборудования в проектируемом варианте

Используемое оборудование	Коэффициент загрузки оборудования	Количество оборудования
МАСТURN 250	0,0002	1
HERMLE C800U	0,00005	1
МА – 10 – 395	0,00008	1
Стол контролера	0,0001	1
Верстак слесарный	0,00008	1
	К <sub>з.о. ср.</sub> = 0,00231	∑ = 5

Из сделанных расчетов видно, что оборудование на участке имеет низкий коэффициент загрузки оборудования. Следовательно, появляется возможность дополнительно нагрузить имеющееся оборудование.

Произведем расчеты для базового варианта.

Операция 010, 015, 020, 025 – Токарная. Станок Schaublin-150.

$$\sum T_{шт} = 95 \text{ мин.}$$

Расчетное число станков:

$$C_p = \frac{95 \cdot 1}{60 \cdot 3834} = 0,0004$$

Принятое число станков  $C_{пр} = 1$ .

Коэффициент загрузки оборудования  $K_{зо} = 0,0004$

Операция 035, 045, 055 – Фрезерная. Станок 6P12.

$$\sum T_{шт} = 35 \text{ мин.}$$

Расчетное число станков:

$$C_p = \frac{35 \cdot 1}{60 \cdot 3834} = 0,0001$$

Принятое число станков  $C_{пр} = 1$ . Коэффициент загрузки оборудования  $K_{зо} = 0,0001$ .

Операции 030, 040, 050, 065 – Слесарные. Верстак слесарный.

$$\sum T_{шт} = 35 \text{ мин.}$$

Расчетное число оборудования:

$$C_p = \frac{35 \cdot 1}{60 \cdot 3834} = 0,0001$$

Принятое число верстаков  $C_{пр} = 1$ .

Коэффициент загрузки оборудования  $K_{зо} = 0,0001$ .

Операции 005, 070, 080 – Контрольные. Стол контролера.

$$\sum T_{шт} = 30 \text{ мин.}$$

Расчетное число столов:

$$C_p = \frac{30 \cdot 1}{60 \cdot 3834} = 0,00013$$

Принятое число оборудования  $C_{пр} = 1$ .

Коэффициент загрузки оборудования  $K_{зо} = 0,00013$ .

Операция 060 – Моечная. Моечная машина МА–10–395.

$$\sum T_{шт} = 10 \text{ мин.}$$

Расчетное число станков:

$$C_p = \frac{10 \cdot 1}{60 \cdot 3834} = 0,0004$$

Принятое число станков  $C_{пр} = 1$ .

Коэффициент загрузки оборудования  $K_{зо} = 0,0004$

Данные для базового технологического процесса сведем в таблицу 11:

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		107

Таблица 11 – Количество оборудования в базовом варианте

Используемое оборудование	Коэффициент загрузки оборудования	Количество оборудования
SHAUBLIN-150	0,0004	1
6P12	0,0001	1
Верстак слесарный	0,0001	1
Стол контролера	0,00013	1
МА-10-395	0,0004	1
	$K_{з.о. ср} = 0,00103$	$\Sigma = 5$

Рассчитаем количество основных работающих для проектируемого варианта.

Определение количества производственных рабочих ведем по каждой профессии отдельно, с учетом двухсменной работы. Для серийного производства количество производственных рабочих определяем по числу станков по формуле :

$$P_{ст} = \frac{T_{шт} \cdot N}{60 \cdot F_{д.р.} \cdot S_p}, \quad (54)$$

где  $S_p$  – количество станков, на которых может одновременно работать один рабочий (для калькуляционного производства  $S_p = 1,3...1,5$ ).

Если рассчитанное количество производственных рабочих получится дробное, то его округляем до целого числа.

Произведем расчеты для проектируемого варианта.

Операция 010, 015 – Токарно-фрезерная с ЧПУ. Станок MACTURN 250.

$$\sum T_{шт} = 56 \text{ мин.}$$

$$P_{ст} = \frac{56 \cdot 1}{60 \cdot 1759 \cdot 1} = 0,0005$$

С учетом двухсменной работы принимаем  $P_{ст} = 1$  человек.

