

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»  
Институт открытого и дистанционного образования  
Кафедра «Техника, технологии и строительство»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой,  
\_\_\_\_\_ К.М. Виноградов  
\_\_\_\_\_ 03 июля \_\_\_\_\_ 2020 г.

Проектирование участка механической обработки детали "Колесо"

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ–15.03.05.2020.160.00.000 ПЗ ВКР

Строительный раздел,  
ст. преподаватель  
\_\_\_\_\_ А.А. Дериглазов  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Руководитель работы,  
доцент, к.т.н.  
\_\_\_\_\_ Р. Г. Закиров  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Автор работы  
студент группы ДО-505  
\_\_\_\_\_ О. Е. Кидяйкина  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Нормоконтролер,  
преподаватель  
\_\_\_\_\_ О.С. Микерина  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Челябинск 2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	8
1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ .....	9
1.1 Назначение и описание узла и работы детали в узле .....	9
1.2 Служебное назначение детали и технические требования,.....	10
предъявляемые к ней .....	10
1.3 Анализ соответствия требований чертежа детали требованиям ее назначения.....	11
1.4 Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений.....	12
1.5 Задачи проектирования .....	16
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ РАЗДЕЛ .....	17
2.1 Анализ технологичности детали и существующего технологического процесса.....	17
2.2 Разработка маршрута проектного технологического процесса .....	19
2.2.1 Разработка последовательности обработки поверхностей детали .....	19
2.2.2 Выбор способов обработки и определение необходимого количества переходов для обработки поверхностей детали.....	20
2.2.3 Формирование операций и технологического маршрута обработки детали. ....	27
2.3 Разработка предлагаемого технологического процесса.....	30
2.3.1 Выбор исходной заготовки и метода ее изготовления.....	30
2.3.2 План операций ,переходов технологического процесса.....	30
2.4 Расчет режимов резания и норм времени.....	42
2.4.1 Описание режущего инструмента, применяемого в проектном ТП... ..	42
2.4.2 Описание способов крепления режущего инструмента в оборудование, применяемое в проектном ТП.....	44
2.4.3 Расчет режимов резания на основании рекомендации фирмы-производителя.....	46
2.5 Размерный анализ разработанного технологического процесса.....	49
2.5.2 Оформление размерных схем и составление уравнений технологических размерных цепей .....	50

3	КОНСТРУКТОРСКАЯ РАЗДЕЛ .....	57
3.1	Проектирование червячной фрезы .....	57
3.2	Проектирование сверла с СМП .....	62
3.3	Проектирование станочного приспособления .....	65
3.3.1	Разработка принципиальной схемы СП .....	65
3.3.1.1	Расчет режимов резания .....	67
3.3.2	Расчет усилия зажима заготовки .....	67
3.4	Проектирование станочного приспособления для фрезерной операции с ЧПУ .....	73
3.5	Проектирование приспособления для контроля радиального биения. ....	74
4	СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ .....	78
4.1	Определение количества оборудования и работающих. ....	78
4.1.1	Определение действительного годового фонда времени работы рабочего.....	78
4.1.2	Определение состава участка. ....	78
4.1.3	Расчет потребного количества производственного оборудования механического отделения.....	79
4.1.4	Расчет численности персонала цеха.....	79
4.2	Выбор типов и определение количества транспортных средств. ....	81
4.3	Планировка оборудования.....	82
4.3.1	Выбор типа, формы и определение размеров здания.....	82
4.4	Расчет площадей для складирования заготовок и деталей .....	83
5	БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	84
5.1	Шумо- вибробезопасность .....	86
5.2	Мероприятия по борьбе с шумом и вибрацией .....	88
5.3	Расчет общего искусственного освещения рабочих мест в производственном помещении. ....	89
5.4	Обеспечение безопасности при чрезвычайных ситуациях. Пожары.....	92
5.4.1	Организационные мероприятия по пожарной безопасности на участке ..	94
6	ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	95
6.1	Ориентировочные расчеты себестоимости изготовления детали.....	95

ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	99
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	100

ПРИЛОЖЕНИЕ А. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. СПЕЦИФИКАЦИИ

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
						7
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

## ВВЕДЕНИЕ

Целью данной работы является:

- 1) Проектирование технологического процесса механической обработки детали «Колесо зубчатое», и операции ее контроля, станочного и контрольного приспособления.
- 2) Расчет промежуточных операционных размеров, размеров заготовки на основе размерных цепей и выбор способа её получения, а также режимов резания на операции механической обработки.
- 3) Проектирование специального участка механической обработки.

Машиностроение является ведущей отраслью тяжелой индустрии страны. Создавая наиболее активную часть основных производственных фондов – орудия труда, машиностроение в значительной степени оказывает влияние на темпы и направления научно-технического прогресса в различных отраслях хозяйственного комплекса, на рост производительности труда и другие экономические показатели, определяющие эффективность развития общественного производства. На долю машиностроения приходится около 1/5 объема выпускаемой продукции промышленности страны, почти 1/4 основных промышленно-производственных фондов и 1/3 промышленно-производственного персонала.

До недавнего времени 90% продукции машиностроения производили развитые страны, а только 10% — развивающиеся. Но сегодня доля развивающихся стран составляет уже 25% и продолжает возрастать. В машиностроении мира доминирующее положение занимает небольшая группа развитых стран — США, на которые приходится почти 30% стоимости машиностроительной продукции, Япония — 15%, ФРГ — около 10%, Франция, Великобритания, Италия, Канада. В этих странах развиты практически все виды современного машиностроения, высока их доля в мировом экспорте машин.

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

# 1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

## 1.1 Назначение и описание узла и работы детали в узле

Узел (в соответствии с рисунком 1) предназначен для открытия и закрытия предкрылков самолета, за счёт передачи движения от косозубой передачи на прямую. Далее за счет вращения муфты и обоймы шариков, вращательное движение преобразовывается в поступательное. Шток передвигается поступательно который жестко прикреплен к предкрылку открывает или закрывает их.

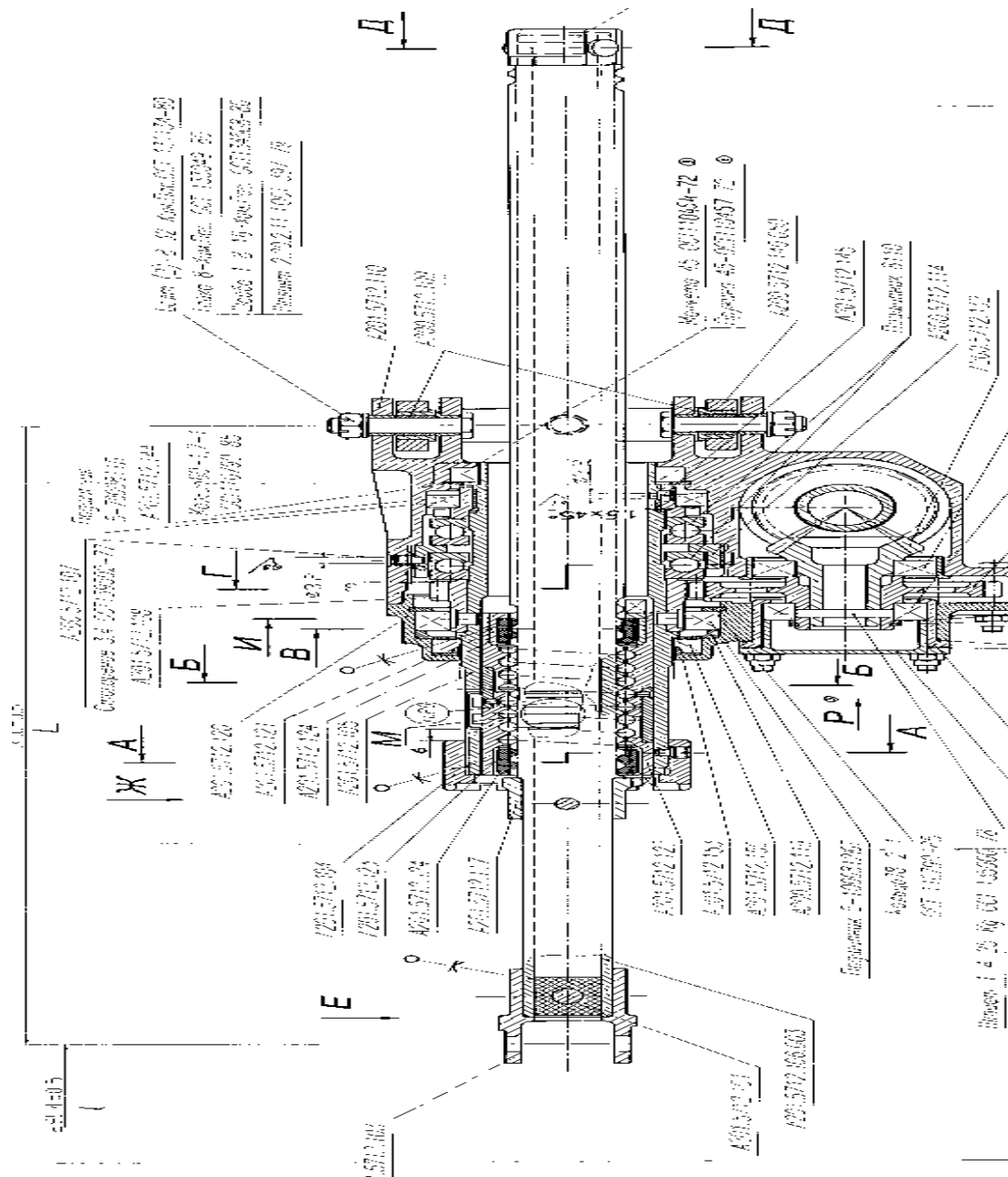


Рисунок 1 – Эскиз узла

1.2 Служебное назначение детали и технические требования,  
предъявляемые к ней

Деталь колесо предназначено для передачи вращения от косозубой передачи в цилиндрическое. Ответственными размерами являются посадочные диаметрами 18 и 25. Материал колеса сталь 30Х2НВА-Ш.

Предназначена для нагруженных элементов деталей и узлов. Поверхность зубьев азотированная  $h$  0,5 -0,35мм. Покрытие кадмиевое хлористоаммонийное 3-6 кроме зубьев фосфорное оксидирование применено кругом, для защиты от коррозии и повышения износа стойкости.

Химический состав материала и физические свойства приведены в таблицах 1 и 2 соответственно

Таблица 1 –Химический состав сталь 30Х2НВА-Ш

Химический элемент	% содержание
C	0,27-0,34
Si	0,17-0,37
Mn	0,3-0,6
Cr	1,6-2
S	до 0,025
P	до 0,025
Ni	1,4-1,8
Fe	остальное

Таблица 2 – Физические свойства материала

Температура испытания, °С	20	100	200	300	400	500	600
Плотность ( $\rho$ , кг/м <sup>3</sup> )	7800	7800	7800	7800	7800	7800	7800
Коэффициент теплопроводности (Вт/(мК))		35,6	36	36	35,2	34,4	34

«Колесо зубчатое» (в соответствии с рисунком 2) относится к деталям тел вращения, у которых длина не превышает диаметр. Деталь простой формы, достаточно прочная и жёсткая. Состоит из цилиндрических наружных и внутренних поверхностей, имеет радиусные скругления. Кольцевые пазы предназначены для облегчения веса детали с сохранением жесткости. Основным элементом детали является зубья служащие для зацепления с другой зубчатой парой. В целом деталь является достаточно технологичной, так как большая часть поверхностей имеют простую форму и легкодоступны для обработки. Это позволяет применять автоматизированное и автоматическое оборудование.

