

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  
И.о. заведующий кафедрой, к.т.н.  
\_\_\_\_\_ Ю.Г.Миков  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Участок механической обработки вала ведущей шестерни

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
ЮУрГУ – 15.03.05.2018.596.00.00 ПЗ ВКР

Консультант, ст. преподаватель  
строительный раздел  
\_\_\_\_\_ / О.Б.Кучина /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Консультант, ст. преподаватель  
безопасность жизнедеятельности  
\_\_\_\_\_ / Е.С.Шапранова /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Консультант, ст. преподаватель  
автоматизированное проектирование  
\_\_\_\_\_ / Я.В.Высогорец /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Руководитель, ст. преподаватель  
\_\_\_\_\_ / О.Б.Кучина /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Автор  
студент группы \_МиМс-546  
\_\_\_\_\_ / П.А.Михалчо/  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Нормоконтролер, ст. преподаватель  
\_\_\_\_\_ / Е.С.Шапранова /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

## АННОТАЦИЯ

Михалчо П.А., Участок механической обработки  
вала ведущей шестерни -Миасс: ММФ  
ЮУрГУ, МиМс – 546, 2018, с.95, 32 рисунка,  
8,5 листов ф. А1, Библиографической  
литературы – 14.

По результатам анализа существующего технологического процесса были внесены изменения использованию оборудования, что увеличило гибкость производства. Разработан новый технологический процесс изготовления детали и назначены режимы резания, с учетом выбранного оборудования. Для осуществления обработки операций спроектировано станочное приспособление. Для производства детали «Вал ведущей шестерни» спроектирован участок механической обработки с необходимым числом станков и обслуживающего персонала. Назначены способы удаления стружки и подачи СОЖ к технологическому оборудованию, а так же назначены транспортные средства для передачи заготовок между станками.

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Михалчо П.А.</i>			<i>Участок механической обработки вала ведущей</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Миков Ю.Г.</i>					6	95
<i>Реценз.</i>						<i>ЮУрГУ Кафедра ТПМ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Шапранова Е.С.</i>						
<i>Утверд.</i>		<i>Миков Ю.Г.</i>						

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	9
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	10
1.1. Описание конструкции и назначение детали.....	10
1.2. Выбор и описание заготовки.....	12
1.3. Анализ существующего технологического процесса.....	13
1.4. Выбор оборудования.....	16
1.5. Выбор маршрута обработки с разработкой операционных эскизов.....	21
1.6. Размерный анализ.....	27
1.7. Расчёт режимов резания.....	40
1.8. Техническое нормирование.....	47
2. КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	49
2.1. Проектирование червячной фрезы.....	49
2.2. Проектирование станочного приспособления для сверлильной операции.....	58
2.3. Проектирование контрольного приспособления.....	63
2.4. Проектирование схвата робота.....	70
3. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ.....	75
3.1. Выполнение симуляции мех. обработки на станках с ЧПУ.....	75
3.2. Построение 3D модели контрольного приспособления.....	78
3.3. Создание технологического процесса обработки детали « вал ведущей шестерни».....	80
4. СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	82
4.1. Расчёт количества единиц технологического оборудования и коэффициента загрузки оборудования по операциям.....	82
4.2. Определение основных параметров производственного здания.....	85
4.3. Выбор подъёмно транспортного средства.....	87
4.4. Метод устранения стружки. Метод снабжения участка СОЖ.....	87

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		7

5. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНИДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	89
5.1. Микроклимат.....	89
5.2. Производственное освещение.....	90
5.3. Пожарная безопасность.....	91
5.4. Вентиляция.....	92
5.5. Несчастные случаи.....	93
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	96
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	97

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС.....	99
ПРИЛОЖЕНИЕ Б . СПЕЦИФИКАЦИИ.....	134

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		8

## ВВЕДЕНИЕ

В представленной выпускной квалификационной работе рассматривается вопрос технологии обработки детали «Вал ведущей шестерни». На основе анализа заводского технологического процесса изготовления детали произвели изменения с целью его улучшения – замена автоматической линии, а также установка производственного робота на 2<sup>x</sup> операциях. Такое изменение процесса изготовления позволит увеличить гибкость производства. Учитывая внесенные изменения, спроектирован новый технологический процесс изготовления детали. Для сверлильной операции спроектировано станочное приспособление для закрепления детали. Для выполнения технологического процесса спроектирован участок механической обработки детали «Вала ведущей шестерни», на котором указаны рассчитанное число технологического оборудования, а так же дополнительные элементы: столы, тары, транспортные и подъемно-транспортные средства. Рассмотрены и назначены методы удаления стружки и подачи СОЖ. Рассчитано число рабочих необходимых для данного участка, в число которых входят операторы-наладчики, служащие, ИТР и вспомогательный персонал. В целях автоматизации производства детали стойка в выпускной квалификационной работе представлена визуализация механической обработки и 3D-модель контрольного приспособления. Визуализация обработки позволяет получить код управляющей программы для станка с ЧПУ и, в случае необходимости, изменить его не прилагая особых усилий. Модель контрольного приспособления позволяет максимально быстро изменять рабочий чертеж, в случаях, когда это необходимо. Рассмотрена организация охраны труда на производстве, в состав которого входит производственный микроклимат, производственное освещение, вентиляция, пожарная безопасность, и несчастные случаи.

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		9

# 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

## 1.1 Описание конструкции и назначение детали

### 1.1.1 Характеристика детали

Редуктор, установленный на мост автомобиля, является частью трансмиссии автомобиля. Трансмиссия (силовая передача) автомобиля передает крутящий момент от двигателя к ведущим колесам. Чтобы выявить роль редуктора в жизнедеятельности автомобиля необходимо определить его место и взаимодействие с другими механизмами. Основное движение, реализованное в автомобиле, осуществляет двигатель: крутящий момент, который передается от двигателя на сцепление. Сцепление служит для кратковременного отсоединения двигателя от трансмиссии. Во включенном состоянии сцепление передает крутящий момент от двигателя к коробке передач. Кроме того сцепление предохраняет детали трансмиссии от перегрузки, которая может возникнуть при работе автомобиля. Коробка передач служит для изменения скорости движения вперед и для его движения задним ходом. Через промежуточный карданный вал, крутящий момент передается на раздаточную коробку, предназначенную для распределения крутящего момента между ведущими мостами автомобиля повышенной проходимости, а также для включения и выключения переднего ведущего моста с редуктором.

Вал ведущей шестерни служит для передачи крутящего момента от двигателя автомобиля к ведущим колесам.

Вал 4320Х-2502022 – деталь типа тел вращения. Вал используется для передачи крутящего момента. Вал 4320Х-2502022 изготовлен из стали 35ХГСА ГОСТ 4543-71, масса детали 7,750. Вал 4320-2502022 имеет: 14 шлиц; канавку d 30 мм; шейку; буртик; конус; шейку со стороны короткого конца вала; шейку со стороны длинного конца вала; отверстия d 6,4 мм; резьбу М 30×1,56g длиной 23 мм – с двух сторон.

В ходе обработки деталь подвергается термообработке:

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		10



Деталь «Вал ведущей шестерни» технологична.

### 1.1.3 Коэффициент использования материала

Коэффициент использования материала - это одна из характеристик производственного процесса. Он представляет собой количество материала (объем или массу) в готовом изделии деленную на общее количество материала, пошедшее на изготовление изделия. Коэффициент использования материала отражает эффективность (в том числе экономическую) производства, хотя и не учитывает такие факторы, как качество готового изделия, возможность переработки или вторичного использования отходов и т. д.

$$K_{им} = \frac{G_d}{G_3}, \quad (1.1)$$

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

$G_d$  - масса детали, кг;

$G_3$  - масса заготовки, кг.

$$K_{им} = \frac{7,75}{10,9} = 0,71.$$

Исходя из вышеперечисленного, кронштейн является технологичной деталью.

### 1.2 Выбор и описание заготовки

Перед тем как приступить к изготовлению детали, материал, из которого она должна быть сделана, превращают в заготовки. Заготовки стараются получить такими, чтобы их форма и размеры максимально приближались к формам и размерам готовой детали. Это позволяет сократить расход материалов и электроэнергии, увеличить производительность труда.

В зависимости от характера материала, назначения детали, требуемой точности ее изготовления и т. д. заготовки получают литьем, ковкой, штамповкой, высадкой, прокаткой, волочением и другими способами

Заготовка поступает на машиностроительный завод с другого предприятия, ЧКПЗ. Заготовку получают на кузнечных молотах в

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		12



многоручьевых штампах открытого типа. При таком методе получения заготовки на механическую обработку остаются большие припуски. Для того чтобы уменьшить припуски на механическую обработку следует выбрать другой метод получения заготовки или повысить точность существующего метода.

Предпочтение следует отдавать той заготовке, которая обеспечит меньшую технологическую себестоимость детали, то есть заготовке с более меньшими припусками на механическую обработку, с как можно большим приближением формы заготовки к конечной конфигурации детали, таким образом, уменьшается масса заготовки, расход инструмента.

Технические условия на изготовление поковки:

Группа стали М2.

Степень сложности С1.

Точность изготовления Т4 ГОСТ 7505-89.

Исходный индекс 14.

Изогнутость не более 2 мм; последующая правка на ОАО АЗ «Урал» по необходимости.

Смещение по линии разъема не более 1,0 мм.

Неуказанные штамповочные уклоны 7°.

Неуказанные радиусы закруглений 3мм

Заусенец по периметру среза не более 1,4 мм.

Очистка поверхности от окалины травлением.

Термическая обработка нормализация, высокий отпуск.

НВ 196...269.

### 1.3 Анализ действующего технологического процесса

Содержание технологического процесса механической обработки вала ведущей шестерни действующего в настоящее время на автомобильном заводе «Урал» отображено в таблице 1.1

					15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		13

Таблица 1.1

№ технологической операции	Код,наименования	Технологическое оборудование	Приспособление
1	2	3	4
005	4105 Автоматно-линейная МРЛ-156 Преход1	Фрезерно-центровальный МР-73СГ	Приспособление специальное
	Переход 2	Токарный г/копировальный ЕМ 414	Трех кулачковый патрон специальный
	Переход 3	Токарный г/копировальный ЕМ-400	Трех кулачковый патрон специальный
	Переход 4	Токарный г/копировальный ЕМ-414	Трех кулачковый патрон специальный
	Переход 5	Токарный г/копировальный ЕМ-400	Трех кулачковый патрон
	Переход 6	Токарный г/копировальный ЕМ-400	Трех кулачковый патрон
	Переход 7	Токарный г/копировальный ЕМ-400	Трех кулачковый патрон
	Переход 8	Токарный г/копировальный ЕМ-414	Трех кулачковый патрон
015	0220 Контроль	Контрольный стол Е-2499	Специальное приспособление
020	0180 Маркирование		Специальное приспособление
025	4260 Шлицефрезерная	Шлицефрезерный т.5350А	Приспособление специальное
030	4260 Шлицефрезерная	Шлицефрезерный т.5350А	Приспособление специальное
35	0126 Промывка	Моечная машина 5949А	Подвеска Гл-191
040	0108 Слесарная	Верстак Е-2409	Тиски
045	0200 Контроль	Контрольный стол Е-2499	Приспособление специальное
050	4131 Круглошлифовальная	Круглошлифовальный 3А 151	Приспособление специальное
055	4131 Круглошлифовальная	Круглошлифовальный 3А 151	Приспособление специальное
060	4131 Круглошлифовальная	Круглошлифовальный 3А 151	Приспособление специальное
065	4131 Круглошлифовальная	Круглошлифовальный 3А 151	Приспособление специальное

Продолжение таблицы 1.1

070	4131 Круглошлифовальная	Круглошлифовальный 3А 151	Приспособление специальное
075	4131 Круглошлифовальная	Круглошлифовальный 3А 151	Приспособление специальное
080	4110 Токарная	Токарный полуавтомат 1Н713	Трех кулачковый патрон специальный
085	0108 Слесарная	Верстак Е-2409	Тиски
090	0200 Контроль	Контрольный стол Е- 2499	Приспособление специальное
095	4101 Агрегатная	Специальный агрегатный ХА-5968	Приспособление специальное
100	0108 Слесарная	Верстак Е-2409	Тиски
105	0126 Промывка	Моечная машина 5949А	Подвеска специальная
110	0200 Контроль	Контрольный стол Е- 2499	Приспособление специальное
120	0180 Маркирование	Моечная машина 5949А	Подвеска специальная

Расчёт оборудования и коэффициента загрузки по действующему технологическому процессу для N=9000 шт.

Таблица 1.2

№ технологической операции	Технологическое оборудование	Количество оборудования, шт	Коэффициент загрузки, %
1	2	3	4
005	Автоматическая линия МРЛ-156	1	7,00%
025	Шлицефрезерный т.5350А	2	7%
030	Шлицефрезерный т.5350А	1	50%
050	Круглошлифовальный 3А 151	1	40%
055	Круглошлифовальный 3А 151	1	5%
060	Круглошлифовальный 3А 151	1	4%
065	Круглошлифовальный 3А 151	1	14%
070	Круглошлифовальный 3А 151	1	6%



## Технические характеристики

Таблица 1.3

Параметр	Значение
Рабочий диапазон:	
Наибольший диаметр обработки, мм	320
Наибольший диаметр обработки над суппортом, мм	170
Наибольший диаметр обработки с инструментальной системой MultiSuisse с ручной сменой инструмента, мм	320
Наибольший диаметр обработки с инструментальной системой SAUTER с автоматической сменой инструмента, мм	210
Расстояние между центрами, мм	750
Высота оси шпинделя над станиной, мм	150
Наибольший диаметр прутковой заготовки, мм	41/55*
Главный шпиндель:	
Передний конец шпинделя Bajonet (ISO702-III)	B5/B6*
Передний конец шпинделя Camlock (ISO702-II)	D6*
Передний конец шпинделя A2 (ISO702-I)	
Отверстие в шпинделе, мм	42/57*
Диаметр шпинделя под передними подшипниками, мм	70/90*
Максимальная частота вращения шпинделя на первой скорости, мин <sup>-1</sup>	880
Максимальная частота вращения шпинделя на второй скорости, мин <sup>-1</sup>	3500
Зажим в ручном режиме, мм	160/200*
Гидравлический зажим *, мм	-

Продолжение таблицы 1.3

Привод шпинделя :	
Мощность электродвигателя главного привода S1, кВт	7
Мощность электродвигателя главного привода S6, кВт	10
Крутящий момент на первой скорости S1, Нм	210
Крутящий момент на первой скорости S6, Нм	285
Крутящий момент на второй скорости S1, Нм	52
Крутящий момент на второй скорости S1, Нм	70
Суппорты с приводами :	
Ось X	
Диапазон рабочих подач поперечного суппорта, мм. мин -1	1÷3000
Ускоренная подача поперечного суппорта, мм. мин -1	3000
Рабочий ход, мм	183
Ось Z	
Диапазон рабочих подач продольного суппорта, мм. мин -1	1÷5000
Ускоренная подача продольного суппорта, мм. мин -1	10000
Рабочий ход, мм	790
Инструментальные системы со сменой инструмента в ручном режиме	
Быстрозажимный резцедержатель	MultiSuisse B
Максимальное поперечное сечение резца, мм	25x25
Ручные револьверные инструментальные*	
Револьверная головка с быстрозажимным резцедержателем	

Продолжение таблицы 1.3

Инструментальные системы со сменой инструмента в автоматическом режиме*	
4-х сторонняя револьверная головка без привода вращающегося инструмента*	
Осевая револьверная головка без привода вращающегося инструмента*	SAUTER*
Количество позиций инструмента	8*
Диаметр вала (согласно DIN 69880), мм	20*
Максимальное поперечное сечение резца, мм	16x12*
Осевая револьверная головка с приводом вращающегося инструмента*	
Конус в отверстии пиноли	MORSE 4
Диаметр пиноли, мм	60
Ход пиноли / задней бабки, мм	120
Управление	вручную
Габариты станка :	
Высота, мм	1735
Ширина, мм	1490
Длина с поддоном для стружки, мм	2415
Длина с конвейером для стружки направо*, мм	3300*
Масса :	
Масса (без специальной оснастки), кг	около 1600
Системы управления :	
SIEMENS 840D SolutionLine + ShopTurn	да
FANUC 0iTD + Manual Guide i	да
HEIDENHAIN MANUAL Plus 620	да

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ

Лист

19



Рисунок 1.2 - Станок шлифовальный с ЧПУ RSM500

Технические характеристики

Таблица 1.4

Параметр	Значение
высота центров	135 мм
длина шлифования	500 мм
диаметр шлифования	8 - 200 мм
с неподвижным люнетом	60 мм
заготовка, макс. масса между центрами	50 кг
технологический ход шлифов. головки	200 мм
диаметр патрона	200 мм
диаметр внутр. шлифования с люнетом	10 - 90 мм
диаметр внутр. шлифования без люнета	10 - 90 мм
глубина внутр. Шлифования	125 мм
подача стола, бесступенчато	0,1 - 4 м/мин.
диапазон поворота стола, макс.	R = -3° / L = +9°
подача шлифов. диска (мин.)	0,005 мм
скорость по окружности	35 м/сек.
частота вращения раб. шпинделя	50 Гц: 25-220 об./мин. 60 Гц: 30-264 об./мин.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ

Лист

20



Продолжение таблицы 1.4

Передняя бабка	
диапазон поворота раб. передней бабки	0 - 45 °
Шлифовальная бабка	
частота вращ. шлифов. шпинделя	0 - 1670 об./мин.
диапазон поворота шлифов. шпиндельной бабки (пр./л)	30 °
Подача	
подача за оборот маховичка по X	1 мм
подача за ед. деления шкалы по X	0,005 мм
Задняя бабка	
конус задней бабки	МК 4
ход пиноли задней бабки	30 мм
Мощность	
мощность двигателя шлифов.	4 кВт
мощность двигателя внутр. шлифования	4 кВт
мощность двигателя раб. шпинделя	0,75 кВт
мощность двигателя гидравл. Насоса	0,75 кВт
мощность двигателя насоса СОЖ	0,125 кВт
общая потребляемая мощность	5,625 кВА
Размеры и масса	
размер шлифов. диска	400x50x203 мм
точильный камень, внутр. шлиф. (макс.)	50x25x13 мм
точильный камень, внутр. шлиф. (мин.)	17x20x6 мм
габариты	2500x1600x1500 мм
масса	2500 кг

1.5 Выбор маршрута обработки с разработкой операционных эскизов

Назначение квалитетов на каждую операцию производится по приложению 1 [1, с.55], допусков по приложению 3 [1, с.62], несоосностей по приложению 4 [1, с.65].

000. Заготовительная

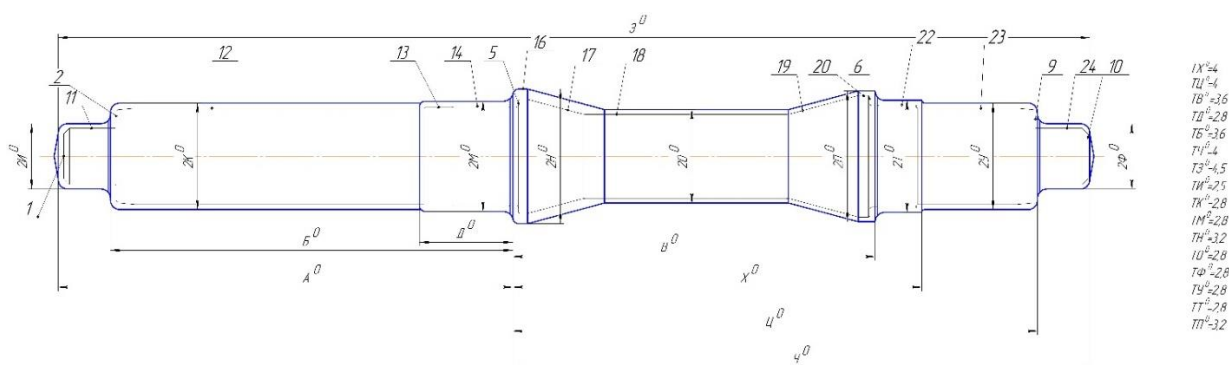


Рисунок 1.3 - заготовка

005. Фрезерно-центровальная

Переход I

Фрезерно-центровальный станок с ЧПУ МР-73СГ

Фрезеровать торцы, выдерживая размеры согласно эскизу

Фрезы концевые фирмы Iscar F45LDN080-10-27R-N15, F45LDN080-10-

27L-N15

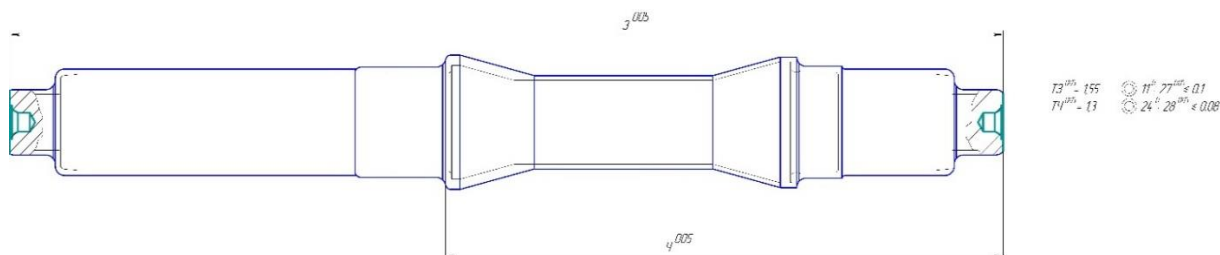


Рисунок 1.4 - Фрезерно-центровальная переход I

Переход II

Центровать отверстия, выдерживая размеры согласно эскизу.

Сверло центровочное

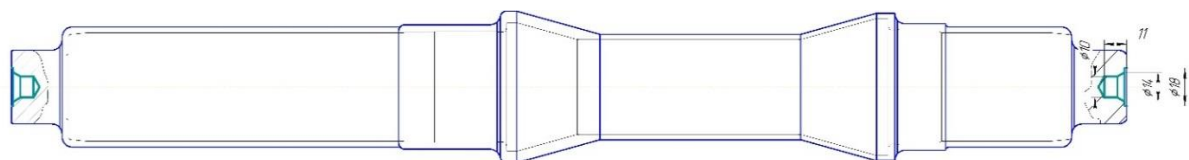


Рисунок 1.5 - Фрезерно-центровальная переход II

010. Токарная

Переход I

Проточить канавку.