Коэффициент занятости  $K_з = 0,0005$

Операция 030 – Фрезерная с ЧПУ. Станок HERMLE C800U.

$$\sum T_{шт} = 12,5 \text{ мин.}$$

$$P_{ст} = \frac{12,5 \cdot 1}{60 \cdot 1759 \cdot 1} = 0,0001$$

С учетом двухсменной работы принимаем  $P_{ст} = 1$  человек.

$$\text{Коэффициент занятости } K_3 = 0,0001$$

Операция 025, 040 – Слесарная. Верстак слесарный.

$$\sum T_{шт} = 18 \text{ мин.}$$

$$P_{ст} = \frac{18 \cdot 1}{60 \cdot 1759 \cdot 1} = 0,00017$$

С учетом двухсменной работы принимаем  $P_{ст} = 1$  человек.

$$\text{Коэффициент занятости } K_3 = 0,00017$$

Полученные данные для проектируемого варианта сведем в таблицу 12.

Таблица 12 – Количество основных рабочих в проектируемом варианте

Специальность	Коэффициент занятости персонала	Количество персонала
Наладчик станка MACTURN 250	0,0005	1
Наладчик станка HERMLE C800U	0,0001	1
Слесарь	0,00017	1
	$K_{з. ср.} = 0,00077$	$\sum = 3$

Произведем расчеты для базового варианта.

Операция 010, 015, 020, 025 – Токарная. Станок Schaublin-150.

$$\sum T_{шт} = 95 \text{ мин.}$$

$$P_{ст} = \frac{95 \cdot 1}{60 \cdot 1759 \cdot 1} = 0,0009$$

С учетом двухсменной работы принимаем  $P_{ст} = 1$  человек.

Коэффициент занятости  $K_z = 0,0009$

Операция 035, 045, 055 – Фрезерная. Станок 6P12.

$$\sum T_{шт} = 35 \text{ мин.}$$

$$P_{ст} = \frac{35 \cdot 1}{60 \cdot 1759 \cdot 1} = 0,0003$$

С учетом двухсменной работы принимаем  $P_{ст} = 1$  человек.

Коэффициент занятости  $K_z = 0,0003$

Операции 030, 040, 050, 065 – Слесарные. Верстак слесарный.

$$\sum T_{шт} = 35 \text{ мин.}$$

$$P_{ст} = \frac{35 \cdot 1}{60 \cdot 1759 \cdot 1} = 0,0003$$

С учетом двухсменной работы принимаем  $P_{ст} = 1$  человек.

Коэффициент занятости  $K_z = 0,0003$

Полученные данные для базового варианта сведем в таблицу 13.

Таблица 13 – Количество основных рабочих в базовом варианте

Специальность	Коэффициент занятости персонала	Количество персонала
Токарь	0,0009	1
Фрезеровщик	0,0003	1
Слесарь	0,0003	1
	$K_{з. ср.} = 0,0015$	$\sum = 3$

Рассчитаем заработную плату основных производственных рабочих проектируемого варианта, расчеты представим в таблице 14

Таблица 14– Расчет основной заработной платы в проектируемом варианте

Специальность	Разряд	Тарифная ставка, руб./час	Норма времени, мин	Расценка, руб.
Наладчик ЧПУ MACTURN 250	6	140,5	56	131,13
Наладчик ЧПУ HERMLE C800U	6	140,5	12,5	29,27
Слесарь	5	128,9	18	38,67
Итого			86,5	199,07

Основная зарплата основных рабочих на изготовление одной детали – 199,07 руб. С учетом премии 40% и районного коэффициента 20%, получаем основную зарплату на изготовление одной детали основных рабочих – 318,51 руб.

Рассчитаем заработную плату основных производственных рабочих базового варианта, расчет представим в таблице 15.