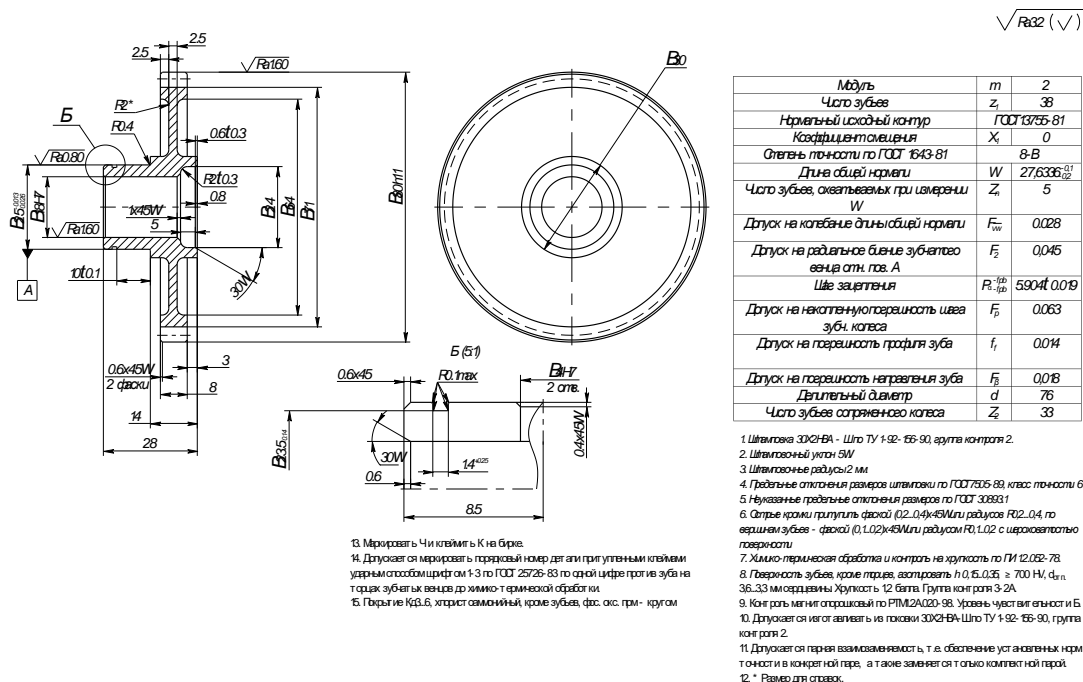


Рисунок 2 – Эскиз детали колеса

### 1.3 Анализ соответствия требований чертежа детали, требованиям ее назначения

Исходя из назначения детали ясно, что деталь служит для передачи вращения, особое внимание уделяется поверхности зубьев, по чертежу составлена таблица, но таблица не соответствует ГОСТ 2.403-75, кроме того не задано радиальное биение для венца, базовая поверхность имеет точный квалитет Н7, что конструкционно верно.

Вывод, несмотря на все перечисленные недочеты на чертеже достаточно видов, размеров, сечений, дающих полное представление о конструкции детали, а простановка размеров рациональна.



#### 1.4 Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений

В современном машиностроении большое распространение получили станки с ЧПУ, к сожалению наиболее технологичными и прогрессивными являются зарубежные станки, в России парк станков с ЧПУ, более чем на 80% состоит из зарубежных вариантов оборудования. Но все же у российских производителей существует ряд систем ЧПУ которое мало помалу внедряются на отечественных рынках, система МАЯК Ижевского завода, с 1992 года данное программное обеспечение внедряется на отечественные станки и заняло особое место у предприятий с высоким темпом работы. Система FMS Нижегородского объединения Модмаш Софт - предназначено для управления сложным оборудованием: обрабатывающими центрами, гибкими производственными модулями; оборудованием с высокими требованиями по быстродействию, а также технологическими объектами с большим количеством входов/выходов.

Возможно, что в условиях всемирного кризиса российское оборудование будет пользоваться большим спросом в нашей стране, но на сегодняшний день ситуация такова, что зарубежные производители стоят в приоритете.

Выбор оборудования производим на основе таких данных, как метод обработки, точность и класс частоты, расположение и габаритные размеры детали, эффективность использования станка по мощности, его стоимость.

Для фрезерной обработки принимается зубофрезерный станок Н 200. С целью уменьшения числа ошибок и бокового зазора червяка в традиционном методе механического привода рабочего стола зубофрезерных станков, был установлен встроенный двигатель, который увеличивает частоту вращения рабочего стола и позволяет выполнять скоростную и точную обработку зубчатых колес.

Технические характеристики приведены в таблице 3.

Высокоскоростной станок с ЧПУ повышенной жесткости для автоматической обработки цилиндрических зубчатых колес. Рабочий стол со встроенным двигателем. 6 контролируемых от ЧПУ осей с возможностью установки автоматизации. Возможность полусухой обработки благодаря использованию системы минимальной подачи смазочного охлаждающей жидкости M.Q.L. Легкая эксплуатация благодаря интерфейсу станка GUD (не требует программирования для эксплуатации). Возможность твердого фрезерования закаленных зубчатых колес твердосплавным инструментом.

Таблица 3 – Технические характеристики Н 200

Максимальный диаметр заготовки (мм)	Ø 200
Максимальный модуль (мм)	4,5
Диаметр стола (мм)	Ø 240
Перемещение по оси Z (мм)	350
Перемещение по оси X (мм)	200

Продолжение таблицы 3

Конус оправки червячной фрезы	NT.№40
Максимальный диаметр / длина фрезы (мм)	Ø 180 / 190
Шифтинг фрезы (мм)	170
Максимальная скорость вращения фрезы	1500 об /мин
Максимальная скорость вращения стола	230 об/мин
Ускоренная подача по оси X (м/мин)	12
Ускоренная подача по оси Y (мм/сек)	1
Расстояние от поверхности стола до центра фрезы по оси Z (мм)	200-550
Расстояние от поверхности стола до центра фрезы по оси X (мм)	15-215
Привод оси B (кВт)	АС 12 / 16 кВт
Привод оси A (кВт)	1,6
Привод оси Z (Нм)	27 / 2:1
Привод оси X (Нм)	27
Привод оси C (Нм)	410
Привод оси Y (Нм)	6 / 10:1
Привод системы смазки (кВт)	0,2
Привод СОЖ (кВт)	0,9
Привод гидросистемы (кВт)	3,7 / 2,2
Ускоренная подача по оси Z (м/мин)	12
Ход задней стойки (мм)	380-780
Фиксация фрезерного шпинделя (кг)	7600
Фиксация задней стойки (кг*с)	280-1120
Фиксация заготовки	3300 кгс (Ø цилиндра 120 мм)
Количество управляемых от ЧПУ осей	6 (X,Y,Z,A,B,C)
Контроллер ЧПУ	Siemens840DSL
Габариты станка (мм)	2812 x 2638 x 2810
Вес станка (кг)	9000

Зубофрезерный станок в соответствии с рисунком 3.

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13



Рисунок 3 – Зубофрезерный станок H 200

Для токарной обработки принимается токарный станок с ЧПУ LT-400М.

Высокопроизводительный токарный станок LT-400М, с автоматической револьверной головкой на 12 позиций, интуитивно понятной системой ЧПУ мирового класса – FANUC.

Жесткие, высокоточные линейные направляющие продлевают продолжительность эксплуатации станка.

Высокая скорость подачи повышает эффективность обработки.

Серво приводная револьверная головка имеет сильную жесткость и повышенную эксплуатационную способность

Токарный станок ЧПУ предназначен для наружной и внутренней обработки сложных заготовок деталей типа тел вращения.

Револьверная головка, устанавливаемая на суппорт, выполнена с отверстиями под установку различных инструментальных блоков стандарта ISO. Она рассчитана на быструю и точную смену инструмента. В рамках револьверной головки возможно использование инструментальных блоков для всевозможных типов и форм инструмента, как для внутренней, так и наружной обработки.

Полное Ограждение зоны резания кабинного типа предотвращает разбрасывание стружки и разбрызгивание СОЖ, что способствует сохранению безопасной и чистой окружающей рабочей зоны.

Система автоматической смазки снабжает направляющие, ШВП и основные узлы маслом, и в то же время, позволяет контролировать уровень масла.

Удобная панель управления на которой расположены наиболее полезные функциональные клавиши для оператора, что является большим преимуществом для избежание перелистывания большого количества страниц операций при поиске нужной и выборе функции. Мембранные клавиши хорошо защищены и хорошо подходят для работы в плохих условиях, таких как масло, пыль и высокая влажность.

Установлен 8.4” LCD экран. Компактная полная клавиатура, графический дисплей и 320М памяти для хранения программ

Оборудована программной памятью и супербыстрым процессором. Функцией жесткого нарезания резьбы и работой по циклу.

Панель управления отвечает требованиям безопасности и вращается легко для эксплуатации.

Функция диагностики автоматически отображает информацию о неисправности на экране для быстрого устранения проблемы.

Сенсорный выключатель, переключатель, диаграмма и текст на экране делает программирование очень удобным.

Таблица 4 – Технические характеристики «LT-400M»

Перемещения	
Перемещение по оси X, мм	180
Перемещение по оси Z, мм	530
Шпиндель	
Частота вращения шпинделя, об/мин	30-4000
Диаметр сквозного отверстия, мм	63
Допустимые размеры	
Размер патрона	8”
Наибольший диаметр обработки над станиной, мм	400
Наибольший диаметр над поперечными салазками суппорта, мм	320
Расстояние между центрами, мм	645
Стандартный диаметр обработки, мм	216
Макс. диаметр обработки, мм	320
Макс. обрабатываемая длина, мм	530
Наибольший диаметр обрабатываемого прутка, мм	52
Револьверная головка	
Количество инструментов	12
Размер державки, мм	25x25
Диаметр расточной оправки, мм	40
Задняя бабка	

Продолжение таблицы 4

Перемещение, мм	435
Перемещение пиноли, мм	100
Конус	MT5

Продолжение таблицы 1

Внутренний диаметр пиноли, мм	90
Скорость подачи	
Быстрая по оси X, м/мин	20
Быстрая по оси Z, м/мин	24
Двигатель	
Мощность двигателя шпинделя, кВт	7,5/11
Мощность серво двигателя по оси X, кВт	1,2
Мощность серво двигателя по оси Z, кВт	2,5
Серво двигатель револьверной головки	0,81
Fanuc	0i Mate-TD
Вес, кг	4300
Ширина, мм	2250
Высота, мм	1170
Глубина, мм	1670
Требуемая мощность, кВт*А	15
Точность позиционирования, мм	±0,005
Повторяемость, мм	±0,0025
Ёмкость системы охлаждения, л	200

### 1.5 Задачи проектирования

Задачами проектирования данной работы является разработка технологического процесса, для выполнения требований чертежа, и технологических особенностей проектируется станочное приспособление для фрезерной операции ЧПУ, контрольное приспособление необходимое для проверки радиального биения зубчатого венца, а также червячная фреза. Данные разработки рассмотрены в конструкторском разделе работы.

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Анализ технологичности детали и существующего технологического процесса

В соответствии с ГОСТ 14.205 – 83 технологичность – это совокупность свойств изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте при заданных показателях качества, объеме выпуска и условиях выполнения работ. Произведем анализ технологичности детали колесо и выделим следующие особенности обработки данной детали:

колесо – деталь относится к зубчатым колесам стандартной формы. Основные рабочие поверхности — это зубья и посадочное отверстие диаметром 18H7. От точности и чистоты их выполнения зависит работоспособность зубчатого колеса;

колесо имеет множество зубьев для обработки которого понадобится специальный режущий инструмент;

все поверхности доступны для обработки с использованием стандартного инструмента, что в свою очередь является технологичным;

деталь имеет достаточную жесткость и прочность, при которых исключается возможность вибрации в процессе обработки;

шероховатость большинства поверхностей (Ra3,2 и 1,6) достигается на черновых, получистовых и чистовых переходах;

Качественная оценка технологичности конструкции детали

- конструкция детали в основной части состоит из стандартных и унифицированных конструктивных элементов;

- большинство обрабатываемых поверхностей детали имеют оптимальные степень точности и шероховатость;

- для получения большинства поверхностей достаточно применения стандартных режущих инструментов, кроме обработки зубьев.

