

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Филиал федерального государственного автономного образовательного  
учреждения высшего образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(национальный исследовательский университет)»  
В г. Миассе  
Факультет «Машиностроительный»  
Кафедра «Технология производства машин»

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

УЧАСТОК МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ  
«КОРПУС ВИЛКИ СОЕДИНИТЕЛЯ»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
ЮУрГУ–15.03.05.2017.199.00 ВКР

Консультант:  
Строительный раздел  
Старший преподаватель  
кафедры ТПМ  
О.Б.Кучина \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

Руководитель работы:  
Старший преподаватель  
Кафедры ТПМ  
О.Б.Кучина \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

Консультант:  
БЖД  
Старший преподаватель  
кафедры ТПМ  
Е.С.Шапранова \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

Автор работы:  
Студент группы 546  
В.П. Ведерников \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

Консультант:  
Автоматизированное проектирование  
Старший преподаватель  
кафедры ТПМ  
Я. В. Высокорец \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

Нормоконтролер:  
Старший преподаватель  
кафедры ТПМ  
Е.С.Шапранова \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

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

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

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой, к.т.н.  
А.В. Плаксин \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

ЗАДАНИЕ  
на выпускную квалификационную работу студента  
Ведерникова Вячеслава Петровича

(Ф. И.О. полностью)

Группа 546

1. Тема работы

Участок механической обработки детали "Корпус вилки соединителя"

(название)

утверждена приказом по университету от 28.04 2017г. №835

2. Срок сдачи студентом законченной работы 16.06.17

3. Исходные данные к работе

1. Чертеж детали

2. Годовая программа выпуска – 1500 шт.

3. Режим работы – 2 сменный

4. Методические указания ВКР

5. Материал преддипломной практики

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

ВВЕДЕНИЕ

1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Описание детали

1.2 Анализ технологичности детали	
1.3 Выбор метода получения заготовки	
1.4 Выбор оборудования	
1.5 Разработка маршрута процесса обработки детали	
1.6 Размерный анализ	
1.6.1 Линейный размерный анализ	
1.6.2 Диаметральный размерный анализ	
1.7 Расчет режимов резания	
1.8 Нормирование времени	
1.9 Проектирование РТК	
1.9.1 Управляющая программа для токарного станка с ЧПУ (005 операция)	
2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ	
2.1 Расчет и проектирование патрона для 005 операции	
2.2 Расчет и проектирование контрольного приспособления для проверки соосности отверстия	
2.3 Расчет и проектирование схвата промышленного робота	
3 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ	
3.1 Выбор здания	
3.2 Выбор варианта расположения оборудования на участке механической обработки и расчет количества	
3.3 Проектирование подсистемы удаления стружки	
3.4 Проектирование подсистемы раздачи СОТС	
3.5 Выбор подъемно-транспортных устройств	
3.5 Выбор подъемно-транспортных устройств	
4 АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ	
4.1 Визуализация обработки на станке с ЧПУ детали «Корпус вилки соединителя»	
4.2 САД, 3D модель контрольного приспособления	
4.3 САПР, «Вертикаль» обработка детали	
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	
Комплект документов	
Спецификации	

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей, плакатов в листах формата А1)	
1. Чертеж заготовки	0,25
2. Размерный анализ	1
3. Карта РТК	1
4. Контрольное приспособление	1
5. 3D модель контрольного приспособления	0,5
6. Схват робота	1
7. Патрон трехкулачковый пневматический	1
8. Планировка участка	1

Всего 6,75 листов

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

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

7. Дата выдачи задания 3.04.17

Руководитель \_\_\_\_\_  
(подпись)

О.Б. Кучина  
(И.О. Ф.)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_  
(подпись студента)

В.П. Ведерников  
(И.О. Ф.)

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

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

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

Руководитель работы \_\_\_\_\_ /О.Б. Кучина /

Студент \_\_\_\_\_ /В.П. Ведерников/

## АННОТАЦИЯ

Ведерников В. Технологический процесс механической обработки детали «Корпус вилки соединителя». – Миасс: ЮУрГУ, МиМс, 2017, 88с., 39 иллюстраций. Библиография литературы - 13 наименований. 6 листов чертежей ф. А1, 1 лист чертежа ф. А2, 2 листа ф А3 , 24 листа карт технологического

Спроектирован современный участок по производству детали «Корпус вилки соединителя». Предлагается использовать обрабатывающий центр, современной конструкции режущего инструмента, механизированной оснастки основанных на применении современных станков с ЧПУ. Все это позволяет затратить минимум времени на обработку и повысить точность выпускаемой продукции.

Рассчитаны припуски, операционные размеры и режимы резания, проведено нормирование операций. Спроектированы станочные и контрольные приспособления, выбран режущий инструмент, Для транспортировки и установки заготовки применён промышленный робот.

Для размещения участка механической обработки спроектировано здание цеха, спланировано размещение оборудования. В разделе «безопасность жизнедеятельности» приведен комплекс мер по обеспечению безопасности людей на участке. В проекте дано заключение о целесообразности внедрения нового технологического процесса в производство.

					15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ			
Из	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Ведерников В.П.				Участок механической обработки детали корпуса вилки соединения	Лит.	Лист	Листов
Проверил	Кучина О.Б.					Д	6	
Реценз.						ЮУрГУ кафедра ТПМ		
Н. Контр.	Шапранова Е.С.							
Утв.	Плаксин А.В.							

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	9
1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	11
1.1 Описание детали .....	11
1.2 Анализ технологичности детали .....	11
1.3 Выбор метода получения заготовки.....	12
1.4 Выбор оборудования.....	13
1.5 Разработка маршрута процесса обработки детали .....	16
1.6 Размерный анализ .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.6.1 Линейный размерный анализ.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.6.2 Диаметральный размерный анализ .....	31
1.7 Расчет режимов резания.....	37
1.8 Нормирование времени.....	50
1.9 Проектирование РТК .....	58
1.9.1 Управляющая программа для токарного станка с ЧПУ (005 операция).....	
2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	60
2.1 Расчет и проектирование патрона для 005 операции. ....	60
2.2 Расчет и проектирование контрольного приспособления для проверки соосности отверстия .....	62
2.3 Расчет и проектирование схвата промышленного робота .....	64
3 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	69
3.1 Выбор здания.....	69
3.2 Выбор варианта расположения оборудования на участке механической обработки и расчет количества. ....	71
3.3 Проектирование подсистемы удаления стружки .....	73
3.4 Проектирование подсистемы раздачи СОТС .....	74
3.5 Выбор подъемно-транспортных устройств .....	74
4 АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ.....	80
4.1 Визуализация обработки на станке с ЧПУ детали «Корпус вилки соединителя».....	80
4.2 САД, 3D модель контрольного приспособления.....	84

					15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

4.3 САПР- «Вертикаль» обработка детали.....	87
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	83
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	100
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	102

Приложения:

- 1 Графическая часть на 6 листах, ф. А1 и А2, А3 2 листа
- 2 Спецификация на 5 листах ф, А4
- 3 Технологический процесс на 25 листах, ф. А4
- 4 Видео механической обработки детали «Корпус вилки соединителя»

					<i>15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>8</i>

## ВВЕДЕНИЕ

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

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

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

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

В последние годы проведения реформ и ориентации экономики на рыночные отношения, а так же в условиях конкуренции, проведение коренных реформ всех звеньев производства является необходимостью. Совершенствование технологий является одним из основных факторов повышения производительности труда и качества выпускаемой продукции, а так же для дальнейшего развития производства. Кроме того, важным условием конкурентоспособности предприятия в современных условиях является гибкость производства, позволяющая при

					<i>15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		9

изменении рыночной конкуренции в короткие сроки перейти на выпуск другой продукции.

Темой выпускной квалификационной работы является проектирование участка механической обработки, а также разработка технологического процесса изготовления детали – корпус.

Цели работы:

- достижение высокого коэффициента использования материала;
- расчет времени занятости рабочего;
- применение современного режущего инструмента, оборудования и оснастки;
- создание гибкого участка и т.д.

В ходе разработки дипломного проекта основное внимание уделялось изготовлению детали, а также достижение максимальной производительности труда, внедрение современных режущих материалов и инструментов; достижение повышенной точности обработки за счет применения современных высокоточных станков и модернизированной технологической оснастки.

Благодаря внедрению современных станков с ЧПУ участка в целом будет гибким, что даст возможность повысить отдачу участка за счет изготовления на участке других аналогичных по конструкции изделий.

					<i>15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						<i>10</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

# 1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

## 1.1 Описание детали

Деталь корпус вилки соединителя (рисунок 1) представляют собой деталь типа тела вращения, включающие в себя сквозное отверстие, ступенчатую наружную поверхность, фаски, канавки и трапециидальную трехзаходную резьбу, изготавливается из коррозионо-стойкой стали обыкновенного качества марки 09Х16Н4Б ГОСТ 5632-72. Назначение - соединительный элемент для специальных кабелей типа коаксиал.



Рисунок 1 – Изделие «Корпус вилки соединителя»

## 1.2 Анализ технологичности детали

Одним из факторов, существенно влияющих на характер технологических процессов является технологичность конструкции детали.

Технологичность конструкции детали – это совокупность свойств конструкции детали, проявляемых в возможности оптимальных затрат труда, средств, материала, и времени при технической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте и при обеспечении технологичности сборочной единицы.

Требования к технологичности конструкции детали согласно ГОСТ 14.204-73 следующие:

1. Конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов или быть стандартной в целом.

					15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

2. Детали должны изготавливаться из стандартных и унифицированных заготовок или заготовок, полученных рациональным способом.
3. Размеры и поверхности детали должны иметь оптимальные степени точности и шероховатости.
4. Физические и механические свойства материала, жесткость детали, её формы и размеры должны соответствовать требованиям технологии изготовления.
5. Показатели базовой поверхности (точность, шероховатость) детали должны обеспечивать точность установки, обработки и контроля.
6. Конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых и стандартных технологических процессов её изготовления.

Показатели технологичности для детали «Корпус вилки соединителя»:

1. Конструкция детали состоит из стандартных элементов:

- цилиндрические поверхности и плоскости;
- радиусы закруглений и фаски;
- проточки для выхода режущего инструмента;
- большинство свободных размеров унифицировано (то есть оканчиваются на «0» или «5»).

### 1.3 Выбор метода получения заготовки

Выбираем заготовку детали – горячекатанная труба толстостенная ГОСТ 8732-78, сталь 09Х16Н4Б. Заготовка из трубы с наружным Ø50 толщиной стенки 12мм, немерной длины.

Деталь изготавливается из коррозионно-стойкой стали обыкновенного качества марки 09Х16Н4Б ГОСТ 5632-72, имеющей следующие механические свойства: твердость 321НВ, предел прочности – 980 МПа, предел текучести – 835 Мпа.

Химический состав стали 09Х16Н4Б: Si: до 0,5%; Mn: 0,5-0,8%; C: 0,08-0,12%; Cu: до 0,25%; Ni: 4-4,5%; S: до 0,015%; P: 0,03%; Cr: 15-16,5%; Nd: 0,05-0,15

					15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

3. Конструкция детали характеризуется формой, позволяющей вести обработку детали на станках с ЧПУ, то есть допускает применение высокопроизводительных методов обработки. Обработка на станках с ЧПУ позволяет получить деталь с точностью по 7-8 квалитетам, а деталь имеет размеры с допусками по 8-12 квалитету.

Шероховатость механически обрабатываемых поверхностей – от Ra 0,63 до Ra 6,3.

Размеры и поверхности имеют экономически достижимые квалитеты и шероховатости. Все размеры технологически увязаны и доступны для измерения.

4. Конструкция детали - жесткая. Нет глубоких канавок, проточек для выхода режущего инструмента.

5. В качестве основных баз используется предварительно обработанные торцы и наружные поверхности. На большинстве операций деталь базируется по ним.

6. Коэффициент использования материала по технологическому процессу:

$$K_{им} = \frac{G_0}{G_3}, \quad (1)$$

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

$G_0$  - масса детали, кг;

$G_3$  - масса заготовки, кг.

$$K_{им} = \frac{0,06}{0,12} = 0,5.$$

Учитывая объемы производства (1500шт/год) и экономически выгодный (в данном случае) метод получения заготовки (прокат) - деталь «корпус для изготовления вилки соединения» можно считать технологичной.

#### 1.4 Выбор оборудования

При выборе оборудования в первую очередь необходимо руководствоваться такими параметрами, как максимальный размер обрабатываемой детали, мощность

					<i>15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

двигателя станка, параметры точности, получаемые при обработке на данном оборудовании, возможность обработки конкретных поверхностей и т.п.

Для 005, 010, 015 и 020 операций обработки детали необходим токарный станок с ЧПУ.

Принимается Токарный обрабатывающий центр серии КТС (Россия)



Рисунок 2 - Токарный ОЦ КТС-3000У

ОЦ имеет прочную наклонную станину с направляющими под углом  $30^\circ$  и прямоугольные направляющие скольжения по осям (X, Y, Z) обеспечивающие стабильную обработку деталей. ОЦ снабжен револьверной головкой с надежными держателями и двигателем мощностью 7,5 кВт который обеспечивает высокую производительность при фрезеровании. Все типы держателей работают по принципу болтовой затяжки. Для оптимальной обработки количество позиций составляет 15 в стандартном исполнении. Данный станок имеет 5 осей (X, Y, Z, C, A) управления и может непрерывно осуществлять процессы точения и фрезерования.

										Лист
										14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ					

Таблица 1 - Основные технические характеристики ОЦ КТС-3000У

Шпиндель	Конус шпинделя		A2-6
	Отверстие шпинделя	мм	77
	Скорость вращения шпинделя	об/мин	5000
Шпиндель	Внутренний диаметр подшипника	мм	120
	Мощность шпинделя	кВт	15 / 11
Функциональные	Макс. устанавливаемый диаметр	мм	600
	Стандартный диаметр обработки	мм	275
	Макс. диаметр обработки	мм	370
	Макс. длина обработки	мм	550
	Макс. диаметр прутка	мм	67
Ход	По оси X	мм	267
	По оси Z	мм	630
	По оси Y	мм	120 (+70, -50)
	По оси A	мм	665
Револьверная голова	Количество инструментов	шт	12
	Размер хвостовика наружного резца	мм	25x25
	Диаметр держателя расточного инструмента	мм	50
Приводной инструмент	Скорость вращения шпинделя	об/мин	6000
	Наибольший диаметр хвостовика вращающегося инструмента	мм	26
	Тип цанги на приводных головках		AR40
	Мощность двигателя	кВт	7,5 / 3,7

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ

Лист

15

Таблица 1 - Основные технические характеристики ОЦ КТС-3000У

	Внутренний диаметр подшипника шпинделя	мм	45
	Кол-во вращающихся инструментов	шт	12
Подача	Ускоренная подача (X/Z/Y/A)	м/мин	30/30/10/30
Привода	Мощность привода шпинделя (30 мин / непрерывно)	кВт	15 / 11
	Мощность двигатель приводного инструмента	кВт	7,5 / 3,7
	Мощность двигателя подачи (X/Z/Y/A)	кВт	3 / 3 / 3 / 2,5
	Мощность двигателя гидравлики	кВт	1,5
	Мощность двигателя подачи СОЖ	кВт	0,52
	Общая	кВА	29
Бак	Бак СОЖ	л	320
Габаритные размеры	Длина x Ширина x Высота	мм	2800x2140x2300
	Масса	кг	6700

1.5 Разработка маршрута процесса обработки детали

000 Операция. Заготовительная

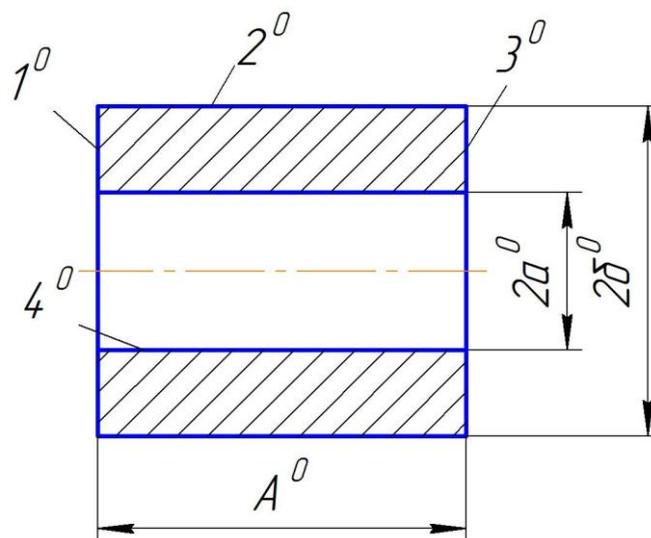


Рисунок 3 – Эскиз заготовки

Точностные параметры:

									Лист
									16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ				



◎  $5^5 6^{5-1} \leq 0,2$

Переход 3: Контурный резец, материал режущей части Т30К4

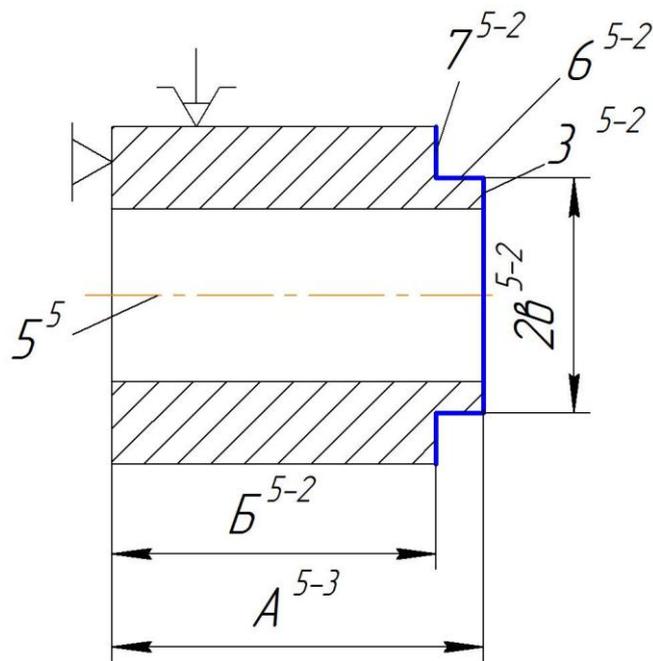


Рисунок 6 – Эскиз перехода 3

Точностные параметры:

$TA^{5-3} = 0,062$  мм,  $TB^{5-2} = 0,062$  мм,  $T2B^{5-2} = 0,062$  мм,

◎  $5^5 6^{5-2} \leq 0,08$

Переход 4: Контурный резец, материал режущей части Т30К4.

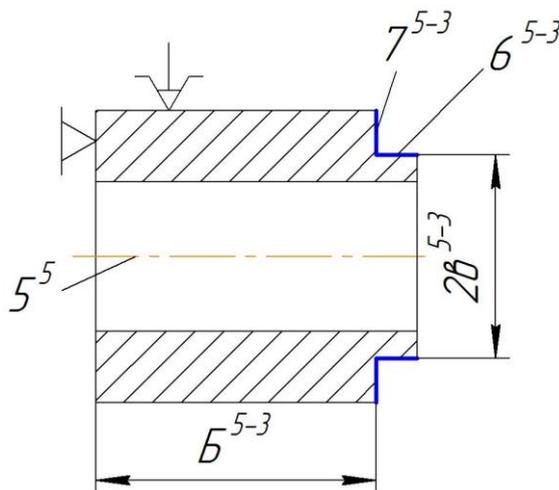


Рисунок 7 – Эскиз перехода 4

Точностные параметры:

$TB^{5-3} = 0,039$  мм,  $T2B^{5-3} = 0,062$  мм,

◎  $5^5 6^{5-3} \leq 0,04$

										Лист
										18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ					

010 Операция. Токарная с ЧПУ

Переход 1: Контурный резец, материал режущей части Т15К6

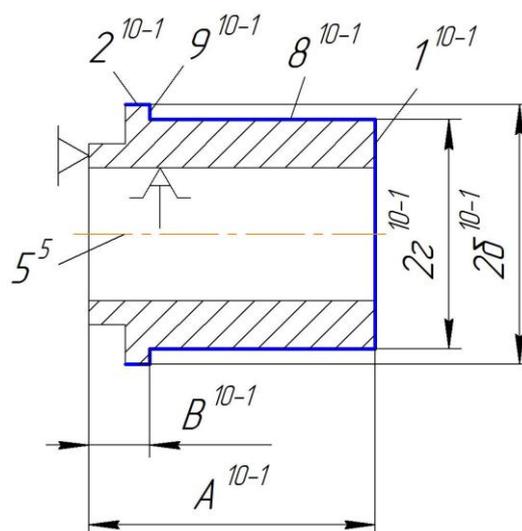


Рисунок 8 – Эскиз перехода 1

Точностные параметры:

$TA^{10-1} = 0,16$  мм,  $TB^{10-1} = 0,11$  мм,  $T2\delta^{10-1} = 0,062$  мм,

$T2r^{10-1} = 0,16$  мм,

◎  $5^5 8^{10-1} \leq 0,2$

◎  $5^5 2^{10-1} \leq 0,2$

Переход 2: Контурный резец, материал режущей части Т30К4

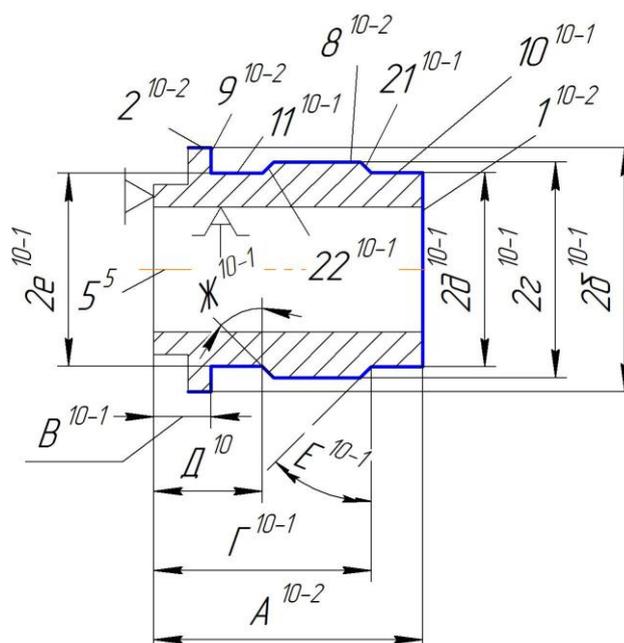


Рисунок 9 – Эскиз перехода 2

Точностные параметры:

										Лист
										19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ					

$TA^{10-2} = 0,062 \text{ мм}, \quad TB^{10-2} = 0,043 \text{ мм}, \quad TD^{10} = 0,043 \text{ мм}, \quad TG^{10-1} = 0,052 \text{ мм},$   
 $T26^{10-2} = 0,062 \text{ мм}, \quad T2\Gamma^{10-2} = 0,062 \text{ мм}, \quad T2Д^{10-1} = 0,062 \text{ мм},$   
 $T2e^{10-1} = 0,062 \text{ мм}.$

- ◎  $5^5 8^{10-2} \leq 0,08$
- ◎  $5^5 2^{10-2} \leq 0,08$
- ◎  $5^5 10^{10-1} \leq 0,08$
- ◎  $5^5 11^{10-1} \leq 0,08$