Таблица 15– Расчет основной заработной платы в базовом варианте

Специальность	Разряд	Тарифная ставка, руб./час	Норма времени, мин	Расценка, руб.
Токарь	6	128,9	95	204,09
Фрезеровщик	6	135,6	35	79,1
Слесарь	5	128,9	35	75,2
Итого			165	358,39

Основная зарплата основных рабочих на изготовление одной детали – 358,39 руб. С учетом премии 40% и районного коэффициента 20%, получаем основную зарплату на изготовление одной детали основных рабочих – 573,42 руб.

Дополнительная зарплата включает выплаты за непроработанное время, предусмотренное Законодательством о труде и коллективным договором (оплата времени отпусков, времени выполнения государственных и общественных обязанностей, льготных часов подростков, выходного пособия при увольнении).

Она определяется в процентном отношении от основной – 15%.

Проектируемый вариант:  $318,51 \cdot 0,15 = 47,77$  руб.

Базовый вариант:  $573,42 \cdot 0,15 = 86,01$  руб.

Рассчитаем начисления на заработную плату (единый социальный налог).

Они равны 30% от суммы основной и дополнительной заработных плат.

Проектируемый вариант:  $(318,51 + 47,77) \cdot 0,3 = 109,88$  руб.

Базовый вариант:  $(573,42 + 86,01) \cdot 0,3 = 197,83$  руб.

Общепроизводственные расходы равны 125,6% от основной зарплаты.

Проектируемый вариант:  $318,51 \cdot 1,256 = 400,05$  руб.

Базовый вариант:  $573,42 \cdot 1,256 = 720,21$  руб.

Общехозяйственные расходы равны 156,5% от основной зарплаты.

Проектируемый вариант:  $318,51 \cdot 1,565 = 498,49$  руб.

Базовый вариант:  $573,42 \cdot 1,565 = 897,40$  руб.

Рассчитаем стоимость основного материала.

В проектируемом варианте заготовка весит 0,0125 кг (НДС = 18%).

Цена заготовки составит: 4,58 руб.

В базовом варианте заготовка весит 0,1 кг (НДС = 18%).

Цена заготовки составит: 19,86 руб.

Считаем необходимые затраты, в том числе прямые затраты (основная и дополнительная заработные платы основных производственных рабочих, начисления на заработную плату, стоимость основного материала).

Проектируемый вариант:  $318,51 + 47,77 + 109,88 + 4,58 = 480,74$  руб.

Базовый вариант:  $573,42 + 86,01 + 197,83 + 19,86 = 877,12$  руб.

Рассчитаем косвенные расходы.

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		112

Определим численность вспомогательных рабочих.

Для выполнения вспомогательных работ в цехе в состав рабочего персонала включаются вспомогательные рабочие. К ним относятся мойщики, контролёры инструментальщики, кладовщики, транспортные и другие подсобные рабочие.

Определение потребного количества вспомогательных рабочих ведем с учетом того, что большая их часть выполняет общецеховые функции, обслуживая несколько участков цеха. В серийном производстве общее количество вспомогательных рабочих в цехе составляет 20-25% от числа производственных рабочих.

-контролеры ОТК – 1 контролер на 20 основных рабочих;

-транспортные рабочие – 8% от числа основных рабочих;

-мастер – 1 на участок;

-младший обслуживающий персонал цеха (МОП): уборщики цеховых и бытовых помещений – 2-3% от общего числа производственных рабочих (1 на 500 м<sup>2</sup> площади цеха);

-служащие цеха делятся на две категории: инженерно-технические работники (ИТР) – 16-22% от числа основных рабочих и счетно-конторский персонал (СКП) – 1,5-3% от числа основных рабочих.

Таким образом, подсчитывая, представим численность рабочих в проектируемом и базовом вариантах с помощью таблицы 16.

Таблица 16 – Численность вспомогательных рабочих

Специальность	Проектируемый вариант	Базовый вариант
Транспортные рабочие	1	1
Контролеры	1	1

Продолжение таблицы 16

Специальность	Проектируемый вариант	Базовый вариант
Мастер	1	1
Уборщица	1	1
Мойщик	1	1
Упаковщик	1	1
	$\Sigma = 6$	$\Sigma = 6$

Рассчитаем заработную плату вспомогательных рабочих в проектируемом варианте, результаты занесем в таблицу 17.