Технологичность обрабатываемых поверхностей.

Минимальные значение качества точности имеют отверстия Ø18H7, что соответствует 7-му качеству, а минимальное значение шероховатости Ra0,8. Указанные параметры можно обеспечить на станках нормальной точности.

В целом рассмотрев конструкцию детали можно сделать вывод, что деталь технологична.

Вывод: Проведенный анализ показал, что конструкция детали колесо технологична, т.к. удовлетворяет большинству технологических требований. Согласно заданию, тип производства по заданию – серийный.

Анализ существующего технологического процесса должен быть проведён с точки зрения обеспечения качества продукции, трудоемкости. При этом следует выяснить, правильно ли он составлен для выполнения требований чертежа и

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

соблюдаются ли все требования технологического процесса.

Рассмотрим заводской (базовый) технологический процесс изготовления детали.

**00** Заготовительная. Паковка.

**05** Токарно-винторезная. Станок токарный мод. 16K20

1 установ

– торцевать заготовку в размер 30,5 IT14, Ra3,2.

– проточить  $\varnothing 90$  до  $\varnothing 81$  IT14, Ra3,2.

2 установ

– торцевое точение торца размера 29,5 IT14, Ra3,2.

– центровать торец.

– сверлить отверстие  $\varnothing 10$  IT14, Ra3,2.

– рассверлить отверстие  $\varnothing 17$  IT14, Ra3,2.

– точение внешнего  $\varnothing 90$  до  $\varnothing 81$  на проход.

**10** Токарно-винторезная.

– торцевое точение торца размера 29, IT14, Ra1,6.

– точение внешнего  $\varnothing 81$  до  $\varnothing 30$  на длину 17,5 IT14, Ra3,2.

– точение фаски 1,1(расч.)x45.

– точение внешнего  $\varnothing 30$  до  $\varnothing 25,5$  на длину 14 IT14, Ra3,2.

– точение кольцевого паза с выведением радиуса R2\* и размера 2,5 IT14,

– точение фаски 0,6 x30.

**15** Шлифовальная. Станок токарный мод. 3M151.

– шлифование  $\varnothing 25,5$  до  $\varnothing 25_{-0,026}^{-0,013}$  IT8, Ra 0,8.

**20** Токарно-винторезная.

– торцевое точение торца размера 28,5 IT14, Ra3,2.

– точение фаски 0,6x45.

– точение канавки  $1,4^{+0,25}$ , R0.1 max.

– выведение радиуса R 0,4.

**25** Токарно-винторезная.

– торцевое точение торца размера 28 IT14, Ra3,2.

– расточка  $\varnothing 18$  до  $\varnothing 22$ .

– точение  $\varnothing 24$  с выведением радиуса R 2.

– точение торца, выдерживая размер 8.

– точение  $\varnothing 81$  до  $\varnothing 80h11Ra1,6$ .

– точение кольцевого паза с выведением радиуса R2\* и размера 3 IT14.

– точение фаски 0,6x45.

– точение фаски 0,6x30.

– точение фаски 1x45.

**30** Координатная. Станок координатно-расточной мод. 2E440A.

– центровать 4 отв. по периферии  $\varnothing 25_{-0,026}^{-0,013}$

– сверлить 4 отв.  $\varnothing 3,8$ .

– расточить 4 отв.  $\varnothing 4H7$ .

**35** Зубофрезерная. Станок зубофрезерный мод. 120A.

– нарезать зубья  $m = 2, z = 38$ .

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

#### 40 Слесарная.

– зачистить деталь.

#### 45 Термическая. Азотирование.

#### 50 Контрольная.

В базовом варианте технологического процесса на токарных, координатной и зубофрезерной операциях применяются универсальные станки, метод закрепления примитивен, что не позволяет автоматизировать процесс изготовления детали, тем самым увеличивая трудоемкость. В основном применяется универсальный инструмент. Для контроля параметров расположения поверхностей не применяются контрольные приспособления, применяются стандартные, непрогрессивные методы измерения.

### 2.2 Разработка маршрута проектного технологического процесса

#### 2.2.1 Разработка последовательности обработки поверхностей детали

Основными базовыми поверхностями детали «Колесо» являются внутренний диаметр  $\varnothing 18H7$ . Функциональные поверхности это боковые поверхности зубьев, остальные поверхности вспомогательные

Рекомендуется следующая последовательность обработки поверхностей.

Первоначально базируемся за диаметр штамповки  $\varnothing 90$  и обрабатываем деталь с правого торца:

- обработка торца правого размера 28 (предварительная);
- обработка  $\varnothing 80$  (предварительная);
- обработка отверстия  $\varnothing 18$  (предварительная);

Базируемся за правый торец размера 28 и  $\varnothing 80$ :

- обработка торца левого размера 28 (предварительная);
- обработка  $\varnothing 80$  (предварительная);

Детали отправляются на термическое улучшение;

Базируемся за левый торец размера 28 и  $\varnothing 80$ :

- обработка торца правого размера 28 (промежуточная);
- обработка торца размера 3 (промежуточная);
- обработка  $\varnothing 64$  и  $\varnothing 30$  на глубину 3 (окончательная);
- обработка отверстия  $\varnothing 18$  (промежуточная);
- обработка  $\varnothing 24$  на глубину 5 (промежуточная);

Базируемся за  $\varnothing 18$ :

- обработка  $\varnothing 80$  (промежуточная);

Базируемся за правый торец размера 28 и  $\varnothing 18$ :

- обработка торца левого размера 28 (промежуточная);
- обработка  $\varnothing 25$  и торца 14 (промежуточная);
- обработка  $\varnothing 30$  и торца 9 (промежуточная);

Производим восстановление геометрии:

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19



- обработка  $\varnothing 18$  (промежуточная);  
Базируемся за  $\varnothing 18$ :
- обработка  $\varnothing 80$  (промежуточная);  
Базируемся за  $\varnothing 18$ :
- обработка левого торца 28 (промежуточная);  
Базируемся за  $\varnothing 18$  и левый торец 28:
- обработка правого торца 28 (промежуточная);  
– обработка  $\varnothing 25$  и торца 14 (промежуточная);  
Базируемся за  $\varnothing 18$  и левый торец 28:
- обработка зубьев колеса (предварительная);  
Детали отправить на стабилизационный отпуск;  
Базируемся за  $\varnothing 18$  и левый торец 28:
- обработка зубьев колеса (промежуточная);  
Базируемся за  $\varnothing 18$  и правый торец 28:
- обработка  $\varnothing 64$  и  $\varnothing 30$  на глубину 2,5 (окончательная);  
– обработка  $\varnothing 23,5$  шириной 1,4 на расстояние 10 (окончательная);  
Детали отправить на азотирование;  
Производим восстановление геометрии:
- обработка  $\varnothing 18$  (промежуточная);  
Базируемся за  $\varnothing 18$ :
- обработка левого торца 28 (окончательная);  
Базируемся за  $\varnothing 18$ :
- обработка правого торца 28 (окончательная);  
Базируемся за  $\varnothing 18$ :
- обработка  $\varnothing 25$  и торца 14 (промежуточная);  
Базируемся за  $\varnothing 25$ :
- обработка  $\varnothing 24$  на глубину 5 (окончательная);  
Базируемся за  $\varnothing 18$ :
- обработка  $\varnothing 25$  и торца 14 (окончательная);  
Базируемся за  $\varnothing 18$ :
- обработка  $\varnothing 80$  (окончательная);  
Базируемся за  $\varnothing 18$ :
- обработка торца 8 с левой стороны (окончательная);  
Базируемся за  $\varnothing 18$ :
- обработка торца 8 с правой стороны (окончательная);  
Базируемся за  $\varnothing 18$  и левый торец 28:
- обработка зубьев колеса (окончательная);  
Производим доводку отверстия:
- обработка  $\varnothing 18$  (окончательная);

2.2.2 Выбор способов обработки и определение необходимого количества переходов для обработки поверхностей детали

Расчетный метод.

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Расчётный метод используется для определения количества переходов при обработке отверстия  $\varnothing 18H7, Ra1,6$ .

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

$$E_d^z = \frac{T_z}{T_d}; \quad E_d^{Ra} = \frac{Ra_z}{Ra_d};$$

где  $T_z$  – допуск заготовки для данной поверхности (IT12 – 0,18 мм.);

$T_d$  – допуск детали;

$Ra_z$  – шероховатость заготовки (Ra25);

$Ra_d$  – шероховатость детали;

$$E_d^{\phi} = \frac{0,18}{0,018} = 10$$

$$E_d^{Ra} = \frac{25}{1,6} = 15,625.$$

Выбираем способы обработки которые позволяют обеспечить заданную точность данной поверхности – H7, Ra1,6; протягивание чистовое 7 кв., Ra1,6; растачивание тонкое 7 кв., Ra0,63; шлифование чистовое 5 кв., Ra0,16; хонинговальное.

Принимаем в качестве способа окончательной обработки хонингование, которое позволяет обеспечить 7 кв. и Ra1,6.

Определяем допуск предшествующего перехода [4]:

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

где  $z_n = 0,02$  – номинальный припуск для хонингования [5];

$$T_{i-1} = \frac{0,02}{2 \dots 4} = 0,01 \dots 0,05 E_i = \frac{0,1}{0,021} = 4,76 E_i = \frac{0,1}{0,021} = 4,76$$

Принимаем  $T_{i-1} = 0,027$  (IT8).

Определяем величину уточнения, которую обеспечивает хонингование [4]:

$$E_i = \frac{T_{i-1}}{T_d};$$

$$E_i = \frac{0,027}{0,018} = 1,5$$

В качестве первого способа обработки отверстия принимаем сверление, которое обеспечивает IT12, Ra25.

Допуск сверления  $T_1 = 0,18$ .

Определяем величину уточнения

$$E_1 = \frac{T_3}{T_1},$$

где  $T_3$  – допуск заготовки для данной поверхности;

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

$$E_1 = \frac{0,25}{0,18} = 1,39$$

Проверка:

$$(E_i \cdot E_1) \geq E_d^2;$$

$$1,5 \cdot 1,39 = 2,09 < 10$$

Условие не выполняется. Назначаем промежуточные способы обработки, начиная от окончательного способа обработки с учетом принятого значения  $T_{i-1}$ .

По принятому значению  $T_{i-1} = 0,027$  назначаем хонингование и определяем величину уточнения, которую обеспечит данный способ

$$E_2 = \frac{0,027}{0,027} = 1$$

Проверка:

$$(E_i \cdot E_1 \cdot E_2) \geq E_d^2;$$

$$1,5 \cdot 1,39 \cdot 1,0 = 2,09 > 10$$

Условие не выполняется. Назначаем промежуточные способы обработки.

По принятому значению  $T_{i-2} = 0,027$  назначаем хонингование и определяем величину уточнения, которую обеспечит данный способ

$$E_3 = \frac{0,027}{0,027} = 1$$

Проверка:

$$(E_i \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot E_3) \geq E_d^2$$

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

$$1,5 \cdot 1,39 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,09 > 10$$

Условие не выполняется. Назначаем промежуточные способы обработки, точение чистовое.

$$E_4 = \frac{0,1}{0,027} = 3,7$$

Проверка:

$$(E_i \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot E_3 \cdot E_4) \geq E_d^\emptyset$$

$$1,5 \cdot 1,39 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 3,7 = 7,733 > 10$$

Условие не выполняется. Назначаем промежуточные способы обработки, точение получистовое.

$$E_5 = \frac{0,25}{0,1} = 2,5$$

Проверка:

$$(E_i \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot E_3 \cdot E_4 \cdot E_5) \geq E_d^\emptyset$$

$$1,5 \cdot 1,39 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 3,7 \cdot 2,5 = 19,33 > 10$$

Условие выполняется.