Переход 3: Контурный резец, материал режущей части Т30К4

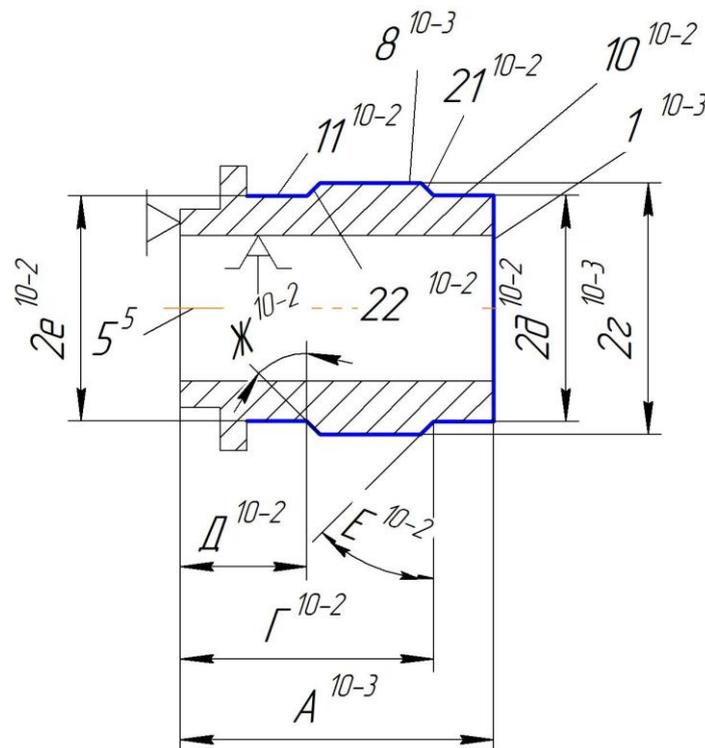


Рисунок 10 – Эскиз перехода 3

Точностные параметры:

$T\Gamma_{10-2} = 0,039 \text{ мм}, \quad TA_{10-3} = 0,039 \text{ мм}, \quad T2e^{10-2} = 0,039 \text{ мм},$

$T2Д^{10-2} = 0,039 \text{ мм}, \quad T2\Gamma^{10-2} = 0,039 \text{ мм}$

- ◎  $5^5 8^{10-3} \leq 0,059$
- ◎  $5^5 10^{10-2} \leq 0,059$
- ◎  $5^5 11^{10-2} \leq 0,059$

Переход 4: Резьбовый резец, материал режущей части Т15К6

									Лист
									20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ				

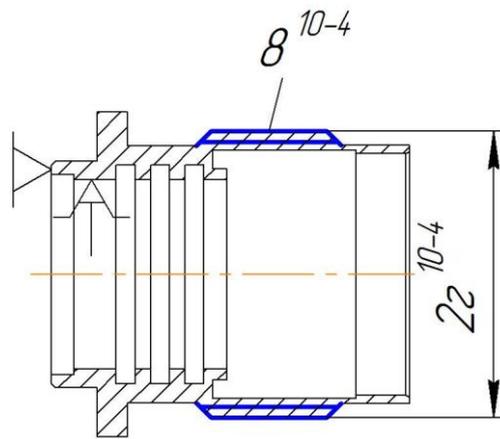


Рисунок 11 – Эскиз нарезания резьбы

Точностные параметры:

$$T_{2\Gamma}^{10^{-4}} = 0,01 \text{ мм}$$

$$\textcircled{5}^5 8^{10^{-4}} \leq 0,005$$

Переход 5: Расточной резец, материал режущей части Т15К6

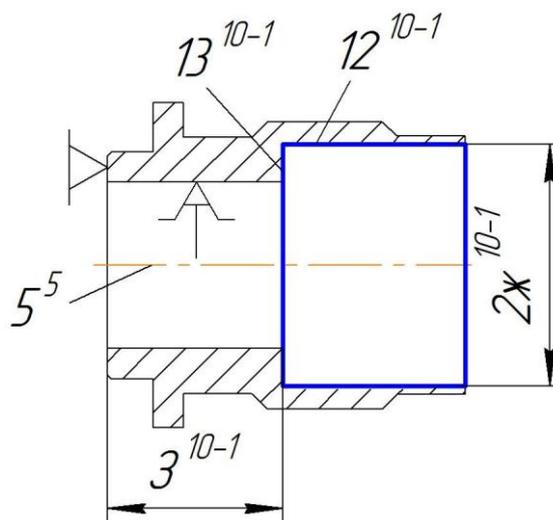


Рисунок 12 – Эскиз перехода 5

Точностные параметры:

$$T_{2\text{Ж}}^{10^{-1}} = 0,16 \text{ мм}, \quad T_{3}^{10^{-1}} = 0,13 \text{ мм}$$

$$\textcircled{5}^5 12^{10^{-1}} \leq 0,2$$

Переход 6: Расточной резец, материал режущей части Т30К4

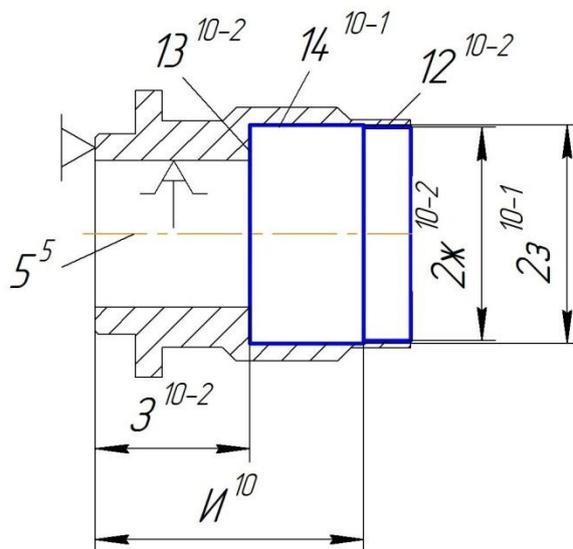


Рисунок 13 – Эскиз перехода 6

Точностные параметры:

$T_{3^{10-2}} = 0,052 \text{ мм}$ ,  $T_{И^{10}} = 0,062 \text{ мм}$ ,  $T_{2Ж^{10-2}} = 0,052 \text{ мм}$ ,  $T_{2З^{10-1}} = 0,052 \text{ мм}$

$$\textcircled{5^5} 12^{10-2} \leq 0,08$$

$$\textcircled{5^5} 14^{10-1} \leq 0,08$$

Переход 7: Расточной резец, материал режущей части Т30К4

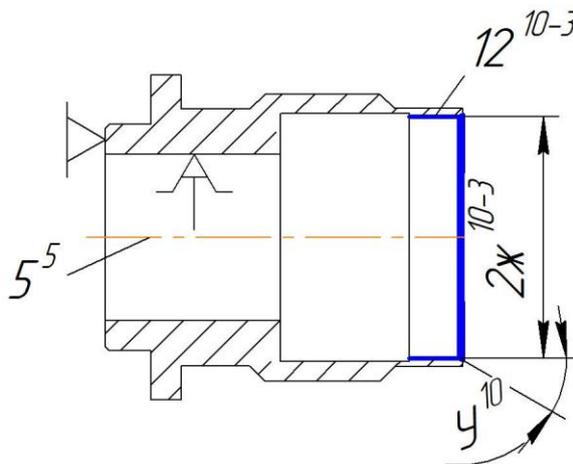


Рисунок 14 – Эскиз перехода 7

Точностные параметры:

$$T_{2Ж^{10-3}} = 0,039 \text{ мм}$$

$$\textcircled{5^5} 12^{10-3} \leq 0,059$$

Переход 8: Канавочный резец, материал режущей части Т15К6

									Лист
									22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ				

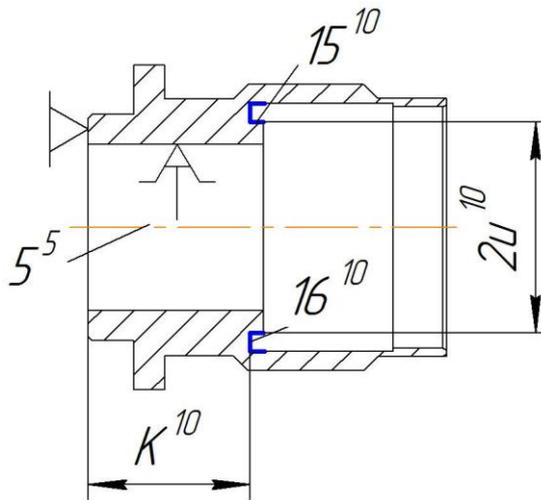


Рисунок 15 – Эскиз перехода 8

Точностные параметры:

$$T_{2и}^{10} = 0,052 \text{ мм}, \quad T_{K}^{10} = 0,052 \text{ мм}$$

$$\textcircled{5}^5 15^{10} \leq 0,06$$

015 Операция. Токарная с ЧПУ

Переход 1: Расточной резец, материал режущей части Т15К6

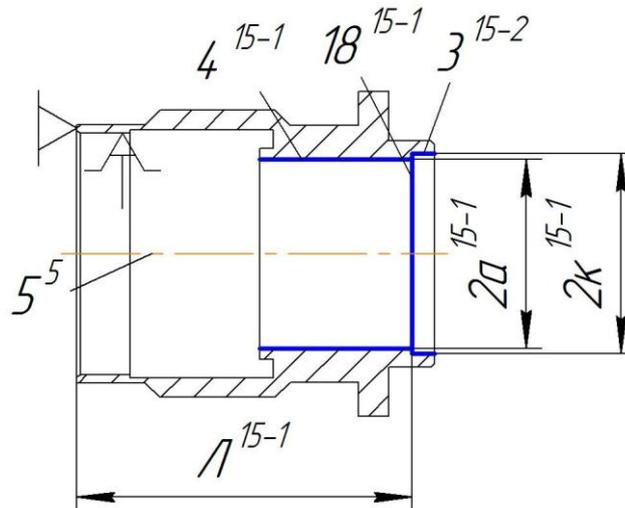


Рисунок 16 – Эскиз перехода 1

Точностные параметры:

$$T_{Л}^{15-1} = 0,16 \text{ мм}, \quad T_{2a}^{15-1} = 0,13 \text{ мм}, \quad T_{2k}^{15-1} = 0,13 \text{ мм}$$

$$\textcircled{5}^5 4^{15-1} \leq 0,16$$

$$\textcircled{5}^5 17^{15-1} \leq 0,16$$

Переход 2: Расточной резец, материал режущей части Т30К4

									Лист
									23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ				

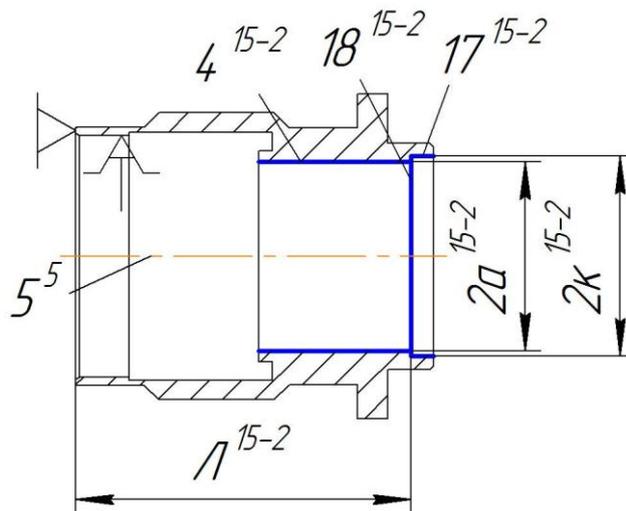


Рисунок 17 – Эскиз перехода 2

Точностные параметры:

$$T_{2a}^{15-2} = 0,052 \text{ мм}, \quad T_{2k}^{15-2} = 0,052 \text{ мм}, \quad T_L^{15-2} = 0,062 \text{ мм}$$

$$\textcircled{5}^5 4^{15-2} \leq 0,06$$

$$\textcircled{5}^5 17^{15-2} \leq 0,06$$

Переход 3: Канавочный резец, материал режущей части Т30К4

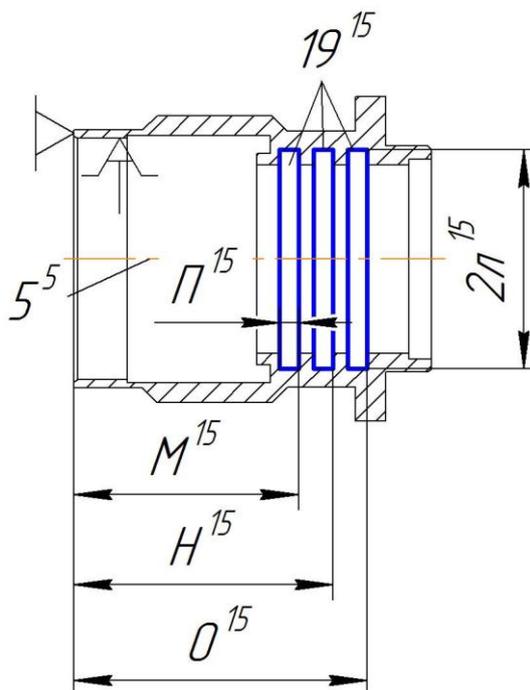


Рисунок 18 – Эскиз перехода 3

Точностные параметры:

$$T_{2л}^{15} = 0,052 \text{ мм}, \quad T_{П}^{15} = 0,03 \text{ мм}, \quad T_M^{15} = 0,062 \text{ мм},$$

$$T_H^{15} = 0,062 \text{ мм}, \quad T_O^{15} = 0,062 \text{ мм}$$

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

15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ

Лист

24

020 Операция. Токарная с ЧПУ

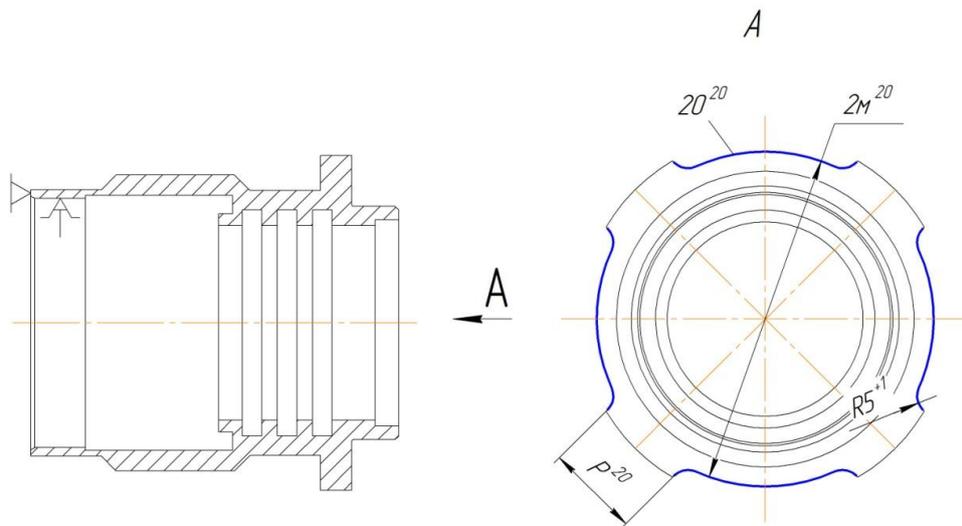


Рисунок 19 – Эскиз фрезерной обработки

Точностные параметры:

$$T_{2M_{20}} = 0,062 \text{ мм}, \quad TP^{20} = 0,043 \text{ мм}$$

$$\textcircled{5}^5 20^{20} \leq 0,08$$

025 Операция. Контрольная

1.6 Размерный анализ

1.6.1 Линейный размерный анализ, расчёт выполнен [5]

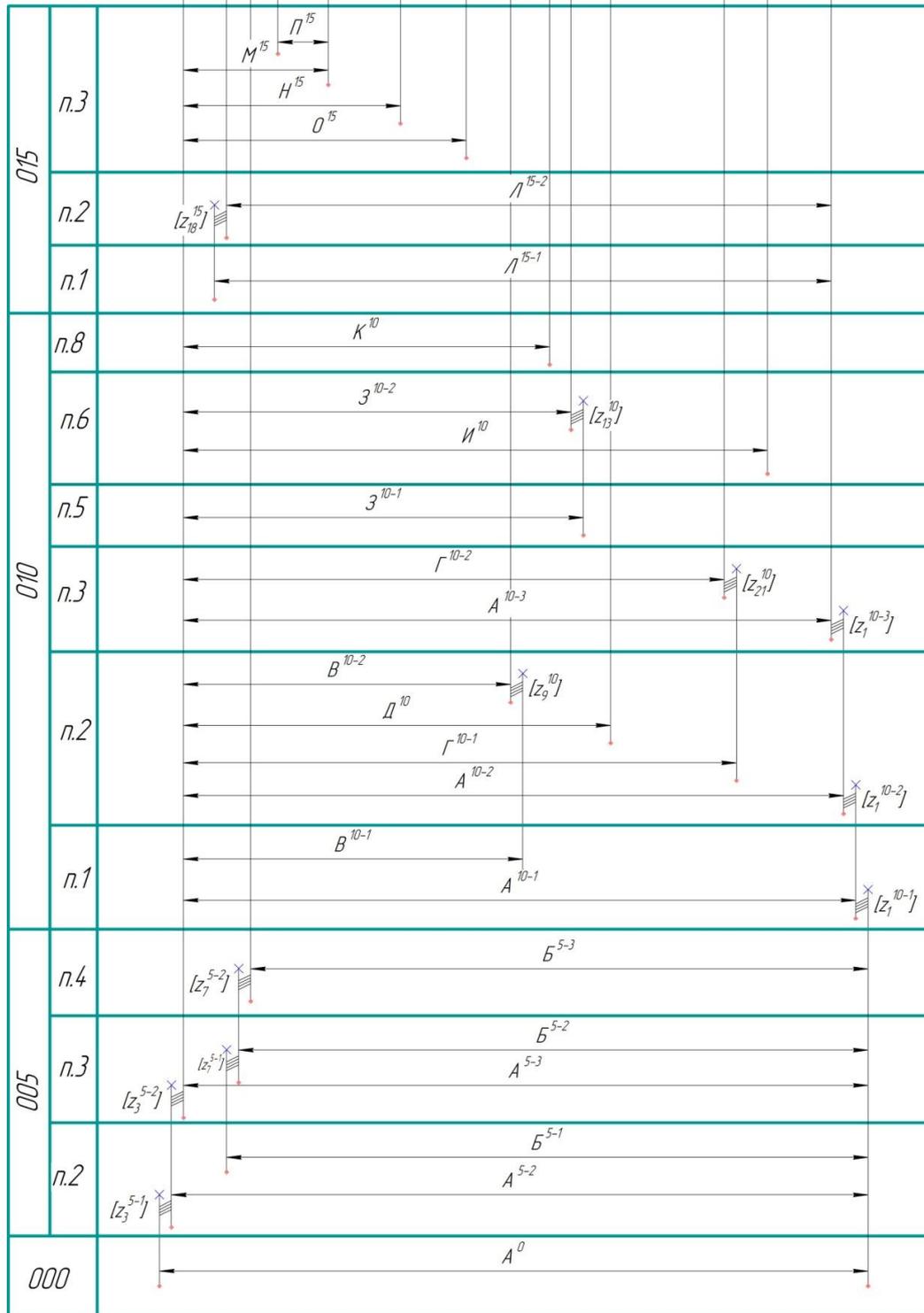
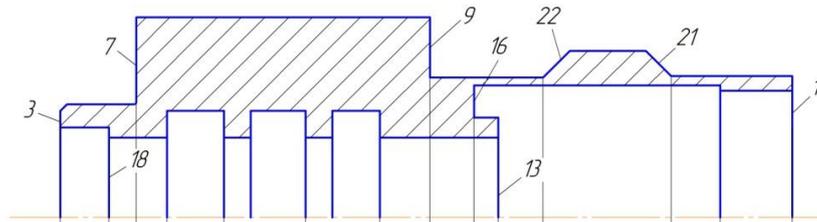