Таблица 17 – Расчет основной заработной платы вспомогательных рабочих в проектируемом варианте

Специальность	Часовая тарифная ставка, руб/час	Оклад
Транспортный рабочий	70,63	–
Контролер	80,90	–
Мастер	–	28000
Уборщица	63,47	–
Мойщик	69,47	–
Упаковщик	70,5	–
	$\Sigma = 6$	$\Sigma = 6$

Основная заработная плата определяется по формуле :

$$З = Ч \cdot F_{д.р.} \cdot К \cdot K_{з.ср.}, \quad (55)$$

где Ч – часовая тарифная ставка, руб./час;

$F_{д.р.}$  – действительный фонд времени рабочего ( $F_{д.р.}=1759$  ч.);

$K$  – количество рабочих данной специальности;

$K_{з.ср.}$  – средний коэффициент занятости по участку (составляет 0,00011 – для проектируемого варианта и 0,0003 – для базового варианта).

Транспортный рабочий:

$$З = 70,63 \cdot 1759 \cdot 1 \cdot 0,00011 = 13,66 \text{ руб.}$$

Контролер:

$$З = 80,9 \cdot 1759 \cdot 1 \cdot 0,00011 = 15,65 \text{ руб.}$$

Мастер:

$$З = 28000 \text{ руб.}$$

Уборщица:

$$З = 63,47 \cdot 1759 \cdot 1 \cdot 0,00011 = 12,28 \text{ руб.}$$

Мойщик:

$$З = 69,47 \cdot 1759 \cdot 1 \cdot 0,00011 = 13,44 \text{ руб.}$$

Упаковщик:

$$З = 70,5 \cdot 1759 \cdot 1 \cdot 0,00011 = 13,64 \text{ руб.}$$

Рассчитаем основную зарплату вспомогательных рабочих с учетом надбавок.

Основная зарплата вспомогательных рабочих – 68,67 руб. С учетом премии 40% и уральского коэффициента 20%, получаем основную зарплату вспомогательных рабочих – 109,87 руб.

Рассчитаем основную заработную плату вспомогательных рабочих в базовом варианте, результаты расчета зафиксируем в таблице 18.

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		115

Таблица 18 – Расчет основной заработной платы вспомогательных рабочих в базовом варианте

Специальность	Разряд	Часовая тарифная ставка, руб/час	Оклад
Транспортный рабочий	4	70,63	–
Контролер	5	80,90	–
Мастер	–	–	28000
Уборщица	2	63,47	–
Мойщик	2	69,47	–
Упаковщик	2	70,5	–

Транспортный рабочий:

$$З = 70,63 \cdot 1759 \cdot 1 \cdot 0,0003 = 37,27 \text{ руб.}$$

Контролер:

$$З = 80,9 \cdot 1759 \cdot 1 \cdot 0,0003 = 42,69 \text{ руб.}$$

Мастер:

$$З = 28000 \text{ руб.}$$

Уборщица:

$$З = 63,47 \cdot 1759 \cdot 1 \cdot 0,0003 = 33,49 \text{ руб.}$$

Мойщик:

$$З = 69,47 \cdot 1759 \cdot 1 \cdot 0,0003 = 36,65 \text{ руб.}$$

Упаковщик:

$$З = 70,5 \cdot 1759 \cdot 1 \cdot 0,0003 = 37,20 \text{ руб.}$$

Рассчитаем основную зарплату вспомогательных рабочих с учетом надбавок.

Основная зарплата вспомогательных рабочих – 187,3 руб. С учетом премии 40% и уральского коэффициента 20%, получаем основную зарплату вспомогательных рабочих – 299,68 руб.

Дополнительная зарплата включает выплаты за непроработанное время, предусмотренное Законодательством о труде и коллективным договором (оплата времени отпусков, времени выполнения государственных и общественных обязанностей, льготных часов подростков, выходного пособия при увольнении). Она определяется в процентном отношении от основной – 15%.