Резец канавочный

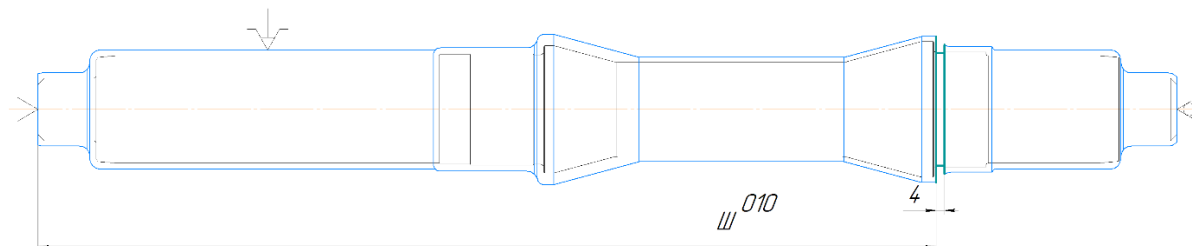


Рисунок 1.6 – Токарная операция переход I

$TШ^{010I} = 2.5$ ;  $TP^{010I} = 1.2$ ;

Не соосность:

$27^{005I}$ :  $15^{010I} \leq 0.16$

Переход II

Точить шейки ,буртик и конус, выдерживая размеры согласно эскизу

Резец фирмы Iscar

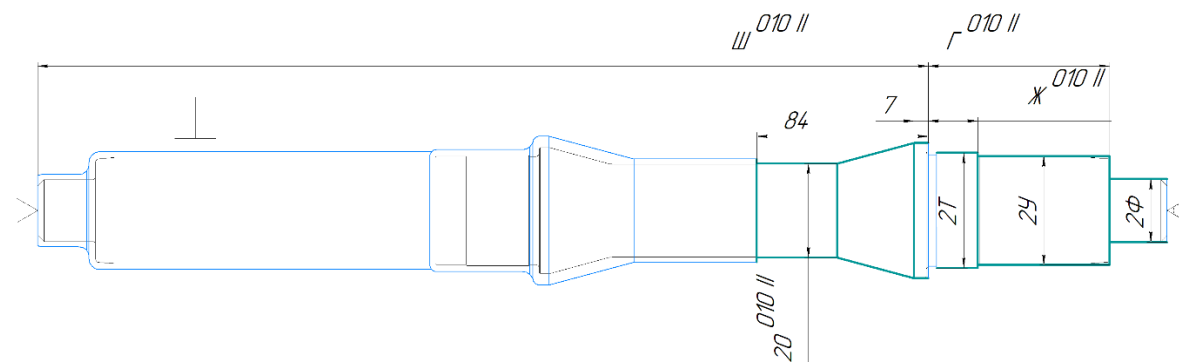


Рисунок 1.7 -\_Токарная операция переход II

$TT^{010II} = 1.2$ ;  $TУ^{010II}=1.2$ ;  $TФ^{010II} = 1$ ;  $TO^{010II}=1$ ;  $TЖ^{010II}=0.84$ ;  $TГ^{010II}= 1.4$

Не соосности :

$28^{005}$ :  $20^{010I} \leq 0.1$ ;  $28^{005}$ :  $22^{010II} \leq 0.1$ ;  $28^{005}$ :  $23^{010II} \leq 0.1$ ;  $28^{005}$ :  $24^{010II} \leq 0.1$

Переход III

Точить шейки ,буртик и конус, выдерживая размеры согласно эскизу

Резец фирмы Iscar

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ

Лист

23

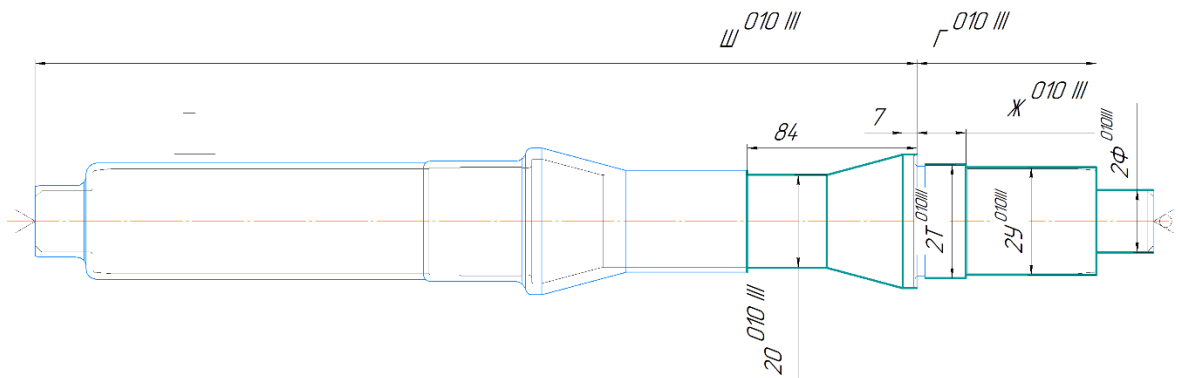


Рисунок 1.8 - Токарная операция переход III

$ТТ^{010III} = 1.2$ ;  $ТУ^{010III} = 1.2$ ;  $ТФ^{010III} = 1$ ;  $ТО^{010III} = 1$ ;  $ТЖ^{010III} = 0.84$ ;  $ТГ^{010III} = 1.4$

Не соосности :

$28^{005}:20^{010} \leq 0.1$ ;  $28^{005}:22^{010} \leq 0.1$ ;  $28^{005}:23^{010} \leq 0.1$ ;  $28^{005}:24^{010} \leq 0.1$

015. Токарная

### Переход I

Проточить канавку, выдерживая размеры согласно эскизу

Резец канавочный

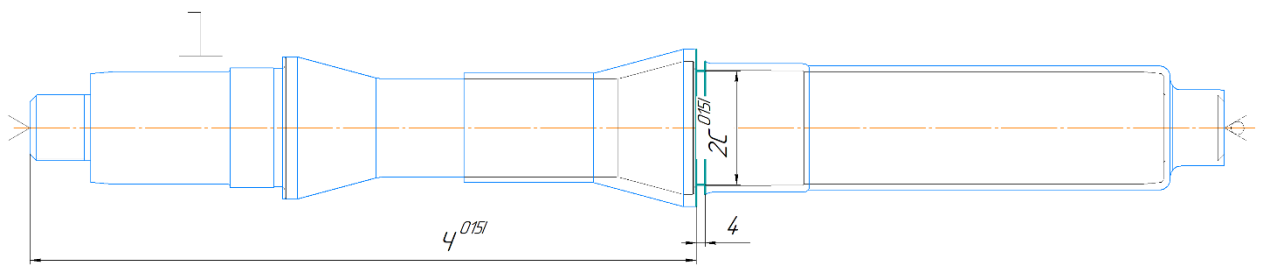


Рисунок 1.9 - Токарная операция переход I

$ТЧ^{015I} = 2.1$

Не соосность:

$29^{005}:18^{015I} \leq 0.16$

### Переход II

Точить шейки, буртик и конус, выдерживая размеры согласно эскизу

Резец фирмы Iscar

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ

Лист

24

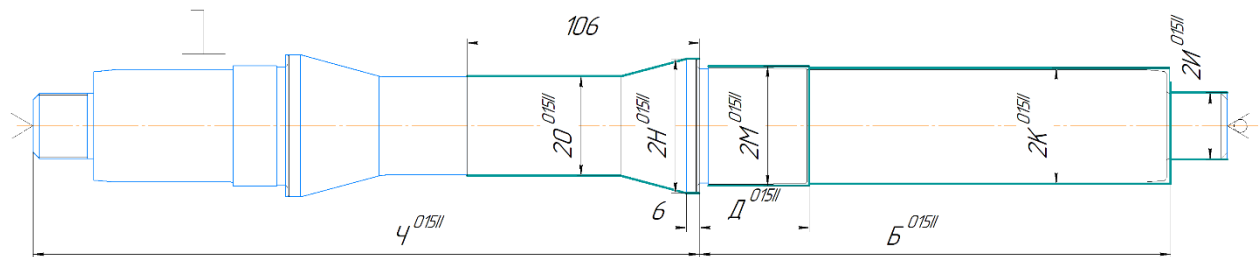


Рисунок 1.10 - Токарная операция переход II

$T_D^{015II}=1$ ;  $T_B^{015II}=1,85$ ;  $T_H^{015II}=1,2$ ;  $T_M^{015II}=1,2$ ;  $T_K^{015II}=1,2$ ;  $T_I^{015II}=0,84$

Не соосности :

$29^{005}:11^{015II} \leq 0.08$ ;  $29^{005}:12^{015II} \leq 0.1$ ;  $29^{005}:14^{015II} \leq 0.1$ ;  $29^{005}:16^{015II} \leq 0.1$

### Переход III

Точить шейки, буртик и конус, выдерживая размеры согласно эскизу

Резец фирмы Iscar

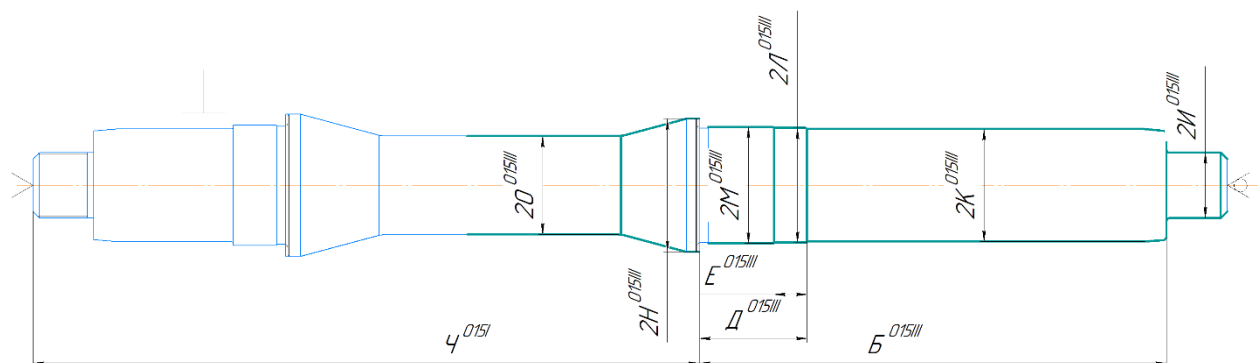


Рисунок 1.11 - Токарная операция переход III

$T_D^{015III}=0.25$ ;  $T_B^{015III}=0.46$ ;  $T_H^{015III}=0.03$ ;  $T_M^{015III}=0.3$ ;  $T_K^{015III}=0.3$ ;

$T_I^{015III}=0.21$

Не соосности :

$29^{005}:11^{015III} \leq 0.03$ ;  $29^{005}:12^{015III} \leq 0.04$ ;  $29^{005}:14^{015III} \leq 0.04$ ;  $29^{005}:16^{015III} \leq 0.04$

### Переход IV

Подрезать торцы, выдерживая размеры согласно эскизу

Резцы фирмы Iscar DBH 725 R, DBH 725 L

					15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		25

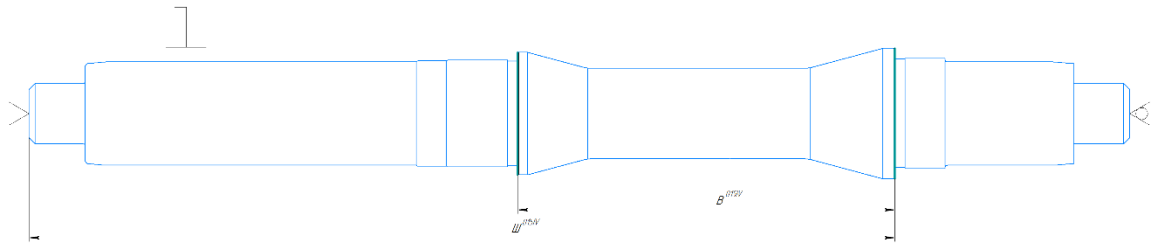


Рисунок 1.12 - Токарная операция переход IV

$ТВ^{015IV}=0.46$ ;  $ТШ^{015IV}=0.63$

050. Круглошлифовальная

Шлифовать шейки, выдерживая размеры согласно эскизу

Шлифовальный круг 1 600x63x305 24А F60 05

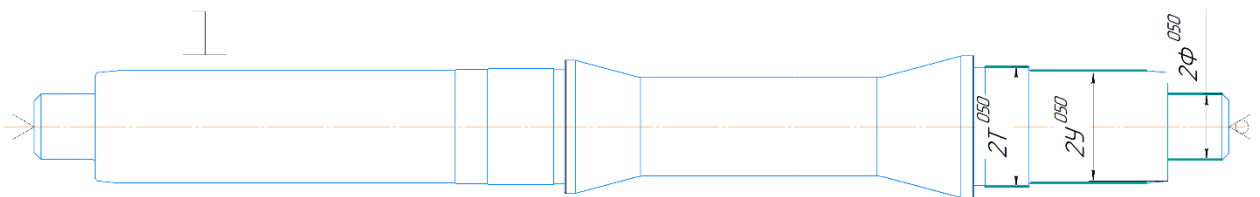


Рисунок 1.13 – Круглошлифовальная операция

$ТТ^{050}=0,046$ ;  $ТУ^{050}=0,046$ ;  $ТФ^{050}=0,033$

Не соосности :

$29^{005}:23^{050} \leq 0,016$ ;  $29^{005}:22^{050} \leq 0.016$ ;  $29^{005}:24^{050} \leq 0.016$

055. Круглошлифовальная

Шлифовать шейки, выдерживая размеры согласно эскизу

Шлифовальный круг 1 600x63x305 24А F60 0

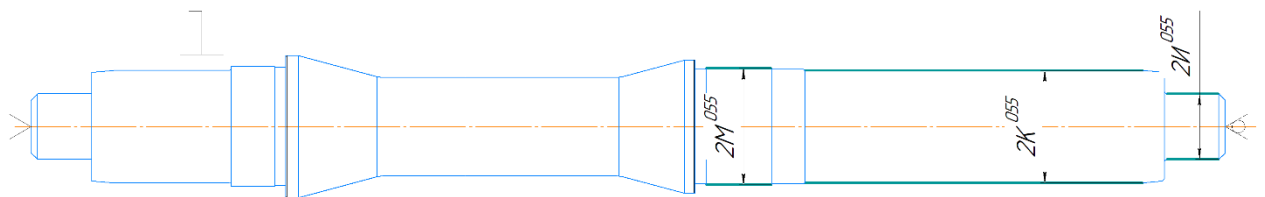


Рисунок 1.14 – Круглошлифовальная операция

$ТМ^{055}=0,046$ ;  $ТК^{055}=0,046$ ;  $ТИ^{055}=0,033$

Не соосности :

$29^{005}:11^{055} \leq 0,016$ ;  $29^{005}:12^{055} \leq 0.016$ ;  $29^{005}:13^{055} \leq 0.016$

070. Токарная

Подрезать торцы,снять фаски, выдерживая размеры согласно эскизу

Резец Т15К6, Резец Т15К6

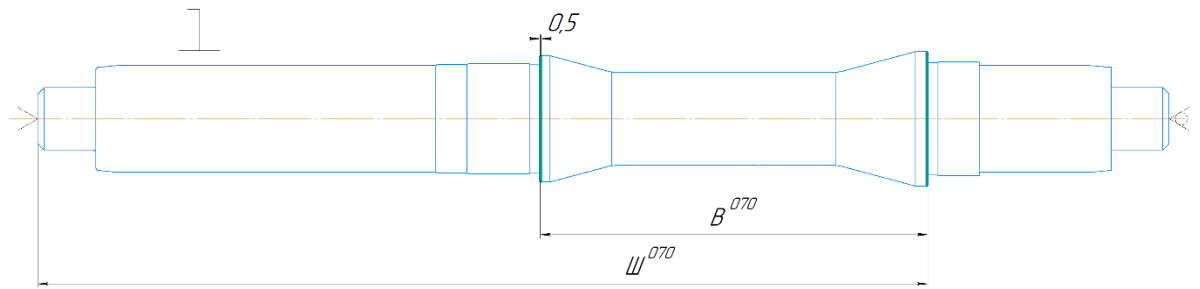


Рисунок 1.15 - Токарная операция

$ТВ^{070}=0,072$ ;  $ТШ^{070}=0,097$

### 1.6 Размерный анализ

Замыкающие звенья среди чертёжных размеров

- 1)  $[Ж]=Ж^{15III}+Ш^{15I}-Ш^{70}$
- 2)  $[Д]=-B^{70}+Ш^{70}-З^{005}+Ч^{10I}+Д^{10III}$
- 3)  $[Г]=Г^{015III}+Ш^{015I}-Ш^{70}$
- 4)  $[Б]=-B^{70}+Ш^{70}-З^{005}+Ч^{010I}+Б^{010III}$

Замыкающие звенья среди припусков

$$[z_6^{70}] = -Ш^{70} + Ш^{015IV}$$

$$[z_5^{70}] = -B^{70} + B^{015IV}$$

$$[z_8^{015III}] = -Ж^{015III} + Ж^{015VI}$$

$$[z_6^{15VII}] = -Ш^{70} + Ш^{015I}$$

$$[z_5^{015IV}] = -B^{015IV} + Ш^{015IV} - З^{005} + Ч^{010I}$$

$$[z_9^{015III}] = -Г^{010III} + Г^{010II}$$

$$[z_8^{015II}] = X^0 - Ч^{005} + З^{005} - Ш^{015I} - Ж^{015III}$$

$$[z_9^{015II}] = Ц^0 - Ч^{005} + З^{005} - Ш^{015I} - Г^{015III}$$

$$[z_6^{015I}] = B^0 - Ч^{005} + З^{005} - Ш^{015I}$$

$$[z_3^{010III}] = -Д^{010III} + Д^{010II}$$

$$[z_2^{010III}] = -Б^{010III} + Б^{010II}$$

$$[z_2^{010II}] = Д^0 - Д^{010II}$$

$$[z_2^{010I}] = Б^0 - Б^{010II}$$

$$[z_5^{010I}] = -Ч^0 + Ч^{005}$$

$$[z_1^{005}] = -З^{005} + Ч^{005} - Ч^0 + З^0$$

$$[z_{10}^{005}] = Ч^0 - Ч^{005}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат
------	------	----------	---------	-----

15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ

Лист

27

Определим минимальные припуски по таблице 9 [2, с34]

$$z_{\min}^i = R_z^{i-1} + h^{i-1}, \quad (1.1)$$

где  $R_z$  – шероховатость ;  $h$  – дефектный слой

Выбираем по Приложению 2 [2,с.60]

$$[z_5^{70}]_{\min} = 32 + 30 = 62\text{мкм} = 0.062\text{мм}$$

$$[z_6^{70}]_{\min} = 32 + 30 = 62\text{мкм} = 0.062\text{мм}$$

$$[z_3^{010III}]_{\min} = 50 + 50 = 100\text{мкм} = 0.1\text{мм}$$

$$[z_2^{010III}]_{\min} = 50 + 50 = 100\text{мкм} = 0.1\text{мм}$$

$$[z_5^{015IV}]_{\min} = 32 + 30 = 62\text{мкм} = 0.062\text{мм}$$

$$[z_6^{015IV}]_{\min} = 32 + 30 = 62\text{мкм} = 0.062\text{мм}$$

$$[z_8^{015III}]_{\min} = 50 + 50 = 100\text{мкм} = 0.1\text{мм}$$

$$[z_9^{015III}]_{\min} = 50 + 50 = 100\text{мкм} = 0.1\text{мм}$$

$$[z_3^{010II}]_{\min} = 240 + 250 = 490\text{мкм} = 0.49\text{мм}$$

$$[z_2^{010II}]_{\min} = 240 + 250 = 490\text{мкм} = 0.49\text{мм}$$

$$[z_8^{015II}]_{\min} = 240 + 250 = 490\text{мкм} = 0.49\text{мм}$$

$$[z_9^{015II}]_{\min} = 240 + 250 = 490\text{мкм} = 0.49\text{мм}$$

$$[z_6^{015I}]_{\min} = 240 + 250 = 490\text{мкм} = 0.49\text{мм}$$

$$[z_5^{005I}]_{\min} = 240 + 250 = 490\text{мкм} = 0.49\text{мм}$$

$$[z_1^{005I}]_{\min} = 240 + 250 = 490\text{мкм} = 0.49\text{мм}$$

$$[z_6^{70}]_{\min} = -\text{Ш}_{\max}^{70} + \text{Ш}_{\min}^{70}$$

$$\text{Ш}_{\min}^{015VI} = [z_6^{70}]_{\min} + \text{Ш}_{\max}^{70} = 0.062 + 431,5 = 431,562\text{мм}$$

$$\text{Ш}_{\max}^{015VI} = 431,562 + 0.63 = 432,192\text{мм}$$

$$\text{Ш}^{015VI} = 432,192_{-0.63}\text{мм}$$

$$[z_6^{70}]_{\max} = 0.062 + 0.063 + 0.097 = 0,789\text{мм}$$

$$[z_5^{70}]_{\min} = B_{\min}^{015IV} - B_{\max}^{70}$$

$$B_{\min}^{015IV} = [z_5^{70}]_{\min} + B_{\max}^{70} = 0.062 + 188 = 188,062\text{мм}$$

$$B_{\max}^{015IV} = 188.062 + 0.46 = 188.522 \text{ мм}$$

$$B^{15VII} = 188.522_{-0.46}\text{мм}$$

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		28



$$[z_5^{70}]_{max} = 0.062 + 0.46 + 0.072 = 0.594\text{MM}$$

$$[z_6^{015VI}]_{min} = -\text{Ш}_{min}^{015IV} + \text{Ш}_{max}^{015I}$$

$$\text{Ш}_{min}^{015I} = [z_6^{015VI}]_{min} + \text{Ш}_{max}^{015IV} = 0.062 + 432.192 = 432.254\text{MM}$$

$$\text{Ш}_{max}^{015I} = 432,254 + 2,5 = 434,754\text{MM}$$

$$\text{Ш}^{015I} = 434,754_{-2,5}\text{MM}$$

$$[z_6^{015IV}]_{max} = 0.062 + 2.5 + 0.63 = 3.192\text{MM}$$

$$[z_8^{015III}]_{min} = -\text{Ж}_{max}^{015III} + \text{Ж}_{min}^{015II}$$

$$\text{Ж}_{min}^{015II} = [z_8^{015III}]_{min} + \text{Ж}_{max}^{015III} = 0.1 + 24,456 = 24,556\text{MM}$$

$$\text{Ж}_{max}^{015II} = 24.556 + 0.84 = 25.396\text{MM}$$

$$\text{Ж}^{015II} = 25.396_{-0.84}\text{MM}$$

$$[z_8^{015III}]_{max} = 0.1 + 0.84 + 0.21 = 1,15\text{MM}$$

$$\text{Ж}_{min}^{015III} = -\text{Ш}_{max}^{015I} + \text{Ш}_{min}^{070} + [\text{Ж}]_{min}$$

$$\text{Ж}_{max}^{015III} = -432,254 + 431,5 + 25 = 24,246\text{MM}$$

$$\text{Ж}_{min}^{015III} = 24,246 + 0.21 = 24.456\text{MM}$$

$$\text{Ж}^{015III} = 24.456_{-0,21}\text{MM}$$

$$[\Gamma]_{min} = \Gamma_{min}^{015III} + \text{Ш}_{min}^{015I} - \text{Ш}_{max}^{070}$$

$$\Gamma_{min}^{015III} = -\text{Ш}_{min}^{015I} + \text{Ш}_{max}^{070} + [\Gamma]_{min}$$

$$\Gamma_{min}^{015III} = -432,254 + 431,5 + 89 = 88.246\text{MM}$$

$$\Gamma_{min}^{015III} = 88,246 + 0.35 = 88.596\text{MM}$$

$$\Gamma^{015III} = 88.596_{-0,35}\text{MM}$$

$$[z_9^{015III}]_{min} = -\Gamma_{max}^{015III} + \Gamma_{min}^{015II}$$

$$\Gamma_{min}^{015II} = [z_9^{015III}]_{min} + \Gamma_{max}^{015III} = 0.1 + 88.596 = 88.696\text{MM}$$

$$\Gamma_{max}^{015II} = 88.696 + 1.4 = 90.096\text{MM}$$

$$\Gamma^{15II} = 90.096_{-0.39}\text{MM}$$

$$[z_9^{015III}]_{max} = 0.1 + 0.35 + 1,4 = 1,16\text{MM}$$

$$[z_5^{015IV}]_{min} = -B_{max}^{015IV} + \text{Ш}_{min}^{015IV} - 3_{max}^{005} + \Psi_{min}^{010I}$$

$$\Psi_{min}^{15I} = [z_5^{015IV}]_{min} + B_{max}^{015IV} - \text{Ш}_{min}^{015IV} + 3_{max}^{005} = 0.062 + 188,522 -$$

$$431,562 + 548,5 = 305,522\text{MM}$$

					15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ	Лист 29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$\varphi_{max}^{015I} = 305,522 + 2,1 = 307,622\text{MM}$$

$$\varphi^{015I} = 307,622_{-2,1}\text{MM}$$

$$[z_5^{15III}]_{max} = 0,062 + 2,1 + 0,46 + 0,63 = 3,252\text{MM}$$

$$[D]_{min} = -B_{max}^{070} + \Pi_{min}^{070} - 3_{max}^{005} + \varphi_{min}^{010I} + D_{min}^{010III}$$

$$D_{min}^{015III} = B_{max}^{70} - \Pi_{min}^{070} + 3_{max}^{005} - \varphi_{min}^{010I} + [D]_{min}$$

$$D_{min}^{015III} = 188 - 431,5 + 548,5 - 305,522 + 50 = 49,78\text{MM}$$

$$D_{min}^{015III} = 49,78 + 0,25 = 50,03\text{MM}$$

$$D^{015III} = 50,03_{-0,25}\text{MM}$$

$$[B]_{min} = -B_{max}^{070} + \Pi_{min}^{070} - 3_{max}^{005} + \varphi_{min}^{010I} + B_{min}^{010III}$$

$$B_{min}^{015III} = B_{max}^{70} - \Pi_{min}^{070} + 3_{max}^{005} - \varphi_{min}^{010I} + [D]_{min}$$