Рисунок 20 - Схема линейный размерный анализ

Составим уравнения размерных цепей:

$$[Z_{18}^{15}] = -L^{15-2} + L^{15-1};$$

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

15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ

Лист

26



$$Л_{\min}^{15-1} = 44,05 \text{ мм};$$

$$Л_{\max}^{15-1} = 44,05 + 0,16 = 44,21 \text{ мм};$$

$$Л^{15-1} = 44,13 \text{ мм} \pm 0,08 \text{ мм};$$

$$Z_{\max} = 0,05 + 0,16 + 0,08 = 0,29 \text{ мм}.$$

$$[z_{13}^{10}]_{\min} = z_{\max}^{10-2} - z_{\min}^{10-1};$$

$$0,05 = 23,1 - z_{\min}^{10-1};$$

$$z_{\min}^{10-1} = 23,1 - 0,05 = 23,05 \text{ мм};$$

$$z_{\max}^{10-1} = 23,05 + 0,13 = 23,18 \text{ мм};$$

$$z^{10-1} = 23,115 \text{ мм} \pm 0,065 \text{ мм};$$

$$Z_{\max} = 0,05 + 0,13 + 0,065 = 0,245 \text{ мм}.$$

$$[z_{21}^{10}]_{\min} = \Gamma_{\max}^{10-2} - \Gamma_{\min}^{10-1};$$

$$0,05 = 38 - \Gamma_{\min}^{10-1};$$

$$\Gamma_{\min}^{10-1} = 38 - 0,05 = 37,95 \text{ мм};$$

$$\Gamma_{\max}^{10-1} = 37,95 + 0,052 = 38,002 \text{ мм};$$

$$\Gamma^{10-1} = 37,976 \pm 0,026;$$

$$Z_{\max} = 0,05 + 0,052 + 0,026 = 0,128 \text{ мм}.$$

$$[z_9^{10}]_{\min} = B_{\max}^{10-2} - B_{\min}^{10-1};$$

$$0,062 = 10,1 - B_{\min}^{10-1};$$

$$B_{\min}^{10-1} = 10,1 - 0,062 = 10,038 \text{ мм};$$

$$B_{\max}^{10-1} = 10,038 + 0,11 = 10,148 \text{ мм};$$

$$B^{10-1} = 10,098_{-0,055};$$

$$Z_{\max} = 0,62 + 0,062 + 0,1 = 0,227 \text{ мм}.$$

$$[z_1^{10-3}]_{\min} = A_{\max}^{10-3} - A_{\min}^{10-2};$$

$$0,062 = 47 - A_{\min}^{10-2};$$

					<i>15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>28</i>

$$A_{min}^{10-2} = 47 + 0,062 = 47,124 \text{ мм};$$

$$A_{max}^{10-2} = 47,062 + 0,062 = 47,124 \text{ мм};$$

$$A^{10-2} = 47,093 \pm 0,031;$$

$$Z_{max} = 0,062 + 0,062 + 0,031 = 0,155 \text{ мм}.$$

$$[Z_1^{10-2}]_{min} = A_{max}^{10-2} - A_{min}^{10-1};$$

$$0,062 = 47,124 - A_{min}^{10-1};$$

$$A_{min}^{10-1} = 47,124 + 0,062 = 47,186 \text{ мм};$$

$$A_{max}^{10-1} = 47,186 + 0,16 = 47,346 \text{ мм};$$

$$A^{10-1} = 47,266 \pm 0,08 \text{ мм};$$

$$Z_{max} = 0,062 + 0,16 + 0,08 = 0,302 \text{ мм}.$$

$$[Z_1^{10-1}]_{min} = A_{max}^{10-1} - A_{min}^{5-3};$$

$$0,1 = 47,346 - A_{min}^{5-3};$$

$$A_{min}^{5-3} = 47,346 + 0,1 = 47,446 \text{ мм};$$

$$A_{max}^{5-3} = 47,447 + 0,062 = 47,509 \text{ мм};$$

$$A^{5-3} = 47,479 \pm 0,031 \text{ мм};$$

$$Z_{max} = 0,1 + 0,062 + 0,023 = 0,139 \text{ мм}.$$

$$[Z_7^{5-2}]_{min} = -B_{max}^{5-3} + B_{min}^{5-2};$$

$$0,062 = -41,1 + B_{min}^{5-2};$$

$$B_{min}^{5-2} = 41,1 + 0,062 = 41,162 \text{ мм};$$

$$B_{max}^{5-2} = 41,162 + 0,062 = 41,224 \text{ мм};$$

$$B^{5-2} = 41,131 \pm 0,031 \text{ мм};$$

$$Z_{max} = 0,062 + 0,062 + 0,031 = 0,155 \text{ мм}.$$

$$[Z_7^{5-1}]_{min} = -B_{max}^{5-2} + B_{min}^{5-1};$$

$$0,1 = -41,224 + B_{min}^{5-1};$$

					15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$B_{min}^{5-1} = 41,224 + 0,1 = 41,324 \text{ мм};$$

$$B_{max}^{5-1} = 41,324 + 0,16 = 41,484 \text{ мм};$$

$$B^{5-1} = 41,404 \pm 0,08 \text{ мм};$$

$$Z_{max} = 0,1 + 0,16 + 0,044 = 0,304 \text{ мм}.$$

$$[Z_3^{5-2}]_{min} = -A_{max}^{5-3} + A_{min}^{5-2};$$

$$0,062 = -47,509 + A_{min}^{5-2};$$

$$A_{min}^{5-2} = 47,509 + 0,062 = 47,571 \text{ мм};$$

$$A_{max}^{5-2} = 47,571 + 0,16 = 47,731 \text{ мм};$$

$$A^{5-2} = 47,631 \pm 0,08 ;$$

$$Z_{max} = 0,062 + 0,16 + 0,08 = 0,302 \text{ мм}.$$

$$[Z_3^{5-1}]_{min} = -A_{max}^{5-2} + A_{min}^0;$$

$$0,1 = -47,731 + A_{min}^0;$$

$$A_{min}^0 = 47,731 + 0,1 = 47,831 \text{ мм};$$

$$A_{max}^0 = 47,831 + 0,32 = 48,151 \text{ мм};$$

$$A^0 = 47,991 \pm 0,08 \text{ мм};$$

$$Z_{max} = 0,1 + 0,32 + 0,08 = 0,5 \text{ мм}.$$

					<i>15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>30</i>

## 1.6.2 Диаметральный размерный анализ

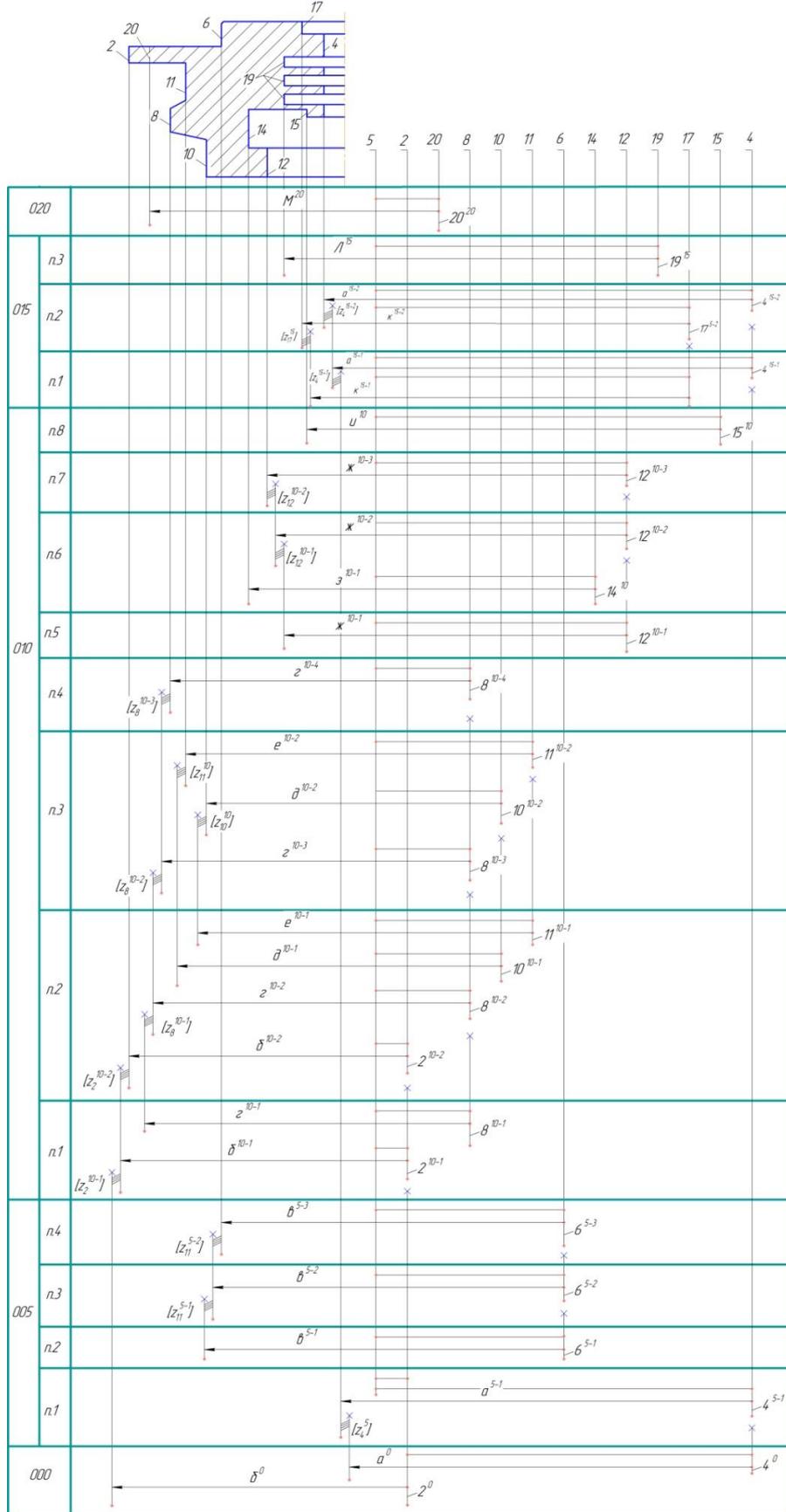


Рисунок 21 -Схема диаметральный размерный анализ

Составим уравнения размерных цепей:

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ

Лист

31

$$\begin{aligned}
[Z_4^{15-2}] &= -a^{15-2} - (4^{15-2}; 5^5) - (5^5; 4^{15-1}) + a^{15-1}; \\
[Z_4^{15-1}] &= -a^{15-1} - (4^{15-1}; 5^5) - (5^5; 4^{5-1}) + a^{5-1}; \\
[Z_{17}^{15}] &= -\kappa^{15-2} - (17^{15-2}; 5^5) - (5^5; 17^{15-1}) + \kappa^{15-1}; \\
[Z_{12}^{10-2}] &= -\text{ж}^{10-3} - (12^{10-3}; 5^5) - (5^5; 12^{10-2}) + \text{ж}^{10-2}; \\
[Z_{12}^{10-1}] &= -\text{ж}^{10-2} - (12^{10-2}; 5^5) - (5^5; 12^{10-1}) + \text{ж}^{10-1}; \\
[Z_8^{10-3}] &= -\Gamma^{10-4} - (8^{10-4}; 5^5) - (5^5; 8^{10-3}) + \Gamma^{10-3}; \\
[Z_8^{10-2}] &= -\Gamma^{10-3} - (8^{10-3}; 5^5) - (5^5; 8^{10-2}) + \Gamma^{10-2}; \\
[Z_8^{10-1}] &= -\Gamma^{10-2} - (8^{10-2}; 5^5) - (5^5; 8^{10-1}) + \Gamma^{10-1}; \\
[Z_{11}^{10}] &= -e^{10-2} - (11^{10-2}; 5^5) - (5^5; 11^{10-1}) + e^{10-1}; \\
[Z_{10}^{10}] &= -\text{д}^{10-2} - (10^{10-2}; 5^5) - (5^5; 10^{10-1}) + \text{д}^{10-1}; \\
[Z_2^{10-2}] &= -\text{б}^{10-2} - (2^{10-2}; 5^5) - (5^5; 2^{10-1}) + \text{б}^{10-1}; \\
[Z_2^{10-1}] &= -\text{б}^{10-1} - (2^{10-1}; 5^5) - (5^5; 2^0) + \text{б}^0; \\
[Z_{11}^{5-2}] &= -\text{в}^{5-3} - (6^{5-3}; 5^5) - (5^5; 6^{5-2}) + \text{в}^{5-2}; \\
[Z_{11}^{5-1}] &= -\text{в}^{5-2} - (6^{5-2}; 5^5) - (5^5; 6^{5-1}) + \text{в}^{5-1}.
\end{aligned}$$

Вычислим минимально необходимые припуски на обработку:

$$\begin{aligned}
[Z_4^{15-2}]_{min} &= 25 + 25 = 50\text{мкм} = 0,05 \text{ мм} \\
[Z_4^{15-1}]_{min} &= 25 + 25 = 50\text{мкм} = 0,05 \text{ мм} \\
[Z_{17}^{15}]_{min} &= 32 + 30 = 62\text{мкм} = 0,062 \text{ мм} \\
[Z_{12}^{10-2}]_{min} &= 25 + 25 = 50\text{мкм} = 0,05 \text{ мм} \\
[Z_{12}^{10-1}]_{min} &= 32 + 30 = 62\text{мкм} = 0,062 \text{ мм} \\
[Z_8^{10-3}]_{min} &= 5 + 5 = 10\text{мкм} = 0,001 \text{ мм} \\
[Z_8^{10-2}]_{min} &= 25 + 25 = 50\text{мкм} = 0,05 \text{ мм} \\
[Z_8^{10-1}]_{min} &= 32 + 30 = 62\text{мкм} = 0,062 \text{ мм} \\
[Z_{11}^{10}]_{min} &= 25 + 25 = 50\text{мкм} = 0,05 \text{ мм} \\
[Z_{10}^{10}]_{min} &= 25 + 25 = 50\text{мкм} = 0,05 \text{ мм} \\
[Z_2^{10-2}]_{min} &= 25 + 25 = 50\text{мкм} = 0,05 \text{ мм} \\
[Z_2^{10-1}]_{min} &= 32 + 30 = 62\text{мкм} = 0,062 \text{ мм}
\end{aligned}$$

$$[Z_{11}^{5-2}]_{min} = 25 + 25 = 50 \text{мкм} = 0,05 \text{ мм}$$

$$[Z_{11}^{5-1}]_{min} = 32 + 30 = 62 \text{мкм} = 0,062 \text{ мм}$$

Вычислим неизвестные параметры по методу max-min:

$$[Z_4^{15-2}]_{min} = a_{min}^{15-2} - (4^{15-2}; 5) - (5; 4^{15-1}) - a_{max}^{15-1};$$

$$0,05 = 12,5 - 0,03 - 0,08 - a_{max}^{15-1};$$

$$a_{max}^{15-1} = 12,34 \text{ мм};$$

$$a_{min}^{15-1} = 12,34 - 0,065 = 12,275 \text{ мм};$$

$$a^{15-1} = 12,3075 \pm 0,0325 \text{ мм};$$

$$2a^{15-1} = 24,615 \pm 0,065 \text{ мм};$$

$$Z_{max} = 0,05 + 0,03 + 0,08 + 0,065 = 0,225 \text{ мм}.$$

$$[Z_4^{15-1}]_{min} = a_{min}^{15-1} - (4^{15-1}; 5^5) - (5^5; 4^{5-1}) - a_{max}^{5-1};$$

$$0,05 = 12,275 - 0,08 - 0,125 - a_{max}^{5-1};$$

$$a_{max}^{5-1} = 12,02 \text{ мм};$$

$$a_{min}^{5-1} = 12,02 - 0,105 = 11,915 \text{ мм};$$

$$a^{5-1} = 11,9675 \pm 0,0525 \text{ мм};$$

$$2a^{5-1} = 23,935 \pm 0,105 \text{ мм};$$

$$Z_{max} = 0,05 + 0,08 + 0,125 + 0,105 = 0,36 \text{ мм}.$$

$$[Z_4^5]_{min} = a_{min}^{5-1} - (4^{5-1}; 5^5) - (5^5; 2^0) - (2^0; 4^0) - a_{max}^0;$$

$$0,064 = 11,915 - 0,125 - 0,15 - 0,3 - a_{max}^0;$$

$$a_{max}^0 = 11,276 \text{ мм};$$

$$a_{min}^0 = 11,276 - 0,1375 = 11,1385 \text{ мм};$$

$$a^0 = 11,20725 \pm 0,06875 \text{ мм};$$

$$2a^0 = 22,4145 \pm 0,1375 \text{ мм};$$

$$Z_{max} = 0,064 + 0,125 + 0,15 + 0,3 + 0,1375 = 0,774 \text{ мм}.$$

$$[Z_{17}^{15}]_{min} = K_{min}^{15-2} - (17^{15-2}; 5^5) - (5^5; 17^{5-1}) - K_{max}^{15-1};$$

										Лист
										33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ

$$0,05 = 13,2825 - 0,03 - 0,08 - K_{max}^{15-1};$$

$$K_{max}^{15-1} = 13,1225 \text{ мм};$$

$$K_{min}^{15-1} = 13,1225 - 0,065 = 13,0575 \text{ мм};$$

$$K^{15-1} = 13,09 \pm 0,0325 \text{ мм};$$

$$2K^{15-1} = 26,18 \pm 0,065 \text{ мм};$$

$$Z_{max} = 0,05 + 0,03 + 0,08 + 0,065 = 0,225 \text{ мм}.$$

$$[Z_{12}^{10-2}]_{min} = Ж_{min}^{10-3} - (12^{10-3}; 5^5) - (5^5; 12^{10-2}) - Ж_{max}^{10-2};$$

$$0,05 = 16 - 0,0295 - 0,04 - Ж_{max}^{10-2};$$

$$Ж_{max}^{10-2} = 15,8805 \text{ мм};$$

$$Ж_{min}^{10-2} = 15,8805 - 0,026 = 15,8545 \text{ мм};$$

$$Ж^{10-2} = 15,8675 \pm 0,013 \text{ мм};$$

$$2Ж^{10-2} = 31,735 \pm 0,026 \text{ мм};$$

$$Z_{max} = 0,05 + 0,0295 + 0,04 + 0,026 = 0,145 \text{ мм}.$$

$$[Z_{12}^{10-1}]_{min} = Ж_{min}^{10-2} - (12^{10-2}; 5^5) - (5^5; 12^{10-1}) - Ж_{max}^{10-1};$$

$$0,062 = 15,8545 - 0,04 - 0,1 - Ж_{max}^{10-1};$$

$$Ж_{max}^{10-1} = 15,6525 \text{ мм};$$

$$Ж_{min}^{10-1} = 15,6525 - 0,08 = 15,5725 \text{ мм};$$

$$Ж^{10-1} = 15,6125 \pm 0,04 \text{ мм};$$

$$2Ж^{10-1} = 31,225 \pm 0,08 \text{ мм};$$

$$Z_{max} = 0,062 + 0,04 + 0,1 + 0,08 = 0,282 \text{ мм}.$$

$$[Z_8^{10-3}]_{min} = \Gamma_{max}^{10-4} - (8^{10-4}; 5^5) - (5^5; 8^{10-3}) - \Gamma_{min}^{10-3};$$

$$0,01 = 18,975 - 0,0025 - 0,0295 - \Gamma_{min}^{10-3};$$

$$\Gamma_{min}^{10-3} = 19,007 \text{ мм};$$

$$\Gamma_{max}^{10-3} = 19,007 + 0,0195 = 19,0265 \text{ мм};$$

$$\Gamma^{10-3} = 19,0167 \pm 0,008 \text{ мм};$$

					15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

$$2\Gamma^{10^{-3}} = 38,033 \pm 0,019 \text{ мм};$$

$$Z_{max} = 0,01 + 0,0025 + 0,0295 + 0,019 = 0,04 \text{ мм}.$$

$$[Z_8^{10^{-2}}]_{min} = \Gamma_{max}^{10^{-3}} - (8^{10^{-3}} ; 5^5) - (5^5 ; 8^{10^{-2}}) - \Gamma_{min}^{10^{-2}};$$

$$0,05 = 19,0265 - 0,0295 - 0,04 - \Gamma_{min}^{10^{-2}};$$

$$\Gamma_{min}^{10^{-2}} = 19,146 \text{ мм};$$

$$\Gamma_{max}^{10^{-2}} = 19,146 + 0,031 = 19,177 \text{ мм};$$

$$\Gamma^{10^{-2}} = 19,1615 \pm 0,0155 \text{ мм};$$

$$2\Gamma^{10^{-2}} = 38,323 \pm 0,031 \text{ мм};$$

$$Z_{max} = 0,05 + 0,0295 + 0,04 + 0,031 = 0,149 \text{ мм}.$$

$$[Z_8^{10^{-1}}]_{min} = \Gamma_{max}^{10^{-2}} - (8^{10^{-2}} ; 5^5) - (5^5 ; 8^{10^{-1}}) - \Gamma_{min}^{10^{-1}};$$

$$0,062 = 19,177 - 0,04 - 0,1 - \Gamma_{min}^{10^{-1}};$$

$$\Gamma_{min}^{10^{-1}} = 19,379 \text{ мм};$$

$$\Gamma_{max}^{10^{-1}} = 19,379 + 0,08 = 19,459 \text{ мм};$$

$$\Gamma^{10^{-1}} = 19,419 \pm 0,04 \text{ мм};$$

$$2\Gamma^{10^{-1}} = 38,838 \pm 0,08 \text{ мм};$$

$$Z_{max} = 0,062 + 0,04 + 0,01 + 0,08 = 0,282 \text{ мм}.$$

$$[Z_{11}^{10}]_{min} = e_{max}^{10^{-2}} - (11^{10^{-2}} ; 5^5) - (5^5 ; 11^{10^{-1}}) - e_{min}^{10^{-1}};$$

$$0,05 = 17,1 - 0,0295 - 0,04 - e_{min}^{10^{-1}};$$

$$e_{min}^{10^{-1}} = 17,2195 \text{ мм};$$

$$e_{max}^{10^{-1}} = 17,2195 + 0,031 = 17,2505 \text{ мм};$$

$$e^{10^{-1}} = 17,235 \pm 0,0155 \text{ мм};$$

$$2e^{10^{-1}} = 34,47 \pm 0,031 \text{ мм};$$

$$Z_{max} = 0,05 + 0,0295 + 0,04 + 0,031 = 0,119 \text{ мм}.$$

$$[Z_{10}^{10}]_{min} = D_{max}^{10^{-2}} - (10^{10^{-2}} ; 5^5) - (5^5 ; 10^{10^{-1}}) - D_{min}^{10^{-1}};$$

					<i>15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		35

$$0,05 = 17,1 - 0,0295 - 0,04 - D_{\min}^{10-1};$$

$$D_{\min}^{10-1} = 17,2195 \text{ мм};$$

$$D_{\max}^{10-1} = 17,2195 + 0,031 = 17,2505 \text{ мм};$$

$$D^{10-1} = 17,235 \pm 0,0155 \text{ мм};$$

$$2D^{10-1} = 34,47 \pm 0,031 \text{ мм};$$

$$Z_{\max} = 0,05 + 0,0295 + 0,04 + 0,031 = 0,14 \text{ мм}.$$

$$[Z_2^{10-2}]_{\min} = \sigma_{\max}^{10-2} - (2^{10-2}; 5^5) - (5^5; 2^{10-1}) - \sigma_{\min}^{10-1};$$

$$0,05 = 23,41 - 0,04 - 0,1 - \sigma_{\min}^{10-1};$$

$$\sigma_{\min}^{10-1} = 23,6 \text{ мм};$$

$$\sigma_{\max}^{10-1} = 23,6 + 0,08 = 23,68 \text{ мм};$$

$$\sigma^{10-1} = 23,64 \pm 0,04 \text{ мм};$$

$$2\sigma^{10-1} = 47,28 \pm 0,08 \text{ мм};$$

$$Z_{\max} = 0,05 + 0,04 + 0,01 + 0,08 = 0,18 \text{ мм}.$$

$$[Z_2^{10-1}]_{\min} = \sigma_{\max}^{10-1} - (2^{10-1}; 5^5) - (5^5; 2^0) - \sigma_{\min}^0;$$

$$0,064 = 23,68 - 0,1 - 0,15 - \sigma_{\min}^0;$$

$$\sigma_{\min}^0 = 23,994 \text{ мм};$$

$$\sigma_{\max}^0 = 23,994 + 0,16 = 24,154 \text{ мм};$$

$$\sigma^0 = 24,074 \pm 0,08 \text{ мм};$$

$$2\sigma^0 = 48,148 \pm 0,16 \text{ мм};$$

$$Z_{\max} = 0,064 + 0,1 + 0,15 + 0,16 = 0,47 \text{ мм}.$$

$$[Z_{11}^{5-2}]_{\min} = B_{\max}^{5-3} - (6^{5-3}; 5^5) - (5^5; 6^{5-2}) - B_{\min}^{5-2};$$

$$0,05 = 15 - 0,02 - 0,04 - B_{\min}^{5-2};$$

$$B_{\min}^{5-2} = 15,11 \text{ мм};$$

$$B_{\max}^{5-2} = 15,11 + 0,031 = 15,141 \text{ мм};$$

$$B^{5-2} = 15,125 \pm 0,016 \text{ мм};$$

										Лист
										36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ					

$$2B^{5-2} = 30,25 \pm 0,032 \text{ мм};$$

$$Z_{max} = 0,05 + 0,02 + 0,04 + 0,032 = 0,142 \text{ мм}.$$

$$[Z_{11}^{5-1}]_{min} = B_{max}^{5-2} - (6^{5-2}; 5^5) - (5^5; 6^{5-1}) - B_{min}^{5-1};$$

$$0,062 = 15,141 - 0,04 - 0,1 - B_{min}^{5-1};$$

$$B_{min}^{5-1} = 15,343 \text{ мм};$$

$$B_{max}^{5-1} = 15,343 + 0,08 = 15,423 \text{ мм};$$

$$B^{5-1} = 15,383 \pm 0,04 \text{ мм};$$

$$2B^{5-1} = 30,766 \pm 0,08 \text{ мм};$$

$$Z_{max} = 0,062 + 0,04 + 0,01 + 0,08 = 0,28 \text{ мм}.$$

1.7 Расчет режимов резания (исходные данные принимаем для аналогов Сандвика )

- 015 токарная операция  $[Z_{18}^{15}] = 0,29 \text{ мм}$

Для обработки принимаем резец контурный, материал режущей части Т15К6. Сечение резца  $h \times b = 20 \times 20$ .