Проектируемый вариант:  $109,87 \cdot 0,15 = 16,48$  руб.

Базовый вариант:  $299,68 \cdot 0,15 = 44,95$  руб.

Рассчитаем начисления на заработную плату (единый социальный налог). Они равны 30% от суммы основной и дополнительной заработной платы.

Проектируемый вариант:  $(109,87 + 16,48) \cdot 0,30 = 35,378$  руб.

Базовый вариант:  $(299,68 + 44,95) \cdot 0,30 = 96,49$  руб.

Рассчитываем численность промышленно–производственного персонала (ППП):

Проектируемый вариант:  $3 + 6 = 9$  чел.

Базовый вариант:  $3 + 6 = 9$  чел.

Фонд оплаты труда промышленно-производственного персонала (ППП) – складывается из основной и дополнительной заработной платы основных производственных рабочих и вспомогательных рабочих.

Проектируемый вариант:  $318,51 + 47,77 + 109,87 + 16,48 = 492,63$  руб.

Базовый вариант:  $573,42 + 86,01 + 299,68 + 44,95 = 1004,06$  руб.

Рассчитаем затраты на материалы для эксплуатации – стоимость инструмента, приспособления принимаем в процентном соотношении к стоимости оборудования. В серийном производстве принимается 10...15%.

Проектируемый вариант:

$Z_M = (40000000 + 30000000 + 1135200) \cdot 0,1 = 7113520$  руб.

Базовый вариант:

$Z_M = (40000000 + 40000000 + 1135200) \cdot 0,1 = 8113520$  руб.

Затраты на электроэнергию рассчитываем по формуле (13.10):

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		117

$$Z_{\text{ЭЛ}} = \sum T_{\text{маш}} \cdot \frac{\sum N_i \cdot K \cdot S \cdot C_i}{60 \cdot \eta}, \quad (56)$$

где  $T_{\text{маш}}$  – машинное время, мин;

$N_i$  – мощность электродвигателя, кВт;

$K$  – коэффициент ( $K = 0,8 \dots 0,9$ );

$S$  – стоимость 1 кВт · ч ( $S = 4,25$  руб);

$\eta$  – КПД электродвигателей ( $\eta = 0,85 \dots 0,9$ );

$C_i$  – количество станков данной модели.

Определим основное (машинное) время  $T_{\text{маш}}$  и мощность двигателя для каждого из станков проектируемого варианта:

- токарная операция с ЧПУ MACTURN 250: 56 мин (при этом  $N = 7,5$  кВт);

- фрезерные с ЧПУ операции HERMLE C800U: 12,5 мин (при этом  $N = 30$  кВт)

-мочные операции MA–10–395: 20 мин (при этом  $N = 10$  кВт).

Подставив численные данные (вынося за скобку общий множитель), получим:

Проектируемый вариант:  $Z_{\text{ЭЛ}} = 49,74$  руб..

Для базового варианта:

- токарная операция SHAUBLIN 150: 95 мин (при этом  $N = 10$  кВт);

- фрезерная операция 6P12: 35 мин (при этом  $N = 7$  кВт);

- мочные операции MA–10–395: 10 мин (при этом  $N = 10$  кВт);

Подставив численные данные, получим:

Базовый вариант:  $Z_{\text{ЭЛ}} = 199,14$  руб.

Подсчитаем амортизационные отчисления с каждой детали по формуле:

$$A = \frac{\sum C_m \cdot S_m \cdot H_A \cdot K_3}{N}, \quad (57)$$

где  $C_m$  – количество станков данной модели;

$S_m$  – стоимость оборудования;

$N_A$  – годовая норма амортизационных отчислений (6% на станки с ЧПУ, 8% на универсальные станки);

$K_3$  – коэффициент загрузки оборудования.

Проектируемый вариант:

$A = 67,2$  руб.с детали.

Базовый вариант:

$A = 176,63$  руб.с детали.

Затраты на текущий ремонт составляют 10...15% от стоимости оборудования.