$$B_{min}^{015III} = 188 - 431,5 + 548,5 - 305,522 + 215,5 = 214,978\text{MM}$$

$$B_{min}^{015III} = 214,978 + 0,46 = 215,438\text{MM}$$

$$B^{015III} = 215,438_{-0,46}\text{MM}$$

$$[z_8^{015II}]_{min} = X_{min}^0 - \varphi_{max}^{005} + 3_{min}^{005} - \Pi_{max}^{015I} - \mathcal{K}_{min}^{015III}$$

$$X_{min}^0 = [z_8^{015III}]_{min} + \varphi_{max}^{005} - 3_{min}^{005} + \Pi_{max}^{015I} + \mathcal{K}_{min}^{015III} = 0,1 + 308,022 - 548,5 + 434,754 + 24,4 = 218,832 \text{ MM.}$$

$$X_{max}^0 = 218,832 + 4 = 222,732\text{MM}$$

$$X^0 = 222,732_{-1,3}^{+2,7}\text{MM}$$

$$[z_8^{015II}]_{max} = 0,1 + 4 + 1,3 + 1,55 + 2,5 + 0,21 = 9,66\text{MM}$$

$$[z_5^{015I}]_{min} = -\varphi_{max}^{010I} + \varphi_{min}^{005}$$

$$\varphi_{min}^{005} = [z_5^{010I}]_{min} + \varphi_{max}^{010I} = 0,1 + 307,622 = 307,722 \text{ MM}$$

$$\varphi_{max}^{005} = 307,622 + 1,3 = 308,022\text{MM}$$

$$\varphi^{005} = 308,022_{-1,3}\text{MM}$$

$$[z_5^{15I}]_{max} = 0,1 + 1,3 + 2,1 = 3,4\text{MM}$$

$$[z_9^{015III}]_{min} = \Pi_{min}^0 - \varphi_{max}^{005} + 3_{min}^{005} - \Pi_{max}^{005}$$

$$\Pi_{min}^0 = [z_9^{015III}]_{min} + \varphi_{max}^{005} - 3_{min}^{005} + \Pi_{max}^{015I} = 0,1 + 308,022 - 548,5 + 434,754 + 88,596 = 282,872\text{MM}$$

$$\Pi_{max}^0 = 282,872 + 4 = 286,872\text{MM}$$

					15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		30

$$Ц^0 = 286,872_{-1,3}^{+2,7} \text{мм}$$

$$[z_9^{015III}]_{max} = 0.1 + 4 + 1.3 + 1.55 + 2.5 = 9.45 \text{мм}$$

$$[z_6^{015I}]_{min} = B_{min}^0 - \Psi_{max}^{005} + 3_{min}^{005} - \Pi_{max}^{015I}$$

$$B_{min}^0 = [z_6^{015I}]_{min} + \Psi_{max}^{005} - 3_{min}^{005} + \Pi_{max}^{015I} = 0.49 + 308.022 - 548.5 + 434.754 = 194.76 \text{мм}$$

$$B_{max}^0 = 194.76 + 3.6 = 198.36 \text{мм}$$

$$B^0 = 198.36_{-1,3}^{+2,3} \text{мм}$$

$$[z_6^{015I}]_{max} = 0.49 + 3.6 = 0.852 \text{мм}$$

$$[z_3^{010III}]_{min} = D_{min}^{010II} - D_{max}^{010III}$$

$$D_{min}^{010II} = [z_3^{010III}]_{min} + D_{max}^{010III} = 0.1 + 50,03 = 50,13 \text{мм}$$

$$D_{max}^{010II} = 50.13 + 0.25 = 50.38 \text{мм}$$

$$D^{010II} = 50.38_{-0,25} \text{мм}$$

$$[z_3^{010II}]_{max} = 0.1 + 1 + 0.25 = 1.35 \text{мм}$$

$$[z_2^{010III}]_{min} = -B_{max}^{010III} + B_{min}^{010II}$$

$$B_{min}^{010II} = [z_2^{010III}]_{min} + B_{max}^{010III} = 0.49 + 215.438 = 245.928 \text{мм}$$

$$B_{max}^{010II} = 245.438 + 1.85 = 217.178 \text{мм}$$

$$B^{010II} = 217.178_{-1,85} \text{мм}$$

$$[z_2^{010III}]_{max} = 0.49 + 0.46 + 1.85 = 2.8 \text{мм}$$

$$[z_3^{010II}]_{min} = B_{min}^0 - B_{max}^{010II}$$

$$B_{min}^0 = [z_3^{010II}]_{min} + B_{max}^{010II} = 0.49 + 218,37,178 = 217,668 \text{мм}$$

$$B_{min}^0 = 217,668 + 3,6 = 221,268 \text{мм}$$

$$B^0 = 218,868_{-1,2}^{+2,4} \text{мм}$$

$$[z_3^{010II}]_{max} = 0.49 + 3.6 = 4,09 \text{мм}$$

$$[z_{10}^{005}]_{min} = \Psi_{min}^{00} + \Psi_{max}^{005}$$

$$\Psi_{min}^{00} = [z_{10}^{005}]_{min} + \Psi_{max}^{005} = 308,022 + 0,49 = 308,512 \text{мм}$$

$$\Psi_{min}^{00} = 308,512 + 4 = 312,512 \text{мм}$$

$$\Psi^0 = 309,812_{-1,3}^{+2,7} \text{мм}$$

$$[z_{10}^{005}]_{max} = 0,49 + 4 + 1,3 = 5,79 \text{мм}$$

									Лист
									31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ				

$$[z_1^{005}]_{min} = -z_{max}^{005} + \psi_{min}^{005} - \psi_{max}^{00} + z_{min}^{00}$$

$$z_{min}^{00} = [z_1^{005}]_{max} + \Gamma_{max}^{005} - \psi_{min}^{005} + \psi_{max}^{00} = 548,5 - 307,722 + 312,512 + 0,49 = 553,78\text{мм}$$

$$z_{max}^{00} = 553,78 + 4,5 = 558,28\text{мм}$$

$$z^{00} = 555,28_{-1,5}^{+3}\text{мм}$$

$$[z_1^{005}]_{max} = 0,49 + 4,5 + 1,55 + 1,3 = 7,84\text{мм}$$

Определим минимальные припуски по таблице 9 [2, с34]

$$[z_{11}^{055}]_{min} = 25 + 25 = 50\text{мкм} = 0,05\text{мм}$$

$$[z_{12}^{055}]_{min} = 25 + 25 = 50\text{мкм} = 0,05\text{мм}$$

$$[z_{14}^{055}]_{min} = 25 + 25 = 50\text{мкм} = 0,05\text{мм}$$

$$[z_{24}^{050}]_{min} = 25 + 25 = 50\text{мкм} = 0,05\text{мм}$$

$$[z_{23}^{050}]_{min} = 25 + 25 = 50\text{мкм} = 0,05\text{мм}$$

$$[z_{23}^{050}]_{min} = 25 + 25 = 50\text{мкм} = 0,05\text{мм}$$

$$[z_{18}^{015III}]_{min} = 50 + 50 = 100\text{мкм} = 0,1\text{мм}$$

$$[z_{11}^{015III}]_{min} = 50 + 50 = 100\text{мкм} = 0,1\text{мм}$$

$$[z_{12}^{015III}]_{min} = 50 + 50 = 100\text{мкм} = 0,1\text{мм}$$

$$[z_{14}^{015III}]_{min} = 50 + 50 = 100\text{мкм} = 0,1\text{мм}$$

$$[z_{16}^{015III}]_{min} = 50 + 50 = 100\text{мкм} = 0,1\text{мм}$$

$$[z_{12}^{015II}]_{min} = 240 + 250 = 490\text{мкм} = 0,49\text{мм}$$

$$[z_{14}^{015II}]_{min} = 240 + 250 = 490\text{мкм} = 0,49\text{мм}$$

$$[z_{16}^{015II}]_{min} = 240 + 250 = 490\text{мкм} = 0,49\text{мм}$$

$$[z_{18}^{015II}]_{min} = 240 + 250 = 490\text{мкм} = 0,49\text{мм}$$

$$[z_{24}^{010III}]_{min} = 50 + 50 = 100\text{мкм} = 0,1\text{мм}$$

$$[z_{23}^{010III}]_{min} = 50 + 50 = 100\text{мкм} = 0,1\text{мм}$$

$$[z_{20}^{010III}]_{min} = 50 + 50 = 100\text{мкм} = 0,1\text{мм}$$

$$[z_{22}^{010III}]_{min} = 50 + 50 = 100\text{мкм} = 0,1\text{мм}$$

$$[z_{24}^{010II}]_{min} = 240 + 250 = 490\text{мкм} = 0,49\text{мм}$$

$$[z_{23}^{010II}]_{min} = 240 + 250 = 490\text{мкм} = 0,49\text{мм}$$

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		32

$$[z_{22}^{010II}]_{min} = 240 + 250 = 490\text{мкм} = 0.49\text{мм}$$

$$[z_{20}^{010II}]_{min} = 240 + 250 = 490\text{мкм} = 0.49\text{мм}$$

Замыкающие звенья среди припусков

$$[z_{12}^{055}] = -K^{055} - (11^{055}; 27^{005}) - (27^{005}; 11^{015III}) + K^{055}$$

$$[z_{14}^{055}] = -M^{055} - (14^{055}; 27^{005}) - (27^{005}; 14^{015III}) + M^{055}$$

$$[z_{12}^{055}] = -И^{055} - (12^{055}; 27^{005}) - (27^{005}; 12^{015III}) + И^{015III}$$

$$[z_{24}^{050}] = -\Phi^{050} - (24^{050}; 27^{005}) - (27^{005}; 24^{015III}) + \Phi^{015III}$$

$$[z_{23}^{050}] = -\Psi^{050} - (23^{050}; 27^{005}) - (27^{005}; 23^{015III}) + \Psi^{015III}$$

$$[z_{22}^{050}] = -\Gamma^{050} - (22^{050}; 27^{005}) - (27^{005}; 22^{015III}) + \Gamma^{015III}$$

$$[z_{18}^{015III}] = -O^{015III} - (18^{015III}; 27^{005}) - (27^{005}; 18^{015II}) + O^{015II}$$

$$[z_{11}^{015III}] = -И^{015III} - (11^{015III}; 27^{005}) - (27^{005}; 11^{015III}) + И^{015II}$$

$$[z_{12}^{015III}] = -K^{015III} - (12^{015III}; 27^{005}) - (27^{005}; 12^{015II}) + K^{015II}$$

$$[z_{14}^{015III}] = -M^{015III} - (14^{015III}; 27^{005}) - (27^{005}; 14^{015II}) + M^{015II}$$

$$[z_{16}^{015III}] = -H^{015III} - (16^{015III}; 27^{005}) - (27^{005}; 16^{015II}) + H^{015II}$$

$$[z_{11}^{015II}] = -И^{015II} - (11^{015II}; 27^{005}) - (27^{005}; 23^{00}) + И^0$$

$$[z_{12}^{015II}] = -K^{015II} - (12^{015II}; 27^{005}) - (27^{005}; 12^{00}) + K^0$$

$$[z_{14}^{015II}] = -M^{015II} - (14^{015II}; 27^{005}) - (27^{005}; 23^{00}) - (23^{00}; 14^{00}) + M^{00}$$

$$[z_{16}^{05IV}] = -H^{015II} - (16^{015II}; 27^{005}) - (27^{005}; 23^{00}) - (23^{00}; 18^{00}) + H^{00}$$

$$[z_{18}^{015II}] = -O^{015II} - (18^{015II}; 27^{005}) - (27^{005}; 23^{00}) - (23^{00}; 18^{00}) + O^{00}$$

$$[z_{24}^{010III}] = -\Phi^{010III} - (24^{010III}; 27^{005}) - (27^{005}; 24^{010II}) + \Phi^{010II}$$

$$[z_{23}^{010III}] = -\Psi^{010III} - (23^{010III}; 27^{005}) - (27^{005}; 23^{010II}) + \Psi^{010II}$$

$$[z_{22}^{010III}] = -\Gamma^{010III} - (22^{010III}; 27^{005}) - (27^{005}; 22^{010II}) + \Gamma^{010II}$$

$$[z_{20}^{010III}] = -\Pi^{010III} - (20^{010III}; 27^{005}) - (27^{005}; 20^{010II}) + \Pi^{010II}$$

$$[z_{24}^{010II}] = -\Phi^{010II} - (24^{010II}; 27^{005}) - (27^{005}; 23^{00}) - (23^{00}; 24^{00}) + \Phi^{00}$$

									Лист
									33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ				

$$\begin{aligned}
[z_{23}^{010II}] &= -y^{010II} - (23^{010II}; 27^{005}) - (27^{005}; 23^{00}) + y^{00} \\
[z_{22}^{010II}] &= -T^{010II} - (22^{010II}; 27^{005}) - (27^{005}; 23^{00}) - (23^{00}; 22^{00}) + T^{00} \\
[z_{20}^{010II}] &= -\Pi^{010II} - (20^{010II}; 27^{005}) - (27^{005}; 23^{00}) - (23^{00}; 20^{00}) + \Pi^{00} \\
[z_{12}^{055}]_{min} &= -2K_{max}^{055} - (11^{055}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 11^{015III})_{max} + 2K_{min}^{015III} \\
2K_{min}^{015III} &= [z_{12}^{055}]_{min} - (11^{055}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 11^{015III})_{max} + 2K_{min}^{055} = \\
&0.016 + 0.03 + 0.05 + 51.51 = 51.606\text{MM} \\
2K_{max}^{015III} &= 51.606 + 0.3 = 51.906\text{MM} \\
2K^{015III} &= 51.906_{-0.3}\text{MM} \\
[z_{11}^{055}]_{max} &= 0.016 + 0.3 + 0.03 + 0.05 = 0.396\text{MM} \\
[z_{14}^{055}]_{min} &= -2M_{max}^{055} - (14^{055}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 14^{055})_{max} + 2M_{min}^{015III} \\
2M_{min}^{015III} &= [z_{14}^{055}]_{min} - (14^{055}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 14^{055})_{max} + \\
2M_{max}^{055} &= 0.016 + 0.03 + 0.05 + 53.3 = 53.414\text{MM} \\
2M_{max}^{015III} &= 53.414 + 0.3 = 53.714\text{MM} \\
2M^{015III} &= 53.714_{-0.3}\text{MM} \\
[z_{14}^{055}]_{max} &= 0.016 + 0.3 + 0.03 + 0.05 = 0.396\text{MM} \\
[z_{12}^{055}]_{min} &= -И_{max}^{055} - (12^{055}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 12^{015III})_{max} + И_{min}^{015III} \\
И_{min}^{015III} &= [z_{12}^{055}]_{min} + (12^{055}; 27^{005})_{max} + (27^{005}; 12^{015III})_{max} + И_{max}^{055} = \\
&0.05 + 0.03 + 0.016 + 29.85 = 29.946\text{MM} \\
И_{max}^{015III} &= 29.946 + 0.25 = 30.196\text{MM} \\
2И^{015III} &= 30.196_{-0.25}\text{MM} \\
[z_{12}^{055}]_{max} &= 0.016 + 0.25 + 0.03 + 0.05 = 0.346\text{MM} \\
[z_{24}^{050}]_{min} &= -2\Phi_{max}^{055} - (24^{050}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 24^{010III})_{max} + \\
2\Phi_{min}^{010III} \\
2\Phi_{min}^{010III} &= [z_{24}^{050}]_{min} + (24^{050}; 27^{005})_{max} + (27^{005}; 24^{010III})_{max} + \\
2\Phi_{max}^{015III} &= 0.05 + 0.016 + 0.03 + 29.85 = 29.946\text{MM} \\
2\Phi_{max}^{010III} &= 29.946 + 0.25 = 30.196\text{MM} \\
2\Phi^{010III} &= 30,196_{-0.03}\text{MM} \\
[z_{12}^{70}]_{max} &= 0.25 + 0,05 + 0.03 + 0,016 = 0,346\text{MM}
\end{aligned}$$

					15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		34

$$[z_{23}^{050}]_{min} = -2Y_{max}^{050} - (23^{050}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 23^{015III})_{max} + 2Y_{min}^{015II}$$

$$2Y_{min}^{015III} = [z_{23}^{050}]_{min} + (23^{050}; 27^{005})_{max} + (27^{005}; 23^{015III})_{max} +$$

$$2Y_{max}^{050} = 0.05 + 0.016 + 0.03 + 51.51 = 51.606\text{MM}$$

$$2Y_{max}^{015III} = 51,606 + 0,3 = 51,906\text{MM}$$

$$2M^{015III} = 51,906_{-0.3}\text{MM}$$

$$[z_{23}^{050}]_{max} = 0.05 + 0,3 + 0.16 + 0.03 = 0.396\text{MM}$$

$$[z_{22}^{050}]_{min} = -2T_{max}^{050} - (22^{050}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 22^{015III})_{max} - 2T_{min}^{015III}$$

$$2T_{min}^{015III} = [z_{22}^{050}]_{min} + (22^{050}; 27^{005})_{max} + (27^{005}; 22^{015III})_{max} -$$

$$2T_{max}^{015III} = 0.05 + 0.016 + 0.03 + 55.012 = 55.108\text{MM}$$

$$2T_{max}^{015III} = 55.108 + 0.3 = 55.408\text{MM}$$

$$2T^{015III} = 55.408_{-0.12}\text{MM}$$

$$[z_{22}^{050}]_{max} = 0.05 + 0.3 + 0.16 + 0.03 = 0.396\text{MM}$$

$$[z_{18}^{015III}]_{min} = -2O_{max}^{015III} - (18^{015III}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 18^{015II})_{max} +$$

$$2O_{min}^{015II}$$

$$2O_{min}^{015II} = [z_{18}^{015III}]_{min} + (18^{015III}; 27^{005})_{max} + (27^{005}; 18^{015II})_{max} -$$

$$2O_{max}^{015II} = 0.03 + 0.08 + 0.49 + 46 = 46.6\text{MM}$$

$$2O_{max}^{015II} = 46.6 + 1 = 47.6\text{MM}$$

$$2O^{015II} = 47.6_{-1}\text{MM}$$

$$[z_{13}^{15IV}]_{max} = 0.03 + 1 + 0.08 + 0.49 = 1.6\text{MM}$$

$$[z_{11}^{015III}]_{min} = -2И_{min}^{015III} - (11^{015III}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 11^{015II})_{max} +$$

$$2И_{max}^{015II}$$

$$2И_{min}^{015III} = [z_{11}^{015III}]_{min} + (11^{015III}; 27^{005})_{max} + (27^{005}; 11^{015II})_{max} +$$

$$2И_{max}^{015II} = 0.03 + 0.08 + 0.49 + 30.292 = 30.892\text{MM}$$

$$2И_{max}^{015II} = 30.892 + 1.2 = 32.092\text{MM}$$

$$2И^{015II} = 32.092_{-1.2}\text{MM}$$

$$[z_{11}^{015III}]_{max} = 0.49 + 0.03 + 0.08 + 1.2 = 1.8\text{MM}$$

$$[z_{12}^{015III}]_{min} = -K_{max}^{015III} - (12^{015III}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 12^{015III})_{max} +$$

$$2K_{min}^{015II}$$

$$2K_{min}^{015II} = [z_{12}^{015III}]_{min} + (12^{015III}; 27^{005})_{max} + (27^{005}; 12^{015II})_{max} -$$

$$2K_{max}^{015II} = 0.04 + 0.1 + 0.49 + 51.906 = 52.536\text{MM}$$

$$2K_{max}^{015II} = 52.536 + 1.2 = 53.736\text{MM}$$

$$2K^{015II} = 53.736_{-1.2}\text{MM}$$

$$[z_{12}^{015III}]_{max} = 0.04 + 0.1 + 0.49 + 1.2 = 1.83\text{MM}$$

$$[z_{14}^{015III}]_{min} = -2M_{max}^{015III} - (14^{015III}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 14^{015II})_{max} +$$

$$2M_{min}^{015II}$$

$$2M_{min}^{015II} = [z_{14}^{015III}]_{min} + (14^{015III}; 27^{005})_{max} + (27^{005}; 27^{015II})_{max} +$$

$$2M_{max}^{015III} = 0.49 + 0.03 + 0.1 + 53.714 = 54.334\text{MM}$$

$$2M_{max}^{015II} = 54.334 + 1.2 = 55.534\text{MM}$$

$$2M^{015II} = 55.534_{-1.2}\text{MM}$$

$$[z_{14}^{015III}]_{max} = 0.49 + 0.03 + 0.1 + 1.2 = 1.82\text{MM}$$

$$[z_{16}^{015III}]_{min} = -H_{max}^{015III} - (16^{015III}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 16^{015II})_{max} +$$

$$2H_{min}^{015II}$$

$$2H_{min}^{015II} = [z_{16}^{015III}]_{min} + (16^{015III}; 27^{005})_{max} + (27^{005}; 16^{015II})_{max} +$$

$$2H_{max}^{015III} = 0.49 + 0.03 + 0.1 + 62.2 = 62.82\text{MM}$$

$$2H_{max}^{015II} = 62.82 + 1.2 = 64.02\text{MM}$$

$$2H^{015II} = 64.02_{-1.2}\text{MM}$$

$$[z_{16}^{015III}]_{max} = 0.49 + 0.1 + 0.03 = 1.82\text{MM}$$

$$[z_{11}^{015II}]_{min} = -И_{max}^{015II} - (11^{015II}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 23^{00})_{max} + И_{min}^{00}$$

$$И_{min}^{00} = [z_{11}^{15II}]_{min} + (11^{015II}; 27^{005})_{max} + (27^{005}; 23^{00})_{max} + 2 И_{max}^{015II} =$$

$$0.49 + 0.08 + 0.3 + 32.092 = 32.962\text{MM}$$

$$2И_{max}^{00} = 32.962 + 2.5 = 35.462\text{MM}$$

$$2И^{00} = 35.462_{-0.9}^{+1.6}\text{MM}$$

$$[z_{11}^{015II}]_{max} = 0.49 + 0.08 + 0.3 + 2.5 = 3.37\text{MM}$$

										Лист
										36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ					



$$[z_{12}^{015II}]_{min} = -2K_{max}^{015II} - (12^{015II}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 12^{00})_{max} + 2K_{min}^{00}$$

$$2K_{min}^{00} = [z_{11}^{15II}]_{min} + (11^{015II}; 27^{005})_{max} + (27^{005}; 23^{00})_{max} + 2K_{max}^{00} = 0.49 + 0.1 + 0.16 + 53.736 = 54.126\text{MM}$$

$$2K_{max}^{00} = 54.126 + 2.8 = 56.926\text{MM}$$

$$2K^{00} = 56.926^{+1.8}_{-1.0}\text{MM}$$

$$[z_{12}^{015II}]_{max} = 0.49 + 0.1 + 0.16 + 2.8 = 3.55\text{MM}$$

$$[z_{14}^{015II}]_{min} = -2M_{min}^{015II} - (14^{015II}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 23^{00})_{max} - (23^{00}; 14^{00})_{max} + 2K_{min}^{00}$$

$$2M_{min}^{00} = [z_{14}^{015II}]_{min} - (14^{015II}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 23^{00})_{max} - (23^{00}; 14^{00})_{max} + 2M_{max}^{015II} = 0.16 + 0.1 + 0.4 + 0.49 + 55.534 = 56.684\text{MM}$$

$$2M_{max}^{00} = 56.684 + 2.8 = 59.484\text{MM}$$

$$2M^{00} = 59.484^{+1.8}_{-1.0}\text{MM}$$

$$[z_{14}^{015II}]_{max} = 0.1 + 0.16 + 0.4 + 0.49 + 2.8 = 3.95\text{MM}$$

$$[z_{16}^{015II}]_{min} = -2H_{max}^{015II} - (16^{015II}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 23^{00})_{max} - (23^{00}; 16^{00})_{max} + 2H_{min}^{00}$$

$$2H_{min}^{00} = [z_{16}^{015II}]_{min} - (16^{015II}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 23^{00})_{max} - (23^{00}; 16^{00})_{max} + 2H_{max}^{015II} = 0.1 + 0.16 + 0.4 + 0.49 + 64.02 = 65.17 \text{ MM}$$

$$2H_{max}^{00} = 65.17 + 3.2 = 68.47\text{MM}$$

$$2H^{00} = 68.47^{+2.1}_{-1.1}\text{MM}$$

$$[z_{16}^{015II}]_{max} = 0.1 + 0.16 + 0.4 + 0.49 + 3.2 = 4.35\text{MM}$$

$$[z_{18}^{015II}]_{min} = -2O_{min}^{015II} - (18^{015II}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 23^{00})_{max} - (23^{00}; 18^{00})_{max} + 2O_{min}^{00}$$