Геометрические параметры резца:  $\varphi = 95^\circ$ ;  $\varphi_1 = 5^\circ$ ;  $\gamma = 5^\circ$ ;  $\alpha = 5^\circ$ ;  $r = 0,8 \text{ мм}$ ;  $l = 12,9$ ;  $l_1 = 125$ ,  $f = 25$ .

- Глубина резания:

$$t = h = 0,29 \text{ , мм}$$

- Определяем подачу:

$$S = 0,4 \frac{\text{мм}}{\text{об}} \quad [1, \text{с.364}]$$

- Определяем период стойкости резца:

$$T = 30 \text{ мин}$$

- Определяем скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^{m \cdot t^x \cdot s^y}} \cdot K_V, \quad \text{м/мин} \quad (3)$$

где  $C_V, x, y, m$  – коэффициент и показатели степени для скорости [1, с.367]

$$C_V = 290$$

$$x = 0,15$$

										Лист
										37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ					

$$y=0,35$$

$$m=0,2$$

$$K_v = K_{M_v} \cdot K_{n_v} \cdot K_{u_v}, \quad (4)$$

где  $K_{n_v}, K_{u_v}$  – поправочные коэффициенты.

$$K_{M_v} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \text{ поправочный коэффициент учитывающий влияние}$$

качества обрабатываемого материала на силовые зависимости; (5)

$$K_r=0,8 \quad [1, \text{с.359}]$$

$$n_v=1,0$$

$$K_{M_v} = 0,8 \cdot \left( \frac{750}{750} \right)^1 = 0,8$$

$K_{n_v}=0,8$  поправочный коэффициент учитывающий влияние состояние поверхности заготовки на скорость резания;

$K_{u_v}=1,0$  поправочный коэффициент учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания; [1, с.361]

$$K_v = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,64$$

$$V = \frac{290}{30^{0,2} \cdot 0,29^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 0,64 = 131 \text{ м/мин} \quad (6)$$

- Определяем частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ об/мин} \quad (7)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 131}{3,14 \cdot 26,5} = 1570 \text{ об/мин}$$

- Определяем силу резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н} \quad (8)$$

где  $C_p, x, y, m$  – коэффициент и показатели степени для силы резания.

$$C_p = 204$$

$$x=1,0 \quad [1, \text{с.372}]$$

$$y=0,75$$

$$n = 0$$

$$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{\phi_v} \cdot K_{r_v} \quad (9)$$

					15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где  $K_{\gamma_p}, K_{\lambda_p}, K_{\varphi_v}, K_{r_v}$  - поправочные коэффициент учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания.

$$K_{\gamma_p} = 1,1$$

$$K_{\lambda_p} = 1,0 \quad [1, \text{с.374}]$$

$$K_{\varphi_v} = 0,89$$

$$K_{r_v} = -$$

$$K_{M_p} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{nv}$$

$$nv = 0,75 \quad [1, \text{с.362}]$$

$$K_{M_p} = \left(\frac{750}{750}\right)^{0,75} = 1,0$$

$$K_p = 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,89$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 0,29^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 130,6^0 \cdot 0,89 = 263 \text{ Н}$$

- Определяем мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \text{ кВт} \quad (10)$$

$$N = \frac{263 \cdot 130,6}{1020 \cdot 60} = 0,56 \text{ кВт}$$

$$N \leq N_{\text{шп}} \cdot \eta$$

$$N_{\text{шп}} = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт}$$

$0,56 \leq 7,5 \rightarrow$  условие выполняется.

- Основное время

$$T_0 = \frac{L_i}{n \cdot S} \quad (11)$$

$$T_0 = \frac{7}{1570 \cdot 0,4} = 0,011 \text{ мин.}$$

- 010 токарная операция  $[Z_{13}^{10}] = 0,245 \text{ мм}$

Для обработки принимаем резец контурный с МНП, материал режущей части Т15К6. Сечение резца  $h \times b = 20 \times 20$ .

Геометрические параметры резца:  $\varphi = 95^\circ$ ;  $\varphi_1 = 5^\circ$ ;  $\gamma = 5^\circ$ ;  $\alpha = 5^\circ$ ;  $r = 0,8 \text{ мм}$ ;  $l = 12,9$ ;  $l_1 = 125$ ,  $f = 25$ .

									Лист
									39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ				

- Глубина резания:

$$t = h = 0,245, \text{ мм}$$

- Определяем подачу:

$$S = 0,4 \frac{\text{мм}}{\text{об}} \quad [1, \text{ с.364}]$$

- Определяем период стойкости резца:

$$T = 30 \text{ мин}$$

- Определяем скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \text{ м/мин}$$

где  $C_V, x, y, m$  – коэффициент и показатели степени для скорости [1, с.367]

$$C_V = 290$$

$$x=0,15$$

$$y=0,35$$

$$m=0,2$$

$$K_V = K_{M_V} \cdot K_{n_V} \cdot K_{u_V},$$

где  $K_{n_V}, K_{u_V}$  – поправочные коэффициенты.

$$K_{M_V} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} \text{ поправочный коэффициент учитывающий влияние}$$

качества обрабатываемого материала на силовые зависимости;

$$K_r=0,8 \quad [1, \text{ с.359}]$$

$$n_V=1,0$$

$$K_{M_V} = 0,8 \cdot \left( \frac{750}{750} \right)^1 = 0,8$$

$K_{n_V} = 0,8$  поправочный коэффициент учитывающий влияние состояние поверхности заготовки на скорость резания;

$K_{u_V} = 1,0$  поправочный коэффициент учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания; [1, с.361]

$$K_V = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,64$$

$$V = \frac{290}{30^{0,2} \cdot 0,245^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 0,64 = 131 \text{ м/мин}$$

- Определяем частоту вращения шпинделя:

					<i>15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ</i>	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

$$n = \frac{1000 \cdot 131}{3,14 \cdot 26,5} = 1570 \text{ об/мин}$$

- Определяем силу резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н}$$

где  $C_p, x, y, n$  – коэффициент и показатели степени для силы резания.

$$C_p = 204$$

$$x=1,0$$

[1, с.372]

$$y=0,75$$

$$n = 0$$

$$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{\phi_v} \cdot K_{r_v}$$

где  $K_{\gamma_p}, K_{\lambda_p}, K_{\phi_v}, K_{r_v}$  - поправочные коэффициент учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания.

$$K_{\gamma_p} = 1,1$$

$$K_{\lambda_p} = 1,0$$

[1, с.374]

$$K_{\phi_v} = 0,89$$

$$K_{r_v} = -$$

$$K_{M_p} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{nv}$$

$$nv = 0,75$$

[1, с.362]

$$K_{M_p} = \left(\frac{750}{750}\right)^{0,75} = 1,0$$

$$K_p = 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,89$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 0,245^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 130,6^0 \cdot 0,89 = 222 \text{ Н}$$

- Определяем мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \text{ кВт}$$

$$N = \frac{222 \cdot 130,6}{1020 \cdot 60} = 0,47 \text{ кВт}$$

										Лист
										41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ					

$$N \leq N_{\text{шп}} \cdot \eta$$

$$N_{\text{шп}} = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт}$$

$0,47 \leq 7,5 \rightarrow$  условие выполняется.

- Основное время

$$T_0 = \frac{L_i}{n \cdot S}$$

$$T_0 = \frac{24}{1570 \cdot 0,4} = 0,03 \text{ мин.}$$

- 010 токарная операция  $[Z_{21}^{10}] = 0,128 \text{ мм}$

Для обработки принимаем резец контурный с МНП, материал режущей части Т15К6. Сечение резца  $h \times b = 20 \times 20$ .

Геометрические параметры резца:  $\varphi = 95^\circ$ ;  $\varphi_1 = 5^\circ$ ;  $\gamma = 5^\circ$ ;  $\alpha = 5^\circ$ ;  $r = 0,8 \text{ мм}$ ;  $l = 12,9$ ;  $l_1 = 125$ ,  $f = 25$ .

- Глубина резания:

$$t = h = 0,128 \text{ , мм}$$

- Определяем подачу:

$$S = 0,2 \frac{\text{мм}}{\text{об}} \quad [1, \text{с.364}]$$

- Определяем период стойкости резца:

$$T = 30 \text{ мин}$$

- Определяем скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad \text{м/мин}$$

где  $C_V, x, y, m$  – коэффициент и показатели степени для скорости [1, с.367]

$$C_V = 290$$

$$x = 0,15$$

$$y = 0,35$$

$$m = 0,2$$

$$K_V = K_{M_V} \cdot K_{n_V} \cdot K_{u_V},$$

где  $K_{n_V}, K_{u_V}$  – поправочные коэффициенты.

									Лист
									42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ				

$K_{M_v} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_b}\right)^{n_v}$  поправочный коэффициент учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости;

$$K_r = 0,8 \quad [1, \text{с.359}]$$

$$n_v = 1,0$$

$$K_{M_v} = 0,8 \cdot \left(\frac{750}{750}\right)^1 = 0,8$$

$K_{n_v} = 0,8$  поправочный коэффициент учитывающий влияние состояние поверхности заготовки на скорость резания;

$K_{u_v} = 1,0$  поправочный коэффициент учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания; [1, с.361]

$$K_v = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,64$$

$$V = \frac{290}{90^{0,2} \cdot 0,128^{0,15} \cdot 0,2^{0,35}} \cdot 0,64 = 185 \text{ м/мин}$$

- Определяем частоту вращения шпинделя:

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

$$n = \frac{1000 \cdot 185}{3,14 \cdot 34,2} = 1720 \text{ об/мин}$$

- Определяем силу резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н}$$

где  $C_p, x, y, m$  – коэффициент и показатели степени для силы резания.

$$C_p = 204$$

$$x = 1,0 \quad [1, \text{с.372}]$$

$$y = 0,75$$

$$n = 0$$

$$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{\varphi_v} \cdot K_{r_v}$$

где  $K_{\gamma_p}, K_{\lambda_p}, K_{\varphi_v}, K_{r_v}$  - поправочные коэффициент учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания.

$$K_{\gamma_p} = 1,1$$

					<i>15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

$$K_{\lambda_p} = 1,0 \quad [1, \text{с.374}]$$

$$K_{\varphi_v} = 0,89$$

$$K_{r_v} = -$$

$$K_{M_p} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{nv}$$

$$nv = 0,75 \quad [1, \text{с.362}]$$

$$K_{M_p} = \left(\frac{750}{750}\right)^{0,75} = 1,0$$

$$K_p = 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,89$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 0,128^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 184,7^0 \cdot 0,89 = 67,3 \text{ Н}$$

- Определяем мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \text{ кВт}$$

$$N = \frac{67,3 \cdot 184,7}{1020 \cdot 60} = 0,2 \text{ кВт}$$

$$N \leq N_{\text{шп}} \cdot \eta$$

$$N_{\text{шп}} = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт}$$

$0,2 \leq 7,5 \rightarrow$  условие выполняется.

- Основное время

$$T_0 = \frac{L_i}{n \cdot S}$$

$$T_0 = \frac{9}{1720 \cdot 0,2} = 0,026 \text{ мин.}$$

- 005 токарная операция  $[Z_4^5]=0,774 \text{ мм}$

- Определяем глубину резания

$$t = h, \text{ мм}$$

$$t = 0,774 \text{ мм}$$

- Определяем подачу

$$S = 0,21 \text{ мм/об.} \quad [1, \text{с381}]$$

- Определяем скорость резания

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^Y} \cdot K_V \text{ м/мин.}$$

$$C_V = 3.5$$

									Лист
									44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ				

$$q = 0,5$$

$$m = 0,12 \quad [1. \text{с}383]$$

$$Y = 0,45$$

$$T = 45 \text{ мин.} \quad [1. \text{с}381]$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{uv} \cdot K_{iV}$$

$$K_{MV} = 1,0 \quad [1. \text{с}360]$$

$$K_{uv} = 1,0 \quad [1. \text{с}361]$$

$$K_{iV} = 1,0 \quad [1. \text{с}385]$$

$$K_V = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0$$

$$V = \frac{3,5 \cdot 18^{0,5}}{45^{0,12} \cdot 0,21^{0,45}} \cdot 1,0 = 19,5 \text{ м/мин.}$$

- Определяем крутящий момент

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^Y \cdot K_p, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$C_M = 0,041$$

$$q = 2,0 \quad [1. \text{с}386]$$

$$Y = 0,7$$

$$K_p = K_{mp} = 1,0 \quad [1. \text{с}363]$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,041 \cdot 18^{2,0} \cdot 0,21^{0,7} \cdot 1,0 = 0,24 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^Y \cdot K_p, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$C_p = 143$$

$$q = 1,0 \quad [1. \text{с}386]$$

$$Y = 0,7$$

$$P_0 = 10 \cdot 143 \cdot 18^{1,0} \cdot 0,21^{0,7} \cdot 1,0 = 8494 \text{ Н}$$

- Определяем частоту вращения шпинделя

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

$$n = \frac{1000 \cdot 19,5}{3,14 \cdot 18} = 345 \text{ об/мин}$$

- Определяем мощность резания

										Лист
										45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ					

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} \text{ кВт}$$

$$N_e = \frac{0,24 \cdot 345}{9750} = 0,008 \text{ кВт}$$

$$N \leq N_{шп} \cdot \eta$$

$$N_{шп} = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт}$$

$0,008 \leq 7,5 \rightarrow$  условие выполняется.

2.2.1. Основное время.

$$T_0 = \frac{L_i}{n \cdot S}$$

где  $L_i$  - длина рабочего хода, мм

$$L_i = l + y + \Delta$$

где  $l$  - длина обрабатываемой поверхности = 47 мм

$\Delta$  - величина перебега, мм  $\Delta = 0$

$y$  - величина врезания, мм

$$y = 0,4 \cdot D$$

$$y = 0,4 \cdot 18 = 7,2 \text{ мм}$$

$$L = 47 + 7,2 = 54,2 \text{ мм}$$

$$T_0 = \frac{54,2}{345 \cdot 0,21} = 0,74 \text{ мин.}$$

- 020 фрезерная операция

Глубина резания, мм

$$h = 2,5 \text{ мм}$$

- Определяем подачу на зуб

$$S_z = 0,02 \dots 0,06 \rightarrow \text{принимаем } S_z = 0,04 \quad [1. \text{ с403}]$$

- Определяем скорость резания

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_V \text{ м/мин.}$$

где  $C_V, x, y, m, u, p, q$  - коэффициент и показатели степени для скорости.

$$C_V = 145$$

$$q = 0,44$$

$$m = 0,37$$

[1. с408]

										Лист
										46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ					

$$Y = 0,26$$

$$X = 0,24$$

$$u = 0,1$$

$$p = 0,13$$

$$T = 80 \text{ мин.}$$

[1. с411]

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{nv} \cdot K_{ив}$$

где  $K_{MV}, K_{ив}, K_{nv}$  – поправочные коэффициенты.

$$K_{MV} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$$

[1. с358]

$$n_v = 0,9$$

[1. с358]

$$K_{MV} = 1,0 \left( \frac{750}{580} \right)^{0,9} = 1,26$$

$$K_{nv} = 1,0$$

[1. с361]

$$K_{ив} = 1,0$$

[1. с361]

$$K_V = 1,26 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,26$$

$$V = \frac{145 \cdot 16^{0,44}}{80^{0,37} \cdot 2,5^{0,24} \cdot 0,04^{0,26} \cdot 16^{0,1} \cdot 4^{0,13}} \cdot 1,26 = 42 \text{ м/мин.}$$

- Определяем число оборотов

$$n_{\phi} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ об/мин}$$

$$n_{\phi} = \frac{1000 \cdot 42}{3,14 \cdot 10} = 1333 \text{ об/мин}$$

$$S_M = S_n = S_z \cdot Z \cdot n \text{ мм/мин.}$$

$$S_M = 0,04 \cdot 4 \cdot 1333 = 214 \text{ мм/мин.}$$

- Определяем силу резания

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \text{ Н}$$

где  $C_p, x, y, n, q, w$  – коэффициент и показатели степени для силы резания.

$$C_p = 12,5$$

$$q = 0,73$$

									Лист
									47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ				

$$Y = 0,75$$

$$X = 0,85 \quad [1. \text{ c412}]$$

$$u = 1,0$$

$$w = -0,13$$

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n \quad [1. \text{ c362}]$$

$$n = 0,75 \quad [1. \text{ c362}]$$

$$K_{MP} = \left(\frac{580}{750}\right)^{0,75} = 0,82$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 2,5^{0,85} \cdot 0,04^{0,75} \cdot 16^{1,0} \cdot 4}{16^{0,73} \cdot 1333^{-0,13}} \cdot 0,82 = 525 \text{ Н}$$

- Определяем крутящий момент

$$M_{KP} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{KP} = \frac{525 \cdot 16}{2 \cdot 100} = 42 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

- Мощность резания

$$N_e = \frac{P \cdot V}{1020 \cdot 60} \text{ кВт}$$

$$N_e = \frac{525 \cdot 42}{1020 \cdot 60} = 0,36 \text{ кВт}$$

$$N \leq N_{\text{шп}} \cdot \eta$$

$$N_{\text{шп}} = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт}$$

$$0,36 \leq 7,5 \rightarrow \text{условие выполняется.}$$

3.1.1. Основное время

$$T_0 = \frac{L_i}{S_M}$$

где  $L_i$  - длина рабочего хода, мм

$$L_i = l + y + \Delta$$

где  $l$  - длина обрабатываемой поверхности = 147 мм

$\Delta$  - величина перебега, мм  $\Delta = 0,3 \text{ мм}$

										Лист
										48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ					

$y$  – величина врезания, мм

$$y = 0,3 \cdot D$$

$$y = 0,3 \cdot 16 = 4,8 \text{ мм}$$

$$L = 147 + 4,8 + 0,3 = 152 \text{ мм}$$

$$T_0 = \frac{152}{214} = 0,71 \text{ мин.}$$

Таблица 2 – Расчетные данные режимов резания

№ п/п	$t$ , мм	$S$ мм/об	$V_{\phi}$ , м/мин	$n$ , об/мин	$P_z, P_o, H$	$N$ , кВт	$T_o$ , мин
[ $Z_{18}^{15}$ ]	0,29	0,4	130,6	1570	263	0,56	0,011
[ $Z_{13}^{10}$ ]	0,245	0,4	130,6	1570	222	0,47	0,03
[ $Z_{21}^{10}$ ]	0,128	0,2	184,7	1720	67,3	0,2	0,026

Таблица 2 – Расчетные данные режимов резания

[ $Z_9^{10}$ ]	0,227	0,2	128,2	1720	251	0,4	0,06
[ $Z_1^{10-3}$ ]	0,155	0,2	178,1	1720	152	0,31	0,02
[ $Z_1^{10-2}$ ]	0,302	0,3	130,5	1570	272	0,4	0,02
[ $Z_1^{10-1}$ ]	0,193	0,3	166,2	1720	154	0,31	0,02
[ $Z_7^{5-2}$ ]	0,155	0,2	178,1	1720	154	0,31	0,031
[ $Z_7^{5-1}$ ]	0,304	0,3	130,5	1570	271	0,41	0,031
[ $Z_3^{5-2}$ ]	0,302	0,2	130,1	1570	271	0,41	0,02
[ $Z_3^{5-1}$ ]	0,5	0,4	112,1	1420	302	0,56	0,02
[ $Z_4^{15-2}$ ]	0,225	0,2	128,2	1570	167	0,25	0,09
[ $Z_4^{15-1}$ ]	0,36	0,3	125,1	1570	265	0,42	0,08
[ $Z_4^5$ ]	0,774	0,21	19,5	345	494	0,008	0,74
[ $Z_{17}^{15}$ ]	0,225	0,29	125,1	1570	167	0,25	0,045
[ $Z_{12}^{10-2}$ ]	0,145	0,2	169,3	1720	152	0,23	0,03
[ $Z_{12}^{10-1}$ ]	0,282	0,3	143,1	1720	167	0,25	0,021
[ $Z_8^{10-3}$ ]	0,04	0,4	251,4	1800	32	0,03	0,06
[ $Z_8^{10-2}$ ]	0,149	0,3	169,4	1720	154	0,25	0,025

$[Z_8^{10-1}]$	0,282	0,2	143,5	1570	167	0,26	0,024
$[Z_{11}^{10}]$	0,119	0,25	182,2	1720	132	0,22	0,09
$[Z_{10}^{10}]$	0,14	0,25	169,2	1720	143	0,25	0,04
$[Z_2^{10-2}]$	0,27	0,2	142,9	1570	169	0,29	0,06
$[Z_2^{10-1}]$	0,47	0,3	139,5	1800	269	0,42	0,04
$[Z_{11}^{5-2}]$	0,142	0,2	169,2	1720	154	0,25	0,035
$[Z_{11}^{5-1}]$	0,28	0,3	143,1	1570	167	0,26	0,049

## 1.8 Нормирование времени

- Расчет норм времени (операция 005):

$$t_{ум} = t_{опер.} + t_{обс} + t_{омл}, \text{ мин.} \quad (12)$$

$t_{ум}$  — штучное время:

Основное время  $t_0$  рассчитывается по формуле:

$$t_0 = \frac{L_{р.х.}}{n \cdot s_m} \quad (13)$$

$L_{р.х.} = l_d + l_{вр} + l_{подв} + l_{пер}$ , мм,

где  $L_{р.х.}$  — длина рабочего хода, мм

$$L_{р.х.} = l_{вр} + l_d + l_{подв} + l_{пер} \quad (14)$$

$l_d$  — обрабатываемая длина детали, мм

$l_{вр}$ ,  $l_{подв}$ ,  $l_{пер}$  — длины врезания, подвода и схода соответственно, мм

$$t_0 = 0,74 + 0,02 + 0,1 + 0,116 = 0,976 \text{ мин}$$

Вспомогательное время  $t_{всп}$ :

$$t_{всп} = t_{в1} + t_{в2} + t_{в3}, \text{ мин.} \quad (15)$$

где:  $t_{в1}$  — время, связанное с установкой и снятием заготовки;

$t_{в2}$  — время, связанное с переходом (включение, выключение станка, управление станком, подвод инструмента, смена инструмента):

$t_{в3}$  — время, связанное с измерением.