Проверка по обеспечению шероховатость поверхности:

$$E_{\text{хонинг}}^{Ra} = \frac{Ra^{\text{полу}}}{Ra^{\text{чист}}};$$

$$E_{\text{хонинг}}^{Ra} = \frac{1,6}{1,6} = 1$$

$$E_{\text{хонинг}}^{Ra} = \frac{Ra^{\text{полу}}}{Ra^{\text{полу}}};$$

$$E_{\text{хонинг}}^{Ra} = \frac{1,6}{1,6} = 1$$

$$E_{\text{хонинг}}^{Ra} = \frac{Ra^{\text{точчист}}}{Ra^{\text{полу}}};$$

$$E_{\text{хонинг}}^{Ra} = \frac{3,2}{1,6} = 2$$

$$E_{\text{чист}}^{Ra} = \frac{Ra^{\text{точполучист}}}{Ra^{\text{точчист}}} - \text{точениечистовое};$$

$$E_{\text{чист}}^{Ra} = \frac{6,3}{1,6} = 3,94$$

$$E_{\text{полу}}^{Ra} = \frac{Ra^{\text{черн}}}{Ra^{\text{полу}}} - \text{растачивание получистовое};$$

$$E_{\text{полу}}^{Ra} = \frac{25}{6,3} = 3,968$$

$$E_{\text{черн}}^{Ra} = \frac{Ra^{\text{заг}}}{Ra^{\text{черн}}} - \text{сверление}$$

$$E_{\text{черн}}^{Ra} = \frac{25}{25} = 1$$

Проверка:

$$(E_{\text{хонинг}}^{Ra} \cdot E_{\text{хонинг}}^{Ra} \cdot E_{\text{хонинг}}^{Ra} \cdot E_{\text{чист}}^{Ra} \cdot E_{\text{полу}}^{Ra} \cdot E_{\text{черн}}^{Ra}) \geq E_{\text{д}}^{Ra}$$

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

$$1 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 3,94 \cdot 3,968 \cdot 1 = 31,27 \approx 15,625$$

Условие выполняется.

Таким образом, для обработки отверстия  $\varnothing 18H7$ , Ra1,6 необходимы следующие способы обработки и количество переходов:

- сверление: (H12), Ra 25;
- растачивание получистовое: (H10), Ra 6,3;
- растачивание чистовое: H7, Ra 1,6;
- хонингование чистовое: H7, Ra 1,6;
- хонингование чистовое: H7, Ra 1,6;
- хонингование чистовое: H7, Ra 1,6;

Табличный метод.

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

обработка наружной поверхности  $\varnothing 25^{+0,013}_{-0,026}$ , IT6, Ra0,8, и линейного размера 14, IT14, Ra3,2.

- а) обработка левого торца и диаметра
  - обтачивание черновое: IT12, Ra 25;
  - обтачивание получистовое: IT11, Ra 12,5;
- б) обработка левого торца
  - обтачивание черновое: IT12, Ra 25;
  - обтачивание получистовое: IT11, Ra 12,5;
  - обтачивание чистовое: IT8, Ra 3,2;

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

- в) обработка диаметра и торца  
– шлифование: IT6, Ra 0,8;
- г) обработка диаметра и торца  
– шлифование: IT6, Ra 0,63;
- д) обработка диаметра и торца  
– шлифование: IT6, Ra 0,63;
- обеспечение линейного размера 2,5, IT14, Ra 3,2, диаметра  $\varnothing 30$  с левой стороны, IT14, Ra3,2 и обработка поверхности  $\varnothing 64^{+0.46}$ , IT13, Ra3,2
- а) обработка левого торца смотри п. 1.а
- б) обработка левого торца смотри п. 1.б
- в) обработка диаметра и торца п. 1.в
- г) обработка торцевой канавки с левой стороны  
– обтачивание получистовое: IT11, Ra 12,5;  
– обтачивание чистовое: IT8, Ra 3,2;
- обеспечение линейного размера 2,5, IT14, Ra3,2 диаметра  $\varnothing 30$  с левой стороны, IT14, Ra3,2 и обработка поверхности  $\varnothing 64^{+0.46}$ , IT13, Ra3,2
- а) обработка правого торца и диаметра  
– обтачивание черновое: IT12, Ra 25;  
– обтачивание получистовое: IT11, Ra 12,5;
- б) обработка левого торца и диаметра п.1.а
- в) обработка правого торца и торцевой канавки  
– обтачивание черновое: IT12, Ra 25;  
– обтачивание получистовое: IT11, Ra 12,5;  
обтачивание чистовое: IT8, Ra 3,2
- г) обработка диаметра и торца п. 1.в
- д) обработка торцевой канавки с левой стороны п.2.г  
обработка наружной поверхности  $\varnothing 80h11$ , IT11, Ra1,6
- а) обработка правого торца и диаметра п.3.а
- б) обработка левого торца и диаметра п.1.а
- в) обработка диаметра  
– шлифование: IT7, Ra 1,25;
- г) обработка диаметра  
– шлифование: IT7, Ra 0,8;
- д) обработка диаметра  
– шлифование: IT7, Ra 0,63;
- обработка поверхности  $\varnothing 71_{-0.46}$ , IT13, Ra1,6
- а) обработка производится по пунктам п.3.а, п.1.а, п.4.в
- б) фрезеровка профиля зубьев  
– фрезерование черновое: IT12, Ra 25;  
– фрезерование получистовое: IT11, Ra 2,5;
- г) шлифование профиля зубьев  
– шлифование чистовое: IT11, Ra 1,25;
- обработка размера  $\varnothing 24^{+0.33}$ , IT13, Ra3,2 и линейного размер 5, IT14, Ra3,2
- а) сверление отверстия  
– сверление IT13, Ra12,5;

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

- б) растачивание отверстия
  - растачивание черновое: IT12, Ra 25;
  - растачивание получистовое: IT10, Ra 3,2;
- г) растачивание отверстия
  - растачивание получистовое: IT10, Ra 3,2;
  - растачивание чистовое: IT9, Ra 3,2;
  - обработка размера 3, IT14, Ra 3,2;
- а) обработка правого торца и диаметра п.3.а
- б) обработка торца
  - обтачивание торца черновое: IT12, Ra 25;
  - обтачивание торца получистовое: IT11, Ra 12,5;
- в) шлифование правого торца
  - шлифование чистовое: IT11, Ra 0,8;
 обработка размера 8, IT14, Ra3,2
- а) обработка правого торца и диаметра п.3.а
- б) обработка левого торца и диаметра п.1.а
- в) обработка торца п.8.б.
- г) обработка левого торца смотри п.1.б
- д) шлифование левого торца
  - шлифование чистовое: IT11, Ra 0,8;
- е) шлифование правого торца п.8.в
- обработка левого и правого торца размера 28, IT14, Ra3,2
- а) обработка правого торца и диаметра п.3.а
- б) обработка левого торца и диаметра п.1.а
- в) обработка правого торца
  - обтачивание получистовое: IT11, Ra 12,5;
  - обтачивание чистовое: IT8, Ra 3,2;
- г) обработка левого торца
  - обтачивание получистовое: IT11, Ra 12,5;
  - обтачивание чистовое: IT8, Ra 3,2;
- д) шлифование левого торца
  - шлифование чистовое: IT11, Ra 0,8;
- е) шлифование правого торца
  - шлифование чистовое: IT11, Ra 0,8;
- ж) шлифование левого торца
  - шлифование чистовое: IT11, Ra 0,63;
- з) шлифование правого торца
  - шлифование чистовое: IT11, Ra 0,63;
- обработка канавки  $\varnothing 23,5_{-0,14}$ , IT11, Ra3,2 и ширины 1,4, IT14, Ra3,2
- а) обработка по п.1
- б) точение канавки
  - обтачивание получистовое: IT11, Ra 12,5;
  - обтачивание чистовое: IT11, Ra 3,2;

### 2.2.3 Формирование операций и технологического маршрута обработки детали.

Наметив последовательность обработки поверхностей, количество переходов, способы их выполнения, приступаем к формированию операций и технологического маршрута изготовления детали

00 Заготовительная. Поковка.

05 Токарная с ЧПУ (4233)

Станок токарный с ПУ LT-400

подрезка торца 28 IT14, Ra 3,2;

– торцевое точение черновое: IT12, Ra 3,2;

обработка наружного диаметра  $\varnothing 80$  IT11, Ra 3,2;

– обтачивание черновое: IT12, Ra 3,2;

обработка отверстия  $\varnothing 18$  IT7, Ra1,6;

– сверление: IT12, Ra 25;

– растачивание полуступенчатое: IT11, Ra 3,2;

10 Слесарная (0108)

15 Токарная с ЧПУ (4233)

Станок токарный с ПУ LT-400

подрезка торца 28 IT14, Ra 3,2;

– торцевое точение черновое: IT12, Ra 3,2;

обработка наружного диаметра  $\varnothing 80$  IT11, Ra 3,2;

– обтачивание черновое: IT12, Ra 3,2;

20 Слесарная (0108)

25 Термическое улучшение

30 Токарная с ЧПУ (4233)

Станок токарный с ПУ LT-400

подрезка торца 28 IT14, Ra 3,2;

– торцевое точение полуступенчатое: IT12, Ra 1,6;

проточка торцевой канавки  $\varnothing 30$  IT12, Ra 3,2;  $\varnothing 64$  IT13, Ra 3,2;

– торцевое точение черновое: IT12, Ra 6,3;

– торцевое точение полуступенчатое: IT10, Ra 3,2;

подрезка торца 3 IT14, Ra 3,2;

– торцевое точение черновое: IT12, Ra 6,3;

– торцевое точение полуступенчатое: IT10, Ra 3,2;

обработка отверстия  $\varnothing 18$  IT7, Ra1,6;

– растачивание чистовое: IT11, Ra 1,6;

обработка  $\varnothing 24$  IT14, Ra 3,2;

– растачивание черновое: IT14, Ra 12,5;

– растачивание полуступенчатое: IT12, Ra 3,2;

35 Слесарная (0108)

40 Шлифовальная

Универсально шлифовальный GU-32x60NC

обработка наружного диаметра  $\varnothing 80$  IT11, Ra 3,2;

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27



– шлифование получистовое: IT12, Ra 1,25;  
 45 Токарная с ЧПУ (4233)  
 Станок токарный с ПУ LT-400  
 обработка 28 IT14, Ra 3,2

– торцевое точение получистовое: IT12, Ra 1,6;  
 обработка  $\varnothing 25$  IT6, Ra 0,8; длиной 14 IT14, Ra 1,6

– точение черновое: IT12, Ra 6,3;  
 – точение получистовое: IT12, Ra 1,6;  
 обработка 8 IT14, Ra 3,2

– точение черновое: IT12, Ra 6,3;  
 – точение получистовое: IT12, Ra 1,6;

50 Слесарная (0108)  
 Хонинговальная  
 Станок хонинговальный ЗК883.  
 обработка отверстия  $\varnothing 18$  IT7, Ra1,6

– хонингование отверстия: IT11, Ra 0,8;

60 Промывка растворителем (0127)

65 Шлифовальная  
 Универсально шлифовальный GU-32x60NC  
 обработка 28 IT14, Ra 3,2

– шлифование левого торца получистовое: IT12, Ra 0,8;

70 Токарная с ЧПУ (4233)  
 Станок токарный с ПУ LT-400  
 обработка 28 IT14, Ra 3,2

– точение правого торца чистовое: IT12, Ra 0,8;  
 обработка наружного диаметра  $\varnothing 80$  IT11, Ra 3,2

– точение чистовое: IT12, Ra 0,8;  
 обработка  $\varnothing 25$  IT6, Ra 0,8; длиной 14 IT14, Ra 1,6