Проектируемый вариант:

$Z_M = (40000000 + 30000000 + 1135200) \cdot 0,1 = 7113520$  руб.

Базовый вариант:

$Z_M = (40000000 + 40000000 + 1135200) \cdot 0,1 = 8113520$  руб.

Считаем необходимые затраты, в том числе косвенные затраты (материалы для эксплуатации, затраты на электроэнергию, амортизационные отчисления, основную и дополнительную заработную плату вспомогательных рабочих, начисления на заработную плату вспомогательных рабочих).

Проектируемый вариант:  $492,63 + 67,2 = 559,83$  руб.

Базовый вариант:  $1004,06 + 176,63 = 1180,69$  руб.

Прочие денежные расходы составляют 40% от косвенных.

Проектируемый вариант:  $\Pi = 559,83 \cdot 0,4 = 223,93$  руб.

Базовый вариант:  $\Pi = 1180,69 \cdot 0,4 = 472,27$  руб.

Подсчитаем полную себестоимость – равна сумме прямых и косвенных затрат.

Проектируемый вариант:  $C = 480,74 + 223,93 = 704,67$  руб.

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		119

Себестоимость единицы изделия:  $C_{\Pi} = 704,67$  руб.

Базовый вариант:  $C = 877,12 + 472,27 = 1349,39$  руб.

Себестоимость единицы изделия:  $C_{\text{Б}} = 1349,39$  руб.

Экономический эффект единицы составит 644,72 руб.

В процентном выражении экономический эффект составит 60 %.

Результаты экономического сравнения сведем в таблицу 19.

Таблица 19 – Результаты экономического сравнения

Статья	Наим.	Проектируемый вариант	Базовый вариант	Изменение
Объем производства	шт.	1	1	-
Трудоемкость производства 1 детали	н./час	2,77	4,25	-1,48
Численность основных производственных рабочих	чел.	3	3	-
Общая численность работающих	чел.	9	9	-
Фонд оплаты труда ППП	руб.	492,63	1004,06	-511,43
Цеховая себестоимость детали				
Прямые затраты				
Стоимость основного материала	руб.	4,58	19,86	-15,28
Основная заработная плата основных рабочих	руб.	199,07	358,39	-159,32
Дополнительная заработная плата основных рабочих	руб.	47,77	86,01	-38,24
Начисления на заработную плату	руб.	109,88	197,83	-87,95
Косвенные затраты				
Затраты на электроэнергию	руб.	49,74	199,14	-149,4
Амортизационные отчисления	руб.	67,2	176,63	-109
Прочие денежные расходы	руб.	223,93	472,27	-248,34
Стоимость 1 детали	руб.	704,67	1349,39	-644,72

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.265 ПЗ

Лист

120

Продолжение таблицы 19

Статья	Наим.	ИТОГ
Экономический эффект с детали	руб.	644,72
Годовой экономический эффект	%	60

Таким образом, проектируемый вариант выгоднее с точки зрения экономики, чем базовый за счет применения высокоточного оборудования с ЧПУ, соблюдения принципа концентрации операции, сокращения числа рабочих.

На рисунке 17 показан график изменения стоимости партии деталей относительно количества изготавливаемых деталей для базового и проектного техпроцесса.

На нем видно в какой момент применение дополнительного оборудования будет целесообразно.