					15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

$t_{e_1} = 0.38 \cdot 0,8 = 0,304$  мин [11,с.35];  $t_{e_2} = 0.36$ мин; [11,с.95]  $t_{e_3} = 0.07$ мин.  
[11,с.188]

$$t_{всп} = 0,312 + 0,36 + 0,07 = 0.734 \text{мин.}$$

Оперативное время:

$$t_{опер.} = t_0 + t_e, \text{ мин;} \quad (16)$$

$$t_{опер.} = 0,976 + 0.734 = 1,71 \text{мин}$$

Время на обслуживание [11,с.95]:

$$t_{обс} = 6,5\% \cdot t_{оп}, \text{ мин;} \quad (17)$$

$$t_{обс} = 6,5\% \cdot 1,71 = 0,11 \text{мин,}$$

Время на отдых и личные надобности [11,с.204]:

$$t_{отл} = 4\% \cdot t_{оп}, \text{ мин;} \quad (18)$$

$$t_{отл} = 4\% \cdot 1,71 = 0,068 \text{мин,}$$

$$t_{ум} = 1,71 + 0,11 + 0,068 = 1,88 \text{ мин.}$$

2) Расчет норм времени обтачивания (операция 010):

- Расчет норм времени

$$t_{ум} = t_{опер.} + t_{обс} + t_{отл}, \text{ мин.}$$

$t_{ум}$  — штучное время:

Основное время  $t_0$  рассчитывается по формуле:

$$t_0 = \frac{L_{р.х.}}{n \cdot S_M}$$

$L_{р.х.} = l_d + l_{вр} + l_{подв} + l_{пер}$ , мм,

где  $L_{р.х.}$  — длина рабочего хода, мм

$$L_{р.х.} = l_{вр} + l_d + l_{подв} + l_{пер}$$

$l_d$  — обрабатываемая длина детали, мм

$l_{вр}$ ,  $l_{подв}$ ,  $l_{пер}$  — длины врезания, подвода и схода соответственно, мм

$$t_0 = 0,045 + 0,164 + 0,201 + 0,051 = 0,461 \text{ мин}$$

Вспомогательное время  $t_{всп}$ :

									Лист
									51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ				

$$t_{\text{всп}} = t_{\text{в1}} + t_{\text{в2}} + t_{\text{в3}}, \text{ мин.}$$

где:  $t_{\hat{e}_1}$  — время, связанное с установкой и снятием заготовки;

$t_{\hat{a}_2}$  — время, связанное с переходом (включение, выключение станка, управление станком, подвод инструмента, смена инструмента):

$t_{\hat{e}_3}$  — время, связанное с измерением.

$t_{\hat{e}_1} = 0.38 \cdot 0,8 = 0,304 \text{ мин [11,с.35]}; t_{\hat{e}_2} = 0.36 \text{ мин}; [11,с.95] t_{\hat{e}_3} = 0.07 \text{ мин. [11,с.188]}$

$$t_{\text{всп}} = 0,312 + 0,36 + 0,07 = 0.734 \text{ мин.}$$

Оперативное время:

$$t_{\text{опер.}} = t_0 + t_{\hat{e}}, \text{ мин};$$

$$t_{\text{опер.}} = 0,461 + 0.734 = 1,195 \text{ мин}$$

Время на обслуживание [11,с.95]:

$$t_{\text{обс}} = 6,5\% \cdot t_{\text{оп}}, \text{ мин};$$

$$t_{\text{обс}} = 6,5\% \cdot 1,195 = 0,077 \text{ мин,}$$

Время на отдых и личные надобности [11,с.204]:

$$t_{\text{отл}} = 4\% \cdot t_{\text{оп}}, \text{ мин};$$

$$t_{\text{отл}} = 4\% \cdot 1,195 = 0,047 \text{ мин,}$$

$$t_{\text{шт}} = 1,195 + 0,077 + 0,047 = 1,31 \text{ мин.}$$

3) Расчет норм времени обтачивания (операция 015):

- Расчет норм времени

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{опер.}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{отл}}, \text{ мин.}$$

$t_{\text{шт}}$  — штучное время:

Основное время  $t_0$  рассчитывается по формуле:

$$t_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{n \cdot S_{\text{м}}}$$

$L_{\text{р.х.}} = l_{\text{д}} + l_{\text{вр}} + l_{\text{подв}} + l_{\text{пер}}, \text{ мм,}$

где  $L_{\text{р.х.}}$  — длина рабочего хода, мм

									Лист
									52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ				

$$L_{p.x.} = l_{вр} + l_{д} + l_{подв} + l_{пер}$$

$l_{д}$  — обрабатываемая длина детали, мм

$l_{вр}$ ,  $l_{подв}$ ,  $l_{пер}$  — длины врезания, подвода и схода соответственно, мм

$$t_o = 0,146 + 0,08 = 0,226 \text{ мин}$$

Вспомогательное время  $t_{всп}$ :

$$t_{всп} = t_{в1} + t_{в2} + t_{в3}, \text{ мин.}$$

где:  $t_{в1}$  — время, связанное с установкой и снятием заготовки;

$t_{в2}$  — время, связанное с переходом (включение, выключение станка, управление станком, подвод инструмента, смена инструмента):

$t_{в3}$  — время, связанное с измерением.

$t_{в1} = 0,38 \cdot 0,8 = 0,304 \text{ мин}$  [11,с.35];  $t_{в2} = 0,36 \text{ мин}$ ; [11,с.95]  $t_{в3} = 0,07 \text{ мин}$ .  
[11,с.188]

$$t_{всп} = 0,312 + 0,36 + 0,07 = 0,734 \text{ мин.}$$

Оперативное время:

$$t_{опер.} = t_o + t_{в}, \text{ мин;}$$

$$t_{опер.} = 0,226 + 0,734 = 0,96 \text{ мин}$$

Время на обслуживание [11,с.95]:

$$t_{обс} = 6,5\% \cdot t_{оп}, \text{ мин;}$$

$$t_{обс} = 6,5\% \cdot 0,96 = 0,063 \text{ мин,}$$

Время на отдых и личные надобности [11,с.204]:

$$t_{отл} = 4\% \cdot t_{оп}, \text{ мин;}$$

$$t_{отл} = 4\% \cdot 0,96 = 0,039 \text{ мин,}$$

$$t_{шт} = 0,226 + 0,063 + 0,039 = 0,328 \text{ мин.}$$

4) Расчет норм времени фрезерования (операция 020):

- Расчет норм времени

$$t_{шт} = t_{опер.} + t_{обс} + t_{отл}, \text{ мин.}$$

$t_{шт}$  — штучное время:

					15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

Основное время  $t_0$  рассчитывается по формуле:

$$t_0 = \frac{L_{p.x.}}{n \cdot S_M}$$

$L_{p.x.} = l_d + l_{вр} + l_{подв} + l_{пер}$ , мм,

где  $L_{p.x.}$  — длина рабочего хода, мм

$$L_{p.x.} = l_{вр} + l_d + l_{подв} + l_{пер}$$

$l_d$  — обрабатываемая длина детали, мм

$l_{вр}$ ,  $l_{подв}$ ,  $l_{пер}$  — длины врезания, подвода и схода соответственно, мм

$$t_0 = 0,71 \text{ мин}$$

Вспомогательное время  $t_{всп}$ :

$$t_{всп} = t_{в1} + t_{в2} + t_{в3}, \text{ мин.}$$

где:  $t_{в1}$  — время, связанное с установкой и снятием заготовки;

$t_{в2}$  — время, связанное с переходом (включение, выключение станка, управление станком, подвод инструмента, смена инструмента):

$t_{в3}$  — время, связанное с измерением.

$t_{в1} = 0,38 \cdot 0,8 = 0,304 \text{ мин}$  [11,с.35];  $t_{в2} = 0,36 \text{ мин}$ ; [11,с.95]  $t_{в3} = 0,07 \text{ мин}$ .  
[11,с.188]

$$t_{всп} = 0,312 + 0,36 + 0,07 = 0,734 \text{ мин.}$$

Оперативное время:

$$t_{опер} = t_0 + t_{в}, \text{ мин;}$$

$$t_{опер} = 0,71 + 0,734 = 1,44 \text{ мин}$$

Время на обслуживание [11,с.95]:

$$t_{обс} = 6,5\% \cdot t_{оп}, \text{ мин;}$$

$$t_{обс} = 6,5\% \cdot 1,44 = 0,093 \text{ мин,}$$

Время на отдых и личные надобности [11,с.204]:

$$t_{отл} = 4\% \cdot t_{оп}, \text{ мин;}$$

$$t_{отл} = 4\% \cdot 1,44 = 0,057 \text{ мин,}$$

					15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

$$t_{шт} = 0,71 + 0,093 + 0,057 = 0,86 \text{ мин.}$$

Таблица 3 – Расчетные данные нормы времени

Номер операции	Нормы времени		
	штучное время	вспомогательное время	основное технологическое (машинное) время
005 точение	1,88	0,734	0,976
010 точение	1,31	0,734	0,461
015 точение	0,328	0,734	0,226
020 фрезерование	0,86	0,734	0,71

### 1.9 Проектирование РТК

Особенностями станков с ЧПУ являются:

1. Наличие управляющей программы, данные о величине, скорости и направлении перемещений улов станка.

2. Низкая трудоемкость переналадки при переходе от выпуска одной детали к другой, для чего достаточно заменить программу обработки. Таким образом, станки с ЧПУ обладают высокой гибкостью в сочетании с достаточно высокой производительностью. Снижение трудоемкости подготовки производства при освоении предприятием новых изделий важна в условиях рыночной экономики.

3. Числовая форма представления управляющей информации позволяет использовать компьютер и создавать безбумажную технологию.

Преимуществами станков с ЧПУ являются:

1. Высокая производительность (в 2...5 раз выше по сравнению с аналогичными станками с ручным управлением).

2. Подготовка производства переносится в сферу инженерного труда, что снижает потребность в высококвалифицированных рабочих-станочниках.

3. Детали, изготовленные по одной УП, являются взаимозаменяемыми, что сокращает затраты времени на подгоночные работы при сборке.

					<i>15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

4. Благодаря централизованной подготовке УП и более простой, и универсальной технологической оснастке значительно сокращаются сроки перехода на изготовление новых деталей.

Все выпускаемое оборудование с ПУ ориентировано на обеспечение его максимального использования в гибких производственных системах (ГПС) различного назначения и минимальное участие человека в процессе производства. Оборудование с ПУ выпускается для реализации всех видов технологических процессов машиностроения.

Для токарного станка с ЧПУ модели DEG E-turn G 205/890 CNC установлена система ЧПУ Fanuc 0i-MD. Это система ЧПУ относится к типу CNC.

CNC – система управления технологическим оборудованием, применяемая при автоматизации промышленного производства. Устройства с ЧПУ (УЧПУ) базируются на работе микро-ЭВМ, в которой логика работы задается программным методом. Одно и то же УЧПУ с микро-ЭВМ может реализовывать различные функции управления за счет изменения программы управления работой микро-ЭВМ. В роли микро-ЭВМ выступает промышленный контроллер как то: микропроцессор, на котором построена встраиваемая система; программируемый логический контроллер либо более сложное устройство управления — промышленный компьютер.

Примеры расчетно-технологических карт можно увидеть в графической части дипломного проекта.

#### 1.9.1 Управляющая программа для токарного станка с ЧПУ (005 операция)

Таблица 4 – Карта координат опорных точек

Участок	Контур	Координаты конца участка						n об/мин	S мм/ мин
		X		$\Delta X$	Y		$\Delta Y$		
		мм	Дискр	Дискр	мм	дискр	Дискр		
0-1	прям	23,5	4700	-9300	98	9800	-3200	1570	УСК
1-2	-“-	23,5	4600	-100	88	8800	-1000	1570	471

Таблица 4 – Карта координат опорных точек

2-3	-“-	21	4200	-400	88	8800	0	1570	471
3-4	-“-	21	4200	0	44	4400	-4400	1570	471
4-5	-“-	15	3000	-1200	44	4400	0	1570	471
5-6	-“-	15	3000	0	98	9800	5400	1570	УСК
6-7	-“-	70	14000	11000	130	13000	3200	1570	УСК
7-8	-“-	26,5	5300	-8700	98	9800	-3200	1570	314
8-9	-“-	26,5	5300	0	88	8800	-1000	1570	314
9-10	-“-	25	5000	-300	88	8800	0	1570	314
10-11	-“-	25	5000	0	44	4400	-4400	1570	314
11-12	-“-	15	3000	-2000	44	4400	0	1570	314
12-13	-“-	15	3000	0	98	9800	5400	1570	УСК
13-14	-“-	70	14000	11000	130	13000	3200	1570	УСК
14-15	-“-	19	3800	-10200	98	9800	-3200	1570	628
15-16	-“-	19	3800	0	74,5	7450	-2350	1570	628
16-17	-“-	29	5800	2000	74,5	7450	0	1570	628
17-18	-“-	19	3800	-2000	74,5	7450	0	1570	628
18-19	-“-	19	3800	0	65,5	6550	-900	1570	628
19-20	-“-	29	5800	2000	65,5	6550	0	1570	628
20-21	-“-	19	3800	-2800	65,5	6550	0	1570	628
21-22	-“-	19	3800	0	56,5	5650	-900	1570	628
22-23	-“-	29	5800	2000	56,5	5650	0	1570	628
23-24	-“-	15	3000	-2800	56,5	5650	0	1570	628
24-25	-“-	15	3000	0	98	9800	4150	1570	УСК
25-26	-“-	70	14000	11000	130	13000	3200	1570	УСК

Проверка  $\sum \Delta X = 0$  ,  $\sum \Delta Z = 0$

Таблица 5 – Программа для ЧПУ

Программа	Комментарии
% N001 G01 G27 G97 T01 S1000 M04*	Начало программы, линейная интерполяция. Работа в абсолютной системе координат, функция скорости в об/мин, инструмент в ячейке 1, n=1570 об/мин. Включение шпинделя против часовой стрелки, конец кадра
N002 G94 X002350 Z 009800 F7000 M08 L101*	Подача в мм/мин, перемещение по оси x d= 200 по z на 98 , ускоренная подача, включение СОЖ, одиночный коррекция по оси x, корректор №1, конец кадра.
N003 X002100 F1471*	Перемещение по оси x на d=21 с подачей 471 мм/мин, конец кадра.

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

15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ

Лист

57

Продолжение таблицы 5

N004 Z0044000 *	Перемещение по оси z на 44 мм, конец кадра.
N005 X001500 *	Перемещение по оси x на d=15, конец кадра.
N006 Z009800 F7000 *	Перемещение по оси Z на 98 мм, с ускоренной подачей, конец кадра.
N007 X007000 Z013000 F7000 *	Подача в мм/мин, перемещение по оси x d= 70 по z на 130, ускоренная подача, конец кадра.
N008 X002650 Z009800 F7000 *	Подача в мм/мин, перемещение по оси x d= 26,5 по z на 98, ускоренная подача, конец кадра.
N009 Z008800 S1570 F1314 L102*	n=1570 об/мин. Перемещение по оси z на 88 мм, с подачей 314 мм/мин, корректор №2, конец кадра.
N010 X002500 *	Перемещение по оси x на d=25, конец кадра.
N011 Z004400 *	Перемещение по оси Z на 44 мм, конец кадра.
N012 X001500 *	Перемещение по оси x на d=15, конец кадра.
N013 Z009800 F7000 *	Перемещение по оси Z на 98 мм, с ускоренной подачей, конец кадра.
N014 X007000 Z013000 F7000 *	Подача в мм/мин, перемещение по оси x d= 70 по z на 130, ускоренная подача, конец кадра.
N015 X001900 Z009800 F7000 *	Подача в мм/мин, перемещение по оси x d= 19 по z на 98, ускоренная подача, конец кадра.
N016 Z007450 S1570 F1628 L103*	n=1570 об/мин. Перемещение по оси z на 74,5 мм, с подачей 628 мм/мин, корректор №3, конец кадра.
N017 X002900 *	Перемещение по оси x на d=29, конец кадра.
N018 X001900 *	Перемещение по оси x на d=19, конец кадра.
N019 Z006550 *	Перемещение по оси Z на 65,5 мм, конец кадра.
N020 X002900 *	Перемещение по оси x на d=29, конец кадра.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ

Лист

58

Продолжение таблицы 5

N021 X001900 *	Перемещение по оси x на d=19, конец кадра.
N022 Z005650 *	Перемещение по оси Z на 56,5 мм, конец кадра.
N023 X002900 *	Перемещение по оси x на d=29, конец кадра.
N024 X001500 *	Перемещение по оси x на d=15, конец кадра.
N025 Z009800 F7000 *	Перемещение по оси Z на 98 мм, с ускоренной подачей, конец кадра.
N026 X007000 Z013000 F7000 M05 M09 M02*	Перемещение по оси X на d=70 мм, по оси z на 130 мм с ускоренной подачей, остановка шпинделя, выключение СОЖ, конец программы, конец кадра

## 2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Расчет и проектирование патрона для 005 операции.

Патрон универсальный трех кулачковый, применяется на токарных станках, служит для закрепления деталей типа тел вращения. Патрон применяется при обработке детали на 005, 010 и 015 операциях, максимальная глубина резания составляет 0,775 мм.

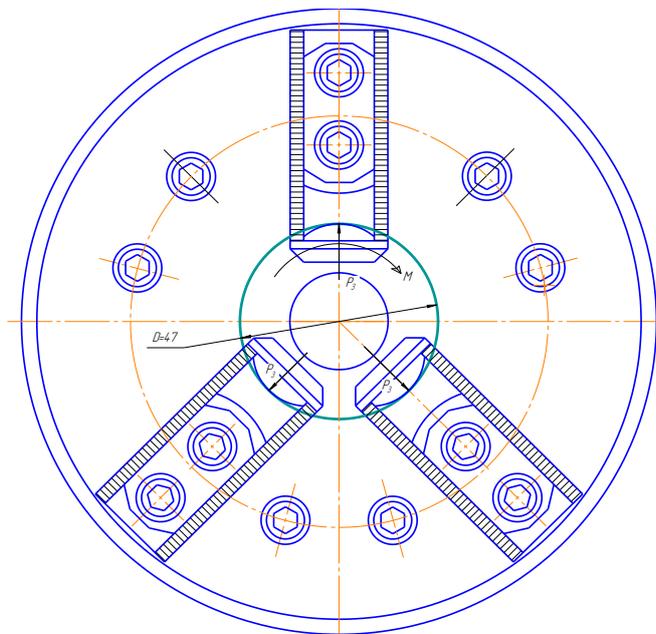


Рисунок 22 - Схема расчета усилия закрепления

Исходя из расчетной схемы (рисунок 23), определим усилие зажима по формуле [2, с. 380]:

$$Q = \frac{2 \cdot k \cdot M}{n \cdot D \cdot f} \quad (19)$$

где  $f = 0,18$  - коэффициент трения между деталью и кулачками приспособления

$D=48$  мм - диаметр детали;

$n=3$  - количество кулачков в патроне;

$M$  - сдвигающий момент; определяется по формуле:

$$M = P_z \cdot r, \quad (20)$$

где  $P_z$  - максимальная окружная сила резания;

									Лист
									60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ				

Силу резания принимаем из 005 операции (черновое точение, поверхность 4)  $\rightarrow P_z = 494 \text{ Н}$

$r$  - радиус детали (обрабатываемой поверхности),  $r = 23,5 \text{ мм}$ ;

$$M = 494 \cdot 23,5 = 11609 \text{ Нмм.}$$

$k$  - коэффициент, учитывающий неоднородность качества материалов, изменение положений опорных реакций в результате отклонений реальных технологических баз от идеальной геометрической формы и т.д. находим по формуле [4, с. 372]:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \quad (21)$$

где  $k_0 = 1,5$  – гарантированный коэффициент запаса;

$k_1$  - коэффициент, учитывающий состояние технологической базы. При чистовых базах  $k_1 = 1$ ;

$k_2$  - коэффициент, учитывающий увеличение сил резания вследствие затупления инструмента ( $k_2 = 1,5$ );

$k_3$  - коэффициент, учитывающий ударную нагрузку на инструмент при обработке прерывистых поверхностей ( $k_3 = 1$ );

$k_4$  - коэффициент, учитывающий стабильность силового привода. При механизированном приводе  $k_4 = 1$ ;

$k_5$  - коэффициент, учитывающий наличие момента, стремящегося повернуть обрабатываемую деталь вокруг ее оси. При установке на опоры с ограниченными поверхностями контакта  $k_5 = 1$ .

$$k = 1,5 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,25 < 2,5 \text{ то принимаем } 2,5$$

$$Q = \frac{2 \cdot 2,25 \cdot 11609}{3 \cdot 38 \cdot 0,18} = 2545 \text{ Н.}$$

Усилие на штоке цилиндра определяется, исходя из соотношения плеч рычага передаточного механизма (рисунок 24):

$$Q_{ум} = \frac{n \cdot P_3 \cdot l_2}{l_1} \quad (22)$$

					15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

$$Q_{ум} = \frac{3 \cdot 2545 \cdot 15}{45} = 2545H.$$

Так как пуск воздуха производится в штоковую полость, то диаметр цилиндра можно найти по формуле [4, с. 461]:

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{Q_{ум}}{0,75 \cdot \pi \cdot p \cdot \eta}} \quad (23)$$

где  $p$  - давление воздуха ( $p=0,4$ МПа);

$\eta$  - КПД. ( $\eta=0,9$ ).

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{2545}{0,75 \cdot 3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,9}} = 55 \text{ мм.}$$

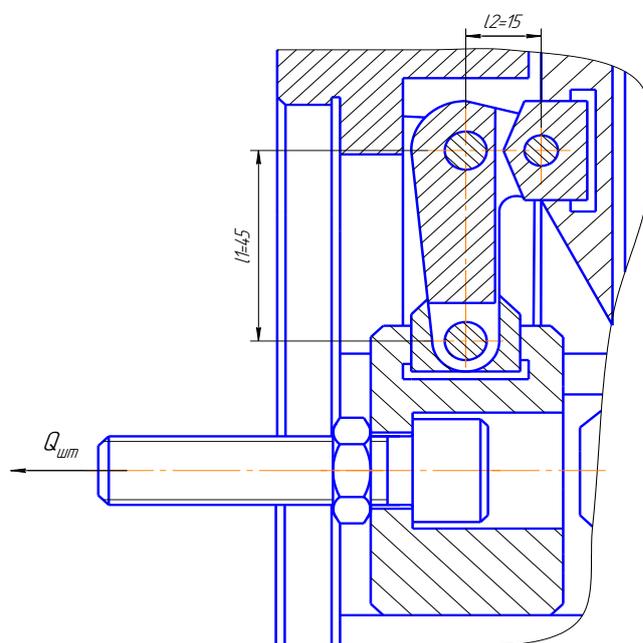


Рисунок 23 - Схема определения усилия на штоке цилиндра и расчета передаточного механизма

Диаметр цилиндра принимается из стандартного ряда. Принимаем ближайший диаметр гидроцилиндра  $D_{ц}=63$  мм. ГОСТ 12445—80 Действительное усилие на штоке, исходя из формулы (18):

$$Q_{ум} = 0,75 \cdot 3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,9 \cdot 63^2 = 3364H.$$

2.2 Расчет и проектирование контрольного приспособления для проверки соосности отверстия.

Контрольное приспособление применяется для проверки соосности наружной цилиндрической поверхности относительно базовой поверхности  $\phi 32^{+0,032}$  мм.

									Лист
									62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ				

- суммарная погрешность контрольного приспособления:

$$\Delta_{\text{изм}} \leq [\Delta_{\text{изм}}] \quad [1. \text{ с } 150]$$

$$\sqrt{\varepsilon^2 + \Delta_{\text{п}}^2 + \Delta_{\text{р}}^2 + \Delta_{\text{т}}^2} \leq (0,2 \dots 0,35)T \quad (24)$$

где  $\varepsilon$  – погрешность положения детали в приспособлении

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2} \quad (25)$$

где  $\varepsilon_{\delta}$  – погрешность базирования детали в контрольном приспособлении;

$\varepsilon_{\delta} = 0$  совпадение баз, т.к. применяем разжимную шестилепестковую

цанговую оправку

$\varepsilon_3$  – погрешность закрепления детали в контрольном приспособлении;

$\varepsilon_3 = 0$  т.к. прилагаемое усилие мало

$\varepsilon_{\text{п}}$  – погрешность изготовления приспособления

$\varepsilon_{\text{п}} = 0,01$  [1. с 151]

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

$\Delta_{\text{р}}$  – погрешность передаточных устройств

$\Delta_{\text{р}} = 0$  т.к. передаточных устройств нет.