$$2O_{min}^{00} = [z_{18}^{015II}]_{min} + (18^{015III}; 27^{005})_{max} + (27^{005}; 23^{00})_{max} + (23^{00}; 18^{00})_{max} + 2O_{max}^{015II} = 0.1 + 0.16 + 0.4 + 0.49 + 47.6 = 48.75\text{MM}$$

$$O_{min}^{00} = 48.75 + 2.8 = 51.55\text{MM}$$

$$2O^{00} = 51.55^{+1.8}_{-1.0}\text{MM}$$

$$[z_{18}^{015II}]_{max} = 0.1 + 0.16 + 2.8 + 0.4 + 0.49 = 3.95\text{MM}$$

$$[z_{24}^{010III}]_{min} = -2\Phi_{max}^{010III} - (24^{010III}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 24^{010II})_{max} + 2\Phi_{min}^{05II}$$

$$2\Phi_{min}^{010II} = [z_{24}^{010III}]_{min} - (24^{010III}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 24^{010II})_{max} +$$

$$2\Phi_{max}^{010III} = 0.03 + 0.08 + 0.1 + 30.196 = 30.406\text{MM}$$

$$2\Phi_{min}^{010II} = 30.406 + 1.2 = 31.606\text{MM}$$

$$2\Phi^{010II} = 31.606_{-1.2}\text{MM}$$

$$[z_{24}^{010III}]_{max} = 1.2 + 0.1 + 0.03 + 0.08 = 1.41\text{MM}$$

$$[z_{23}^{010III}]_{min} = -2y_{max}^{010III} - (23^{010III}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 23^{010II})_{max} + 2y^{010II}$$

$$2y_{min}^{010II} = [z_{23}^{010III}]_{min} - (23^{010III}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 23^{010II})_{max} +$$

$$2y_{max}^{010III} = 0.04 + 0.1 + 0.1 + 51.906 = 52.146\text{MM}$$

$$2y_{min}^{010II} = 52.146 + 1.2 = 53.346\text{MM}$$

$$2y^{010II} = 53.346_{-1.2}\text{MM}$$

$$[z_{23}^{010III}]_{max} = 1.2 + 0.1 + 0.04 + 0.1 = 1.44\text{MM}$$

$$[z_{22}^{010III}]_{min} = -2T_{max}^{010III} - (22^{010III}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 22^{010II})_{max} + 2T_{min}^{05II}$$

$$2T_{min}^{010II} = [z_{22}^{010III}]_{min} - (22^{010III}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 22^{010II})_{max} +$$

$$2T_{max}^{010III} = 0.04 + 0.1 + 0.1 + 55.408 = 55.648\text{MM}$$

$$2T_{min}^{010II} = 55.648 + 1.2 = 56.848\text{MM}$$

$$2T^{010II} = 56.848_{-1.2}\text{MM}$$

$$[z_{22}^{010III}]_{max} = 1.2 + 0.1 + 0.04 + 0.1 = 1.44\text{MM}$$

$$[z_{20}^{010III}]_{min} = -2\Pi_{max}^{010III} - (20^{010III}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 20^{010II})_{max} + 2\Pi_{min}^{010II}$$

$$2\Pi_{min}^{010II} = [z_{20}^{010III}]_{min} - (20^{010III}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 20^{010II})_{max} +$$

$$2\Pi_{max}^{010III} = 0.04 + 0.1 + 0.1 + 66.2 = 66.44\text{MM}$$

$$2\Pi_{min}^{010II} = 66.44 + 1.2 = 67.44\text{MM}$$

$$2\Pi^{010II} = 67.44_{-1.2}\text{MM}$$

$$[z_{24}^{010III}]_{max} = 1.2 + 0.1 + 0.04 + 0.1 = 1.44\text{MM}$$

									Лист
									38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ				

$$\begin{aligned}
[z_{24}^{010II}]_{min} &= -2\Phi_{max}^{010II} - (24^{010II}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 23^{00})_{max} - \\
(23^{00}; 24^{00})_{max} + 2\Phi_{min}^{00} \\
2\Phi_{min}^{00} &= [z_{24}^{010II}]_{min} - (24^{010II}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 23^{00})_{max} - \\
(23^{00}; 24^{00})_{max} + 2\Phi_{max}^{00} &= 0.08 + 0.12 + 0.3 + 0,49 + 31,606 = 32,596\text{MM} \\
2\Phi_{min}^{00} &= 32,596 + 2,5 = 35,096\text{MM} \\
2\Phi^{00} &= 35,096_{-2,5}\text{MM} \\
[z_{24}^{010II}]_{max} &= 2,5 + 0.08 + 0.12 + 0.3 + 0,49 = 3,49\text{MM} \\
[z_{23}^{010II}]_{min} &= -2Y_{max}^{010II} - (23^{010II}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 23^{00})_{max} + 2Y_{min}^{00} \\
2Y_{min}^{00} &= [z_{23}^{010II}]_{min} - (23^{010II}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 23^{00})_{max} + 2Y_{max}^{010II} = \\
0.1 + 0.16 + 0.49 + 53.346 &= 54.096 \text{ MM} \\
2Y_{min}^{00} &= 54,096 + 2,8 = 56,896\text{MM} \\
2Y^{00} &= 56,896_{-1,0}^{+1,8}\text{MM} \\
[z_{23}^{010II}]_{max} &= 2,8 + 0.1 + 0.16 + 0.49 = 3,55\text{MM} \\
[z_{22}^{010II}]_{min} &= -2T_{max}^{010II} - (22^{010II}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 23^{00})_{max} - \\
(23^{00}; 22^{00})_{max} + 2T_{min}^{00} \\
2T_{min}^{00} &= [z_{22}^{010II}]_{min} - (22^{010II}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 23^{00})_{max} - \\
(23^{00}; 22^{00})_{max} + 2T_{max}^{010II} &= 0.1 + 0.16 + 0.49 + 0,4 + 58,048 = 59,398\text{MM} \\
2T_{min}^{00} &= 59,398 + 2,8 = 62,198\text{MM} \\
2T^{00} &= 62,198_{-1,0}^{+1,8}\text{MM} \\
[z_{22}^{010II}]_{max} &= 2,8 + 0.1 + 0.16 + 0.49 = 3,55\text{MM} \\
[z_{20}^{010II}]_{min} &= -2\Pi_{max}^{010II} - (20^{010II}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 23^{00})_{max} - \\
(23^{00}; 20^{00})_{max} + 2\Pi_{min}^{00} \\
2\Pi_{min}^{00} &= [z_{20}^{010II}]_{min} - (20^{010II}; 27^{005})_{max} - (27^{005}; 23^{00})_{max} - \\
(23^{00}; 20^{00})_{max} + 2\Pi_{max}^{010II} &= 0.1 + 0.16 + 0.49 + 0,4 + 67,64 = 68,79 \text{ MM} \\
2\Pi_{min}^{00} &= 68,79 + 3,2 = 71,99\text{MM} \\
2\Pi^{00} &= 71,99_{-1,1}^{+2,1}\text{MM} \\
[z_{20}^{010II}]_{max} &= 3,2 + 0.1 + 0.16 + 0.49 + 0,4 = 4,35\text{MM}
\end{aligned}$$

									Лист
									39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ				

## 1.7 Расчет режимов резания

Для обеспечения заданных требований изготовления деталей необходимо обеспечить оптимальные режимы резания. Произведем расчет режимов резания для детали вал ведущей шестерни.

### 1.7.1 Аналитический расчёт режимов резания

На операции 010 переход I, протачивается канавка шириной 4мм. Материал заготовки – 35ХГСА, НВ=207,  $\sigma_B = 730$ .

Для выполнения обработки выбираем канавочный резец с шириной пластины 4мм:

ГОСТ 3231-71 оснащенный пластиной из твердого сплава [3, с.153].

Материал пластины – Т15К6 [3, с.115].

Геометрические параметры:

Глубина резания при снятии припуска за один проход

$$t = \frac{D - d}{2}, \quad (1.2)$$

где  $D$  – диаметр заготовки;  $d$  – диаметр детали

$$t = \frac{59,484 - 52,3}{2} = 3,592 \text{ мм}$$

Подача назначается по таблице 26 [3, с.277].

Подача из таблицы 15 [3, с.268]:

$$S = 0,1 \text{ мм/об}$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \quad (1.3)$$

Из таблицы 17 [3, с.269] выписываем значения коэффициента и показателей степеней формулы: находим  $C_v = 47$ ;  $x = 0$ ;  $y = 0,8$ ;  $m = 0,20$

Коэффициент  $K_v$  является произведением коэффициентов, учитывающих влияние свойств обрабатываемого материала заготовки  $K_{Mv}$ , состояния поверхности  $K_{pv}$ , материала инструмента  $K_{iv}$ , углов в плане резцов  $K_{\phi v}$  и радиуса при вершине  $K_{rv}$ .

					15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		40

1. для обработки стали определяем:

$$K_{Mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \text{ по таблицы 1[3, с. 261]} \quad (1.4)$$

$$K_{Mv} = 0,8 \cdot \left( \frac{750}{730} \right)^{1,25} = 0,83 \text{ мм}$$

$K_r = 0,8$ ;  $n_v = 1,25$  по таблице 2[3, с.262];

2. для состояния поверхности с коркой:  $K_{pv} = 0,8$  по таблице 5[3, с. 263];

3. для твердого сплава Т15К6:  $K_{iv} = 1,0$  по таблице 6[3, с. 263];

4. для  $r = 2$  мм  $K_{rv} = 1$  по таблице 18[3, с. 271].

С учетом найденных коэффициентов:

$$V = \frac{47}{180^{0,2} \cdot 0,1^{0,8}} \cdot 0,83 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1,7 \cdot 1 = 118,02 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости резания:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (1.5)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 118,02}{3,14 \cdot 59,484} = 631,8 \text{ об/мин}$$

Сила резания (Н):

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (1.6)$$

Из таблицы 22[3, с. 273] выписываем коэффициент и показатели степеней формулы.

Для заданных условий обработки  $C_p = 408$ ;  $x = 0,7$ ;  $y = 0,8$ ;  $n = 0$ .

Поправочный коэффициент  $K_p$  представляет собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих влияние свойств обрабатываемого материала и геометрии резца:

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (1.7)$$

Поправочные коэффициенты на силу резания:

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n \text{ по табл. 9[3, с. 264]} \quad (1.8)$$

$$K_{MP} = \left( \frac{730}{750} \right)^{0,75} = 0,98$$

$K_{\varphi P} = 1$ ;  $K_{\gamma P} = 1,0$ ;  $K_{\lambda P} = 1,0$ ;  $K_{rP} = 1$  по таблице 23[3, с.275]

					15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		41

Прочие поправочные коэффициенты на силу резания при заданных условиях обработки не влияют.

Подставив численные значения в формулу силы резания, получим:

$$P_z = 10 \cdot 408 \cdot 3,592^{0,7} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 118,02^0 \cdot 0,98 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1567,4 \text{ Н}$$

Мощность (кВт), затрачиваемая на резание:

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} \quad (1.9)$$

$$5. N = \frac{1567,4 \cdot 118,02}{1020 \cdot 60} = 3,02 \text{ кВт}$$

На операции 050 шлифуются шейки. Материал заготовки – 35ХГСА, HB=207,  $\sigma_B = 730$ .

Глубина резания при снятии припуска за один проход

$$t=0.008 \text{ [3,с. 301]}$$

Определяем продольную подачу  $s_d$  [3,с. 301]

$$s_d = (0,3 \dots 0,7) \text{ В} \quad (1.10)$$

$$s_d = 0,3 \cdot 63 = 18,9$$

Выбираем скорость вращения заготовки  $V_3=35$ м/мин и скорость вращения круга  $V_k=35$ м/с [3,с. 301]

Определяем число оборотов детали соответствующей найденной скорости

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (1.11)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 55,714} = 207,51 \text{ об/мин}$$

Определяем число оборотов шлифовального круга

$$n = \frac{1000 \cdot V \cdot 60}{\pi \cdot D} \quad (1.12)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3,14 \cdot 600} = 1114,7 \text{ об/мин}$$

$$N_{\text{рез}} = C_N \cdot V_3^n \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q \quad (1.13)$$

Из таблицы 55 [3, с. 301] выписываем коэффициент и показатели степеней формулы. Для заданных условий обработки  $C_N = 2.65$ ;  $x = 0.5$ ;  $y = 0,5$ ;

$$q = 0.55$$

					15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		42

$$N_{рез} = 2.65 \cdot 35^{0.5} \cdot 0.008^{0.5} \cdot 18.9^{0.5} \cdot 53.714^0 = 7 \text{ кВт}$$

На операции 075 сверлильная сверлится отверстие диаметром 7мм и глубиной 30мм. Выбираем сверло с материалом режущей части P18

$$t = 0.5D \quad (1.14)$$

$$t=3.5 \text{ мм}$$

Подача назначается по таблице 26 [3, с.277].

Подача из таблицы 1[3, с.266]:

$$S = 0.12 \text{ мм/об}$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \quad (1.15)$$

Из таблицы 17[3, с.269] выписываем значения коэффициента и показателей степеней формулы: находим  $C_v = 7$ ;  $q = 0.4$ ;  $y = 0,7$ ;  $m = 0,20$

Коэффициент  $K_v$  является произведением коэффициентов, учитывающих влияние свойств обрабатываемого материала заготовки  $K_{Mv}$ , состояния поверхности  $K_{пв}$ , материала инструмента  $K_{ив}$ , углов в плане резцов  $K_{\phi v}$  и радиуса при вершине  $K_{rv}$ .

1. для обработки стали определяем:

$$K_{Mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \text{ по таблице 1[3, с. 261]} \quad (1.16)$$

$$K_{Mv} = 0,8 \cdot \left( \frac{750}{730} \right)^{1,25} = 0,89$$

$K_r = 0,8$ ;  $n_v = 1,25$  по таблице 2[3, с.262];

2. для состояния поверхности с коркой:  $K_{пв} = 0.75$  по таблице 5[3, с. 263];

3. для твердого сплава Т15К6:  $K_{ив} = 1,0$  по таблице 6[3, с. 263];

4. Назначаем период стойкости зенкера по таблице 30 [3, с.280]. Для зенкера диаметром  $D = 7$  мм – период стойкости  $T = 25$  мин

С учетом найденных коэффициентов:

$$V = \frac{7 \cdot 7^{0.4}}{25^{0.2} \cdot 0.12^{0.7}} \cdot 0,89 \cdot 0,75 \cdot 1 = 23.717 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости резания:

									Лист
									43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ				

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (1.17)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 123.717}{3,14 \cdot 7} = 1083 \text{ об/мин}$$

Крутящий момент от сил сопротивления резанию при зенкеровании:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P \quad (1.18)$$

Выписываем из таблицы 32 [3, с.281]:

$$C_M = 0,0345; q=2.0; y = 0,8.$$

Учитываем поправочный коэффициент  $K_P = 0.98$ , определенный ранее.

Подставив численные значения в формулу, определяем крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0.0345 \cdot 7^2 \cdot 0.12^{0,8} \cdot 0.98 = 3.03 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Определяем осевую силу:

$$P_0 = 10 \cdot C_P \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P \quad (1.19)$$

Выписываем из таблицы 32 [3, с. 281] коэффициент и показатели степеней формулы для зенкерования.

$$C_P = 68; x=1; y = 0,4$$

Учитываем поправочный коэффициент на силу резания  $K_P = K_{MP}$  по таблице 9 [3, с.264]:

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad (1.20)$$

$$K_{MP} = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22$$

Подставив численные значения в формулу (1.19), получим:

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 2,68^1 \cdot 1,22^{0,4} \cdot 1,22 = 1618 \text{ Н.}$$

Механизм подачи станка допускает осевую силу  $P_{\max} = 8000 \text{ Н}$  (см. паспортные данные станка в приложении).  $P_0 < P_{\max}$  ( $1618 < 8000$ ).

### 1.7.2 Расчёт режимом резания табличным методом

На операции 005 переход I фрезеруются торцы.

Выбор инструмента

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		44



Фреза торцевая фирмы Iscar F45LND080-10-27R-N15, Iscar F45LND080-10-27R.

Выбираем подачу по карте. 56 [4, с. 177]. Для отделочной стадии обработки конструкционных легированных сталей –  $S_{zT} = 0.12$  мм/об.

По карте 55[4, с. 178-179] определяем поправочные коэффициенты:

$K_{S_M} = 1,0$  – механические свойства обрабатываемого материала;

$K_{S_{И}} = 1,0$  – материала режущей части фрезы;

$K_{S_P} = 1,0$  – способа крепления пластины и наличия покрытия;

$K_{S_{\varphi}} = 1,0$  – геометрические параметры режущей части инструмента;

$K_{S_C} = 0,50$  – схемы установки фрезы;

$K_{S_B} = 1,0$  – отношения фактической ширины к нормативной;

Окончательно значение подачи определяется по формуле:

$$S_0 = S_{zT} \cdot K_{S_M} \cdot K_{S_{И}} \cdot K_{S_P} \cdot K_{S_{\varphi}} \cdot K_{S_C} \cdot K_{S_B} \quad (1.21)$$

$$S_0 = 0,12 \cdot 0,50 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,06 \text{ мм/об}$$

Принятое значение подачи проверяем по осевой  $P_x$  и радиальной  $P_y$  составляющим силы резания, допустимым прочностью механизма.

Табличные значения составляющих силы резания определяем по карте 67 [4,с.198]:

$$P_{zT} = 5130 \text{ Н}; P_{yT} = 1790 \text{ Н}$$

Выбор скорости резания

Скорость резания для полуступенчатой стадии обработки выбираем по карте 65 [4, с.191]. Отделочной стадии обработки соответствует скорость резания –  $V_T = 311$  м/мин. Поправочный коэффициент  $K_{V_{И}} = 1,0$ .

По карте 65[4, с.194] выбираем поправочные коэффициенты на скорость резания для полуступенчатой стадии для измененных условий в зависимости от:

- состояния поверхности заготовки –  $K_{V_n} = 0.8$
- группы обрабатываемости материала –  $K_{V_o} = 0,95$
- отношения ширины фрезерования к диаметру фрезы –  $K_{V_B} = 1,0$

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		45

- механических свойств обрабатываемого материала –  $K_{V_M} = 1,0$
- главного угла в плане –  $K_{V_\phi} = 1$
- периода стойкости режущей части фрезы –  $K_{V_T} = 0,8$
- способа крепления пластины и наличия покрытия –  $K_{V_p} = 1,0$
- наличия охлаждения -  $K_{V_{ж}} = 1,0$

Значение скорости для отделочной стадии обработки определяют по формуле:

$$V = V_T \cdot K_{V_{и}} \cdot K_{V_n} \cdot K_{V_o} \cdot K_{V_B} \cdot K_{V_M} \cdot K_{V_\phi} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_{ж}} \quad (1.22)$$

$$V = 311 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 189,1 \text{ м/мин}$$

Частоту вращения шпинделя определяем по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (1.23)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 189,1}{3,14 \cdot 37,11} = 1614 \text{ об/мин}$$

Для отделочной стадии обработки мощность резания определяют по карте 65 и корректируют в зависимости от твердости обрабатываемого материала (карта 65) –  $K_{N_M} = 1,0$ .

- главного угла в плане –  $K_{N_\phi} = 0,95$
- отношения ширины фрезерования к диаметру фрезы –  $K_{N_B} = 1,0$
- состояния поверхности заготовки –  $K_{N_n} = 0,8$

$$N = N_T \cdot K_{N_M} \cdot K_{N_o} \cdot K_{N_\phi} \cdot K_{N_B} \cdot K_{N_n} \quad (1.24)$$

Для черновой стадии –  $N_T = 18,3 \text{ кВт}$

$$N = 18,3 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 13,9 \text{ кВт}$$

На остальные операции расчёт аналогичный, результаты свёл в таблицу 1.5

Таблица 1.5 Режимы резания

№	Название операции	t мм	s мм/о б.	V м/мин.	n об/мин.	Н М	Н М	N кВт	L мм
	Фрезено-центровальная								
	Переход I								
	Переход II								
	Токарная с ЧПУ								
	Переход I					1567,4			
	Переход II						-		
	Переход III						-		
	Переход I								

Продолжение таблицы 1.5

	Переход II	1.975	0.6	89.4	400	1893.6	-	2.8	
	Переход III			138.3	650	426.75	-	0.96	
	Переход IV	1		100.5	500	-	-		12
030	Шлицефрезерная					-	-		
	Шлицефрезерная						-		
055	Шлифовальная с ЧПУ								
	Шлифовальная с ЧПУ								
	Токарная								
	Сверлильная								
	Резботокарная						-		

1.8 Техническое нормирование

Операция №010 Токарная с ЧПУ

Основное время  $t_0$  рассчитывается для каждого перехода по формуле:

$$t_0 = \frac{L}{n \cdot s}, \text{ мин.} \quad (1.25)$$

где  $t_0 = \frac{3.592}{\cdot 630 \cdot 0.1} = 0,06 \text{ мин.};$

$$t_0 = \frac{290.5}{400 \cdot 0,6} = 1,2 \text{ мин.};$$

$$t_0 = \frac{290,5}{650 \cdot 0.32} = 1,4 \text{ мин.};$$

Вспомогательное время  $t_{\epsilon}$  :

$$t_{\epsilon} = t_{\epsilon_1} + t_{\epsilon_2} + t_{\epsilon_3}, \text{ мин.} \quad (1.26)$$

где  $t_{\epsilon_1}$  - время, связанное с установкой и снятием заготовки;

$t_{\epsilon_2}$  - время, связанное с переходом (включение, выключение станка, управление станком, подвод инструмента, смена инструмента);

$t_{\epsilon_3}$  - время, связанное с измерением.

$$t_{\epsilon_1} = 0,7 \text{ карта 2 [5, с 33];}$$

$$t_{\epsilon_{2I}} = 0,12 \text{ карта 18 [5, с.64]}$$

$$t_{\epsilon_{2II}} = 0,13 + 0,02 = 0,15$$

$$t_{\epsilon_{2III}} = 0,02$$

$$t_{\epsilon_3} = (0,08 + 0,08 + 0,08 + 0,08 + 0,08 + 0,19) \cdot 0,6 = 0,354 \text{ карта 86 (5, с 186);}$$

Период контроля 0,19 карта 87 [5, с.201]

					15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		47

$$t_e = 0,7 + 0,29 + 0,354 = 1,34 \text{ мин.}$$

$$t_{опер.} = t_0 + t_e, \text{ мин.} \quad (1.27)$$

где  $t_{опер.}$  - оперативное время.

$$t_{опер.} = 2,66 + 1,34 = 4 \text{ мин.}$$

$t_{обс}$  - время, связанное с обслуживанием (уборка стружки и т.д.) сост. 4%:

$$t_{обс} = 3,94 \cdot 0,04 = 0,16 \text{ мин.}$$

$t_{отл}$  - время на отдых и личные надобности составляет 4%:

$$t_{отл} = 3,94 \cdot 0,04 = 0,16 \text{ мин.}$$

$t_{штучн}$  - штучное время:

$$t_{штучн} = t_{опер.} + t_{обс} + t_{отл}, \text{ мин.} \quad (1.28)$$

где  $t_{штучн} = 4 + 0,16 + 0,16 = 4,32 \text{ мин.}$

Нормирование остальных операций производится аналогично.

Времена по всем операциям приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6. Нормирование операций обработки

№	Название Операции	$t_0$ мин.	$t_e$ мин.	ЕМВ Е мин.	$t_{обс}$ мин.	$t_{отл}$ мин.	$t_{штучн}$ мин.
	Фрезерно- центровальная						
	Токарная с ЧПУ						
	Токарная с ЧПУ						
	Шлицефрезерная				0.3	0.3	
	Шлицефрезерная						
	Шлифовальная с ЧПУ				0.11	0.11	
	Шлифовальная С ЧПУ						
	Токарная						
	Сверлильная						
	Резьбонакотная						

## 2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Проектирование червячной фрезы

Исходные данные для проектирования червячной фрезы

1. Материал заготовки: сталь 35ХГСА
2. Модуль торцовый нарезаемого зубчатого колеса:  $m_t=3,5$
3. Угол зацепления, град. :  $\alpha=30$ .
4. Угол наклона зубьев колеса, град.:  $\beta=0$ .
5. Параметры нарезаемого колеса: число зубьев колеса  $z_1=14$ ; коэффициент смещения исходного контура  $\chi_1=0$
6. Параметры сопряженного колеса: число зубьев колеса  $z_2=14$ ; коэффициент смещения исходного контура  $\chi_2=0$ .
7. Оборудование: мод. 5350.