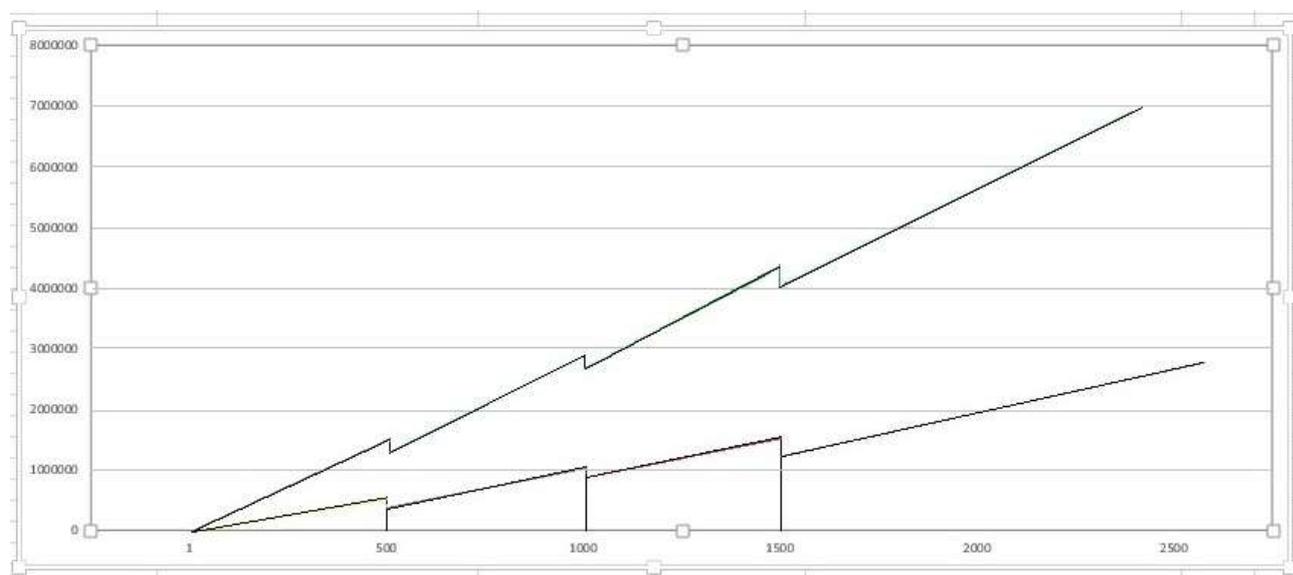


Рисунок 17 – График изменения стоимости партии деталей

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тема выпускной квалификационной работы: проектирование участка механической обработки детали «Проставка».

Во время выполнения выпускной квалификационной работы был проанализирован и усовершенствован технологический процесс изготовления детали. Было предложено и обосновано применение новых станков с ЧПУ и оснастки, что позволяет значительно сократить время обработки, облегчить труд рабочих и повысить культуру труда на предприятии.

Заготовка для данной детали может быть получена отливкой.

Приведен расчет режущего инструмента – резца канавочного для операции 010 «Токарная с ЧПУ», контрольного приспособления для измерения радиального биения размера  $\varnothing 27,1h11$  и зажимное приспособление для операции 020 «Фрезерная с ЧПУ».

К выпускной квалификационной работе прилагается комплект технологической документации.

Помимо выше упомянутых работ в данной выпускной квалификационной работе были достигнуты следующие цели и решения:

- выполнен размерный анализ детали;
- рассчитаны режимы резания;
- рассчитаны нормы времени.

Итогом выпускной квалификационной работы явился экономический эффект, который в рублях на одну деталь составляет 731,39 руб., что в процентном эквиваленте составляет 60 %, относительно базового технологического процесса.

Исходя из этого, следует вывод, что данный технологический процесс является технически грамотным и экономически выгодным, следовательно, может быть применен на производстве.

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		122

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тимирязев, В. А. Основы технологии машиностроительного производства [Электронный ресурс]: учебник для вузов по направлениям «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», «Автоматизация технологических процессов и производств» / В. А. Тимирязев, В. П. Вороненко, А. Г. Схиртладзе; Ред. В. А. Тимирязев. – СПб. : Лань, 2012 . – 448 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=3722](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3722)- ЭБС «Лань»
2. Дмитриев, В.А. «Обоснование метода получения заготовок»: учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. напр. подгот. «Основы технологии машиностроения»/ Сост. В.А. Дмитриев – Самара: Самар. гос. техн. ун – т, 2010. – 25 с.
3. Медовой, И.А. «Исполнительные размеры калибров»: справ. в двух кн. / И.А. Медовой, Я.Г. Уманский, Н.М. Журавлев. – М.: Машиностроение, 1980. – 384 с., ил.
4. Добрыднев, И.С. «Курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения»: учеб. пособие для техникумов по специальности «Обработка металлов резанием».– М.: Машиностроение, 1985. – 184 с., ил.
5. Яковлев, В.И. «Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках» / Под редакцией В.И. Яковлева. – М.: Изд. «Машиностроение», Б-66, 1-й Басманный пер., 3, 1966.–412 с.
6. Романов, А.Б. «Выбор посадок и требований точности» [Электронный ресурс]: справочно-методическое пособие/ Романов А.Б., Устинов Ю.Н. – Электрон. текстовые данные. – СПб.: Политехника, 2012. – 206 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16300>. –ЭБС «IPRbooks»
7. Каталог режущего инструмента SANDVIK.