$\Delta_{\text{э}}$  – погрешность настройки контрольного приспособления по эталону;

$\Delta_{\text{э}} = 0$

$\Delta_{\text{м}}$  – погрешность измерительного устройства, определяющая погрешность метода измерения. Индикатор ИЧ-10 кл.1, цена деления 0,01мм, диапазон измерений 0-25мм ГОСТ 577-68

$\Delta_{\text{м}} = 0,005\text{мм}$

$$\Delta_{\text{изм}} = \sqrt{0,01^2 + 0^2 + 0^2 + 0,005^2} = 0,011\text{мм}$$

Допустимая погрешность измерения составляет 20...25% от поля допуска на измерительную величину

$$[\Delta_{\text{изм}}] = k \cdot T \quad (26)$$

где  $[\Delta_{\text{изм}}]$  – допустимая погрешность на контрольное приспособление

									Лист
									63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ

$k$  – коэффициент, зависящий от точности обработки (0,3 мм для IT6)

$T$  – технологический допуск на измеряемую величину

$$[\Delta_{\text{изм}}] = 0,3 \cdot 0,1 = 0,03 \text{ мм}$$

$$0,011 \leq 0,03$$

### 2.3 Расчет и проектирование схвата промышленного робота

Для загрузки детали корпус в зону обработки будем использовать промышленный робот. Спроектируем схват для этого робота.

Схват должен обеспечивать точное положение оси симметрии детали. В таких схватах должно обеспечиваться одновременное перемещение всех губок в направлении плоскости симметрии, исходя из этого спроектируем центрирующий схват.

Привод будем использовать пневматический, использующий цеховой сетевой сжатый воздух давлением 0,6 МПа.

Данное захватное устройство проектируется для загрузки, снятия и переворота детали между операциями. Захватное устройство предназначено для перемещения детали из накопителя, установки детали в приспособление (патрон), снятия детали после обработки и складирования в другой накопитель для последующей узловой сборки.

Принимаем схват со схемой рычажного механизма приведенного на рисунке 2.5:

					<i>15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		64

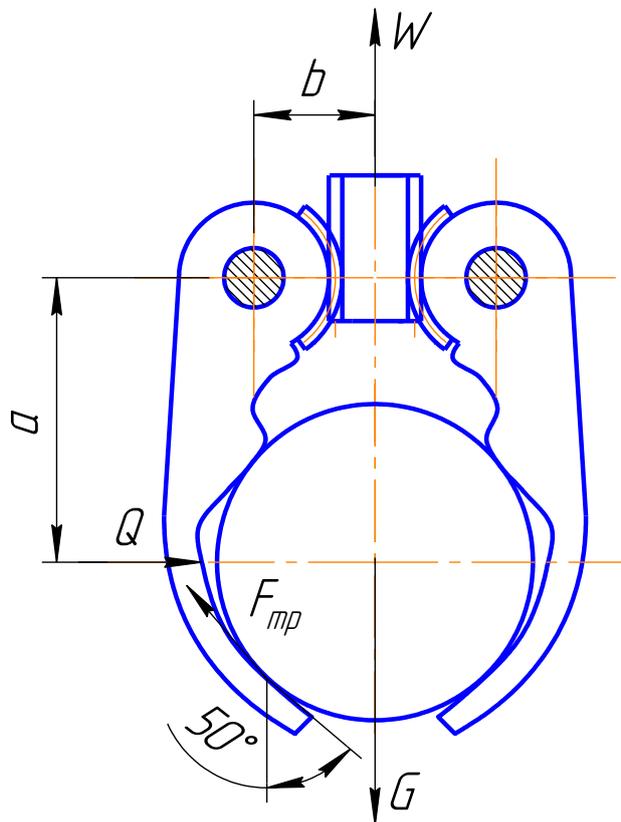


Рисунок 24 - Расчетная схема рычажного механизма (схвата)

где  $F_{тр}$  – сила трения детали об губки схвата;

$Q$  – необходимая сила зажима;

$f$  – коэффициент трения.

$$G - 2 \cdot F_{тр} = 0, \quad (27)$$

где  $G$  – вес детали;

$$G - 2 \cdot Q \cdot f \cdot \sin 50^\circ = 0$$

$$Q = \frac{G \cdot k}{2 \cdot f \cdot \sin 50^\circ}, \quad (28)$$

где  $k$  – общий коэффициент зажима:

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (29)$$

где  $k_1$  - коэффициент безопасности,  $k_1 = 1,7$ ;

$k_2$  - коэффициент, зависящий от максимального ускорения, с которым робот перемещает закрепленную в захвате заготовку,  $k_2 = 1,4$ ;

$k_3$  - коэффициент передачи, зависящий от конструкции захвата и расположения в нем заготовки,  $k_3 = 1,8$  [4, с.506]

$f$  - коэффициент трения,  $f = 0,4$  [4, с.85]

$$k = 1,7 \cdot 1,4 \cdot 1,8 = 4,284$$

$$Q = \frac{0,06 \cdot 9,81 \cdot 4,284}{2 \cdot 0,4 \cdot \sin 50^\circ} = 41,5 \text{ Н.}$$

Определим усилие на штоке захватного устройства  $W$  (см рисунок 2.3).

Усилие на штоке цилиндра определяется, исходя из соотношения плеч рычага передаточного механизма (рисунок 2.3):

$$W = \frac{Q \cdot a}{b}, \quad (30)$$

где  $a$  и  $b$  – плечи передаточного механизма;  $a=89\text{мм}$ ;  $b=32\text{мм}$  (определено конструктивно). Тогда:

$$W = \frac{41,5 \cdot 89}{32} = 115,3 \text{ Н.}$$

Так как пуск воздуха производится в штоковую полость, то диаметр цилиндра можно найти по формуле:

$$W = \frac{\pi \cdot D_{\text{ц}}^2}{4} \cdot p \cdot \eta; \quad (31)$$

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \quad (32)$$

где  $p$  - давление воздуха на поршень,  $p = 0,49 \text{ МПа}$ ;

$\eta$  - КПД пневмоцилиндра,  $\eta = 0,9$ ;

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 115,3}{3,14 \cdot 0,49 \cdot 0,9}} = 19,3 \text{ мм.}$$

Принимаем  $D_{\text{ц}}$  из стандартного ряда.  $D_{\text{ц}} = 63 \text{ мм}$ .

Диаметр штока принимается из соотношения:

$$d_{\text{шт}} = 0,3 D_{\text{ц}}; \quad (33)$$

$$d_{\text{шт}} = 0,3 \cdot 63 = 18,9 \text{ мм.}$$

Действительная сила на штоке пневмоцилиндра, исходя из формулы 2.9, равна:

$$W = \frac{D_{\text{ц}}^2 \cdot \pi \cdot p \cdot \eta}{4} = \frac{63^2 \cdot 3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,9}{4} = 1121 \text{ Н.} \quad (34)$$

Определение усилий в элементах схвата и его конструктивных параметров.

Усилие, действующее на оси схвата находим из суммы проекций сил на оси  $X$  и  $Y$ :

$$\Sigma F_x = Q - F_{Ax} = 0; \quad (35)$$

$$\Sigma F_y = W - G - F_{Ay} = 0, \quad (36)$$

откуда:

										Лист
										66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ					

$$\begin{aligned} F_{Ax} &= Q; \\ F_{Ay} &= W - G. \end{aligned} \quad (37)$$

$$\begin{aligned} F_{Ax} &= 41,5; \\ F_{Ay} &= 1121 - 23,5 \cdot 9,81 = 890. \end{aligned}$$

Суммарная нагрузка в шарнире:

$$\begin{aligned} F_A &= \sqrt{F_{Ax}^2 + F_{Ay}^2}; \\ F_A &= \sqrt{41,5^2 + 890^2} = 897 \text{ Н}. \end{aligned} \quad (38)$$

Диаметр осей выбираем из расчета на срез:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_A}{\pi \cdot [\tau_{ср}]}} \quad (39)$$

где  $[\tau_{ср}]$  - допустимое напряжение среза для стали 45,

$$[\tau_{ср}] = 120 \text{ МПа};$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 890}{3,14 \cdot 120}} = 3,07 \text{ мм}.$$

Конструктивно принимаем  $d = 4 \text{ мм}$ .

Проверяем шарниры на смятие, принимая допускаемое напряжение на смятие для стали 45  $[\sigma_{см}] = 80 \text{ МПа}$ :

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot F_A}{\pi \cdot d_{III} \cdot b} \quad (40)$$

где  $b = 50 \text{ мм}$  – принятая ширина оси;

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 890}{3,14 \cdot 18 \cdot 3} = 10,5 \text{ МПа} \ll 80 \text{ МПа}.$$

Конструкция и расчет губок схвата.

Губки схвата контактируют с деталью и от их конструкции во многом зависит точность и надежность работы схвата. При конструировании следует учитывать, что на губки действуют значительные нормальные усилия и силы инерции, которые сдвигают губки со своего места. С другой стороны, губки должны обеспечить наибольшую силу трения. Что позволит уменьшить размеры

										Лист
										67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ					

элементов схвата. Поэтому в конструкции крепления губок необходимо предусмотреть их жесткую фиксацию, выполнение рабочей поверхности губок с высокой твердостью и возможностью их быстрой и легкой замены.

Размеры губок определяют исходя из расчета на контактную прочность:

$$\sigma = 0,418 \sqrt{\frac{2 \cdot Q \cdot E_{\text{пр}}}{l \cdot d}}, \quad (41)$$

где  $E_{\text{пр}}$  - приведенный модуль упругости материала губок схвата и материала детали;

$$E_{\text{пр}} = \frac{2 \cdot E_{\Gamma} \cdot E_{\text{Д}}}{E_{\Gamma} + E_{\text{Д}}} \quad (42)$$

$E_{\Gamma} = 2,15 \cdot 10^5$  МПа (сталь 18ХГТ),

$E_{\text{Д}} = 2,12 \cdot 10^5$  МПа (сталь 35Г);

$$E_{\text{пр}} = \frac{2 \cdot 2,15 \cdot 10^5}{2,15 \cdot 10^5 + 2,12 \cdot 10^5} = 2,13 \cdot 10^5 \text{ МПа};$$

где  $d$  – диаметр детали;

$l$  – ширина губок схвата;

$\sigma = 750$  МПа (сталь 18ХГТ).

Определяем ширину губок схвата:

$$l = \frac{2 \cdot 0,418^2 \cdot Q \cdot E_{\text{пр}}}{d \cdot \sigma^2}; \quad (42)$$

$$l = \frac{2 \cdot 0,418^2 \cdot 41,5 \cdot 2,13 \cdot 10^5}{47,5 \cdot 750^2} = 0,11 \text{ мм}.$$

Конструктивно принимаем две губки с  $l=5$  мм.

										Лист
										68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ					

### 3 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

Строительный раздел дипломного проекта включает в себя выполнение планировки участка механической обработки детали «корпус» и выбор здания цеха.

При проектировании участка используется пролет с мостовым краном, одна из причин его использования в обеспечении высокой мобильности при передвижении груза по участку. В данном случае таким грузом может быть тара с деталями в случае необходимости ее перемещения по цеху или оборудование.

Положение станков координируется относительно колонн; этим достигается возможность точного определения места каждого станка независимо от положения соседних станков. Колоннам в каждом пролете присваивается номер. Расстояния от определенной колонны в двух направлениях фиксирует месторасположение станка в цехе. При расстановки станков приняты нормативные размеры промежутков между станками в продольном и поперечном направлениях. Эти размеры гарантируют удобство выполнения работ на станках, достаточную свободу движения людей и межоперационного транспорта.

#### 3.1 Выбор здания

Участок механической обработки детали «корпус» размещается в одноэтажном здании, что облегчает установку тяжелого оборудования, и упрощает транспортные связи.

Для данного здания выбирается сетка колонн 18×12м, где 18м – ширина пролета, 12м – шаг колонн. Длина и ширина пролета выбрана так, чтобы можно было рационально разместить оборудование на участке. При такой укрупненной сетке удобнее размещать оборудование ввиду незначительного числа колонн, вокруг которых образуется «мертвая зона». Длина пролета выбирается, исходя из количества оборудования и его рациональной планировки.

Сечение колонн выбирается в зависимости от ширины пролета и грузоподъемности крана. При ширине пролета 18 м и грузоподъемности крана 5 т размеры колонн 400×600, размеры фундамента колонн 5200×3600 по ГОСТ 25628-90.

					<i>15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		69

Высота пролета рассчитывается с учетом размеров выбранного крана, максимальной высоты станка и размеров перемещаемого груза.

Для определения высоты пролета необходимо рассчитать высоту рельсового пути, которая в дальнейшем приводится к унифицированному значению.

Для перемещения грузов по участку предусмотрен опорный мостовой электрический кран модели 1-А-5-16,5-12-380 ГОСТ 22045-89.

Под высотой пролета  $H$  понимается расстояние от уровня пола до нижней части несущих конструкций покрытия здания.

Высота пролета  $H$  определяется по схеме, с учетом перемещения груза над оборудованием на безопасном расстоянии. Вначале определяется расчетная величина, потом она приводится к значению из нормализованного ряда.

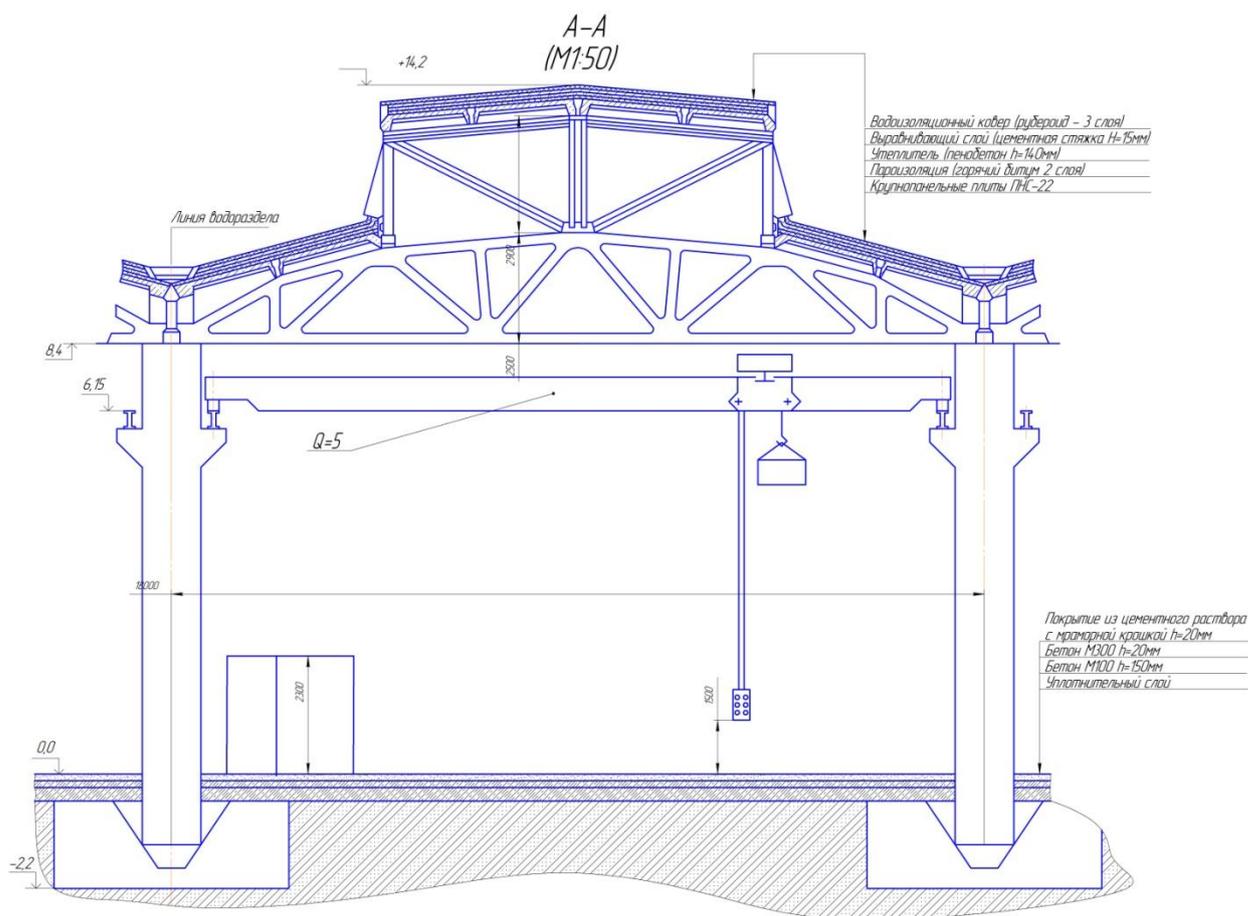


Рисунок 25 - Разрез здания

Для мостового опорного крана вначале определяется величина  $H_1$  – высота расположения рельса кранового пути:

									Лист
									70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ				

$$H_1 = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \quad (43)$$

где  $h_1$  — максимальная высота оборудования, определяемая с учетом крайних положений подвижных частей станка, но не менее 2,3 м;  $h_1 = 2,3$  м;

$h_2$  — минимальное расстояние между оборудованием и перемещаемым грузом, м;  $h_2 = 0,4$  м;

$h_3$  — высота транспортируемых грузов со стропами, м;  $h_3 = 2,0$  м;

$h_4$  — размер крана по паспорту (от точки самого верхнего положения крюка до рельсового пути), м;  $h_4 = 1,1$  м;

$$H_1 = 2,3 + 0,4 + 2,0 + 1,1 = 5,8 \text{ м.}$$

$H_1$  принимаем равной 6,15 м согласно унифицированному ряду.

Учитывая габаритный размер крана, принимаем стандартную высоту пролета  $H = 8,4$  м.

Пол участка состоит из следующих строительных слоев:

- 1) покрытие из цементного раствора с мраморной крошкой (20 мм);
- 2) бетонный слой М300 (20 мм);
- 3) бетонный слой М100 (150 мм);
- 4) уплотнительный слой.

Кровля крыши выполняется из следующих слоев:

- 1) водоизоляционный ковер (рубероид 3 слоя);
- 2) выравнивающий слой (цементная стяжка 15 мм);
- 3) уплотнитель (пенобетон 140 мм);
- 4) пароизоляция (горячий битум 1-2 слоя);
- 5) Крупнопанельные плиты ПНС-22.

3.2 Выбор варианта расположения оборудования на участке механической обработки и расчет количества.

- Определяем расчетный такт выпуска

$$\tau_p = \frac{F_o \cdot 60}{N} \text{ мин} \quad (44)$$

					15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

где  $F_o$  - эффективный годовой фонд времени работы оборудования, ч

$$F_o = 2040 \text{ ч} \quad [1. \text{ с18}]$$

$N$  - годовая программа выпуска, шт.

$$N = 1500 \text{ шт./год}$$

$$t_{\text{шт. ср}} = 1,1 \text{ мин}$$

$$\tau_p = \frac{2040 \cdot 60}{1500} = 81,6 \text{ мин}$$

$$\tau = \frac{t_{\text{шт.}} \cdot N}{F_o \cdot 60} = \frac{1,1 \cdot 1500}{2040 \cdot 60} = 13,4 \text{ мин}$$

округляем полученное значение до ближайшего меньшего  $\tau = 13,4$  мин.

- Определяем необходимое количество станков

$$C_{\text{расч.}} = \frac{t_{\text{шт.}}}{\tau} \quad (46)$$

где  $t_{\text{шт.}}$  - штучное время (станкоемкость) выполнения операции, мин.

$\tau$  - такт выпуска деталей с линии, мин.

$$C_{\text{расч.1}} = t_{\text{шт.005}}/\tau = 1,88/13,4 = 0,01 \rightarrow \text{принимаем } C_{\text{расч.005}} = 1$$

$$C_{\text{расч.2}} = t_{\text{шт.010}}/\tau = 1,31/13,4 = 0,01 \rightarrow \text{принимаем } C_{\text{расч.010}} = 1$$

$$C_{\text{расч.3}} = t_{\text{шт.015}}/\tau = 0,328/13,4 = 0,02 \rightarrow \text{принимаем } C_{\text{расч.015}} = 1$$

$$C_{\text{расч.3}} = t_{\text{шт.020}}/\tau = 0,86/13,4 = 0,01 \rightarrow \text{принимаем } C_{\text{расч.015}} = 1$$

Принимаем один станок.

Расположение станка на участке механической обработки определяется организационной формой производственного процесса, длиной станочных участков, видом межоперационного транспорта, способом удаления стружки и другими факторами.

Обработка детали осуществляется обрабатывающем центре модели КТС-3000У. Загрузка и выгрузка выполняется автоматически при помощи робота

					<i>15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ</i>	Лист
						72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

манипулятора. Пройдя механическую обработку деталь попадает на верстак для обдувки сжатым воздухом, далее на контрольный стол.

Для перемещения деталей (заготовок) предусмотрен кран электрический мостовой опорный.

Заготовка поступает на участок механической обработки в таре ГТ6, далее заготовка укладывается в накопитель. При помощи работа манипулятора заготовка изымается из накопителя и подается в зону обработки (в патрон), после завершения механической обработки деталь извлекается (при помощи манипулятора) и укладывается в накопитель, далее на верстак и на контрольный стол. Пройдя контроль деталь отправляют на склад готовой продукции.

Участок отвечает всем требованиям техники безопасности и охране труда. Участок оснащен естественной и искусственной вентиляцией, освещением, пожарным краном, пожарным щитом, аптечкой.

Оборудование располагается последовательно в соответствии с технологическим процессом обработки детали. При расположении оборудования предусматривались кратчайшие пути движения детали в процессе обработки.

#### 4.3 Проектирование подсистемы удаления стружки

В процессе обработки детали образуются в основном два вида стружки, элементная и сливная.

Выход стружки в год составляет:

$$m_{стр} = (m_{заг} - m_{дет}) \times Q, \quad (47)$$

где  $m_{заг}$  - масса заготовки,  $m_{заг} = 0,12$  кг;

$m_{дет}$  - масса детали,  $m_{дет} = 0,06$  кг;

$Q$  - годовой объем выпуска деталей,  $Q = 1500$  шт.

$$m_{стр} = (0,12 - 0,06) \cdot 1500 = 90т.$$

Площадь участка по планировке составляет **123** м<sup>2</sup>.

$$m_{стр} / S_{пл} = 0,05 \text{ т/м}^2.$$

					15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

При количестве стружки до 0,3 т в год, приходящейся на 1м<sup>2</sup> площади цеха, целесообразно собирать стружку в специальные емкости, установленные с тыльной стороны станков, и доставлять к месту сбора или переработки напольным транспортом на накопительную площадку и участок переработки.

### 3.4 Проектирование подсистемы раздачи СОТС

Для снабжения станка смазывающе-охлаждающей жидкостью (СОТС) принят подвоз тары с жидкостью по мере необходимости. В качестве СОТС применяем жидкость RATAK.