Дополним исходные данные

Модуль в нормальном сечении:

$$m_n = m_t \cdot \cos\beta \quad (2.1)$$

$$m_n = 3,5 \cdot \cos 0^\circ = 3,5$$

Где  $m_t$  – торцовый модуль нарезаемого колеса,  $\beta$  – угол наклона зубьев.

Делительный диаметр:

$$d_1 = m_{t1} \cdot z_1 \quad (2.2)$$

$$d_1 = 3,5 \cdot 14 = 49 \text{ мм}$$

Где  $m_{t1}$  – торцовый модуль нарезаемого колеса,  $z_1$  – число зубьев колеса.

Профильный угол в торцовом сечении:

$$\alpha_{t1} = \arctg\left(\frac{\operatorname{tg}\alpha_{n1}}{\cos\beta_1}\right) \quad (2.3)$$

$$\alpha_{t1} = \arctg\left(\frac{\operatorname{tg}30^\circ}{\cos 0^\circ}\right) = 29,98^\circ$$

Где  $\alpha_{n1}$  – угол зацепления в нормальном сечении,  $\beta_1$  – угол наклона зубьев.

Радиус основного цилиндра:

$$r_{b1} = r_1 \cdot \cos\alpha_{t1} = \frac{d_1}{2} \cdot \cos\alpha_{t1} \quad (2.4)$$

					15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		49

$$r_{b1} = \frac{49}{2} \cdot \cos 29,98^\circ = 21,315 \text{ мм}$$

Где  $d_1$  – делительный диаметр,  $\alpha_{t1}$  – профильный угол в торцовом сечении.

Эвольвентный угол профиля зуба

$$\text{inv}\alpha = \text{tg}\alpha - \alpha \quad (2.5)$$

$$\text{inv}\alpha = \text{inv}29,42 = 0,05$$

Угол  $\beta_{\omega 1}$  наклона зуба колеса с профильным углом  $\alpha_{n1}$  на начальном цилиндре при обработке инструментом с профильным углом  $\alpha_{n0}$

$$\text{Sin } \beta_{\omega 1} = \text{Sin} \beta_1 \frac{\cos \alpha_{n1}}{\cos \alpha_{n0}} \quad (2.6)$$

$$\text{Sin } \beta_{\omega 1} = 0$$

Профильный угол  $\alpha_{t\omega 1}$  зуба колеса на начальном цилиндре обработки в торцовой плоскости.

$$\text{tg}\alpha_{t\omega 1} = \frac{\text{tg}\alpha_{n0}}{\cos \beta_{\omega 1}} \quad (2.7)$$

для прямозубых колес, т.е при  $\beta_0=0$   $\alpha_{t\omega 1} = \alpha_{n0} = 29,98$

Радиус начального цилиндра обработки колеса

$$r_{t\omega 1} = \frac{r_{b1}}{\cos \alpha_{t\omega 1}} \quad (2.8)$$

$$r_{t\omega 1} = \frac{21,315}{0,87} = 24,5$$

Толщина зуба колеса в сечении, нормальном к винтовой линии на делительном цилиндре, при коэффициенте смещения исходного контура  $x$

$$S_{n1} = \frac{\pi * m_{n1}}{2} - \Delta S + 2 * x * m_{n1} * \text{tg}\alpha_{n1} \quad (2.9)$$

$$S_{n1} = \frac{3,14 * 3,5}{2} - 0,14 + 2 * 0 * 3,5 * \text{tg}30 = 5,35$$

Высота головки зуба не скорректированного колеса

$$h_{\alpha 1k} = h_{\alpha 1} * m \quad (2.10)$$

$$h_{\alpha 1k} = 0,8 * 3,5 = 2,8$$

Высота ножки скорректированного колеса

$$h_{f 1k} = h_{f 1} * m \quad (2.11)$$

					15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		50

$$h_{f1k} = 1,25 * 3,5 = 4,375$$

Радиус окружности впадин зубьев:

$$r_{f1} = r_1 - h_{f1}, \quad (2.12)$$

где  $r_1$  – радиус делительной окружности,  $h_{fo}$  – высота ножки зуба.

$$r_{f1} = 24,5 - 3,675 = 20,825 \text{ мм}$$

## 2.2.2 Определение основных конструктивных параметров червячной фрезы

Согласно ГОСТ 9324-80 принимаем фрезу 2 типа цельную, общего назначения класса точности В. Материал фрезы – сталь Р6М5. Тип основного червяка – конволютный. По таблице ПП[2,с.32] в зависимости от модуля  $m_n = 3,5$  мм назначаем основные конструктивные размеры червячной фрезы. Наружный диаметр фрезы  $d_{a0} = 80$  мм. Число стружечных канавок (число зубьев по окружности)  $z_0 = 10$ . Диаметр посадочного отверстия фрезы  $d = 32$  мм. Число заходов фрез  $z_{10} = 1$ , направление витков фрезы – правое.

## 2.2.3 Элементы профиля зубьев фрезы в нормальном сечении

Угол профиля фрезы  $\alpha_{n0}$  принимаем равным углу  $\alpha_{n1}$  профиля зубьев колеса:  $\alpha_{n0} = 30^0$ .

Нормальный шаг зубьев фрезы определяется по формуле:

$$P_{n0} = \frac{\pi \cdot m_{n1} \cdot \cos \alpha_{n1}}{\cos \alpha_{n0}} = \pi \cdot m_{n1} \cdot K_K, \quad (2.13)$$

где  $m_n$  – нормальный модуль нарезаемого колеса.

$$P_{n0} = \pi \cdot 3,5 \cdot 1 = 10,99 \text{ мм.}$$

Ход зубьев (шаг захода) по нормали определяется по формуле:

$$P_{nz0} = P_{n0} \cdot z_{10} \quad (2.14)$$

Где  $P_{no}$  – нормальный шаг зубьев,  $z_{10}$  – число заходов витков фрезы.

$$P_{nz0} = 10,99 \cdot 1 = 10,99 \text{ мм.}$$

					15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		51

Толщина зуба в нормальном сечении:

$$S_{no} = P_{no} - S_{n1}, \quad (2.15)$$

где  $P_{no}$  – нормальный шаг зубьев,  $S_{n1}$  – толщина зуба рейки.

$$S_{no} = 10,99 - 4,93 = 6,06 \text{ мм}$$

Высота головки зуба фрезы

$$h_{a0} = h_{f1} = 3,675$$

Высота ножки зуба

$$h_{f0} = h_{a1} + c' m_n \quad (2.16)$$

$$h_{f0} = 2,8 + (0,25 \cdot 3,5) = 3,85$$

Высота зуба

$$h_0 = h_{a0} + h_{f0}, \quad (2.17)$$

где  $h_{a0}$  – высота головки зуба,  $h_{f0}$  – высота ножки зуба.

$$h_0 = 3,675 + 3,85 = 7,525 \text{ мм}$$

Радиусы закруглений головки и ножки зуба:

$$\rho_{a0} = 0,25 \cdot m_n, \quad (2.18)$$

Где  $m_n$  – нормальный модуль нарезаемого колеса.

$$\rho_{a0} = 0,25 \cdot 3,5 = 0,875 \text{ мм};$$

$$\rho_{f0} = 0,3 \cdot m_n, \quad (2.19)$$

где  $m_n$  – нормальный модуль нарезаемого колеса.

$$\rho_{f0} = 0,3 \cdot 3,5 = 1,05 \text{ мм}.$$

2.2.4 Геометрические параметры зубьев фрезы и размеры стружечных канавок

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		52



Принимаем задний угол на наружном диаметре  $\alpha_{a0} = 9^\circ$ . Величина затылования определяется по формуле:

$$K = \frac{\pi \cdot d_{a0}}{z_0} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{a0}, \quad (2.20)$$

где  $d_{a0}$  - наружный диаметр фрезы,  $\alpha_{a0}$  - угол зацепления,  $z_0$  - число стружечных канавок.

$$K = \frac{\pi \cdot 80}{10} \cdot \operatorname{tg} 30^\circ \quad (2.21)$$

$$K = \frac{3,14 \cdot 80}{10} \cdot \operatorname{tg} 30^\circ = 3,98 \text{ мм}$$

Принимаем  $K_1 = (1.2 \dots 1.5)K = 5$ .

Задние углы на боковых сторонах зубьев в нормальном сечении в точке  $x$  с  $r_x = 38 \text{ мм}$  рассчитываем по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\beta 0} = \frac{r_{a0}}{r_x} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{a0} \cdot \sin \alpha_{n0}, \quad (2.22)$$

где  $d_{a0}$  - наружный диаметр фрезы,  $\alpha_{a0}$  - угол зацепления,  $\alpha_{n0}$  - профильный угол в нормальном сечении.

$$\operatorname{tg} \alpha_{\beta 0} = \frac{40}{38} \cdot \operatorname{tg} 9^\circ \cdot \sin 30^\circ = 0,107$$

$$\alpha_{\beta 0} = 6,107^\circ$$

Передний угол на вершине зуба у чистовых фрез принимается  $\gamma_{a0} = 0^\circ$ .

Высота зуба фрезы или глубина стружечной канавки  $H$  для фрез со шлифованным профилем:

$$H = h_0 + 0.5(K + K_1) + r', \quad (2.23)$$

где  $h_0$  - высота зуба,  $K$  и  $K_1$  - величина затылования,  $r' = 1 \text{ мм}$  - радиус закругления дна стружечной канавки.

$$H = 7,525 + 0.5(4 + 5) + 1 = 13;$$

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		53

Проверяем условие прочности и окончательно назначаем  $d_{a0}$ :

$$d_{a0} \geq 2(0.5d + c_1 + t + H), \quad (2.24)$$

где  $d$  – диаметр посадочного отверстия,  $c_1$  – размер шпоночной канавки по ГОСТ 9472-90,  $t$  – толщина стенки опасного сечения.

$$t = (0.25 \dots 0.3)d \quad (2.25)$$

$$t = (0.25 \dots 0.3)d = 8;$$

$$d_{a0} \geq 2(0.5 \cdot 32 + 2.8 + 8 + 13);$$

$$80 \geq 79,6$$

Условие жесткости выполняется

## 2.2.5 Расчетные конструктивные параметры червячных фрез

Определяем параметры расчетного сечения. Для чистовой фрезы класса точности В, имеющий шлифовальный профиль, величину угла, определяющего предел прочности переточки, принимаем  $\theta$ , где  $\theta$  – центральный угол,

$$\theta = \frac{360^\circ}{z_0} \cdot \varepsilon \quad (2.26)$$

$$\theta = 0.1 \cdot 360^\circ / 10 = 3,6^\circ$$

$$d'_{a0} = d_{a0} - 0.5 \cdot K, \quad (2.27)$$

где  $d_{a0}$  – наружный диаметр фрезы,  $K$  – величина затылования.

$$d'_{a0} = 80 - 0.5 \cdot 4 = 78 \text{ мм.}$$

Диаметр начального цилиндра фрезы в исходном сечении

$$d'_{m0} = d_{a0} - 2 \cdot h_{a0}, \quad (2.28)$$

где  $d_{a0}$  – наружный диаметр фрезы,  $h_{a0}$  – высота головки зуба.

$$d'_{m0} = 78 - 2 \cdot 3,675 = 70,65 \text{ мм.}$$

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		54

Угол подъема витков фрезы на начальном цилиндре в расчетном сечении, необходимый для определения угла установки фрезы относительно обрабатываемого колеса:

$$\sin \gamma'_{m0} = \frac{P_{zn0}}{\pi \cdot d'_{m0}} = \frac{P_{n0} \cdot z_{10}}{\pi \cdot d'_{m0}}, \quad (2.29)$$

где  $P_{n0}$  – нормальный шаг зубьев,  $z_{10}$  – число заходов витков фрезы.

$$\sin \gamma'_{m0} = \frac{10,99 \cdot 1}{\pi \cdot 70,65} = 0,0495; \quad \gamma'_{m0} = 2,84^{\circ}.$$

Шаг витков фрезы в осевом сечении:

$$P_{x0} = \frac{P_{n0}}{\cos \gamma'_{m0}}, \quad (2.30)$$

где  $P_{n0}$  – нормальный шаг зубьев.

$$P_{x0} = \frac{10,99}{\cos 2,84^{\circ}} = 11,003 \text{ мм.}$$

Параметры сечения новой фрезы

Диаметр начального цилиндра новой фрезы:

$$d_{m0} = d_{a0} - 2 \cdot h_{a0}, \quad (2.31)$$

где  $d_{a0}$  - наружный диаметр фрезы,  $h_{a0}$  – высота головки зуба.

$$d_{m0} = 80 - 2 \cdot 3,675 = 72,65 \text{ мм;}$$

Угол подъема витков на начальном диаметре:

$$\operatorname{tg} \gamma_{m0} = \frac{P_{x0} \cdot z_{10}}{\pi \cdot d_{m0}}, \quad (2.32)$$

где  $P_{x0}$  – шаг витков фрезы в осевом сечении,  $z_{10}$  – число заходов витков фрезы,  $d_{m0}$  – диаметр начального цилиндра новой фрезы.

$$\operatorname{tg} \gamma_{m0} = \frac{11,003 \cdot 1}{\pi \cdot 72,65} = 0,04825; \quad \gamma_{m0} = 2,76^{\circ};$$

Шаг витков новой фрезы в нормальном сечении:

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		55

$$P_{n0} = P_{x0} \cdot \cos \gamma_{m0}, \quad (2.33)$$

где  $P_{x0}$  – шаг витков фрезы в осевом сечении,  $\gamma_{m0}$  – угол подъема витков фрезы на начальном цилиндре.

$$P_{n0} = 11,003 \cdot \cos 2,76^{\circ} = 10,990 \text{ мм.}$$

Параметры сечения в пределе переточки изношенной фрезы

Наружный диаметр изношенной фрезы:

$$d''_{a0} = d_{a0} - 1K, \quad (2.34)$$

где  $d_{a0}$  - наружный диаметр фрезы,  $K$  – величина затылования.

$$d''_{a0} = 80 - 4 = 76 \text{ мм;}$$

Диаметр начального цилиндра окончательно сточенной фрезы:

$$d''_{m0} = d''_{a0} - 2h_{a0}, \quad (2.35)$$

где  $d''_{a0}$  – наружный диаметр изношенной фрезы,  $h_{a0}$  – высота головки зуба.

$$d''_{m0} = 78,4 - 2 \cdot 3,675 = 68,65 \text{ мм;}$$

Угол подъема витков на начальном цилиндре окончательно сточенной фрезы:

$$tg \gamma''_{m0} = \frac{P_{x0} \cdot z_{10}}{\pi \cdot d''_{m0}}, \quad (2.36)$$

где  $P_{x0}$  – ша витков фрезы в осевом сечении,  $z_{10}$  – число заходов витков фрезы,  $d''_{m0}$  – диаметр начального цилиндра окончательно сточенной фрезы.

$$tg \gamma''_{m0} = \frac{11,003 \cdot 1}{\pi \cdot 68,65} = 0,0493; \gamma''_{m0} = 2,82^{\circ};$$

Шаг витков окончательно сточенной фрезы в нормальном сечении:

$$P''_{n0} = P_{x0} \cdot \cos \gamma''_{m0}, \quad (2.37)$$

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		56

где  $P_{xo}$  – ша витков фрезы в осевом сечении,  $\gamma''_{m0}$  – угол подъема витков фрезы на начальном цилиндре.

$$P''_{n0} = 11,003 \cdot \cos 2,82^{\circ} = 10,989 \text{ мм.}$$

Угол установки оси фрезы по отношению к торцу колеса определяется с учетом угла подъема витков фрезы на начальном цилиндре в расчетном сечении и угла наклона зубьев:

$$\psi = \beta_{\omega 1} \pm \gamma'_{m0}, \quad (2.38)$$

Для фрез с небольшими углами подъема витков  $\gamma_{m0} \leq 3 \dots 5^{\circ}$

$$\psi = 0 - 2,84^{\circ} = -2,84^{\circ}$$

рекомендуется выполнять *прямые стружечные канавки*, что обеспечивает равномерность резания, упрощает изготовление, заточку и контроль фрез. Принимаем  $\lambda_{m0} = 0^{\circ}$ .

Размеры профиля зуба фрезы  $h_{a0}, h_0, S_{n0}$  по передней поверхности для фрез с  $\gamma_{a0} = 0$  остаются без изменения.

Диаметр выточки в отверстии фрезы

$$d_{\text{выт}} = 1.05 d_o, \quad (2.39)$$

Где  $d_o$  – диаметр посадочного отверстия.

$$d_{\text{выт}} = 1.05 \cdot 32 = 33.6 \text{ мм.}$$

Диаметр буртиков фрезы

$$d_1 = d_{a0} - 2 \cdot H - (3 \dots 5), \quad (2.40)$$

где  $d_{a0}$  - наружный диаметр фрезы,  $H$  – глубина стружечной канавки.

$$d_1 = 80 - 2 \cdot 13 - (3) = 51 \text{ мм.}$$

Длина буртиков  $l_1 = 5,5 \text{ мм.}$

Длина фрезы

$$L = L_1 + 2 \cdot l_1, \quad (2.41)$$

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		57

где  $L_1$  – рабочая длина фрезы:

$$L_1 = 2 \cdot h_{a0} \operatorname{ctg} \alpha_{n0} + X \cdot \pi \cdot m_0, \quad (2.42)$$

где  $h_{a0}$  - высота головки зуба,  $\alpha_{n0}$  – профильный угол в нормальном сечении,  $m_{n0}$  – нормальный модуль нарезаемого колеса,  $X = 5$  – коэффициент, выбираемый в зависимости от модуля [2, с.18].

$$L_1 = 2 \cdot 3,675 \cdot \operatorname{ctg} 30^\circ + 5 \cdot \pi \cdot 3,5 = 85,175 \text{ мм.}$$

$$L = 85,175 + 2 \cdot 5,5 = 73,175 \text{ мм Принимаем } L = 74 \text{ мм.}$$

Шлицефрезерный станок станок Т5350А для обработки данной шлицевой поверхности пригоден.

## 2.2 Проектирование станочного приспособления для сверлильной операции

В рассчитываемом приспособлении деталь устанавливается в двух призмах, размер расположения отверстия выдерживается с помощью упора, расположенного с торца детали. Схема базирования изображена на рисунке 2.1.

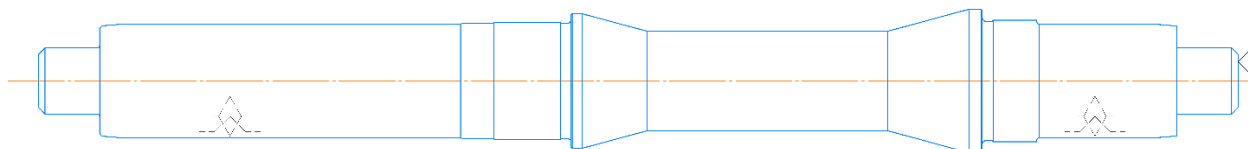


Рисунок 2.1 – Схема базирования

Для расчёта пневмоцилиндра необходимо определить силы действующие на деталь и рассчитать силы закрепления необходимые для удержания детали. Расчётные схемы для определения сил закрепления изображены на рисунках 2.2 и 2.3.

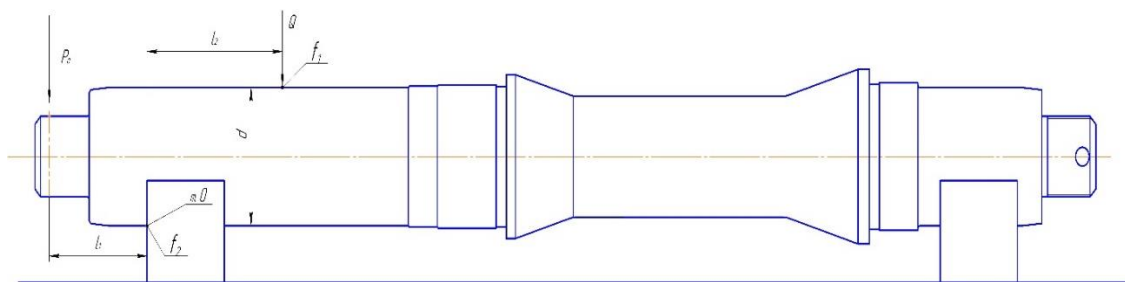


Рисунок 2.2 – Расчетная схема для опракидывания

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ

Лист

58

Произвожу расчет силы закрепления.

Заготовка опрокидывается под действием осевой силы резания, поэтому сила закрепления должна препятствовать этому опрокидыванию:

$$\sum M_{уд} = k \sum M_{сдв} \quad (2.43)$$

К сдвигающим силам относится сила резания  $P_0$

$$\sum M_{сдв} = P_0 * l_1 \quad (2.44)$$

Удерживающими будут являться силы трения между заготовкой и прихватом и между заготовкой и опорными пластинами

$$\sum M_{уд} = M_1 + M_2 = Q l_2 \quad (2.45)$$

Отсюда сила закрепления определяется по формуле:

$$Q = \frac{k P_0 l_1}{l_2}, \quad (2.46)$$

где  $f_1$  и  $f_2$  – коэффициент трения между заготовкой и прихватом и между заготовкой и опорной пластиной соответственно,  $f_1 = f_2 = 0.16$ ;  $k$  – коэффициент запаса.

$$k = k_0 k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 k_6, \quad (2.47)$$

где  $k_0 = 1.5$ ;  $k_1 = 1$  – коэффициент учитывающий увеличение сил резания из-за случайных неровностей;  $k_2 = 1.2$  – коэффициент учитывающий увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента;  $k_3 = 1$  – коэффициент учитывающий увеличение сил резания при прерывистом резании;  $k_4 = 1.3$  – коэффициент, характеризующий постоянство силы, развиваемой зажимным механизмом;  $k_5 = 1$  – коэффициент, характеризующий эргономику немеханизированного зажимного механизма.

$$k = 1.5 \cdot 1 \cdot 1.2 \cdot 1 \cdot 1.3 \cdot 1 \cdot 1 = 2.34$$

Принимаем  $k=2.5$

$$Q = \frac{2.5 \cdot 1057.5 \cdot 50.5}{70} = 1907 \text{ Н}$$

									Лист
									59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ				

где  $P_0 = 1057,5 \text{ Н}$

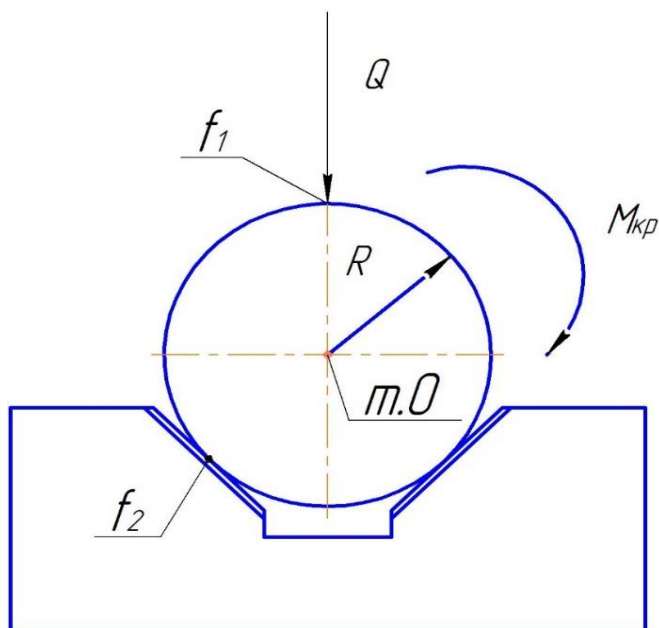


Рисунок 2.3 – Расчетная схема

Также заготовка проворачивается под действием крутящего момента, поэтому сила закрепления должна препятствовать этому провороту:

$$\sum M_{уд} = k \sum M_{сдв} \quad (2.48)$$

К проворачивающим силам относятся крутящий момент  $M_{кр}$

$$\sum M_{сдв} = P_{окр} * r \quad (2.49)$$

Определяем  $P_{окр}$

$$P_{окр} = \frac{2 * M_{кр}}{d_{св}}, \quad (2.50)$$

где  $M_{кр}$  – Крутящий момент сверла;  $M_{кр} = 1,22 \text{ Н/м}$  (определён в режимах резания) ;  $d_{св}$  – диаметр сверла.  $d_{св} = 7 \text{ мм}$

$$P_{окр} = \frac{2 * 1,22}{0,007} = 0,35 \text{ Н}$$

Удерживающими будут являться силы трения между заготовкой и прихватом и между заготовкой и опорными пластинами

$$\sum M_{уд} = M_{тр1} + M_{тр2} \quad (2.51)$$



Удерживающими будут являться силы трения между заготовкой и прихватом и между заготовкой и призмой.

$$\sum M_{уд} = M_{тр1} + M_{тр2} = Q f_2 R \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + Q f_1 R \quad (2.52)$$

Отсюда сила закрепления определяется по формуле:

$$Q = \frac{k P_{0кр} * r}{f_2 R \frac{1}{\sin \frac{90}{2}} + f_1 R} \quad (2.53)$$

Где  $f_1$  и  $f_2$  – коэффициент трения между заготовкой и прихватом и между заготовкой и опорной пластиной соответственно,  $f_1 = f_2 = 0.16$ ;  $k$  – коэффициент запаса.

$$k = k_0 k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 k_6, \quad (2.54)$$

где  $k_0 = 1.5$ ;  $k_1 = 1$  – коэффициент учитывающий увеличение сил резания из-за случайных неровностей;  $k_2 = 1.2$  – коэффициент учитывающий увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента;  $k_3 = 1$  – коэффициент учитывающий увеличение сил резания при прерывистом резании;  $k_4 = 1.3$  – коэффициент, характеризующий постоянство силы, развиваемой зажимным механизмом;  $k_5 = 1$  – коэффициент, характеризующий эргономику немеханизированного зажимного механизма.

$$k = 1.5 \cdot 1 \cdot 1.2 \cdot 1 \cdot 1.3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2.34$$

Принимаем  $k=2.5$

$$Q = \frac{2.5 \cdot 348,6 \cdot 25,75}{0,16 \cdot 25,75 \cdot 1,41 + 0,16 \cdot 25,75} = 2262,2 \text{ Н}$$

Выбираем наибольшую  $Q$

$$Q = 2262,2 \text{ Н}$$

Расчет привода и передаточных устройств приспособления

Упрощенная схема закрепления заготовки вместе с приводом и передаточными механизмами представлена на рисунке 2.4.