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		123

8. Гречишников, В. А. «Режущие инструменты»: [учеб. пособие для вузов] / В.А Гречишников [и др.] . – 2-е изд., доп. и перераб. изд. – Старый Оскол: ТНТ, 2010. – 338 с.

9. Ловыгин, А. А. «Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система»: монография / А. А. Ловыгин, Л. В. Твердовский. - 4-е изд., полноцвет. – М.: ДМК, 2015. – 278 с.

10. Сысоев, С.К. «Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов»: учебное пособие для вузов по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / С. К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Лань, 2011 . – 352 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – Режим доступа:

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=711](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=711)– ЭБС «Лань»

11. Гуревич, Ю.Е. «Детали машин и основы конструирования»: учебник / Ю. Е. Гуревич, М. Г. Косов, А. Г. Схиртладзе. – М.: Академия, 2012. – 589 с.

12. Гродский, В.С. «Экономическая теория»: для бакалавров: учебное пособие для студентов бакалавриата, обучающихся по направлениям "Экономика" и "Менеджмент" / В. С. Гродский. – М.: Питер, 2013. – 208 с.

13. Романова, С.Ю. «Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ»: учебник / Под редакцией С.Ю. Романова. – М.: Экономика, 2000. – 207с.

14. Сысоев, С.К. «Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов: учебное пособие для вузов по направлению "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" /С. К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Лань, 2011. – 352 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – Режим доступа:[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=711](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=711)- ЭБС «Лань»

15. Иванов, И. С. «Расчет и проектирование технологической оснастки в машиностроении»: учеб. пособие / И. С. Иванов. – М.: Инфра–М, 2015. – 197 с.

					15.03.05.2020.265 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		124

16. Гуревич, Ю.Е. «Детали машин и основы конструирования»: учебник / Ю. Е. Гуревич, М. Г. Косов, А. Г. Схиртладзе. – Москва: Академия, 2012. – 589 с.

17. Гродский, В.С. «Экономическая теория для бакалавров»: учебное пособие для студентов бакалавриата, обучающихся по направлениям "Экономика" и "Менеджмент" / В. С. Гродский. – Москва: Питер, 2013. – 208 с.

18. Романова, С.Ю. «Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ»: учебник / Под редакцией С.Ю. Романова. – М.: Экономика, 2000. – 207с.

19. Агарков, А.П. «Теория организации. Организация производства»: интегрированное учебное пособие/ Агарков А.П., Голов Р.С., Голиков А.М. – Электрон. текстовые данные. – М.: Дашков К, 2015. – 271 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24819>. – ЭБС «IPRbooks»

20. Занько Н. Г. «Безопасность жизнедеятельности»: учеб. для вузов / Н. Г. Занько, Малаян К. Р., Русак О. Н.; под ред. О. Н. Русака. – 14-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Лань, 2012. – 672 с. – Режим доступа:[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4227](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4227) – ЭБС «Лань»

21. Фельдштейн, Е.Э. «Металлорежущие инструменты»: справочник конструктора / Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. – Минск: Новое знание, 2009. – 1039 с.

22. Электронный ресурс «Аддитивные технологии в машиностроении» – Режим доступа: <http://fb.ru/article/231049/additivnaya-tehnologiya-opisanie-opredelenie-osobnosti-primeneniya-i-otzyivyi-additivnyie-tehnologii-v-promyishlennosti>