RATAK - это биостабильная водосмешиваемая смазочно-охлаждающая жидкость с высоким содержанием масла, образующая при смешивании с водой стабильную полупрозрачную эмульсию.

RATAK обеспечивает эффективную межоперационную защиту обрабатываемых деталей и агрегатов металлорежущего оборудования от коррозии, а также снижает износ режущего инструмента.

В процессе работы происходит постепенное разложение и загрязнение СОТС, поэтому ее периодически заменяют. Емкость для сбора и фильтрации СОТС предусмотрены конструкцией станка.

Для очистки заготовок и деталей на участке предусмотрен подвод сжатого воздуха с давлением 6 атм.

### 3.5 Выбор подъемно-транспортных устройств

В качестве подъемно-транспортного устройства выбираем мостовой опорный электрический кран грузоподъемностью 5т. Марки 1-А-5-16,5-12-380 ГОСТ 22045-89, который представляет собой мост, перемещающийся по крановым путям на ходовых рельсах, которые установлены на концевых балках. Пути укладывают на подкрановые балки, опирающиеся на выступы верхней части колонн цеха.

По верхнему поясу балок моста в поперечном направлении относительно пролета цеха передвигается крановая тележка, снабженная механизмом подъема груза. Механизм передвижения крана установлен на мосту крана, механизм передвижения тележки – непосредственно на тележке.

									Лист
									74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ				

### 3 АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

3.1 Визуализация обработки на станке с ЧПУ детали «Корпус вилки соединителя»  
-010 переход 1 Обрабатываем выдерживая размер 37мм контурным резцом с МНП, материал режущей части Т15К6 рисунок 26

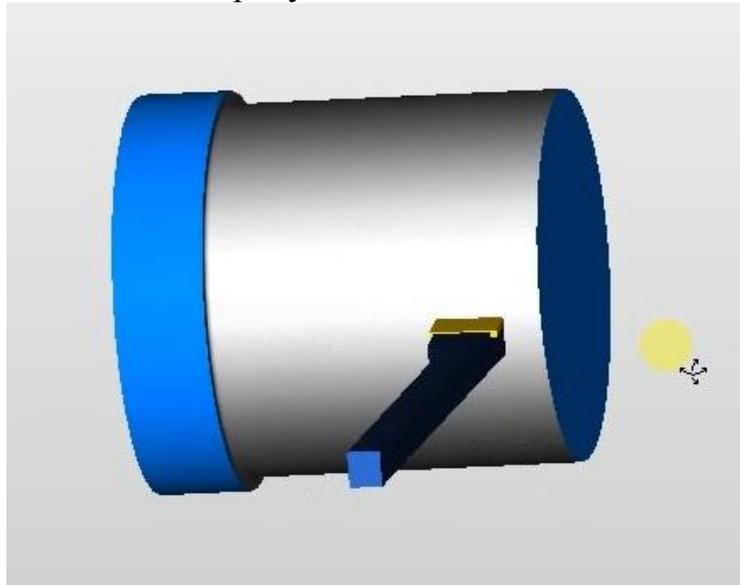


Рисунок 26

-010 переход 2, переход 3 Точить выдерживая размер 9 мм контурным резцом с МНП, материал режущей части Т15К6 Рисунок 27

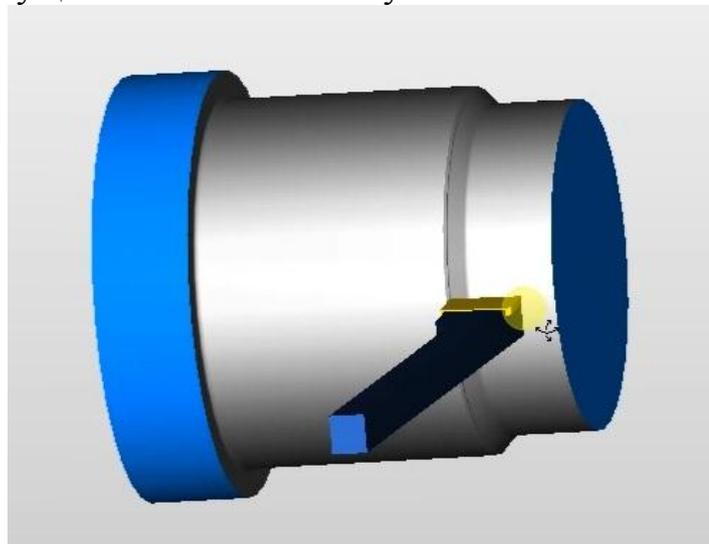


Рисунок 27

-015 Сверлить отверстие, выдерживая размер  $\varnothing$  25мм, Сверло спиральное ГОСТ 10903-77 Р6М5 Рисунок 28

					15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

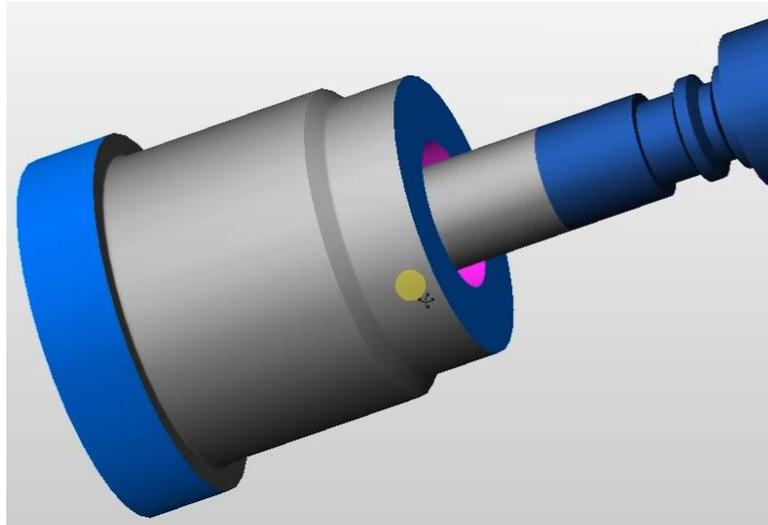


Рисунок 28

-020 переход 1, переход 2, переход 3 Точить, выдерживая размеры  $\varnothing 31$  мм,  $\varnothing 32$  мм и  $\varnothing 26,5$  мм. Расточной резец с МНП, материал режущей части Т15К6 Рисунок 29

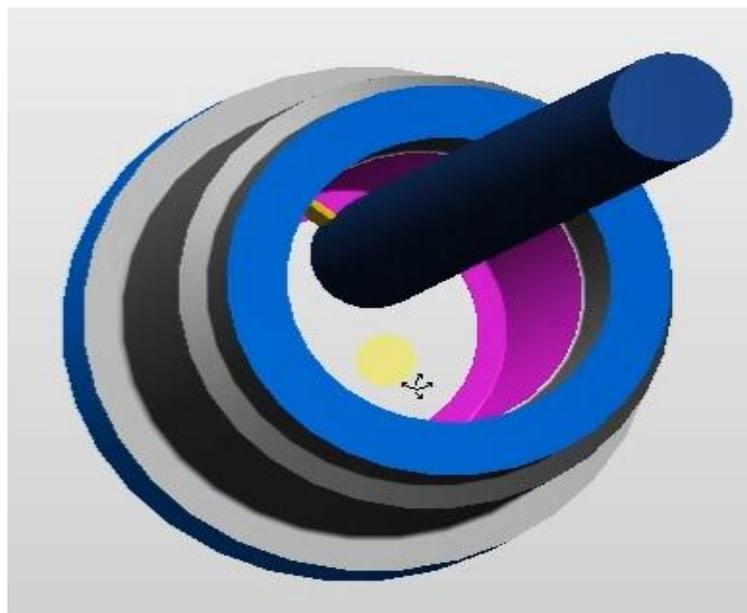


Рисунок 29

-025 Переход 1, Переход 2 Точить 3 канавки выдерживая размеры  $\varnothing 29$ мм шириной 2,5мм. Резец канавочный ГОСТ 18883-73 Т30К6. Точить канавку  $\varnothing 28$ , шириной 4 мм Рисунок 30

					15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

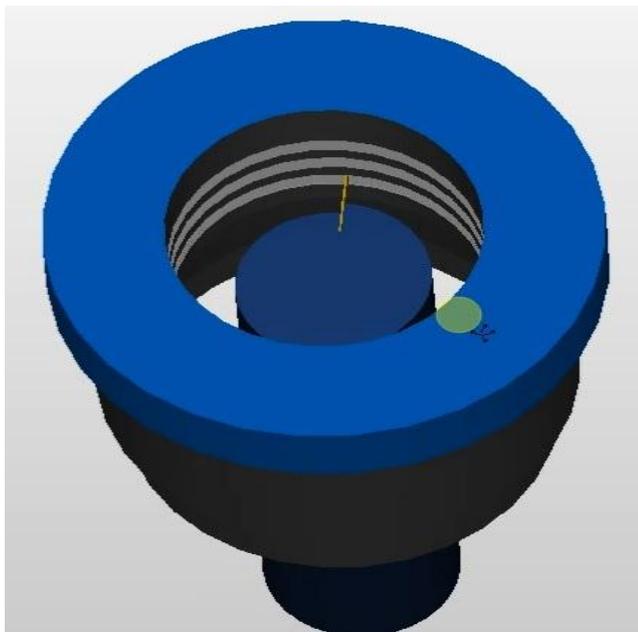


Рисунок 30

-030 Точить выдерживая размер  $\varnothing 37$  мм контурным резцом с МНП, материал режущей части Т15К6 Рисунок 31

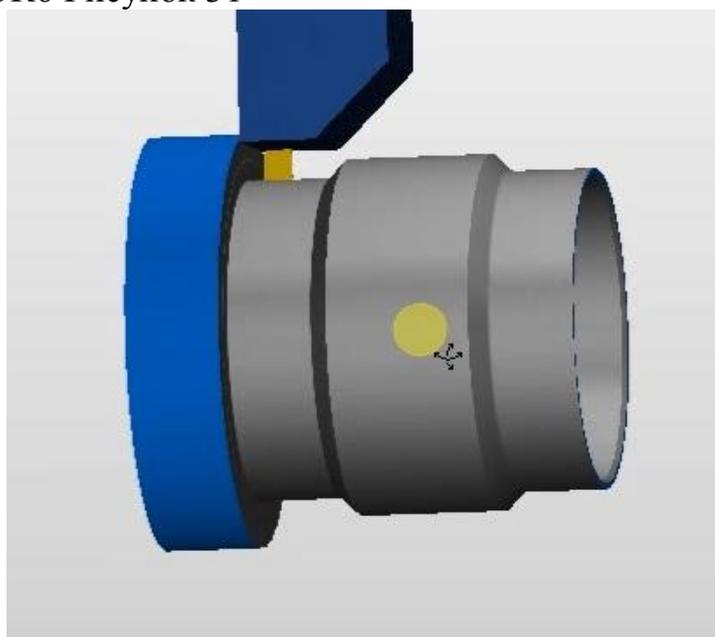


Рисунок31

-035 Переход 1, Переход 2 Точить выдерживая размер  $\varnothing 30$  мм шириной 6 мм, подрезка торцов контурным резцом с МНП, материал режущей части Т15К6 Рисунок 32

					15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

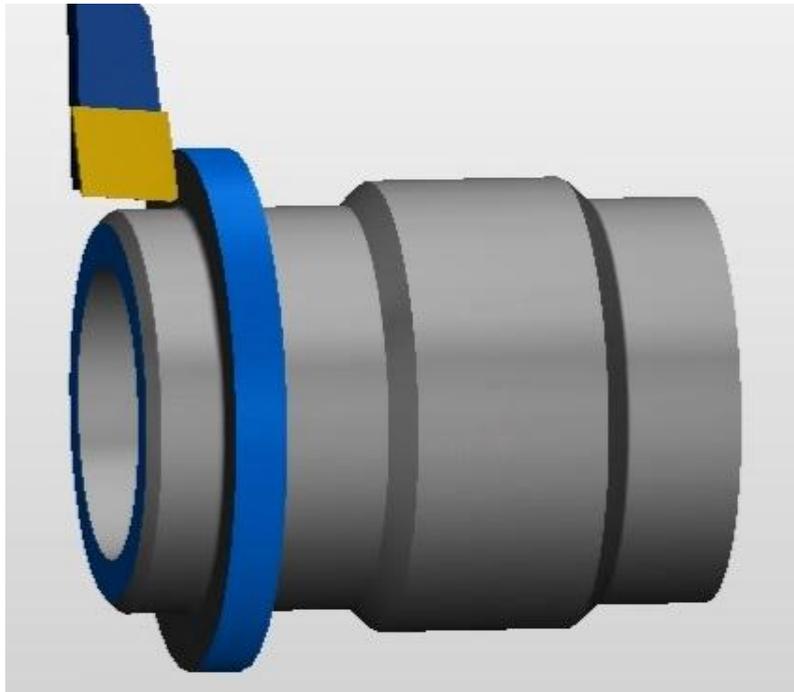


Рисунок 32

#### 4.2 CAD, 3D модель контрольного приспособления

В «Компасе 3D» спроектирован сборочный чертёж контрольного приспособления для проверки соосности поверхности с отклонением 0,1 мм от базовой поверхности, для измерения принимаем Индикатор часового типа ИЧ-10 кл. 1. ГОСТ 11738-84.

					15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

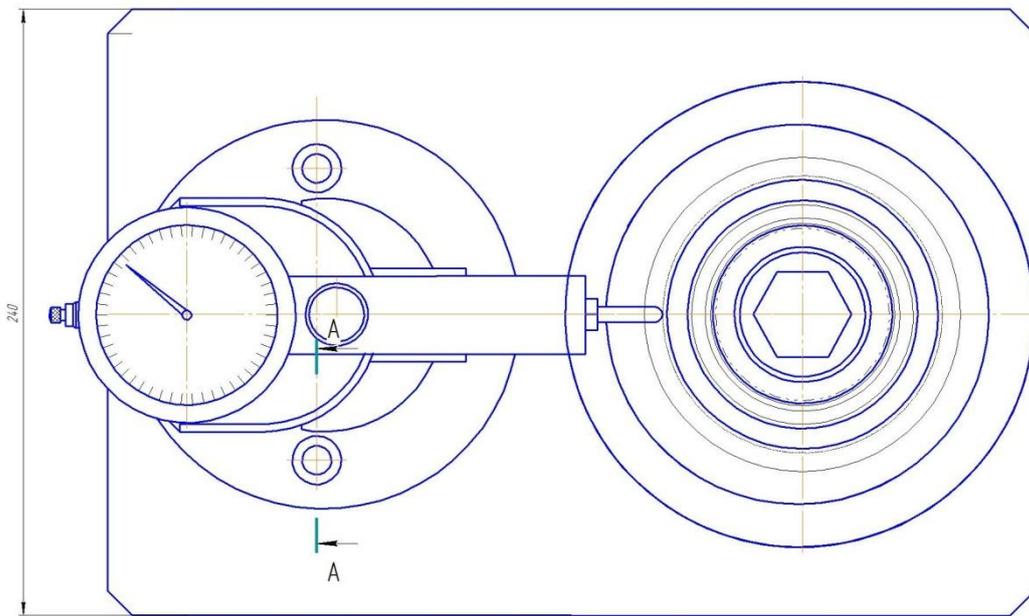
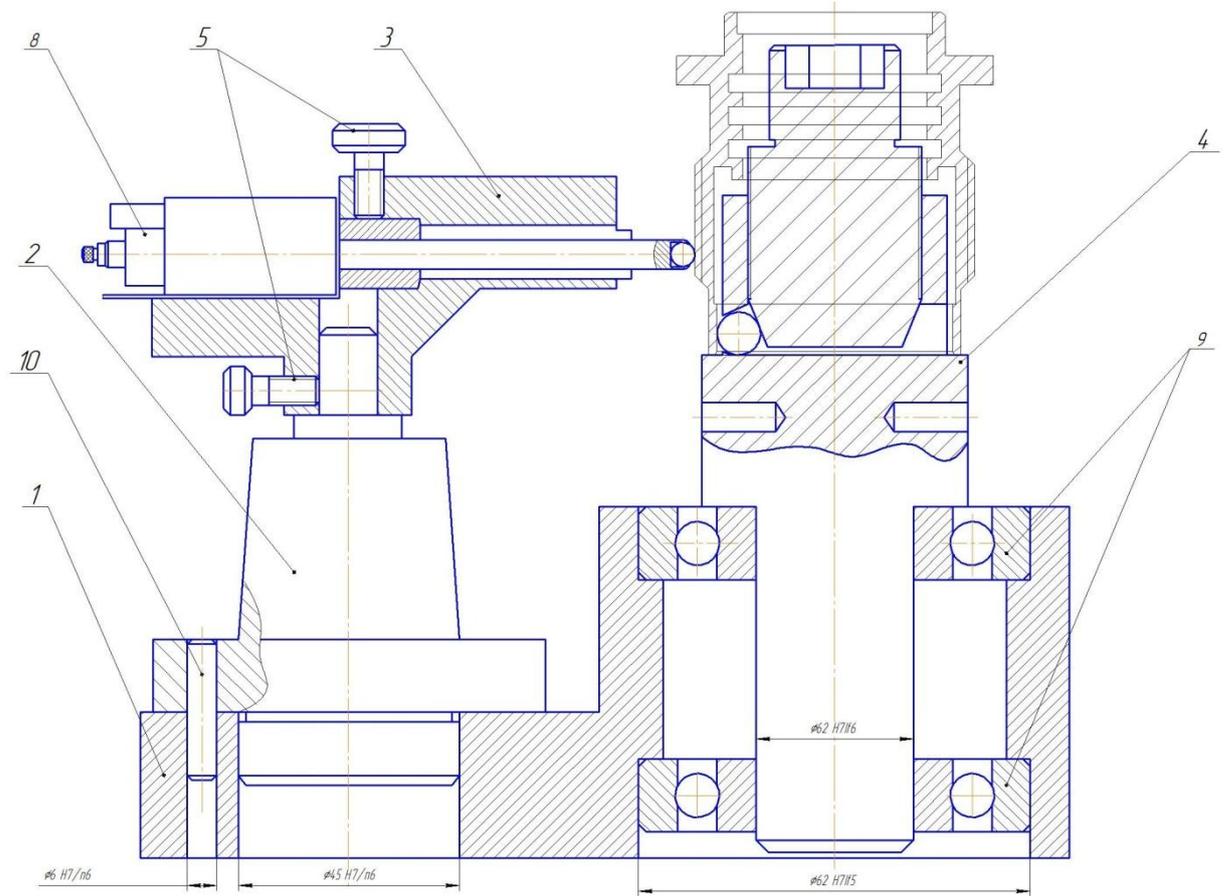