Усилие на штоке находится по следующим формулам:

Сила передаваемая рычагом:

										Лист
										61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ					

$$Q'b = \frac{Qa}{2} \quad (2.55)$$

Сила на штоке будет определяться по формуле:

$$P_{шт} = \frac{Qa}{b} + q \quad (2.56)$$

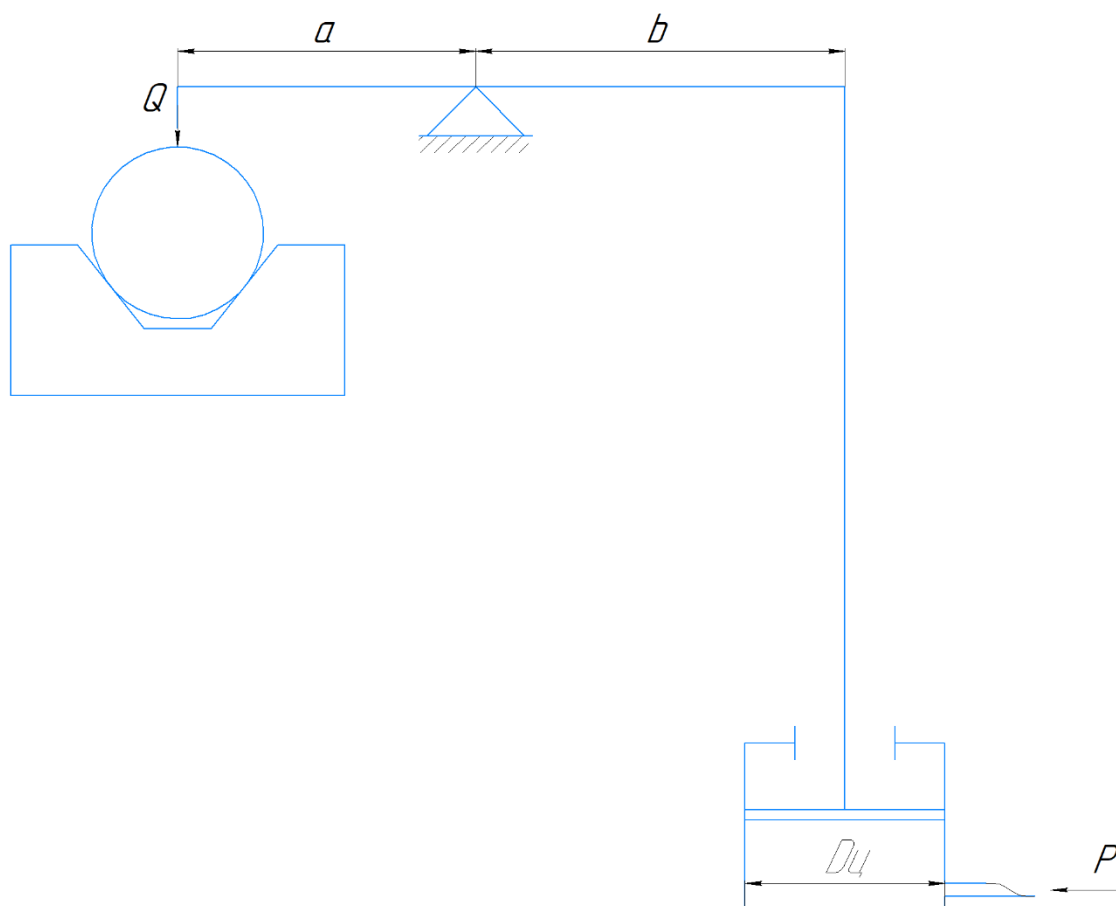


Рисунок 2.4 – Схема закрепления

Для данной схемы принимаем:  $a = 75$  мм;  $b = 45$  мм;  $q = 50$  – усилие пружины. Тогда сила на штоке будет равна:

$$P_{шт} = \frac{2262,2 \cdot 45}{45} + 50 = 2312,2\text{Н}$$

Выбираем пневмоцилиндр одностороннего действия с креплением на заднем фланце, давление цилиндра принимаем 0.49 МПа [7, с.230, т.10].

Тогда диаметр цилиндра равен:

$$D_{ц} = 1.4 \sqrt{\frac{P_{шт}}{P}} \quad (2.57)$$

$$D_{ц} = 1.4 \sqrt{\frac{2312,2}{0.49}} = 96,2\text{мм}$$

Принимаем из стандартного ряда  $D_{ц} = 100$  мм ГОСТу 15608-81.

Тогда действительная сила закрепления равна:

$$P_{шт} = (D_{ц}/1.4)^2 \cdot P \quad (2.58)$$

$$\frac{Qa}{b} + q = (D_{ц}/1.4)^2 \cdot P \quad (2.59)$$

$$Q = \frac{b \left( \left( \frac{D_{ц}}{1.4} \right)^2 \cdot P - q \right)}{a} \quad (2.60)$$

$$Q = \frac{45((100/1.4)^2 \cdot 0.49 - 50)}{45} = 2450 \text{ Н}$$

### 2.3 Проектирование контрольного приспособления

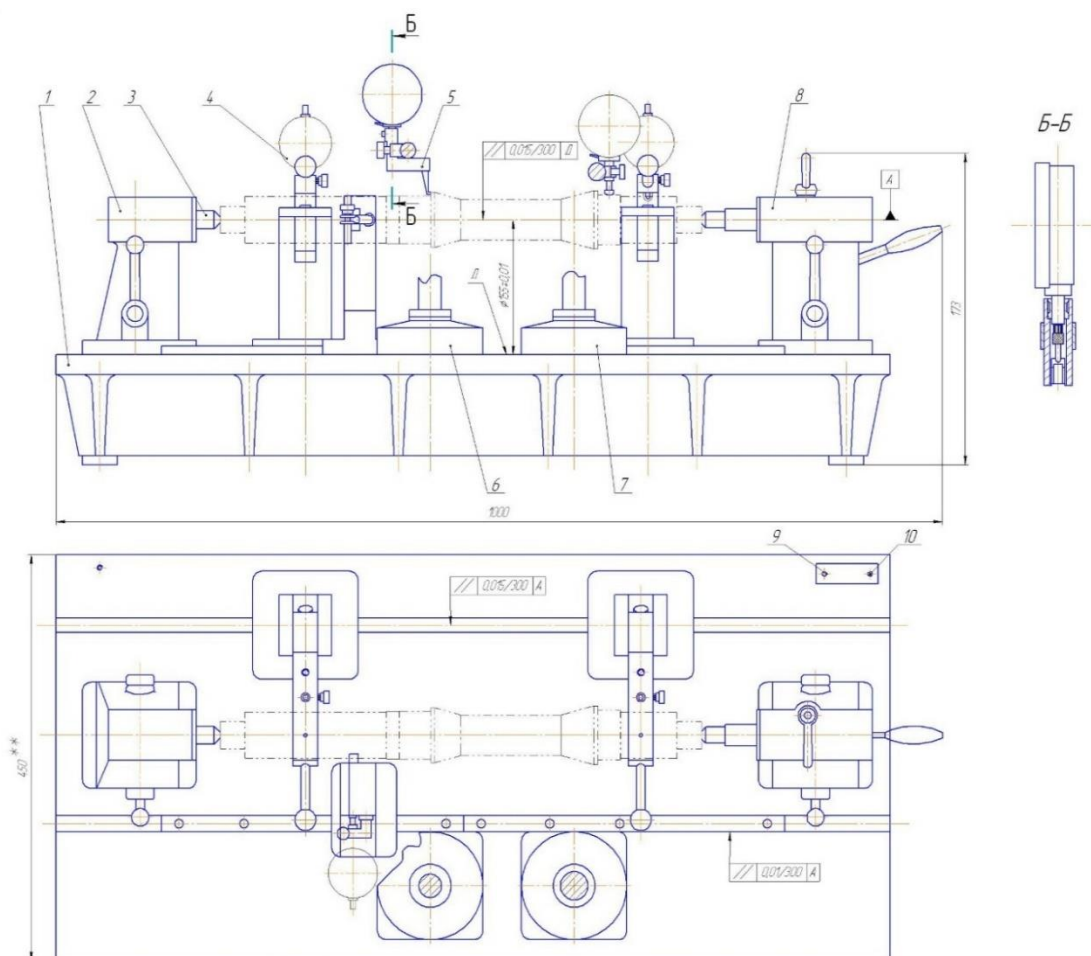


Рисунок 2.5 - Контрольное приспособление

Приспособление при установке в центрах проверяет:

1. Биение  $\phi 51,5_{-0,04}^{-0,01}$  мм не более 0,025мм
2. Биение  $\phi 55_{-0,032}^{-0,012}$  мм не более 0,025мм
3. Биение  $\phi 53,3_{-0,012}^{-0,018}$  мм не более 0,025мм
4. Биение торца Т не более 0,025мм
5. Биение торца Т<sub>1</sub> не более 0,05 мм
- а) Биение  $\phi 51,5_{-0,04}^{-0,01}$  мм не более 0,025мм

На погрешность измерения будут влиять:

- погрешность базирования детали  $\varepsilon$
- погрешность измерительного прибора  $\Delta_{п}$

Общая погрешность измерения:

$$\Delta_{изм} = \sqrt{\varepsilon_{пр}^2 + \Delta_{п}^2} \leq [\Delta]_{изм}, \quad (2.61)$$

где  $[\Delta]_{изм}$  - допускаемая погрешность контрольного приспособления.

$$[\Delta]_{изм} = k \cdot T, \quad (2.64)$$

где  $k$  – коэффициент, зависящий от точности обработки [8, с.46];  $T$  – допуск на контролируемый размер.

$$[\Delta]_{изм} = 0.35 \cdot 0.025 = 0,00875 \text{ мм}$$

Определение погрешности изготовления приспособления:

$$\varepsilon_{пр} = \sqrt{\varepsilon_{пр1}^2 + \varepsilon_{пр2}^2}, \quad (2.63)$$

Принимаем  $\varepsilon_{пр1} = \frac{0,0275}{550}$  - несоосность при длине 550 [9, с.148] так как

деталь устанавливаются во вращающихся центрах.

$$\varepsilon_{пр2} = a(\sqrt{tg^2 \alpha + 1} - 1), \quad (2.64)$$

где:  $a$  - перемещение щупа,  $tg^2 \alpha = \frac{\Delta}{100}$  допускаемое отклонение от параллельности рассматриваемых осей.

$$\varepsilon_{пр2} = 0.025(\sqrt{0.00000004 + 1} - 1) = 0.000000005 \text{ мм}$$

									Лист
									64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ				

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{пр}1}^2 + \varepsilon_{\text{пр}2}^2} \quad (2.65)$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{0,0275^2 + 0.000000002^2} = 0,0275$$

$\Delta_{\text{п}}$  - погрешность измерительного прибора «Индикатор часового типа 5,5»

Принимаем  $\Delta_{\text{п}} = 0,012$  по ГОСТ 577-68 [10]

$$\Delta_{\text{мет}} = \sqrt{\varepsilon^2 + \Delta_{\text{п}}^2} \leq [\Delta]_{\text{изм}} \quad (2.66)$$

$$\Delta_{\text{мет}} = \sqrt{0,0275^2 + 0.012^2} = 0.03 \text{ мм} \leq [\Delta]_{\text{изм}}$$

б) Биение  $\phi 55_{-0,032}^{-0,012}$  мм не более 0,025мм

На погрешность измерения будут влиять:

- погрешность базирования детали  $\varepsilon$

- погрешность измерительного прибора  $\Delta_{\text{п}}$

Общая погрешность измерения:

$$\Delta_{\text{изм}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{пр}}^2 + \Delta_{\text{п}}^2} \leq [\Delta]_{\text{изм}}, \quad (2.67)$$

где  $[\Delta]_{\text{изм}}$  - допускаемая погрешность контрольного приспособления.

$$[\Delta]_{\text{изм}} = k \cdot T, \quad (2.68)$$

$$[\Delta]_{\text{изм}} = 0.35 \cdot 0.025 = 0,00875 \text{ мм}$$

где  $k$  – коэффициент, зависящий от точности обработки [8, с.46];  $T$  – допуск на контролируемый размер.

Определение погрешности изготовления приспособления:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{пр}1}^2 + \varepsilon_{\text{пр}2}^2}, \quad (2.70)$$

$\varepsilon_{\text{пр}1} = \frac{0,0275}{550}$  - несоосность при длине 550 [90,с148] так как деталь

устанавливаются во вращающихся центрах.

$$\varepsilon_{\text{пр}2} = a(\sqrt{tg^2 \alpha + 1} - 1), \quad (2.71)$$

где:  $a$ -перемещение щупа,  $\operatorname{tg}^2\alpha = \frac{\Delta}{100}$  допускаемое отклонение от параллельности рассматриваемых осей.

$$\varepsilon_{\text{пр}2} = 0.025(\sqrt{0.00000004 + 1} - 1) = 0.000000005$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{0,0275^2 + 0.000000002^2} = 0,0275$$

$\Delta_{\text{п}}$  - погрешность измерительного прибора ИЧ5,

Принимаем  $\Delta_{\text{п}} = 0,012$  по ГОСТ 577-68 [10]

$$\Delta_{\text{изм}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{пр}}^2 + \Delta_{\text{п}}^2} \leq [\Delta]_{\text{изм}} \quad (2.72)$$

$$\Delta_{\text{мет}} = \sqrt{0,0275^2 + 0.012^2} = 0.03 \text{ мм} \leq [\Delta]_{\text{изм}}$$

в) Биение  $\phi 53,3_{-0,012}^{-0,018}$  мм не более 0,025мм

На погрешность измерения будут влиять:

- погрешность базирования детали  $\varepsilon$

- погрешность измерительного прибора  $\Delta_{\text{п}}$

Общая погрешность измерения:

$$\Delta_{\text{изм}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{пр}}^2 + \Delta_{\text{п}}^2} \leq [\Delta]_{\text{изм}}, \quad (2.73)$$

где  $[\Delta]_{\text{изм}}$  - допускаемая погрешность контрольного приспособления.

$$[\Delta]_{\text{изм}} = k \cdot T, \quad (2.74)$$

$$[\Delta]_{\text{изм}} = 0.35 \cdot 0.025 = 0,00875 \text{ мм}$$

где  $k$  – коэффициент, зависящий от точности обработки [8, с.46];  $T$  – допуск на контролируемый размер.

Определение погрешности изготовления приспособления:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{пр}1}^2 + \varepsilon_{\text{пр}2}^2}, \quad (2.75)$$

$\varepsilon_{\text{пр}1} = \frac{0,0275}{550}$  - несоосность при длине 550 [9, с.148] так как деталь

устанавливаются во вращающихся центрах.

$$\varepsilon_{\text{пр}2} = a(\sqrt{\operatorname{tg}^2\alpha + 1} - 1), \quad (2.76)$$

									Лист
									66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ				

где  $a$ -перемещение щупа,  $\text{tg}^2\alpha = \frac{\Delta}{100}$  допускаемое отклонение от параллельности рассматриваемых осей.

$$\varepsilon_{\text{пр}2} = 0.025(\sqrt{0.00000004 + 1} - 1) = 0.000000005$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{пр}1}^2 + \varepsilon_{\text{пр}2}^2} \quad (2.77)$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{0,0275^2 + 0.000000002^2} = 0,00001$$

$\Delta_{\text{п}}$  - погрешность измерительного прибора ИЧ5,

Принимаем  $\Delta_{\text{п}} = 0,012$  по ГОСТ 577-68 [10]

$$\Delta_{\text{мет}} = \sqrt{\varepsilon^2 + \Delta_{\text{п}}^2} \quad (2.79)$$

$$\Delta_{\text{мет}} = \sqrt{0,00001^2 + 0.012^2} = 0.03 \text{ мм} \leq [\Delta]_{\text{изм}}$$

г) Биение торца  $T$  не более 0,025мм

На погрешность измерения будут влиять:

- погрешность базирования детали  $\varepsilon$
- погрешность измерительного прибора  $\Delta_{\text{п}}$
- Погрешность передаточных устройств

Общая погрешность измерения:

$$\Delta_{\text{изм}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{пр}}^2 + \Delta_{\text{п}}^2 + \Delta_{\text{р}}^2} \leq [\Delta]_{\text{изм}}, \quad (2.80)$$

где  $[\Delta]_{\text{изм}}$  - допускаемая погрешность контрольного приспособления.

$$[\Delta]_{\text{изм}} = k \cdot T, \quad (2.81)$$

$$[\Delta]_{\text{изм}} = 0.35 \cdot 0.025 = 0,00875 \text{ мм}$$

где  $k$  – коэффициент, зависящий от точности обработки [8, с.46];  $T$  – допуск на контролируемый размер.

Определение погрешности изготовления приспособления:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{пр}1}^2 + \varepsilon_{\text{пр}2}^2}, \quad (2.82)$$

					15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		67

$\varepsilon_{\text{пр1}} = \frac{0,0275}{550}$  - несоосность при длине 550 [9,с148] так как деталь

устанавливаются во вращающихся центрах.

$$\varepsilon_{\text{пр2}} = a(\sqrt{tg^2\alpha + 1} - 1), \quad (2.83)$$

где:  $a$ -перемещение щупа,  $tg^2\alpha = \frac{\Delta}{100}$  допускаемое отклонение от параллельности рассматриваемых осей.

$$\varepsilon_{\text{пр2}} = 0.025(\sqrt{0.00000004 + 1} - 1) = 0.000000005$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{пр1}}^2 + \varepsilon_{\text{пр2}}^2} \quad (2.84)$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{0,0275^2 + 0.000000005^2} = 0,0275$$

$\Delta_{\text{п}}$  - погрешность измерительного прибора ИЧ5,

Принимаем  $\Delta_{\text{п}} = 0,012$  по ГОСТ 577-68 [10]

Погрешность передаточных устройств

$$\Delta_{\text{р}} = \sqrt{\Delta_{\text{р1}}^2 + \Delta_{\text{р2}}^2} \quad (2.85)$$

Погрешность вследствие неточности изготовления плеч рычагов  $\Delta_{\text{р1}}$

$$\Delta_{\text{р1}} = \left(1 - \frac{l_2}{l_1}\right) a_1, \quad (2.86)$$

где  $l_1, l_2$  – плечи рычага,  $l_1 = \max$ ;  $l_2 = \min$ . Так как длины плеч рычагов изготавливают с допуском  $\pm 0,05$  мм. Принимаю  $l_1 = 45,05$ ,  $l_2 = 44,95$ ;  $a_1$  – перемещение плеч рычага

$$\Delta_{\text{р1}} = \left(1 - \frac{44,95}{45,05}\right) 0,025 = 0,00005$$

Погрешность вследствие зазора между отверстием и осью  $\Delta_{\text{р2}}$

$$\Delta_{\text{р2}} = \frac{s(l_1 + l_2)}{l_1} = S(1 + k) \quad (2.87)$$

$$\Delta_{\text{р2}} = 0.015(1 + 0,998) = 0.01503$$

									Лист
									68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ				



где: s-зазор между отверстием и осью(зазор обеспечиваевающийся притиркой оси по втулке не более 0,015);  $k=l_2/l_1$

$$\Delta_p = \sqrt{0.00005^2 + 0.01503^2} = 0.015$$

$$\Delta_{мет} = \sqrt{0,0275^2 + 0.012^2 + 0.015^2} = 0.03 \text{ мм} \leq [\Delta]_{изм}$$

д) Биение торца T не более 0,05мм

На погрешность измерения будут влиять:

- погрешность базирования детали  $\varepsilon$
- погрешность измерительного прибора  $\Delta_{п}$
- Погрешность передаточных устройств

Общая погрешность измерения:

$$\Delta_{изм} = \sqrt{\varepsilon_{пр}^2 + \Delta_{п}^2 + \Delta_p^2} \leq [\Delta]_{изм}, \quad (2.88)$$

где  $[\Delta]_{изм}$  - допускаемая погрешность контрольного приспособления.

$$[\Delta]_{изм} = k \cdot T, \quad (2.89)$$

$$[\Delta]_{изм} = 0.35 \cdot 0.05 = 0.0175 \text{ мм}$$

где  $k$  – коэффициент, зависящий от точности обработки [8, с.46];  $T$  – допуск на контролируемый размер.