Рисунок 33 Контрольное приспособление

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ

Лист

79

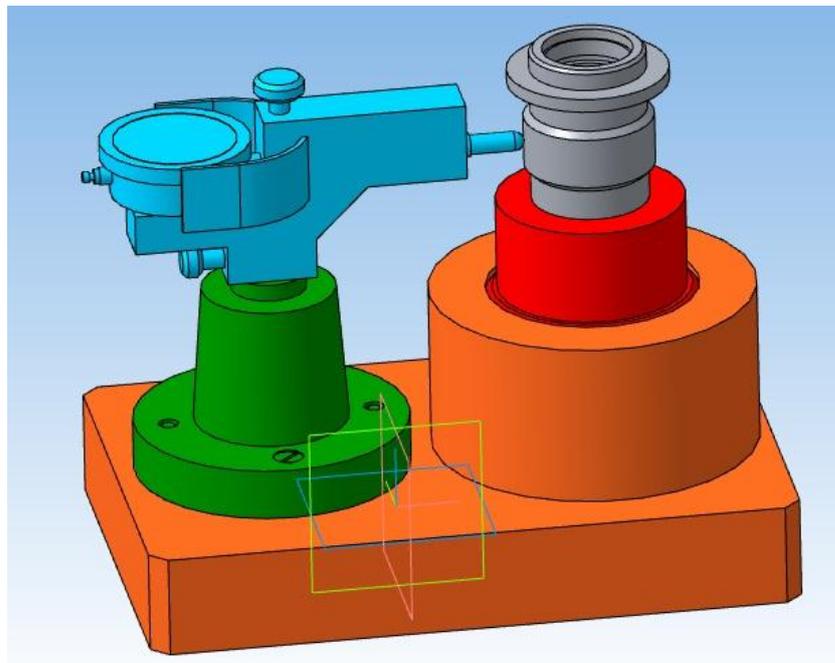


Рисунок 34 Контрольное приспособление в 3D

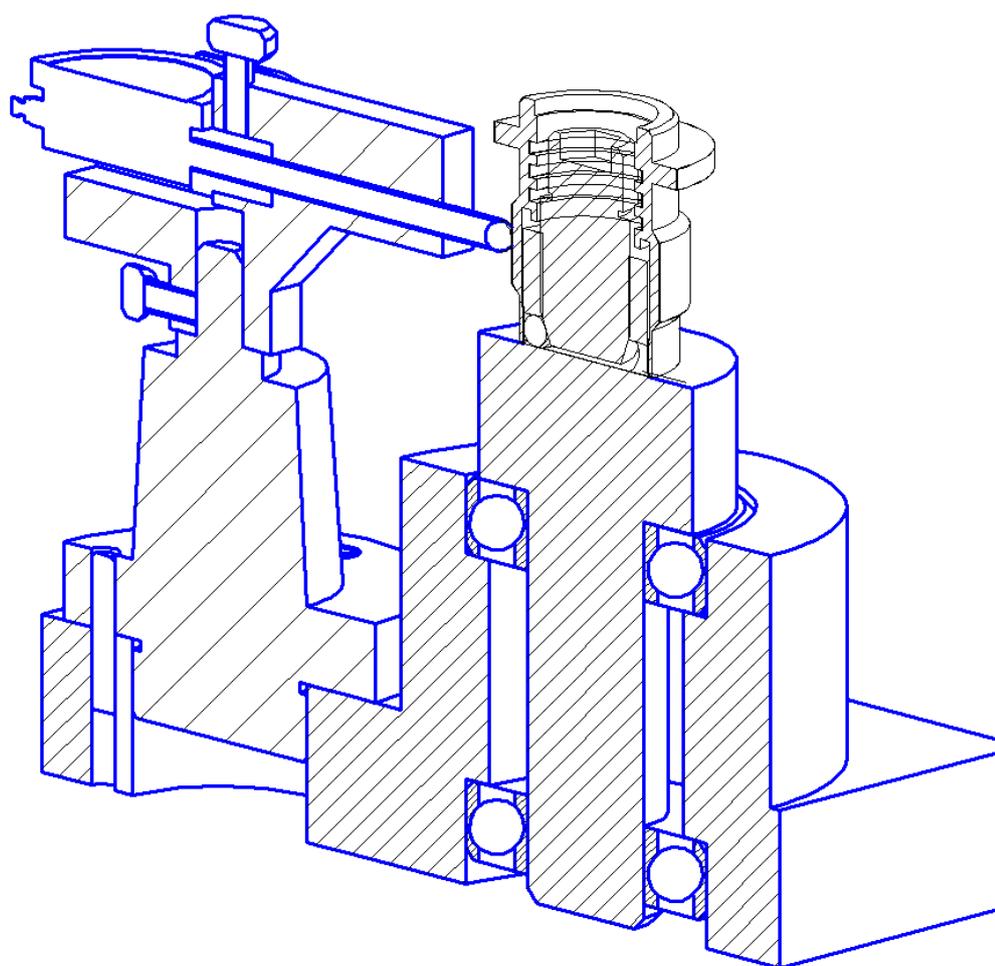


Рисунок 353 Контрольное приспособление в 3D разрезе

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ

Лист

80



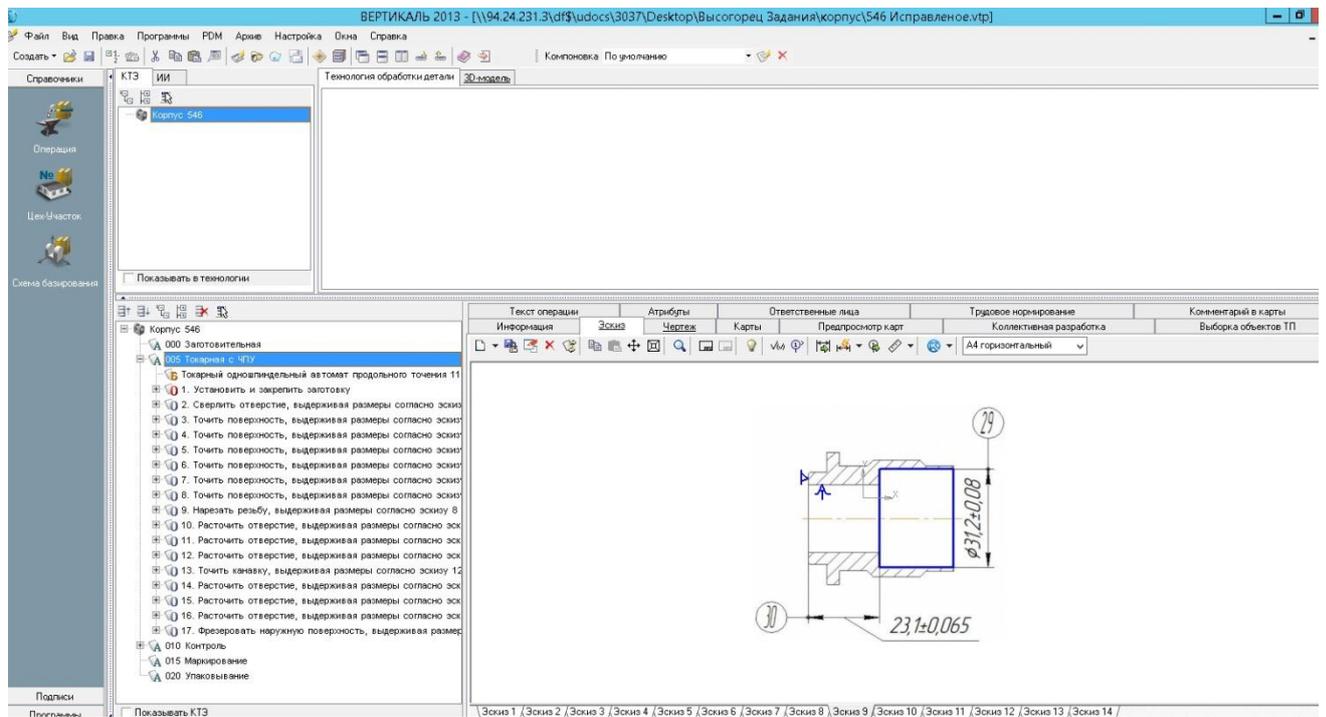


Рисунок 38 Токарная обработка

### Карта контрольного приспособления

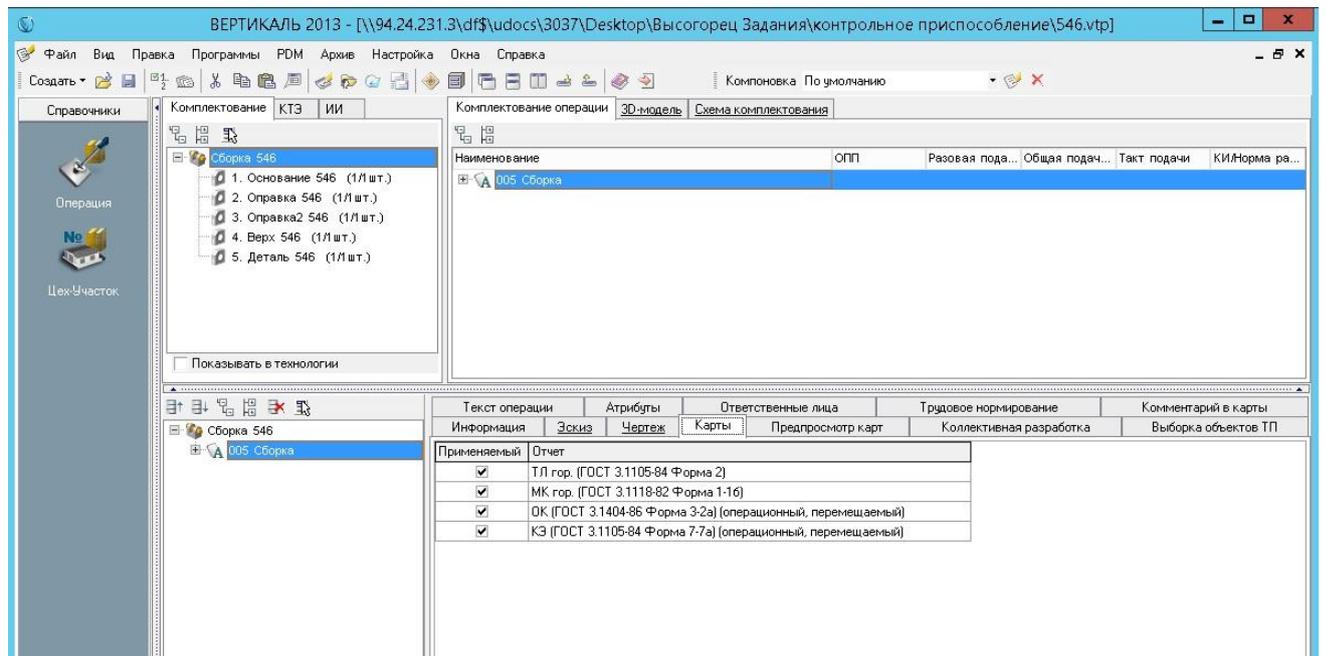


Рисунок 39 Карта контрольного приспособления



На участке механической обработки корпуса основные производственные рабочие выполняют среднюю и легкую категории работ: замена инструмента в инструментальном магазине, проведение строповки детали при загрузке и разгрузке, ввод управляющей программы. Причем к работам на многооперационных станках с ЧПУ допускаются женщины, так как средний вес инструмента не превышает 15 кг и не превышает норм периодических предельно допустимых нагрузок для женщин в течение рабочей смены. Нормы предельно допустимых нагрузок для женщин при подъеме и перемещении тяжестей вручную предусматривают:

- при подъеме и перемещении тяжестей в случаях, когда выполняемая работа чередуется с другой работой (до 2 раз в час), предельно допустимая масса груза составляет 15 кг,

- при подъеме и перемещении тяжестей постоянно в течение рабочей смены - 7 кг;

- величина динамической работы, совершаемой в течение каждого часа рабочей смены, не должна превышать: с рабочей поверхности - 1750 кгм, с пола - 875 кгм.

- при перемещении грузов на тележках или в контейнерах прилагаемое усилие не должно превышать 15 кг.

### 5.3 Микроклимат

Микроклимат производственных помещений – метеорологические условия, которые определяются тремя факторами: температура, скорость движения воздуха, влажность.

Различают микроклимат: комфортный; с повышенной влажностью при низких и высоких температурах (литейный цех); переменный (улица).

Температура воздуха – степень нагретости воздуха.

Влажность воздуха – содержания в воздухе паров воды.

Три вида влажности:

- абсолютная (выражается в весовой единице в определенном объеме воздуха, г/м<sup>3</sup>);

					<i>15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		84

- максимальная (количество влаги при полном насыщении воздуха при данной температуре);

- относительная (отношении абсолютной влажности к максимальной, %).

На проектируемом участке механической обработки корпуса выполняются работы средней и легкой тяжести, поэтому устанавливаются следующие нормы по микроклимату:

В теплый период года температура 19-21°C воздуха, относительная влажность не более 40-60%, скорость движения воздуха 0,2 м/с;

В холодный период года температура 17-19°C воздуха, относительная влажность 40-60%, скорость движения воздуха 0,1 м/с.

На участке механической обработки корпуса температура составляет 20°C, относительная влажность воздуха 50,2% , скорость движения воздуха 0,15...0,22 м/с. Таким образом, показатели соответствуют норме.

Параметры воздуха рабочей зоны обеспечиваются системами отопления и приточной вентиляции. Общая вытяжная вентиляция применяется для удаления из помещения нагретого воздуха, пыли, масляной аэрозоли, токсичных газов и паров. Предельно допустимые концентрации в воздухе рабочей зоны масляного аэрозоля – 5 мг/м<sup>3</sup>. [13, с. 24]

#### 5.4 Вредные вещества

Вредные вещества – вещества, которые при контакте с организмом могут вызывать травмы, заболевания или отклонения в здоровье, обнаруживаемые сразу или по прошествии определенного времени. Предельно допустимая концентрация (ПДК) – концентрация вредных веществ, которая при ежедневной работе (кроме выходных дней) в течение всего рабочего стажа не вызывает отклонений в состоянии здоровья.

Вредные вещества по характеру воздействия на организм человека делятся на:

- общетоксические – вызывающие отравление всего организма (ртуть, мышьяк, свинец);

					<i>15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						85
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		



обычно не доходит до значений, требующих ширины защитной зоны более 50 метров.

При обработке особо крупных деталей с большими скоростями, подачами и глубинами резания возникают достаточно большие звуковые излучения. Поэтому в комплект средств индивидуальной защиты (СИЗ) рабочих включают наушники и беруши.

Допустимый уровень шума в производственных помещениях на территории предприятий составляет 90 Дб. На проектируемом участке уровень шума составляет 30...95 Дб, что находится в пределах нормы. [13, с. 62]

### 5.6 Вибрация

Вибрация – малые технические колебания, возникающие в упругих телах или в телах, находящиеся под воздействием переменного физического поля.

Воздействия вибрации на организм человека делятся:

- по способу передачи колебаний;
- по направлению действия вибрации;
- по временным характеристикам вибрации.

Виды вибрации:

- общая (передается через опорные поверхности на тело человека);
- локальная (передается через руки);
- по направлению (вертикальная и горизонтальная).

Нормы по ограничению общих вибраций (пола, оснований машин и пр.)

устанавливают величину логарифмического уровня колебательной скорости (в Дб) в октавных диапазонах со среднегеометрическими значениями частот 2,4,8,16,32,63 Гц. В производственных помещениях указанное значение нормы составляет 92-107 Дб.

На участке механической обработки корпуса вибрацию создают многолезвийные инструменты (постепенные входы и выходы режущих частей из зоны резания). Особенно большие вибрации возникают при обработке больших по размерам поверхностей на черновых операциях, хотя её уровень и не превышает

										Лист
										87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ					

предельно допустимых значений и изменяется в зависимости от количества работающего оборудования.

#### 5.7 Освещение и цветовая отделка

Правильно спроектированное и выполненное производственное освещение улучшает условия зрительной работы, снижает утомляемость, способствует повышению производительности труда.

Виды освещения:

- естественное (боковое, верхнее, комбинированное);
- искусственное.

Искусственное освещение делится на:

- рабочее, не менее 100 люкс (для обеспечения нормального выполнения производственного процесса, прохода людей и движения транспорта);
- аварийное, не менее 2 люкс (для продолжения работы в тех случаях, когда внезапно отключается рабочее освещение);
- эвакуационное не менее 0,5 люкс (для эвакуации людей из производственного помещения при аварии и отключении рабочего освещения);
- охранное не менее 0,5 люкс (вдоль границ территории);
- сигнальное не менее 0,2 люкс (для фиксации границ опасных зон).

Источники света для искусственного освещения: газоразрядные лампы, лампы накаливания. По конструкции все светильники делятся на: открытые, закрытые, водонепроницаемые, взрывобезопасные. [14, с. 101]

По распределению светового потока в пространстве различают:

- прямой;
- преимущественно прямой;
- рассеянный;
- отраженный;
- преимущественно отраженный свет.

Контроль освещенности проводится в горизонтальной плоскости рабочей зоны на высоте 1,5м от пола. Очистка светильников проводится не реже 4 раз в год. Очистка окон не реже 2 раз в год. Соотношение яркости между рабочими

					15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ	Лист
						88
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

поверхностями и поверхностями стен и другого оборудования 10:1. Соблюдение этих соотношений достигается выбором цвета поверхностей и их освещением.

Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90°

с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кд/м<sup>2</sup>, а защитный угол светильников не менее 40°.

Цветовая отделка помещения и оборудования выполняется с учетом воздействия цвета на организм человека — важный фактор, способствующий повышению производительности труда. Утомляемость зрения, а, следовательно, и всего организма зависит не только от недостаточного или слишком яркого освещения, но также от неправильной цветовой отделки интерьера помещений, поверхности оборудования и других объектов. Темные тона ухудшают освещенность, чрезмерно яркие — утомляют зрение. Верх стен рекомендуется окрашивать в светлые тона, низ — в темные. Опасные в отношении травматизма части машин окрашиваются в красный или оранжевый цвет (цвета техники безопасности), рукоятки управлений — в красный, оранжевый или зеленый.

#### 5.8 Отопление и вентиляция

В проектируемом цехе (а также конкретно на участке механической обработки корпуса) предусмотрена общеобменная приточно-вытяжная вентиляция, обеспечивающая обмен воздуха с необходимой кратностью.

Вентиляцию следует предусматривать для обеспечения допустимых метеорологических условий и частоты воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне помещения.

Для расчета отопления и вентиляции в цехах метеорологические условия должны приниматься по санитарным нормам проектирования промышленных предприятий. Для эффективной работы системы вентиляции важно выполнять следующие условия:

- кол-во приточного воздуха должно соответствовать количеству удаляемого, разница между ними должна быть минимальной;

					<i>15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>89</i>

- приточная и вытяжная системы в помещении должны быть правильно размещены. Приток воздуха должен производиться в рабочую зону, а вытяжка из верхней зоны помещения;

- система вентиляции не должна вызывать переохлаждение или перегрева работающих;

- система вентиляции не должна создавать шум на рабочих местах, превышающий предельно допустимые уровни.

У ворот цеха в холодное время года применяется воздушная завеса для предотвращения сквозняков. Для естественной аэрации имеются три яруса открывающихся окон.

### 5.9 Электробезопасность

Проектируемый участок расположен в цехе, относящемся к цехам с повышенной опасностью в отношении поражения электрическим током, который характеризуется токопроводящим покрытием пола и возможностью прикосновения человека имеющимся, соединенным с землей, машинами и механизмами.

Для того чтобы работающий не контактировал с деталями, находящимися под опасным напряжением применяют фиксированные или закрепляемые кожухи, автоматическую блокировку и т.п. На проводах проходящих вблизи работающего и в случае пробоя изоляции, могущих нанести ему вред, применяют двойную или усиленную изоляцию. Также можно заземлить доступные токопроводящие части так, чтобы возникающее напряжение было снижено до безопасного значения, а защита цепи обеспечивает разъединение деталей, имеющих при неисправности низкое сопротивление.

Все силовые и управляющие кабели проходят внутри труб. Станины и другие части машин заземлены. В цехе на высоте 0,4 м. от пола по всему периметру внутри здания проходит шина заземления.

Все рубильники находятся в кожухах. Электропровода имеют цветную изоляцию, позволяющую различать провода по цвету.

### 5.10 Пожарная безопасность

					<i>15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						<i>90</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Пожар – неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее моральный и материальный ущерб, иногда со смертельным исходом.

Горение – химическая реакция окисления, сопровождаемая большим выделением тепла и свечением.

Методы борьбы с пожаром:

-правильная планировка постройки здания, где учитывается Роза Ветров и рельеф местности;

-при постройке зданий применяются стены – брандмауэры.

-повышение огнестойкости здания (облицовка, оштукатуривание);

-пожарные установки (спринклерные и дренджерные);

-применение подручных средств (огнетушители, пожарные краны).

В каждом здании имеются пожарные дружины, которые проводят занятия по пожарной безопасности и соревнования. Также имеются пожарные щиты, где находятся топор, лопатка, песок, ведро, огнетушитель.

В соответствии с противопожарными нормами участок механической обработки дефлектора лафетного ствола относится к категории «Д» пожарной опасности, которая характеризует производство, связанное с выпуском негорючих веществ и материалов в холодном состоянии.

Ширина проездов, расстояние между прессами и элементами здания приняты по нормам технологического проектирования цехов механической обработки. Расстояние от оборудования до стен и колонн здания должно быть не менее 500 мм для мелкого оборудования (с размерами в плане до 1500x750 мм); не менее 1200 мм для оборудования средних габаритов (с размерами в плане до 4000x3500 мм); для крупного оборудования (с размерами в плане до 5000x6000 мм) - от стен не менее 1500 мм, от колонн - не менее 1200 мм; Расстояние между оборудованием должно устанавливаться в зависимости от конкретных условий с обеспечением безопасности производства работ и безопасного обслуживания оборудования;

					<i>15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		91

При обслуживании оборудования мостовыми кранами, его расстановка (расстояния от стен и колонн) определяется с учетом обеспечения его нормального обслуживания грузоподъемными кранами;

При установке оборудования на индивидуальном фундаменте расстояния оборудования от стен, колонн должны быть приняты с учетом конфигурации смежных фундаментов

Транспортировка отходов от зоны резания осуществляется встроенными в станок конвейерами. По ним стружка попадает в тары расположенные с тыльной стороны станка и мостовым краном транспортируются к месту общего сбора стружки.

Объем производственных помещений на одного работающего должен составлять не менее  $15 \text{ м}^3$ , а площадь помещений - не менее  $4,5 \text{ м}^2$ . Высота производственного помещения должна быть не менее  $3,5 \text{ м}$ .

Полы производственных помещений и складов должны быть ровными, прочными, нескользкими

Ширина проездов должна соответствовать габаритам транспортных средств или транспортируемых грузов.

Расстояние от границ проезжей части до элементов конструкций здания и оборудования должно быть не менее  $0,5 \text{ м}$ , а при движении людей - не менее  $0,8 \text{ м}$ .

Ширина проезда при двустороннем движении должна обеспечивать гарантийную зону безопасности для транспортных средств и пешеходов: между транспортными средствами - не менее  $0,6 \text{ м}$ , свободные проходы с двух сторон пути движения транспорта - не менее  $0,7 \text{ м}$ .

С целью обеспечения эвакуации работающих в аварийных ситуациях должна быть обеспечена ширина проходов не менее  $1 \text{ м}$ , коридоров - не менее  $1,4 \text{ м}$ , дверей - не менее  $0,8 \text{ м}$ , маршей и площадок лестниц - не менее  $1 \text{ м}$ .

Ступени, пандусы, мостики должны выполняться на всю ширину прохода.

Лестницы должны иметь перила высотой не менее  $1 \text{ м}$ , ступени должны быть ровными и нескользкими. Металлические ступени должны иметь рифленую поверхность.

					<i>15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		92

Дверные проемы должны быть без порогов.

В производственных помещениях должны быть выделены площади для складирования материалов, заготовок и готовых изделий. [14, с. 123]

					<i>15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>93</i>

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе разработан участок механической обработки детали «Корпуса вилки соединителя» в условиях среднесерийного производства. Эффективность технологических систем определяют три фактора: качество выпускаемой продукции, производительность, число рабочих, занятых в производстве. Широкие перспективы повышения эффективности производства открылись в связи с внедрением производственных систем.

Основными преимуществами станков с ЧПУ по сравнению со специальными станками являются: повышение точности обработки; обеспечение взаимозаменяемости деталей в серийном и мелкосерийном производстве, простота и малое время переналадки; концентрация переходов обработки на одном станке, что приводит к сокращению затрат времени на установку заготовки, сокращению числа операций, оборотных средств в незавершенном производстве, затрат времени и средств на транспортирование и контроль деталей; обеспечение высокой точности обработки деталей, так как процесс обработки не зависит от навыков и интуиции оператора; повышение производительности станка в результате оптимизации технологических параметров, уменьшение парка станков, так как один станок с ЧПУ заменяет несколько специальных станков.

В выпускной квалификационной работе выбираем метод получения заготовки методом горячедеформированного сортового проката труба 50x12 ГОСТ 8732-78, коэффициент использования материала 0,5. Это позволяет минимизировать затраты на получение заготовки, нежели поковка или отливка. При разработке технологического процесса применяем токарный обрабатывающий центр серии КТС (Россия), что позволяет сосредоточить весь цикл обработки в одном месте.

В проекте проведен размерный анализ проектного варианта технологического процесса, расчет режимов резания и нормирования работ, скомпонован участок механической обработки. Применение станка с ЧПУ позволило, получить гибкий производственный участок с возможностью быстрой переналадки на выпуск другой продукции. В разделе автоматизация осуществил

					<i>15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		94

визуализацию обработки на станке с ЧПУ детали «Корпус вилки соединителя», спроектировал 3D модель контрольного приспособления и технологическую обработку детали в «Вертикаль».

					<i>15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>95</i>

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Справочник технолога-машиностроителя /Под ред. А.М. Дальский,. – М.: Машиностроение, 2003. – Т. 2
2. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. /Под ред. Б.Н. Вардашкина – М.: Машиностроение , 1984 – Т.1/Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова ,1984
3. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с ЧПУ / Под ред. В.И. Гузеев - М.: Машиностроение, 2005.
4. Справочник конструктора инструментальщика/ Под ред. В.И. Баранчиков - М.: Машиностроение, 2006.
5. Размерный анализ технологических процессов в курсовом и дипломной проектировании; Ю.Г. Миков, В.Ю. Рогинский; Челябинск: ЮУрГУ, 2000.-80с.
6. Расчёт и проектирование приспособлений в машиностроении / Под ред. Ю.М. Зубарев изд- во «Лань», 2015г-302с.
7. Проектирование машиностроительного производства. Учебное пособие к практическим занятиям / О.Б. Кучина; под ред. Ю.Г. Микова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. -63с.
8. Общемашиностроительные нормативы времени / издание второе - М.: Машиностроение, 1974
9. Технология машиностроения: в 2т/ под ред. Г.Н. Мельникова – 2-е изд., М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – Т. 2. – 640 с.
10. Попов Л.М. Схваты промышленных роботов. Учебное пособие для курсового проектирования.-Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2001-39с.
11. Гальцов А.Д. Организация работы по нормированию труда на машиностроительном предприятии. - М.: Машиностроение, 1984. - 200 с., ил.
12. Пожарная безопасность технологических процессов. Горячем С.А., Молчанов С.В., Назаров В.П., Панасевич Л.Т., Петров А.П., Рубцов В.В., Москва, 2007г.

					<i>15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>96</i>

13. Охрана труда в машиностроении : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В. М. Минько. — 3-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2013. — 256 с.

					<i>15.03.05.2017.199.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						<i>97</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		