Определение погрешности изготовления приспособления:

$$\varepsilon_{пр} = \sqrt{\varepsilon_{пр1}^2 + \varepsilon_{пр2}^2}, \quad (2.90)$$

где  $\varepsilon_{пр1} = \frac{0,0275}{550}$  - несоосность при длине 550 [9,с148] так как деталь устанавливаются во вращающихся центрах.

$$\varepsilon_{пр2} = a(\sqrt{tg^2\alpha + 1} - 1), \quad (2.91)$$

где  $a$ -перемещение шупа,  $tg^2\alpha = \frac{\Delta}{100}$  допускаемое отклонение от параллельности рассматриваемых осей.

$$\varepsilon_{пр2} = 0.025(\sqrt{0.00000004 + 1} - 1) = 0.000000005$$

$$\varepsilon_{пр} = \sqrt{0,0275^2 + 0.000000002^2} = 0,0275$$

$\Delta_{\Pi}$  - погрешность измерительного прибора ИЧ5,

Принимаем  $\Delta_{\Pi} = 0,012$  по ГОСТ 577-68 [10]

Погрешность передаточных устройств

$$\Delta_p = \sqrt{\Delta_{p1}^2 + \Delta_{p2}^2}, \quad (2.92)$$

Погрешность вследствие неточности изготовления плеч рычагов  $\Delta_{p1}$

$$\Delta_{p1} = \left(1 - \frac{l_2}{l_1}\right) a_1, \quad (2.93)$$

где  $l_1, l_2$  – плечи рычага,  $l_1 = \max$ ;  $l_2 = \min$ . Так как длины плеч рычагов изготавливают с допуском  $\pm 0,05$  мм. Принимаю  $l_1 = 45,05$ ,  $l_2 = 44,95$ ;  $a_1$  – перемещение плеч рычага

$$\Delta_{p1} = \left(1 - \frac{44,95}{45,05}\right) 0,05 = 0,0001$$

Погрешность вследствие зазора между отверстием и осью  $\Delta_{p2}$

$$\Delta_{p2} = \frac{s(l_1 + l_2)}{l_1} = S(1 + k), \quad (2.94)$$

$$\Delta_{p2} = 0,015(1 + 0,002) = 0,015$$

где:  $s$ -зазор между отверстием и осью(зазор обеспечивающийся притиркой оси по втулке не более 0,015);  $k = l_2/l_1$

$$\Delta_p = \sqrt{0,0001^2 + 0,015^2} = 0,015$$

$$\Delta_{\text{мет}} = \sqrt{0,0275^2 + 0,012^2 + 0,002^2} = 0,03 \text{ мм} \leq [\Delta]_{\text{изм}}$$

#### 2.4 Проектирование схвата 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

					15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		70

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 реечно-рычажного механизма приведенного на рисунке 2.6:

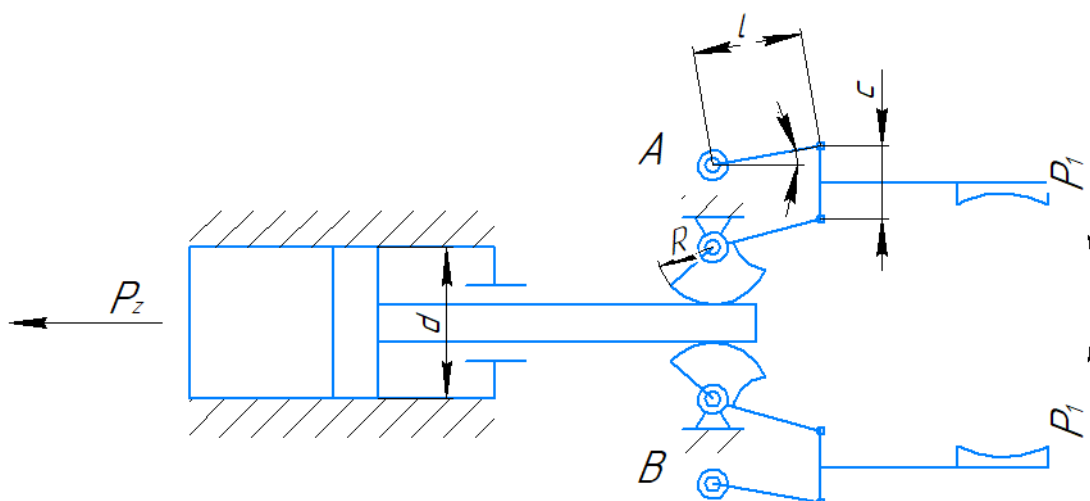


Рисунок 2.6 - Расчетная схема рычажного механизма (схвата)

Исходные данные:

- Транспортируемая деталь – Круглая заготовка диаметром от 30мм до 60 мм;
- Масса детали – 7,75 кг
- Принятое максимальное ускорение при переносе детали,  $a=5 \text{ м/с}^2$

Данная конструкция губок за счёт цилиндрических роликов обеспечивает возможность поворота детали, имеющей дисбаланс.

Определяю требуемое усилие для удержания транспортируемой детали, считая, что удержание детали происходит за счёт сил трения.

$$P = m(g + a)K_1 * K_2, \quad (2.95)$$

где  $m$  – масса удерживаемой детали, кг;

$g$  – ускорение силы тяжести ( $9,8 \text{ м/с}^2$ );

$a$  – Ускорение центра масс при транспортировке  $\text{м/с}^2$ ;

$K_1$  – Коэффициент, зависящий от формы губок схвата, положения детали по отношению к губкам схвата и направления действия силы тяжести.

Значения выбираю из таблицы 1 [11, с.32]

$K_2 = 1,5 \dots 2,0$  – коэффициент запаса.

Приняв значения коэффициента трения  $\mu = 0,15$ , а  $K_2 = 1,5$  определяю требуемое усилие удержания  $P_1$  :

$$P_1 = 7,75(9,8 + 5) \frac{\sin 45^\circ}{2 * 0,15} * 1,5 = 405 \text{ Н}$$

Усилие привода  $P_2$  для принятой схемы схвата

$$P_2 = \frac{2P_1 l \cos \theta}{R}, \quad (2.96)$$

Из конструктивных соображений принимаем  $l = 100 \text{ мм}$ ,

Угол  $\theta$  определим из величины максимального перемещения губок

$$S = \frac{D_{max} - D_{min}}{2} + \Delta, \quad (2.97)$$

где  $D_{max}$  – максимальный диаметр детали, мм;

$D_{min}$  – минимальный диаметр детали, мм;

$\Delta$  - дополнительный ход губок для выхода губок от поверхности детали, принимаю  $\Delta = 20 \text{ мм}$ .

$$S = \frac{65 - 60}{2} + 20 = 37,5 \text{ мм}$$

Тогда

$$\theta = \arcsin \frac{S}{l} \quad (2.98)$$

$$\theta = \arcsin \frac{37,5}{100} = \arcsin 0,375 = 22^\circ$$

Радиус зубчатого сектора  $R$  определяю из расчёта зубчато-реечной передачи на выносливость по изгибу

$$m = 14 \sqrt[3]{\frac{Y_F K_{F\beta} T}{Z^2 \psi_{bd} \sigma_{FP}}}, \quad (2.99)$$

где  $Z = 17$  – число зубьев;

$Y_F = 4,26$  – коэффициент формы зуба

$\psi_{bd} = 0,6$  – коэффициент ширины венца;

$K_{F\beta} = 1,08$  – коэффициент, учитывающий распределение

нагрузки по ширине венца;

$\sigma_{FP} = 320$  МПа – допускаемое напряжение при расчёте на изгибную прочность;

$T = 5000 * 0,15$  Нм – крутящий момент, передаваемый реочным колесом

Тогда

$$m = 14 \sqrt[3]{\frac{4,26 * 1,08 * 5000 * 0,15}{17^2 * 0,6 * 320}} = 4,68 \text{ мм}$$

Принимаем  $m = 5$  мм. При этом радиус зубчатого сектора

$$R = \frac{mz}{2} \quad (2.100)$$

$$R = \frac{5 * 17}{2} = 42,5 \text{ мм}$$

Зная параметры зубчатого сектора рассчитываю потребное усиление привода

$$P_2 = \frac{2 * 405 * 0,1 * 0,93}{0,0425} = 13129 \text{ Н}$$

Определим необходимый диаметр гидроцилиндра привода схвата

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{4P_2}{p\pi}}, \quad (2.101)$$

где  $p$  – давление масла в гидросистеме, МПа. Принимаем  $p = 12,5$  МПа

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{4 * 13129}{12,5 * 3,14}} = 37 \text{ мм}$$

					15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		73

Принимаем стандартное значение диаметра гидроцилиндра  $d=50$ мм.

Из конструктивных соображений принимаем расстояние между шарнирами в рычагах  $c = 60$ мм. Тогда усилие, действующее на шарниры.

$$F_{\text{ш}} = \frac{P_1 l}{c} \quad (2.102)$$

$$F_{\text{ш}} = \frac{405 * 0.1}{0.06} = 675 \text{Н}$$

Диаметр шарниров выбираем из расчёта на срез

$$d_{\text{ш}} = \frac{4F_{\text{ш}}}{\pi[\tau_{\text{ср}}]}, \quad (2.103)$$

где  $[\tau_{\text{ср}}] = 120$  МПа – допускаемое напряжение среза для стали 45

$$d_{\text{ш}} = \frac{4 * 675}{3,14 * 120} = 7,16 \text{ мм}$$

Принимаем  $d_{\text{ш}} = 10$  мм.

Проверяем шарниры на смятие, задаваясь допускаемым напряжением на смятие для стали 45  $[\sigma_{\text{см}}] = 80$  МПа

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2F_{\text{ш}}}{\pi d_{\text{ш}} b}, \quad (2.104)$$

где  $b = 30$  мм – принятая ширина шарнира

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2 * 675}{3.14 * 10 * 30} = 1,43 \text{ МПа} < 80 \text{ МПа}$$

Таким образом для данного схвата принимаем модуль зубчато-реечной передачи  $m = 5$  мм, радиус делительной окружности  $R = 42,5$  мм, диаметр гидроцилиндра привода схвата  $d=50$  мм, диаметр шарниров в рычагах  $d_{\text{ш}} = 10$  мм.

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		74

### 3 АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

#### 3.1 Выполнение симуляции мех. обработки на станках с ЧПУ

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

Одной из таких систем является программа FeatureCAM, на которой мы выполнили механическую обработку детали «Кронштейн крепления камер двигателя». Несколько операций, выполненных в этой программе, представлены ниже на рисунках

Операция 010 обработка ф30 резцом фирмы Iscar со сменными пластинами, режущая пластина WNMM 130612-B25 (NC-3030)

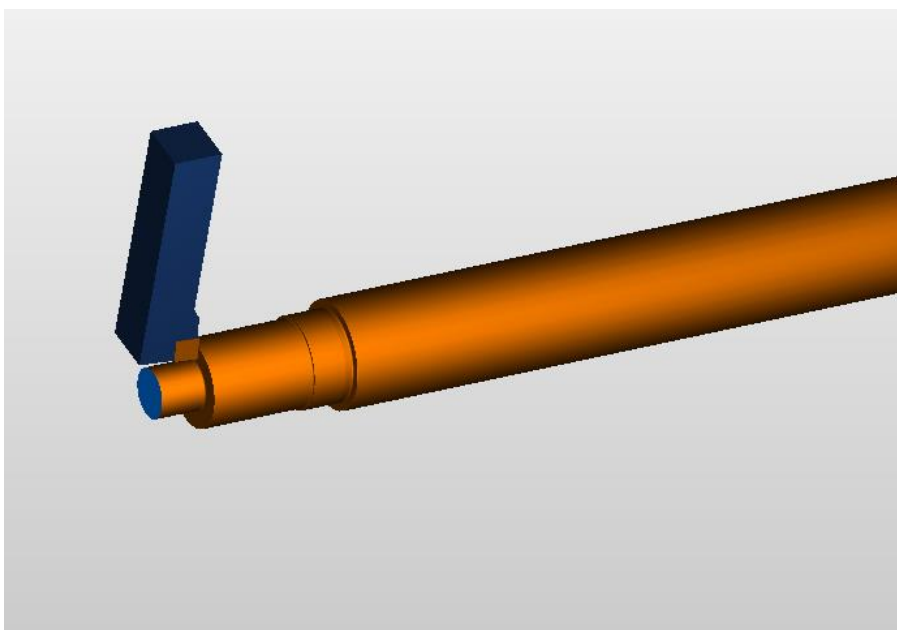


Рисунок 3.1

Операция 010 обработка ф51,5 резцом фирмы Iscar со сменными пластинами, режущая пластина WNMM 130612-B25 (NC-3030)

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		75

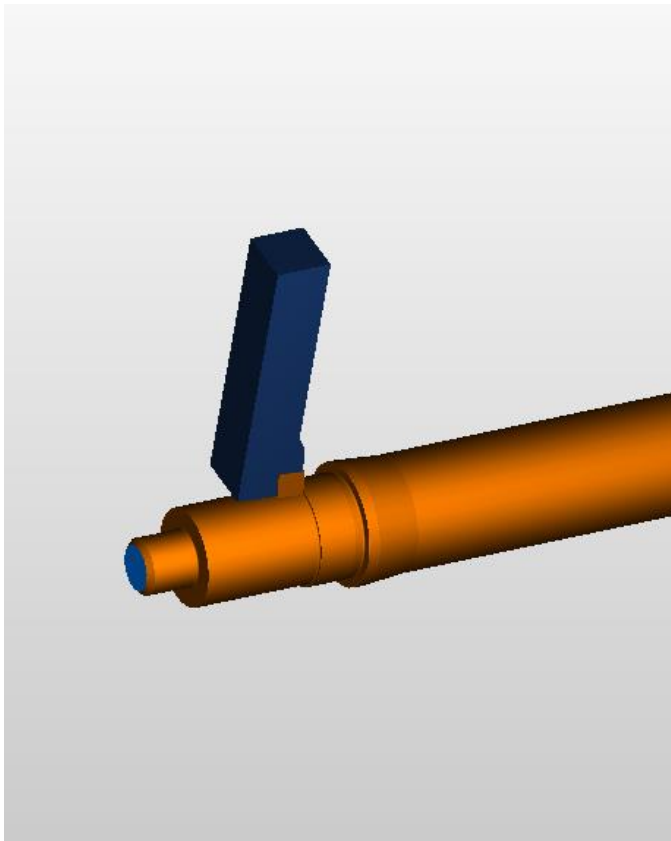


Рисунок 3.2

Операция 010 обработка ф55 резцом фирмы Iscar со сменными пластинами, режущая пластина WNMM 130612-B25 (NC-3030)

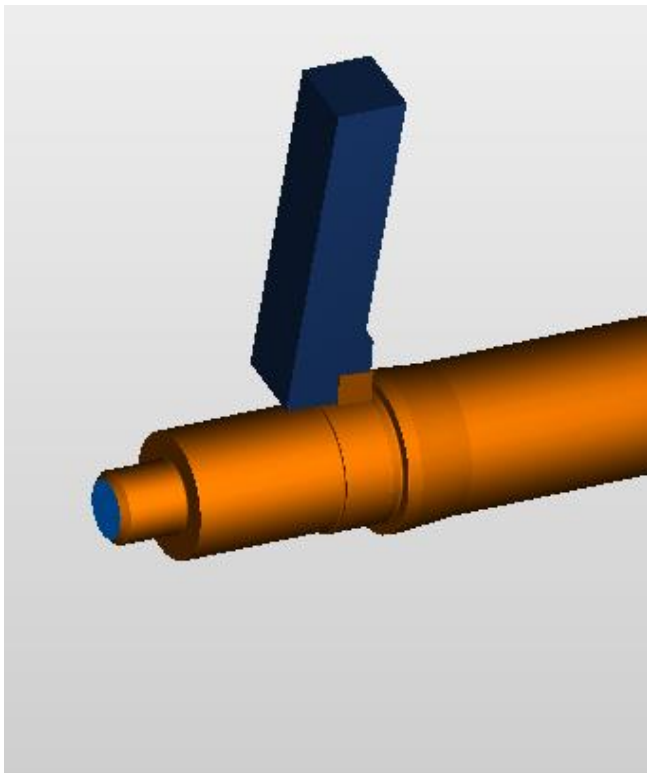


Рисунок 3.3

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		76



Операция 010 обработка конусной поверхности резцом фирмы Iscar со сменными пластинами, режущая пластина WNMM 130612-B25 (NC-3030)

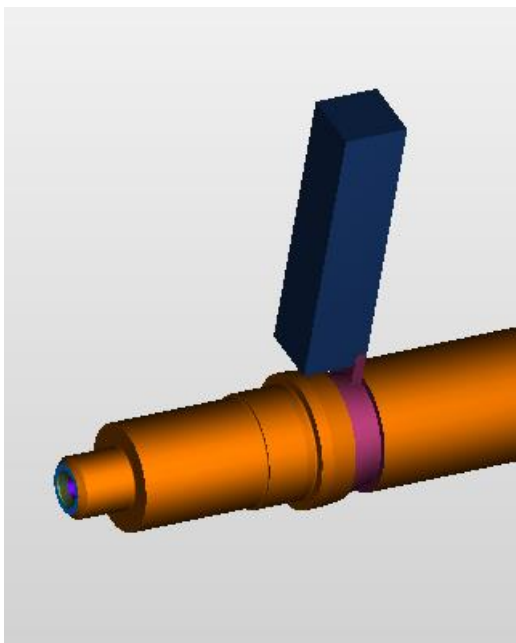


Рисунок 3.4

Операция 015 обработка ф 51,5 резцом фирмы Iscar со сменными пластинами, режущая пластина WNMM 130612-B25 (NC-3030)

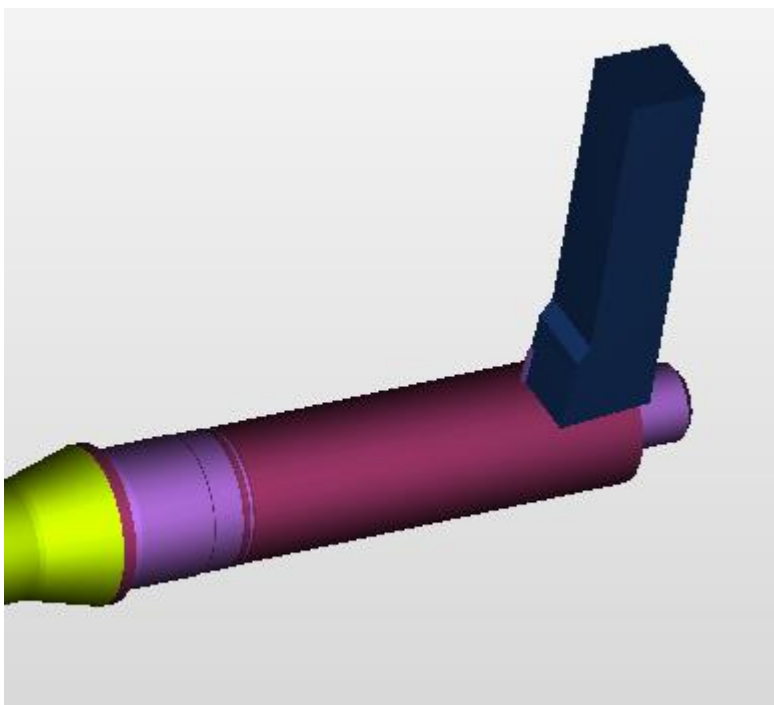


Рисунок 3.5

Операция 015 обработка ф 53,3 резцом фирмы Iscar со сменными пластинами, режущая пластина WNMM 130612-B25 (NC-3030)

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		77

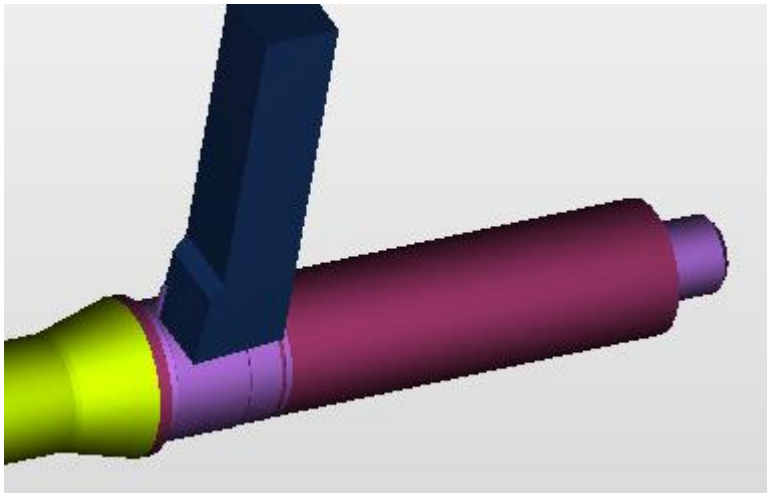


Рисунок 3.6

### 3.2 Построение 3D модели контрольного приспособления

CAD-системы (компьютерная поддержка проектирования) -предназначены для решения конструкторских задач и оформления конструкторской документации. В современные САД-системы входят модули моделирования трехмерной объемной конструкции (детали), модули оформления чертежей и текстовой конструкторской документации (спецификаций, ведомостей и т.д.). Ведущие трехмерные САД-системы позволяют реализовать идею сквозного цикла подготовки и производства сложных промышленных изделий.

Построение контрольного приспособления осуществляем с помощью программы КОМПАС-3D, которая относится к САД-системам.

Перед созданием сборки контрольного приспособления, необходимо сделать 3D модели всех деталей, входящих в нее, отдельно друг от друга. Только затем, поэтапно, можно собирать приспособление.

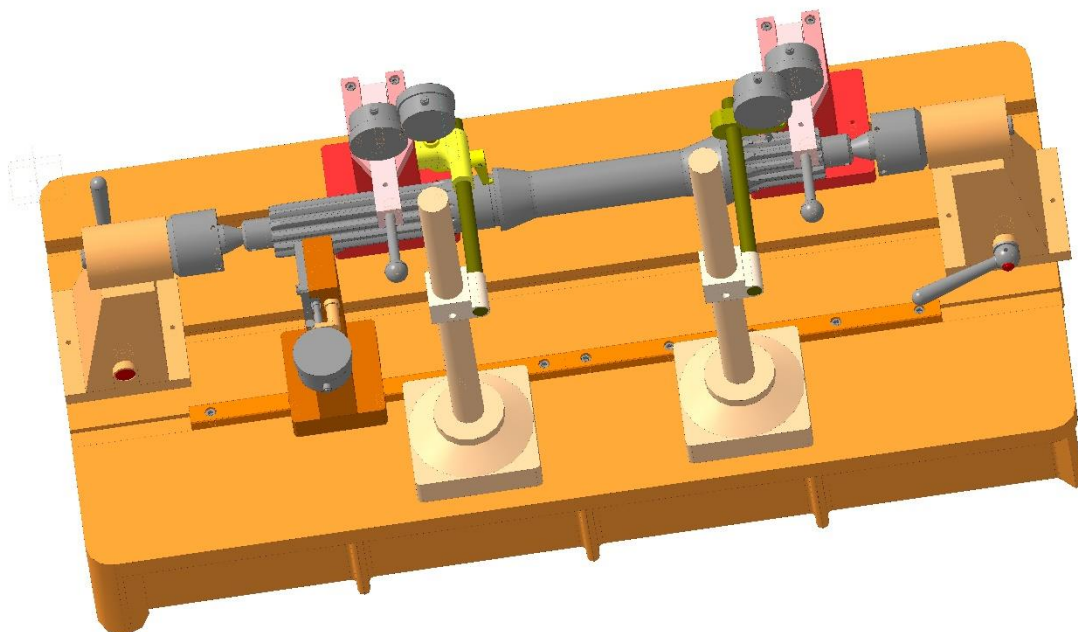


Рисунок 3.7

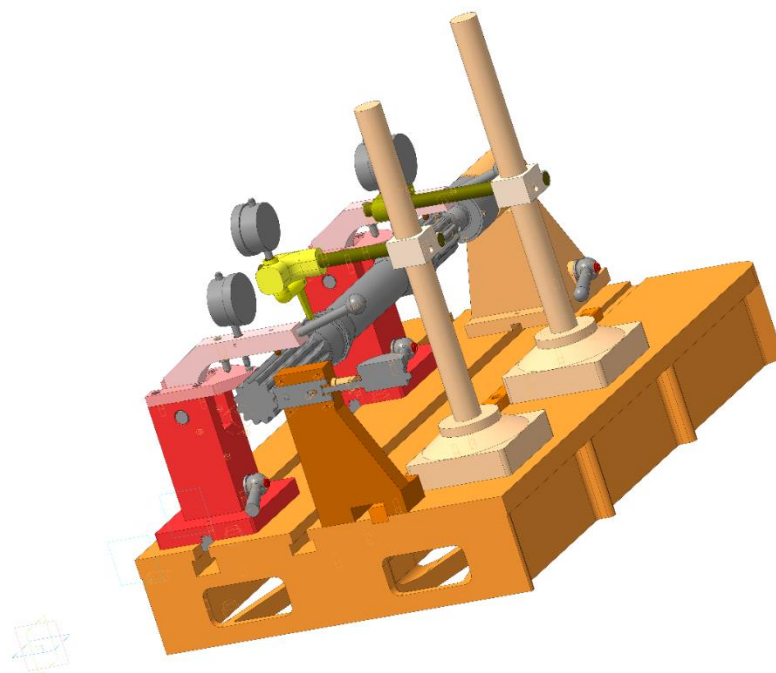


Рисунок 3.8

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ

Лист

79

### 3.3 Создание технологического процесса обработки детали «вал ведущей шестерни»

Отечественным лидером в области технологической автоматизации машиностроения является система автоматизированного проектирования технологических процессов Вертикаль.

САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ позволяет:

- проектировать технологические процессы в нескольких автоматизированных режимах;
- рассчитывать материальные и трудовые затраты на производство;
- рассчитывать режимы резания, сварки и другие технологические параметры;
- автоматически формировать все необходимые комплекты технологической документации в соответствии с ГОСТ РФ и стандартами, используемыми на предприятии (требуется дополнительная настройка);
- вести параллельное проектирование сложных и сквозных техпроцессов группой технологов, в реальном режиме времени;
- осуществлять проверку данных в техпроцессе (на актуальность справочных данных, а также нормоконтроль);
- поддерживать процесс построения на предприятии единого информационного пространства для управления жизненным циклом изделия от разработки до утилизации.

С помощью этой программы был спроектирован технологический процесс обработки детали «вал ведущей шестерни».

Отдельные действия, совершаемые в ВЕРТИКАЛИ, представлены ниже на рисунках.

Для начала мы добавляем 3D модель обрабатываемой детали и ее чертеж.

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		80

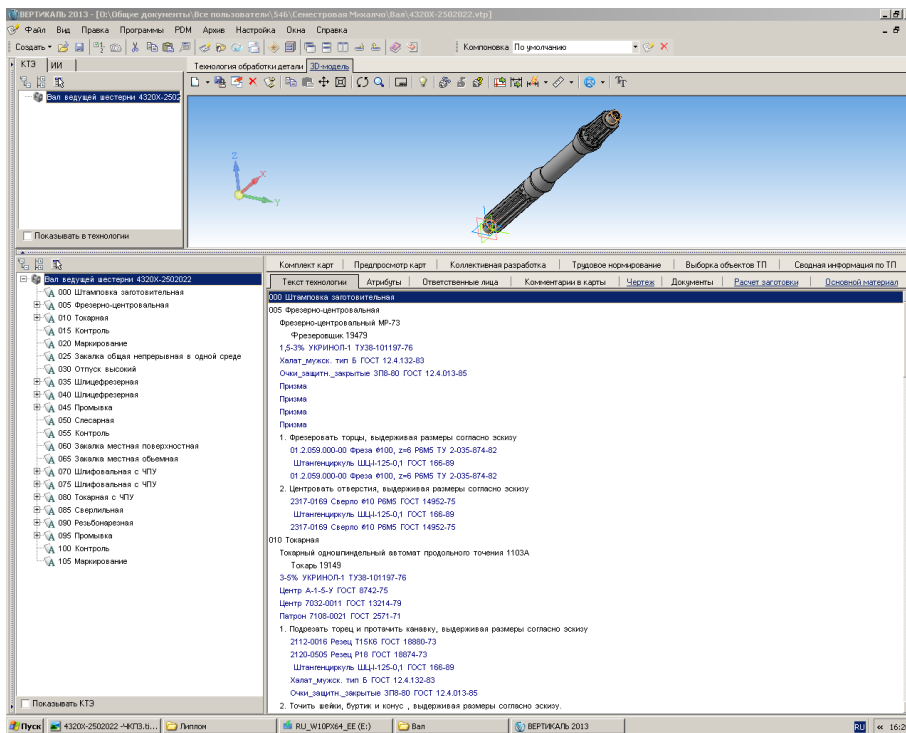


Рисунок 3.9

Далее, постепенно, мы начинаем добавлять необходимые операции с переходами. Для каждой операции, из библиотеки, мы выбираем: станки, режущие инструменты, вспомогательные инструменты, измерительные инструменты, приспособления, средства защиты, СОЖ и т.д.

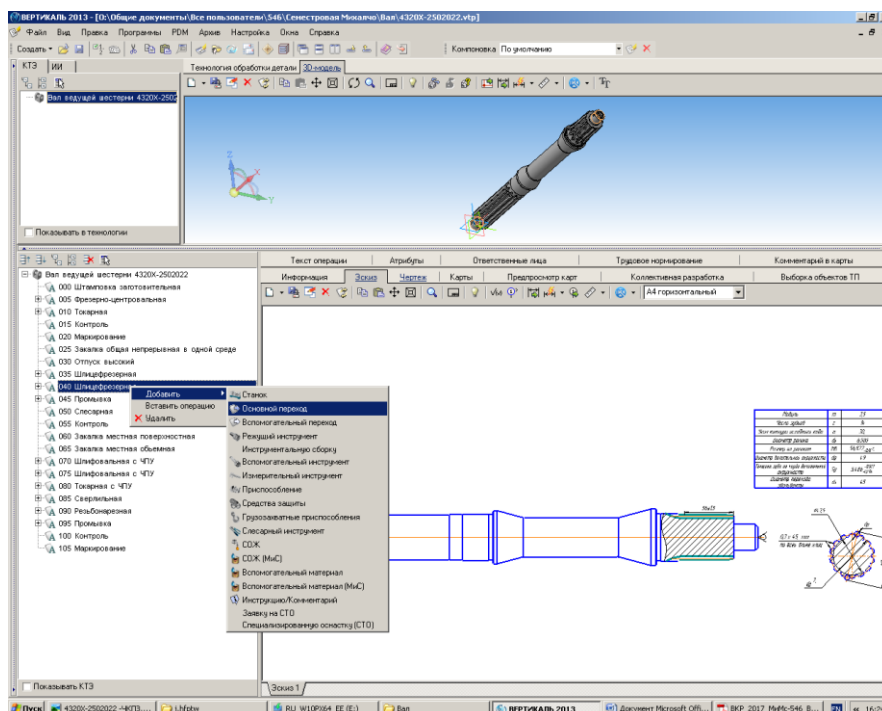


Рисунок 3.10

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат
------	------	----------	---------	-----

15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ

#### 4 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

4.1 Расчет количества единиц технологического оборудования и коэффициента загрузки оборудования по операциям

Такт выпуска:

$$\tau_p = \frac{F_o \cdot 60}{N}, \quad (4.1)$$

$$\tau_p = \frac{3985 \cdot 60}{9000} = 26,6 \text{ мин}$$

где  $F_o = 3985$  ч – эффективный годовой фонд;  $N$  - годовая программа выпуска.

Действительный такт выпуска:

$$\tau = \tau_p \left(1 - \frac{\beta}{100}\right), \quad (4.2)$$

$$\tau = 26,6 \left(1 - \frac{8}{100}\right) = 24,47 \text{ мин}$$

где  $\beta$  – потери времени.

Определение числа станков и коэффициента загрузки по операциям:

Расчётное число станков определяю по формуле:

$$C_p = \frac{t_{ш}}{\tau} \quad (4.3)$$

Коэффициент загрузки определяю по формуле :

$$k_3 = \frac{C_p}{C_{пр}} \quad (4.4)$$

Фрезерно-центральная

Расчетное число станков:

$$C_p = \frac{2,87}{24,47} = 0,12$$

Принимаем  $C_{пр} = 1$

Коэффициент загрузки:

$$k_3 = \frac{0,12}{1} = 0,12$$

1) Токарная с ЧПУ

Расчетное число станков:

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		82

$$C_p = \frac{4,45}{24,47} = 0,18$$

Принимаем  $C_{пр} = 1$   
Коэффициент загрузки:

$$k_3 = \frac{0,18}{1} = 0,18$$

2) Токарная с ЧПУ

Расчетное число станков:

$$C_p = \frac{3,76}{24,47} = 0,15$$

Коэффициент загрузки:

$$k_3 = \frac{0,15}{1} = 0,15$$

Обработка ведется на станке с пред идущей операции

3) Шлицефрезерная

Расчетное число станков:

$$C_p = \frac{21,53}{24,47} = 0,88$$

Принимаем  $C_{пр} = 1$   
Коэффициент загрузки:

$$k_3 = \frac{0,88}{1} = 0,88$$

4) Шлицефрезерная

Расчетное число станков:

$$C_p = \frac{9,806}{24,47} = 0,4$$

Принимаем  $C_{пр} = 1$   
Коэффициент загрузки:

$$k_3 = \frac{0,4}{1} = 0,4$$

5) Шлфовальная с ЧПУ

Расчетное число станков:

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		83

$$C_p = \frac{3,01}{24,47} = 0,12$$

Принимаем  $C_{пр} = 1$

Коэффициент загрузки:

$$k_3 = \frac{0,12}{1} = 0,12$$

б) Шлифовальная с ЧПУ

Расчетное число станков:

$$C_p = \frac{1,99}{24,47} = 0,08$$

Коэффициент загрузки:

$$k_3 = \frac{0,08}{1} = 0,08$$

Обработка ведется на станке с пред идущей операции

7) Токарная с ЧПУ

Расчетное число станков:

$$C_p = \frac{0,945}{24,47} = 0,04$$

Коэффициент загрузки:

$$k_3 = \frac{0,04}{1} = 0,04$$

8) Сверлильная

Расчетное число станков:

$$C_p = \frac{1,93}{24,47} = 0,08$$

Принимаем  $C_{пр} = 1$

Коэффициент загрузки:

$$k_3 = \frac{0,08}{1} = 0,08$$

9) Резботокарная

Расчетное число станков:

$$C_p = \frac{2,48}{24,47} = 0,1$$

Коэффициент загрузки:

$$k_3 = \frac{0,1}{1} = 0,1$$

Коэффициент загрузки для токарных операций :

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		84





Для начала рассчитываем высоту  $H_1$  до головки подкранового рельса по формуле [12, с. 180]

$$H_1 = h_1 + h_2 + h_3 + h_4, \quad (4.6)$$

где  $h_1$ - максимальная высота габаритного оборудования;

$h_2$ - минимально допустимое расстояние между станком и грузом;

$h_3$ - высота транспортируемых грузов со стропами;

$h_4$ - высота крана по паспорту, характеризует расстояние от верхней точки положения крюка, до рельсового пути.

Расчетное значение  $H_1$ , приводят к стандартному значению, округляя в большую сторону и в соответствии с ним определяют высоту пролета.

Кран выбираем мостовой электрический однобалочный опорный типа I исполнения А ГОСТ 22045-89: 1-А-3,2-16,5-12-380

Так как ширина пролета 18, то выбираем по [11, таблица П1]  $L_k = 16,5$  м.

Габаритные размеры многоцелевого станка ВСМ-206-М-13  
- 5630 x 3405 x 2700

Максимальная высота, то есть  $h_1 = 2,7$  м;

По [12, таблица П1]  $h_4 = 0,77$  м;

$h_3 = 2$  м (1,1 м тара и 1,1 м тропы);

$h_2 = 0,4$  м.

$$H_1 = 3,1 + 0,4 + 2,2 + 0,77 = 6,47 \text{ м}$$

Принимаем:  $H_1 = 6,95$  м по таблице 7.1 [1, с.43]

Высота пролета:

$$H = H_1 + A + M \quad (4.7)$$

где  $A$  – габаритный размер крана,  $M$  – минимальное расстояние от потолка до крана.

$$H = 6,47 + 1,61 + 0,1 = 8,18 \text{ м}$$

Принимаем  $H = 9,6$  м по таблице 7.1 [12, с.43]

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		86

### 4.3 Выбор подъёмно транспортного средства

Для здания высотой 9,6 м и крана грузоподъемностью 3,2 т принимаем колонну 7КК96 по ГОСТ25628-90 для каркасов зданий, оборудованных мостовыми электрическими опорными кранами, с размерами 400х600 мм

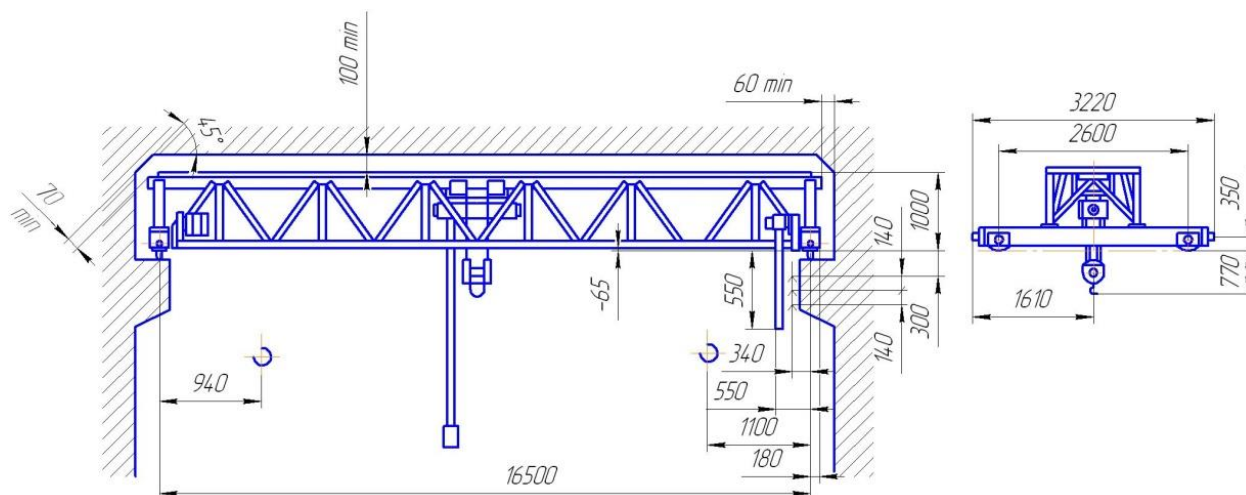


Рисунок 4.1- Схема поперечного разреза и плана пролета крана мостового электрического однобалочного опорного 1-А-3,2-16,5-12-380 ГОСТ 22045-89.

### 4.4 Метод устранения стружки. Метод снабжения участка СОЖ

В процессе обработки детали образуются в основном элементная стружка или элементарная. От станков стружка убирается вручную в тару для стружки с помощью крючков, совков и щеток.

В данном случае критерием выбора системы удаления стружки служит количество стружки в год, приходящейся на 1 кв. метр участка.

$$N_{\text{стр}} = \frac{(m_3 - m_д)N \cdot 10^{-3}}{S} \quad (4.8)$$

где  $m_3$  – масса заготовки, кг;

$m_д$  – масса детали, кг;

$N$  – годовая программа выпуска, шт;

$S$  – площадь участка, м<sup>2</sup>.

$$N_{\text{стр}} = \frac{(10,95 - 7,75) \cdot 9000 \cdot 10^{-3}}{9,6 \cdot 30} = 1 \text{ т/м}^2$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ

Лист

87

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

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

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		88

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 5.1 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>);
- максимальная (количество влаги при полном насыщении воздуха при данной температуре);
- относительная (отношении абсолютной влажности к максимальной, %).

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

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

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

На участке механической обработки корпуса температура составляет 20°С, 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

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		89

аэрозоли, токсичных газов и паров. Предельно допустимые концентрации в воздухе рабочей зоны масляного аэрозоля – 5 мг/м<sup>3</sup>. [13, с. 24]

## 5.2 Производственное освещение

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;

					15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		90

- 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 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°.

### 5.3 Пожарная безопасность

Пожаром называется неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее материальный ущерб. Он характеризуется: образованием открытого огня и искр; повышенной температурой воздуха, предметов и т. п., токсичных продуктов горения и дыма; пониженной концентрацией кислорода; повреждением зданий, сооружений и установок; возникновением взрывов. Все это относится к опасным и вредным факторам, воздействующим на людей [13].

Так как в технологическом процессе, изготовления детали Кронштейн, применяем горючие вещества, то опасность пожара и взрыва может возникнуть как внутри аппаратуры, так и вне ее, в помещении и на открытых площадках. Большую опасность представляют аппараты, емкости и резервуары с горючими жидкостями, так как они не бывают заполнены до предела и в пространстве над уровнем жидкости образуется паровоздушная взрывоопасная смесь.

При планировке предприятия, мы предусматриваем удобный подъезд пожарных автомобилей к зданиям, также специально отведенные места для курения.

Для прекращения горения необходимо: не допустить проникновения в

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		91

зону горения окислителя, а также горючего вещества; охладить эту зону ниже температуры воспламенения; разбавить горючие вещества негорючими;); механически срывать пламя. На этих принципиальных методах и основаны известные способы и приемы тушения пожаров. К огнегасительным веществам относятся: вода, химическая и воздушно- механическая пены, водные растворы солей, инертные и негорючие газы, водяной пар, галоидоуглеводородные огнегасительные составы и сухие огнетушащие порошки.

При планировке цеха, мы предусмотрели пожарный щит с инвентарем и ящиком с песком. Все элементы смонтированы и постоянно находятся в готовности к действию. Так же присутствуют огнетушители, для тушения загораний и пожаров в начальной стадии их развития.

#### 5.4 Вентиляция

Эффективным средством обеспечения допустимых показателей микроклимата воздуха рабочей зоны является промышленная вентиляция. Вентиляцией называется организованный и регулируемый воздухообмен, обеспечивающий удаление из помещения воздуха и подачу на его место свежего.

При проектировании здания, мы использовали естественную вентиляцию. Это система вентиляции, перемещение воздушных масс в которой осуществляется благодаря возникающей разности давлений снаружи и внутри здания. При действии ветра на поверхностях здания с подветренной стороны образуется избыточное давление, на наветренной стороне- разрежение. Эту естественную вентиляцию, мы реализуем в виде аэрации, которая представляет собой организованную естественную обменную

вентиляцию помещения в результате поступления и удаления воздуха через открывающиеся фрамуги окон и фонарей. Воздухообмен в помещении

регулируем различной степенью открывания фрамуг. Основным достоинством аэрации является возможность осуществлять большие

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		92



воздухообмены без затрат механической энергии. К недостаткам аэрации следует отнести то, что в теплый период года эффективность аэрации может существенно падать вследствие повышения температуры наружного воздуха и то, что поступающий в помещение воздух не очищается и не охлаждается.

Для устранения этого недостатка, есть возможность использования кондиционеров. С помощью кондиционирования воздуха, можно поддерживать в помещении заранее заданные метеорологические условия, независимо от изменения наружных условий и режимов внутри помещения. При кондиционировании автоматически регулируется температура воздуха, его относительная влажность и скорость подачи в помещение в зависимости от времени года, наружных метеорологических условий и характера технологического процесса в помещении [12].

#### 5.5 Несчастные случаи

Несчастный случай- это событие, в результате которого, застрахованный работник получает увечье или иное повреждение здоровья.

Несчастные случаи на производстве по степени тяжести повреждения здоровья подразделяются на 3 категории: тяжелые (потеря трудоспособности составляет более 6 месяцев и летальный исход), средней тяжести (потеря трудоспособности составляет 3-6 месяцев) и легкие (потеря трудоспособности составляет 90 дней). Квалифицирующими признаками тяжести повреждения здоровья при несчастном случае на производстве являются: характер полученных повреждений здоровья и осложнения, связанные с этими повреждениями, а также развитие и усугубление имеющихся хронических заболеваний в связи с получением повреждения; последствия полученных

повреждений здоровья. Наличие одного из квалифицирующих признаков является достаточным для установления категории тяжести несчастного

случая на производстве. Признаками тяжелого несчастного случая на производстве являются также повреждения здоровья, угрожающие жизни пострадавшего [15].

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		93

Работодатель или лицо, им уполномоченное, при несчастном случае обязан:

- обеспечить оказание пострадавшему первой помощи, а при необходимости – доставку его в лечебное учреждение;
- организовать формирование комиссии по расследованию;
- обеспечить сохранение до начала расследования обстановки на рабочем месте (если это не угрожает жизни и здоровью работников и не приведет к аварии), при невозможности сохранить на рабочем месте обстановку – составить протокол осмотра, схему (эскизы) места происшества с указанием точного расположения пострадавшего и механизмов, оборудования до и после происшества несчастного случая, произвести фотографирование места происшества;
- сообщить в течение суток по установленной форме о каждом групповом несчастном случае на производстве (два или более пострадавших), тяжелом несчастном случае, несчастном случае со смертельным исходом.

Расследование проводит комиссия, утвержденная приказом руководителя организации. В состав комиссии по расследованию несчастных случаев в соответствии с нормами статьи 229 Трудового кодекса РФ должно быть включено не менее трех человек, однако во всех случаях комиссия формируется из нечетного количества членов.

Состав комиссии входят: специалист по охране труда; представители работодателя; представители общественной организации, уполномоченной представлять интересы трудового коллектива.

Несчастные случаи, произошедшие с работниками сторонних организаций, расследуются с участием полномочного представителя этих организаций.

Срок расследования – 3 календарных дня с момента происшества.

На каждый несчастный случай оформляется акт по форме Н-1, который подписывается членами комиссии, утверждается работодателем и заверяется

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		94

печатью организации. При тяжелых и групповых несчастных случаях, в состав комиссии, кроме трех человек, входит представитель

прокуратуры и составляется акт форме Н-2 [16].

Виды наказания бывают: административное (выговор); материальное (лишение премии; перевод на нижеоплачиваемую работу); уголовное (лишение свободы; исправительные работы; штрафы).

По времени и характеру проведения инструктажи подразделяют на вводный, первичный на рабочем месте, повторный, внеплановый и целевой. Для всех лиц, которые принимаются на работу, для работников, переводимых на другую работу, работодатель обязан провести инструктаж по охране труда. Все лица, принимаемые на работу, командированные в организацию работники и работники сторонних организаций, выполняющие работы на выделенном участке, учащиеся образовательных учреждений соответствующих уровней, проходящие в организации производственную практику, и другие лица, участвующие в производственной деятельности организации, проходят вводный инструктаж, который проводится специалистом по охране труда или работником. Первичный инструктаж на рабочем месте, повторный, внеплановый и целевой инструктажи проводит непосредственный руководитель работ, прошедший в установленном порядке обучение по охране труда и проверку знаний требований охраны труда. Проведение инструктажей по охране труда включает в себя: ознакомление работников с имеющимися опасными или вредными производственными факторами, изучение требований охраны труда, содержащихся в локальных нормативных актах организации, инструкциях по охране труда, технической, эксплуатационной документации, а также применение безопасных методов и приемов выполнения работ. Инструктаж по охране труда завершается устной проверкой приобретенных работником знаний и навыков безопасных приемов работы лицом, проводившим инструктаж.

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		95

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы выполнены все поставленные задачи. Улучшен технологический процесс изготовления детали «Вала ведущей шестерни» с назначенным на него необходимым технологическим оборудованием. Спроектированы станочные и контрольные приспособления, позволяющие надежно закрепить изделий на станке при его обработке или проверить точность назначенного допуска. В строительном разделе спроектирован участок механической обработки и назначено необходимое число технологического оборудование и рабочих. Установлены требования по охране труда к процессу изготовления детали и участку, на котором изделие обрабатывается. Для обеспечения безопасной работы на спроектированном участке, рассмотрены требования по охране труда и установлены нормы, способствующие благоприятному микроклимату окружающей рабочего обстановки. Для обеспечения автоматизации проектирования спроектирована 3D-модель контрольного приспособления, с которого в итоге получен рабочий чертеж. Спроектирован технологический процесс с помощью специальных САПР-ТП систем и показана визуализация обработки детали на станке с ЧПУ.

					<i>15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		96

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология машиностроения: Методические указания по курсовому проектированию; Ю.Г.Миков, С.Г. Чиненов; Челябинск: ЧГТУ, 1996.-46с
2. Размерный анализ технологических процессов в курсовом и дипломной проектировании; Ю.Г. Миков, В.Ю. Рогинский; Челябинск: ЮУрГУ, 2000.-80с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – 4-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 1985. 495 с., ил. Общемашиностроительные нормативы режимов резания, 1 том; А.Д.Локтев, И.Ф.Гущин, В.А.Батуев и др.; Москва: Машиностроение, 1991.-640с.
4. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с ЧПУ / Под ред. В.И. Гузеев - М.: Машиностроение, 2005.
5. Общемашиностроительные нормативы времени / издание второе - М.: Машиностроение, 1974
6. Проектирование червячных фрез: учебное пособие/О.Б. Кучина; по ред. Ю.Г.Микова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008.-46с.
7. Справочник конструктора инструментальщика/ Под ред. В.И. Баранчиков - М.: Машиностроение, 2006.
8. Миков Ю.Г., Кучина О.Б. Проектирование приспособлений: Учебное пособие. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 63 с.
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. [https://znaytovar.ru/gost/2/GOST\\_57768\\_Indikatory\\_chasovog.html](https://znaytovar.ru/gost/2/GOST_57768_Indikatory_chasovog.html)

					15.03.05. 2018.596.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		97

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

12. Проектирование машиностроительного производства. Учебное пособие к практическим занятиям / О.Б. Кучина; под ред. Ю.Г. Микова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. -63с.

13. Пожарная безопасность технологических процессов. Горячем С.А., Молчанов С.В., Назаров В.П., Панасевич Л.Т., Петров А.П., Рубцов В.В., Москва, 2007г.

14. 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. 2018.596.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		98