– точение чистовое: IT12, Ra 0,8;

75 Слесарная (0108)

80 Зубофрезерная с ЧПУ  
 Станок зубофрезерный с ЧПУ H200  
 обработка  $\varnothing 71$  IT14, Ra 3,2; и зубьев колеса

– фрезерование черновое: IT14, Ra 6,3;  
 – фрезерование получистовое: IT12, Ra 2,5;

85 Слесарная (0108)

90 Промывка растворителем (0127)

95 Стабилизационный отпуск

100 Зубошлифовальная  
 Станок зубошлифовальный RZ260  
 обработка  $\varnothing 71$  IT14, Ra 3,2; и зубьев колеса

– шлифование: IT12, Ra 1,25;

105 Слесарная (0108)

110 Токарная с ЧПУ (4233)  
 Станок токарный с ПУ LT-400

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

1. проточка торцевой канавки  $\varnothing 30$  IT12, Ra 3,2;  $\varnothing 64$  IT13, Ra 3,2
  - торцевое точение черновое: IT12, Ra 6,3;
  - торцевое точение получистовое: IT10, Ra 3,2;
2. проточка канавки  $\varnothing 23,5$  IT11, Ra 1,6; шириной 1,5 IT14, Ra 1,6
  - точение черновое: IT12, Ra 6,3;
  - точение получистовое: IT11, Ra 1,6;
- 115 Слесарная (0108)
- 120 Промывка растворителем (0127)
- 125 Азотирование
- 130 Хонинговальная чистовое  
обработка отверстия  $\varnothing 18$  IT7, Ra1,6
  - хонингование отверстия: IT11, Ra 0,8;
- 135 Промывка растворителем (0127)
- 140 Токарная с ЧПУ (4233)  
Станок токарный с ПУ LT-400  
обработка 28 IT14, Ra 3,2
  - точение левого торца чистовое: IT12, Ra 0,8;
 обработка  $\varnothing 25$  IT6, Ra 0,8; длиной 14 IT14, Ra 1,6
  - точение диаметра чистовое: IT12, Ra 0,8;
 обработка наружного диаметра  $\varnothing 80$  IT11, Ra 3,2
  - точение диаметра чистовое: IT12, Ra 0,8;
 обработка 8 IT14, Ra 3,2
  - точение левого торца чистовое: IT12, Ra 0,8;
- 145 Токарная с ЧПУ (4233)  
Станок токарный с ПУ LT-400  
обработка 28 IT14, Ra 3,2
  - точение правого торца чистовое: IT12, Ra 0,8;
 обработка  $\varnothing 24$  IT14, Ra 3,2; глубиной 5 IT14, Ra 3,2
  - растачивание чистовое: IT14, Ra 12,5;
 обработка 8 IT14, Ra 3,2
  - точение правого торца чистовое: IT12, Ra 0,8;
- 150 Слесарная (0108)
- 155 Зубошлифовальная  
Станок зубошлифовальный RZ260  
обработка  $\varnothing 71$  IT14, Ra 3,2; и зубьев колеса
  - шлифование: IT12, Ra 1,25;
- 160 Слесарная (0108)
- 165 Хонингование чистовое  
Станок хонинговальный 3K883 обработка отверстия  $\varnothing 18$  IT7, Ra1,6
  - хонингование отверстия: IT11, Ra 0,8;
- 170 Промывка растворителем (0127)
- 175 Покрытие Кд 3...6, хлористоаммонийный, фосфорное оксидирование прямое.
- 180 Контрольная (0260)

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

## 2.3 Разработка предлагаемого технологического процесса

### 2.3.1 Выбор исходной заготовки и метода ее изготовления

В общем случае при выборе вида заготовки определяющими факторами являются материал детали и тип производства.

Исходя из требований чертежа, материалом детали является сталь 30Х2НВА-ШГОСТ 1133-71, поэтому возможными способами получения заготовки являются: периодический прокат или штамповка. Для данного типа производства (среднесерийное) принимаем штамповку, так как применение заготовки из периодического проката хотя и повышает КИМ, но в тоже время повышает и себестоимость детали.

Точность получения заготовок из штамповки: размеров – по 15-му качеству, шероховатость – Rz200, штамповочные уклоны 5°, штамповочные радиуса 2 мм.

Схематично заготовка показана на рисунке 4.

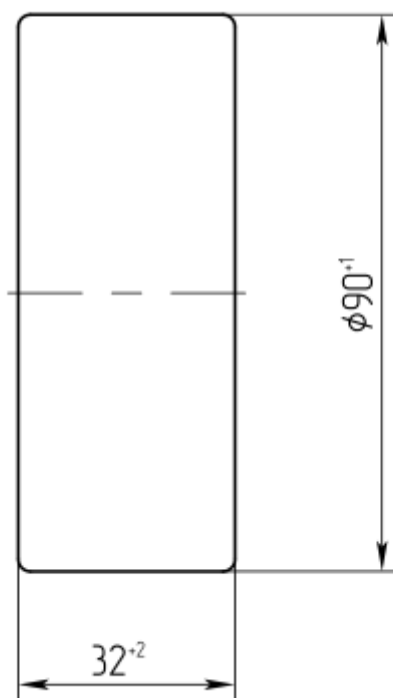


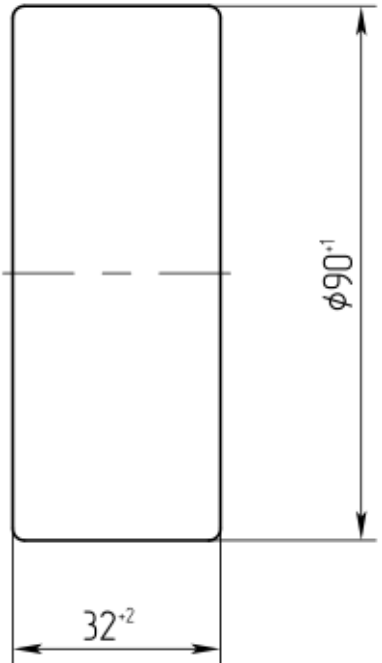
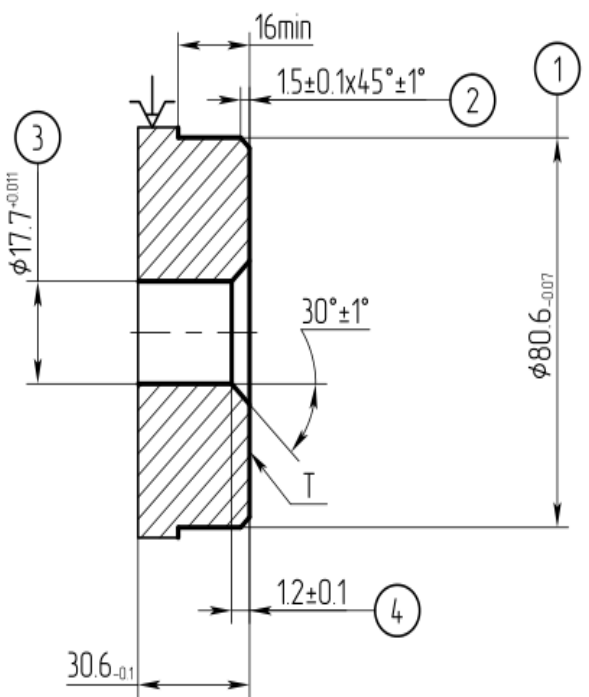
Рисунок 4 – Форма заготовки

### 2.3.2 План операций, переходов технологического процесса

На основании расчетов пункта 2.2 проектируется технологический процесс. В таблице 5 приведен проектный маршрутный технологический процесс изготовления детали колесо.

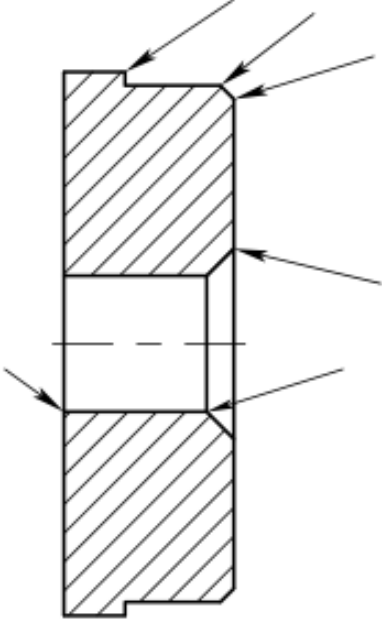
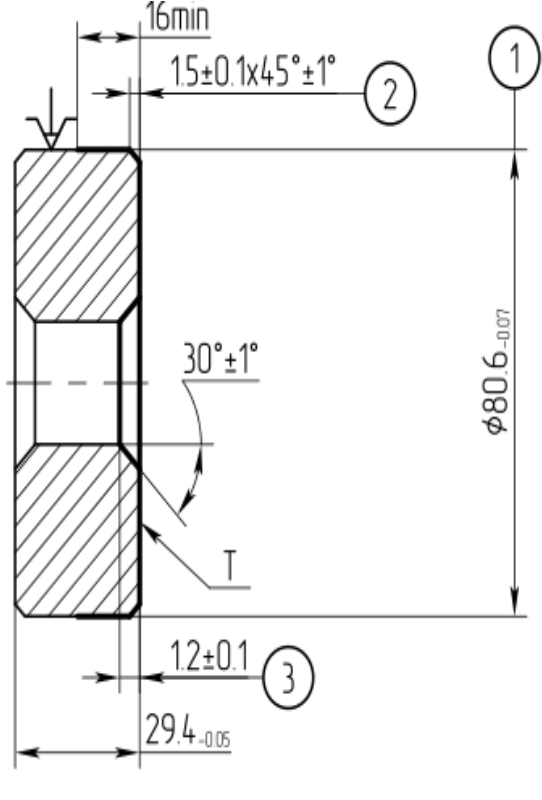
					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Таблица 5 - Проектный маршрутный технологический процесс изготовления детали колесо

№ операции	Наименование операции	Оборудование
000	Штамповка  	Штамповочный пресс
05	Токарная с ЧПУ  	ЛТ-400М

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

Продолжение таблицы 5

10	Слесарная	Верстак
		
15	Токарная с ЧПУ	ЛТ-400М
		

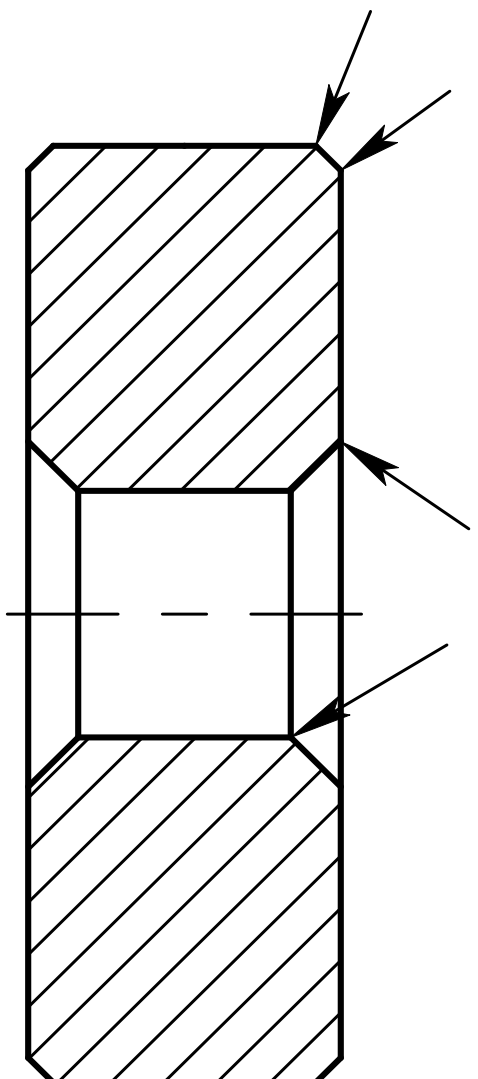
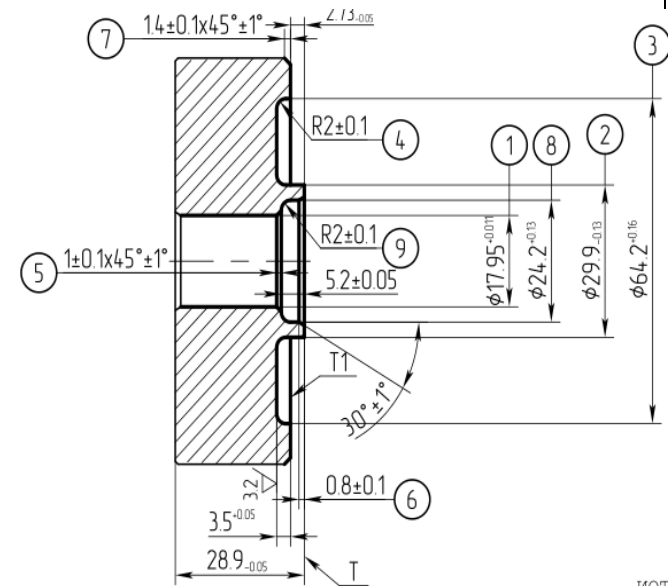
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР

Лист

32

Продолжение таблицы 5

<p>20</p>	<p>Слесарная</p> 	<p>Верстак</p>
<p>30</p>	<p>Токарная с ЧПУ</p> 	<p>ЛТ-400М</p>

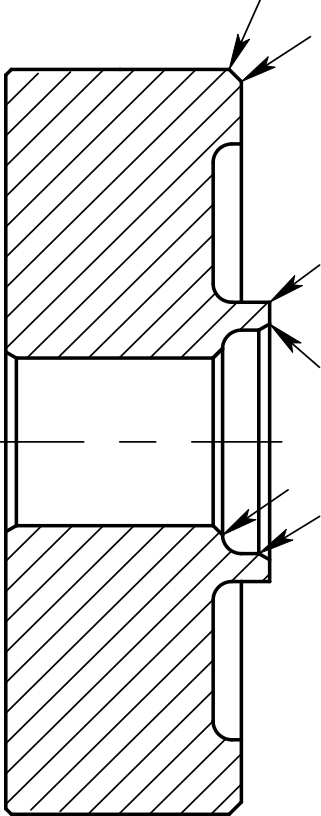
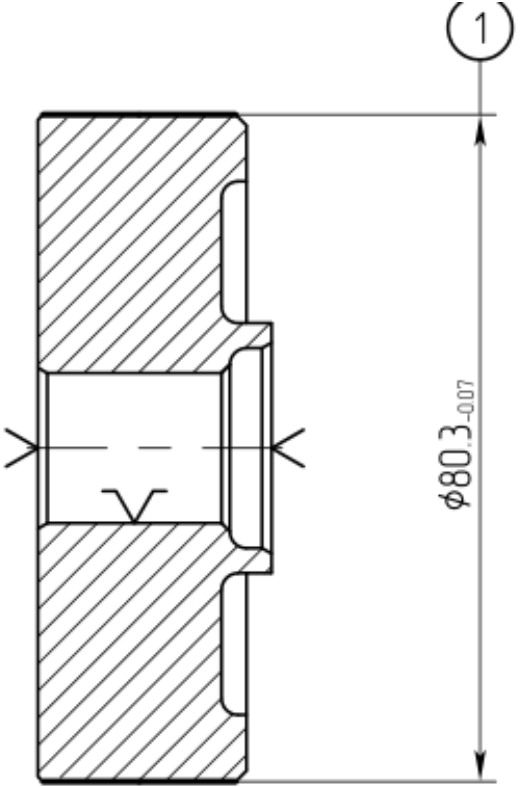
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР

Лист

33

Продолжение таблицы 5

<p>35</p>	<p>Слесарная</p> 	<p>Верстак</p>
<p>40</p>	<p>Шлифовальная</p> 	<p>GU-32x60NC</p>

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР

Лист

34

Продолжение таблицы 5

<p>45</p>	<p>Токарная с ЧПУ</p>	<p>LT-400M</p>
<p>50</p>	<p>Слесарная</p>	<p>Верстак</p>

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

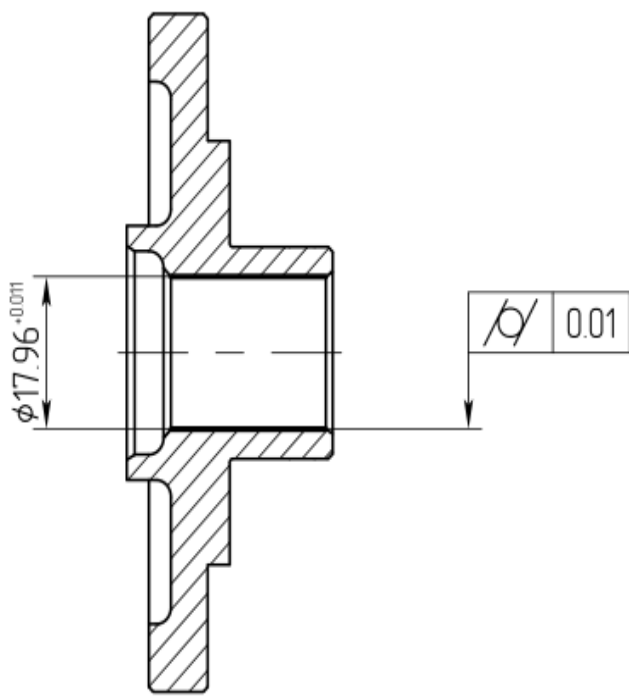
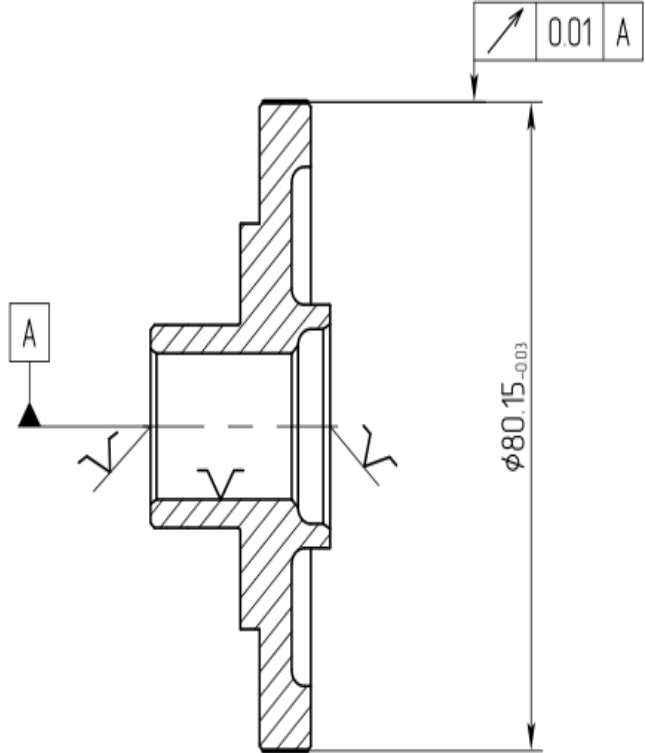
15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР

Лист

35



Продолжение таблицы 5

<p>55</p>	<p>Хонинговальная</p> 	<p>3K833</p>
<p>65</p>	<p>Шлифовальная</p> 	<p>GU-32x60NC</p>

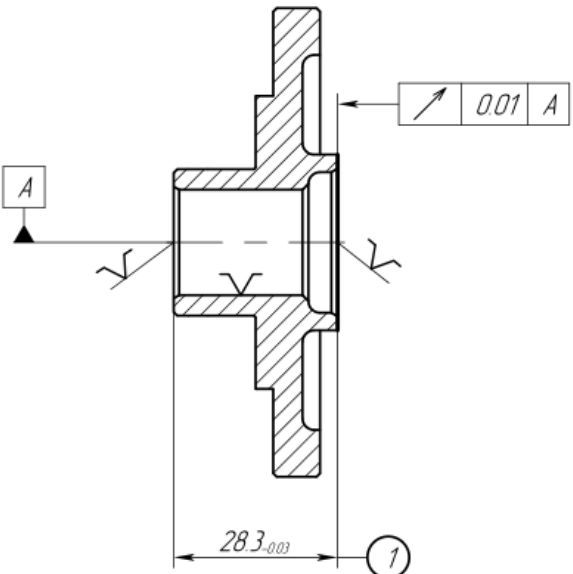
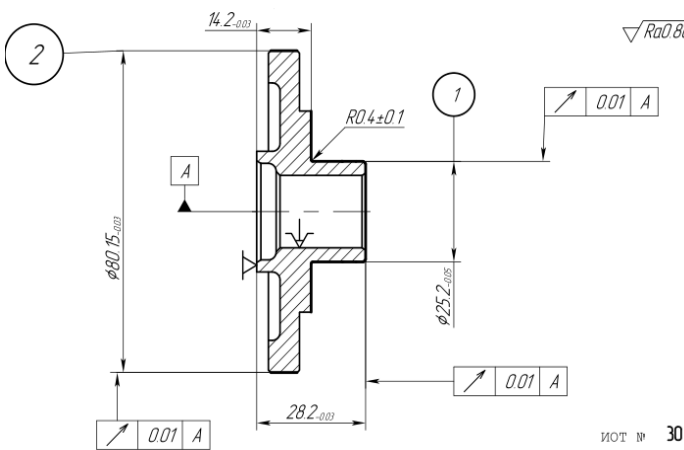
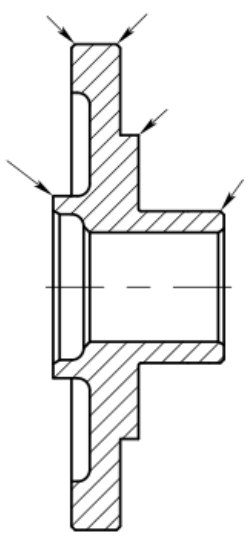
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР

Лист

36

Продолжение таблицы 5

<p>65</p>	<p>Шлифовальная</p> 	<p>GU-32x60NC</p>
<p>70</p>	<p>Токарная с ЧПУ</p> 	<p>LT-400M</p>
<p>75</p>	<p>Слесарная</p> 	<p>Мотоустановка</p>

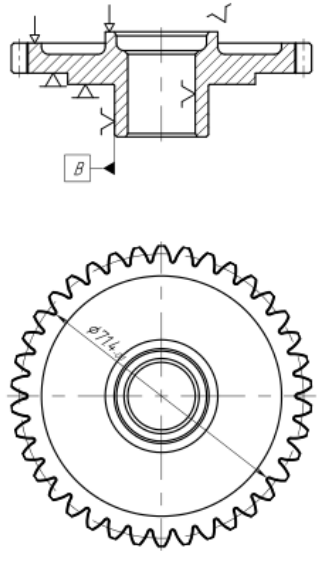
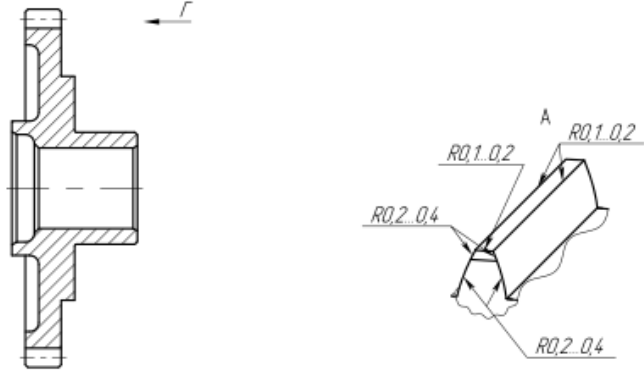
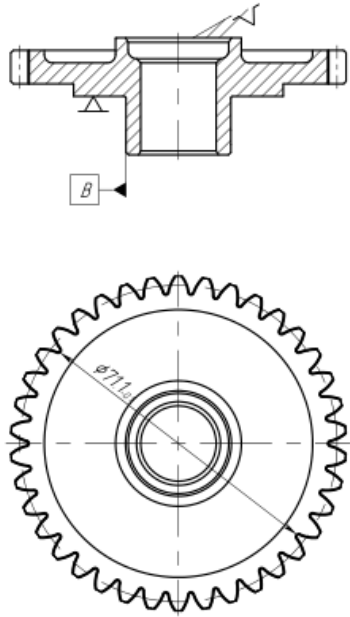
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР

Лист

37

Продолжение таблицы 5

<p>80</p>	<p>Зубофрезерная с ЧПУ</p> 	<p>H200</p>
<p>85</p>	<p>Слесарная</p> 	<p>Мотоустановка</p>
<p>100</p>	<p>Зубошлифовальная</p> 	<p>RZ260</p>

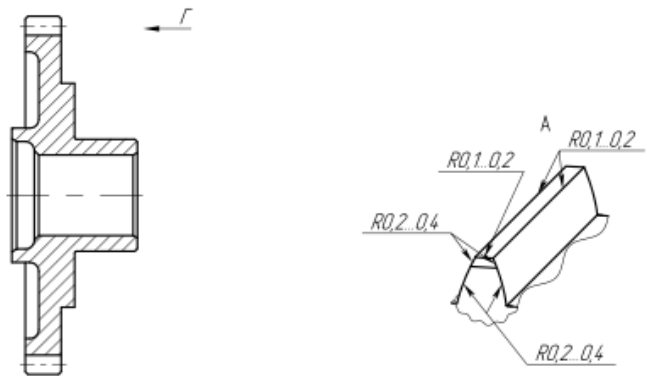
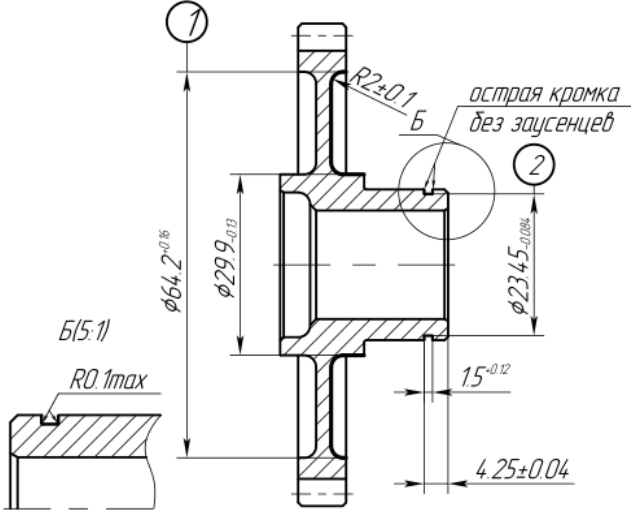
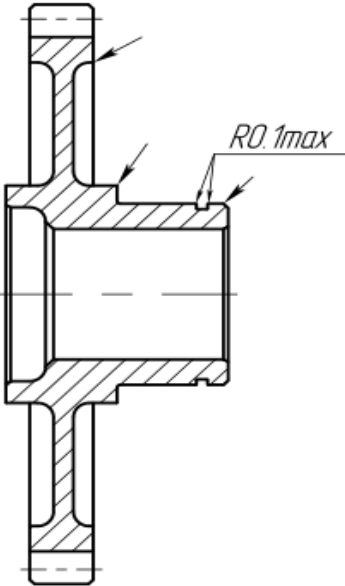
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР

Лист

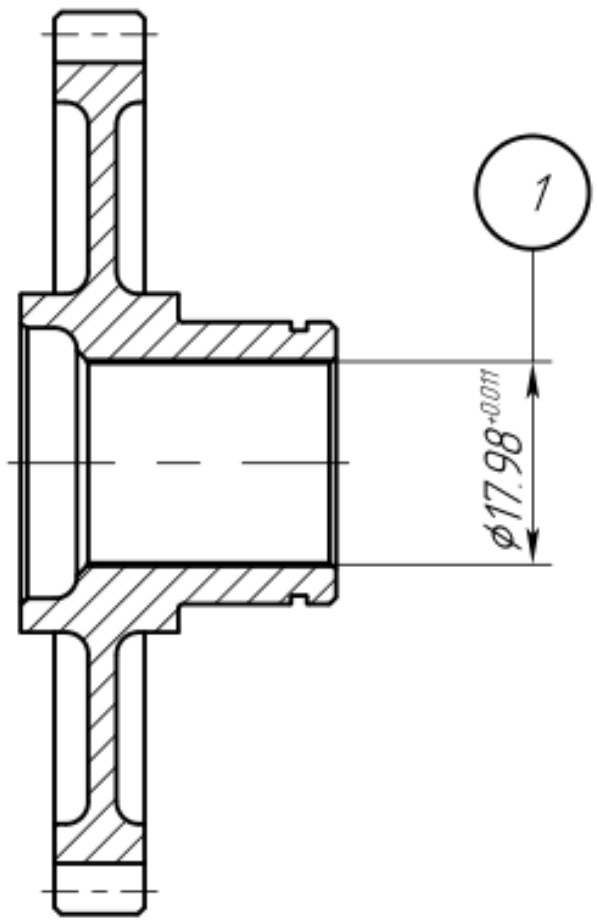
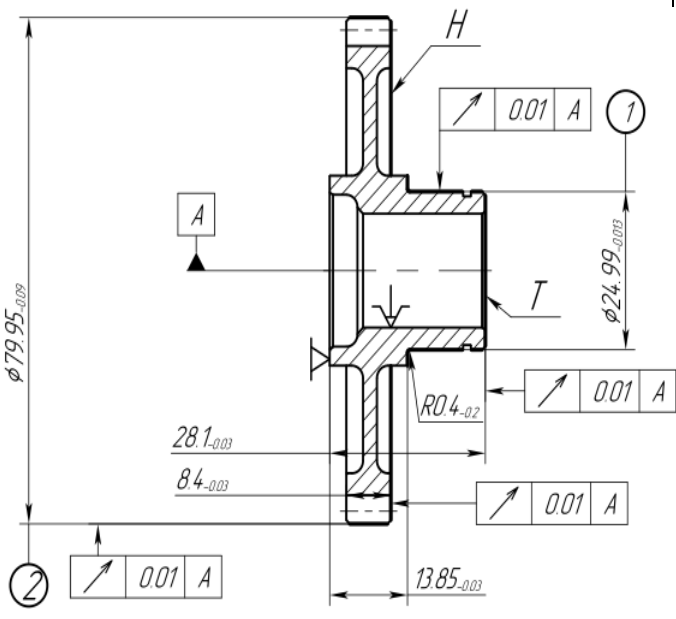
38

Продолжение таблицы 5

105	<p>Слесарная</p> 	Верстак
110	<p>Токарная с ЧПУ</p> 	ЛТ-400М
115	<p>Слесарная</p> 	Верстак

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

Продолжение таблицы 5

<p>130</p>	<p>Хонинговальная</p> 	<p>ЗК833</p>
<p>140</p>	<p>Токарная с ЧПУ</p> 	<p>LT-400M</p>

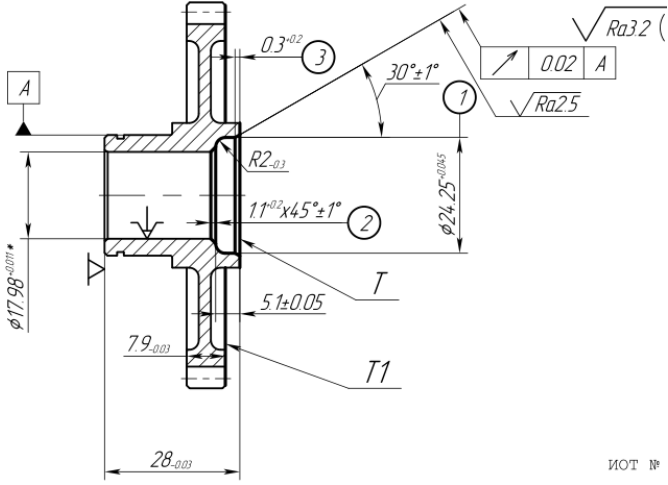
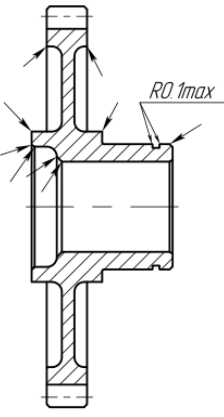
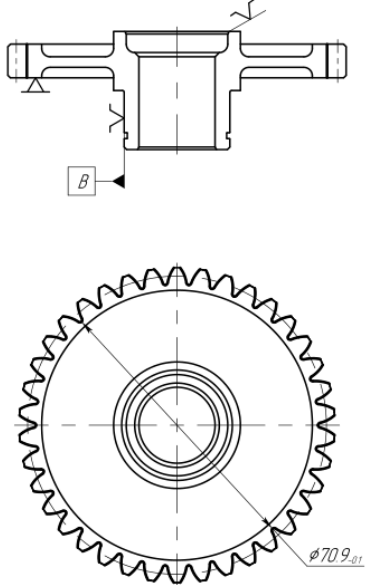
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР

Лист

40

Продолжение таблицы 5

<p>145</p>	<p>Токарная с ЧПУ</p> 	<p>LT-400M</p>
<p>150</p>	<p>Слесарная</p> 	<p>Верстак</p>
<p>155</p>	<p>Зубошлифовальная</p> 	<p>RZ260</p>

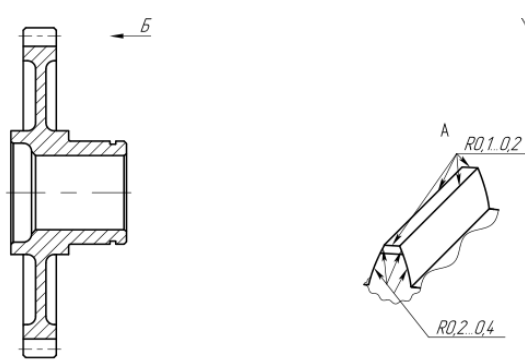
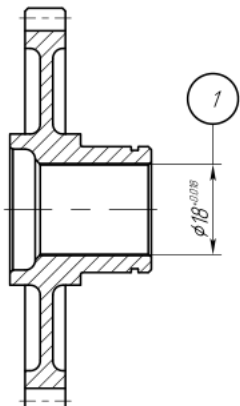
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР

Лист

41

Окончание таблицы 5

160	<p>Слесарная</p> 	Верстак
165	<p>Хонинговальная</p> 	ЗК833

## 2.4 Расчет режимов резания и норм времени

### 2.4.1 Описание режущего инструмента, применяемого в проектном ТП

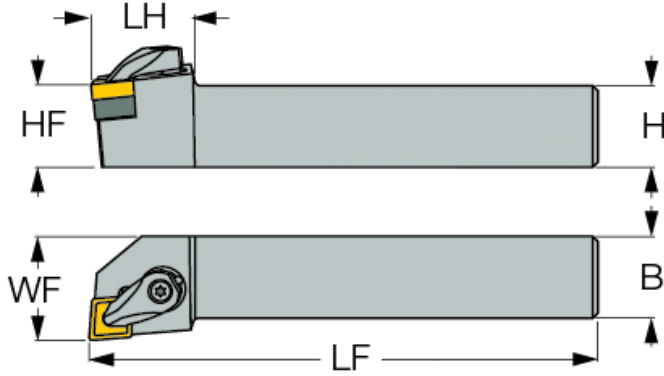
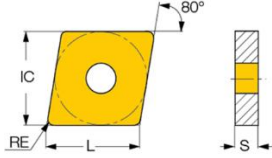
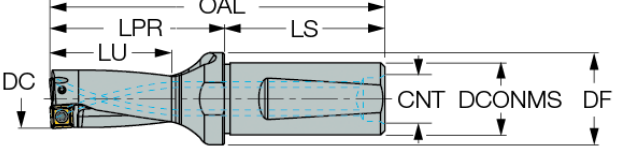
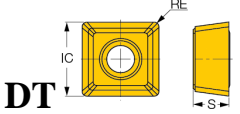
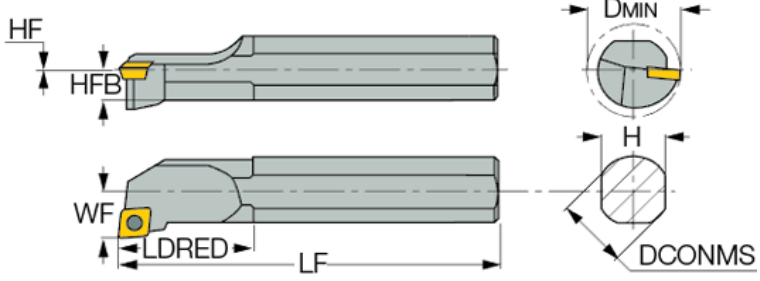
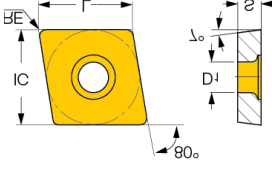
Одновременно с выбором оборудования и приспособления для каждой операции выбирается необходимый режущий инструмент, обеспечивающий достижение наибольшей производительности, требуемых точности и класса чистоты обработанной поверхности.

Применение того или иного типа инструмента и материала его режущей части зависит от следующих основных факторов: вида станка; метода обработки, режимов и условий работы; материала обрабатываемой детали, её размера и конфигурации; требуемых точности и класса чистоты обработки; вида производства.

Основным режущим инструментом, применяемым для обработки детали колеса, являются расточные резцы, проходные резцы, сверло, шлифовальные круги, червячная фреза. Расточные резец, проходные резцы применяются при обработке различных поверхностей, сверло для обработки отверстия. Подбор режущего инструмента, применяемого при обработке детали колесо, осуществлялся по каталогам фирмы ISCAR. В таблице 6 приведен основной режущий

инструмент, применяемый для обработки колеса.

Таблица 6 – Режущий инструмент, применяемый для обработки детали

Вид обработки	Эскиз и маркировка РИ	Эскиз пластины, маркировка пластины
Подрезка торца проточка поверхности	<p><b>DCLNR 2525M-12</b></p> 	<p><b>CNMG 120408-NF</b></p> 
Сверление отверстия	<p><b>DR150-030-20-05-2D-N</b></p> 	<p><b>SOMX 050204-DT</b></p> 
Расточка отверстия	<p><b>E10M SCLCR-06</b></p> 	<p><b>CCGT 060202-SM</b></p> 



Продолжение таблицы 6

Снятие фаски	<p><b>E12 SCLCR-06 HEAD</b></p>	<p><b>CCGT 060204-SM</b></p>
Расточка канавки	<p><b>HFIR 25MC</b></p>	<p><b>GRIP 5005Y</b></p>
Расточка выточки	<p><b>ИHAXF 14-16/16</b></p>	<p><b>TPGX 090202-L</b></p>
Точение канавки	<p><b>PCHL 25-24</b></p>	<p><b>PENTA 24 N120J000</b></p>

2.4.2 Описание способов крепления режущего инструмента в оборудовании, применяемое в проектом ТП

Для станков с ЧПУ токарной группы широко используются патроны, оправки и резцедержатели для крепления инструмента в суппорте станка. Для станков с револьверными головками резцедержатели обычно выполняются с зубчатым венцом, с базирующей призмой и цилиндрическим хвостовиком с лыской и рифлением.

Для крепления резцов на токарных станках с ЧПУ применяются специальные приспособления, состоящие из поверхности для установки на станке и присоединительных поверхностей для установки инструмента.

Наибольшее распространение получил резцедержатель с цилиндрическим

хвостовиком и перпендикулярным открытым пазом под различные резцы рисунок 4а.

Резцедержатели в соответствии с рисунком 5 могут быть различной конструкции: правый рисунок 4б, левый рисунок 4в, различной формы рисунок 4г, д, е, короткие, длинные и т.д.

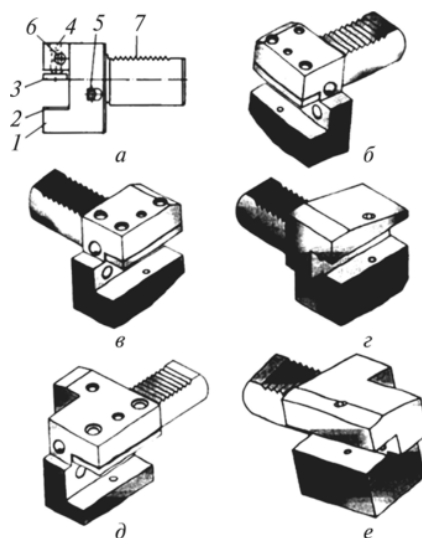


Рисунок 5 – Схема (а) и общие виды (б–е) резцедержателей с цилиндрическими хвостовиками для токарных станков с ЧПУ с револьверными головками

Для расточных резцов применяются резцедержатели с цилиндрическим хвостовиком (в соответствии с рисунком б), конструкция которых отличается наличием внутреннего отверстия 1 в корпусе 2, для установки инструмента. Закрепление резца может осуществляться винтами, устанавливаемыми в резьбовые отверстия 3 рисунок 5а. Резцедержатели с цилиндрическим хвостовиком также имеют различные конструктивные решения рисунок 5б.

Благодаря переходным втулкам рисунок 5в, г в резцедержатели могут быть установлены расточные резцы с цилиндрическим хвостовиком рисунок 5в или с конусом Морзе рисунок 5г. Аналогичные конструктивные решения имеют и другие держатели инструментов для станков с ЧПУ.

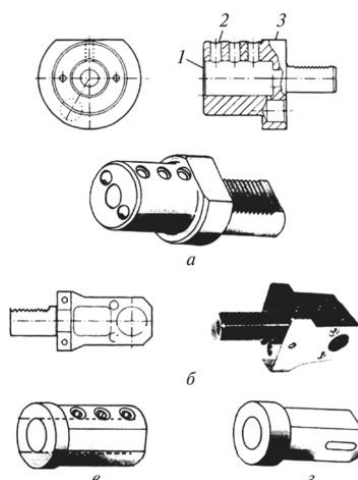


Рисунок 6 – Схемы резцедержателей (а, б) и переходных втулок (в, г) для расточных резцов

### 2.4.3 Расчет режимов резания на основании рекомендации фирмы-производителя.

Расчет режимов резания осуществляется по данным, приведенным в каталогах инструмента фирмы ISCAR[8]. Рассмотрим на примере расчет режимов резания для нескольких переходов.

Подрезка торца проточка поверхности(в соответствии с рисунком 7):

Исходные данные для расчета:

1) инструмент:

Державка DCLNR 2525M-12;

Режущая пластина CNMG 120408-NF IC907

2) обрабатываемая поверхность:

Диаметр 80,6 мм.

Материал: Сталь 30X2HBA-III ГОСТ 1133-71

3) припуск на сторону, мм: 1;

Расчетные данные

По каталогу фирмы ISCAR[8] выбираем следующие данные:

1) материал режущей части: IC907 для Сталь 30X2HBA-III;

Скорость резания для: CNMG 120408-NF IC907 - 5595149

ISO	Материалы	Обозначение материала	Состояние материала	Hardness	Рекомендации по скорости резания (Vc)
P 1		Конструкционная сталь, стальное литье, автоматная сталь <0,25% C.	Отпущенная	125 HB	120-200 m/min
P 2		Конструкционная сталь, стальное литье, автоматная сталь >= 0,25% C.	Отпущенная	190 HB	100-170 m/min
P 3		Конструкционная сталь, стальное литье, автоматная сталь <0,55% C.	Закалённая и отпущенная	250 HB	80-150 m/min
P 4		Конструкционная сталь, стальное литье, автоматная сталь = 0,55% C.	Отпущенная	220 HB	90-160 m/min
P 5		Конструкционная сталь, стальное литье, автоматная сталь = 0,55% C.	Закалённая и отпущенная	300 HB	80-130 m/min
P 6		Низколегированная сталь и стальное литье (менее 5% легирующих элементов).	Отпущенная	200 HB	80-150 m/min
P 7		Низколегированная сталь и стальное литье (менее 5% легирующих элементов).	Закалённая и отпущенная	275 HB	70-130 m/min
P 8		Низколегированная сталь и стальное литье (менее 5% легирующих элементов).	Закалённая и отпущенная	300 HB	60-120 m/min
P 9		Низколегированная сталь и стальное литье (менее 5% легирующих элементов).	Закалённая и отпущенная	350 HB	50-100 m/min
P 10		Высоколегированная сталь, стальное литье и инструментальная сталь.	Отпущенная	200 HB	80-130 m/min
P 11		Высоколегированная сталь, стальное литье и инструментальная сталь.	Закалённая и отпущенная	325 HB	50-100 m/min
P 12		Нержавеющая сталь.	Ферритная/мартенситная	200 HB	170-265 m/min
P 13		Нержавеющая сталь.	Мартенситная	240 HB	140-245 m/min
M 14		Нержавеющая сталь.	Аустенитная	180 HB	100-280 m/min
K 15		Серый чугун	Перлитный/ферритный	180 HB	30-140 m/min

Рисунок 7 – таблица выбора скорости фирмы ISCAR[6]

2) скорость резания, мм/мин:  $V = 80$ ;

3) подачу, мм/об:  $S = 0,1$ ;

Определяем число оборотов:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$$

где  $D$  – диаметр обработки;  $V$  – скорость резания;  $V = 80$ .

$$n = \frac{1000 \cdot 80}{3,14 \cdot 80,6} = 316 \text{ об/мин}$$

Сверление отверстия

Исходные данные для расчета:

инструмент:

Державка DR150-030-20-05-2D-N;

Пластина SOMX 050204-DT IC907

обрабатываемая поверхность:

Диаметр 15 мм.

Материал: Сталь 30X2HBA-Ш ГОСТ 1133-71

припуск на сторону, мм: 7,5;

Расчетные данные

По каталогу фирмы ISCAR[8]выбираем следующие данные:

материал режущей части: IC907 для Сталь 30X2HBA-Ш;

Таблица выбора скорости в соответствии с рисунком 8;

Machining Data for DR Drills																		
ISO	Material	Condition	Tensile Strength [N/mm <sup>2</sup> ]	Hardness HB	Material No.	Mat. No.	Cutting Speed (1)		Feed vs. Drill Diameter mm/rev									
							Vc m/min IC907/907 external	Vc m/min IC907/907 external	DR-04 DT/HD	DR-05 GF/DT/AL/HD	DR-06 GF/DT/AL/HD	DR-07 GF/DT/AL/HD	DR-09/10 GF/DT/HD	DR-11/12 GF/DT/HD	DR-16 GF/DT/HD			
P	Non-alloy steel and cast steel, free cutting steel	< 0.25 %C	420	125	1	1	200-300	280-300	0.04-0.08 0.02-0.06	0.08-0.10	0.07-0.12	0.08-0.12	0.10-0.15	0.12-0.18	0.14-0.22	0.15-0.25	0.16-0.26	0.08-0.15
		>= 0.25 %C	650	190	2	2	150-200	190-250										
		Quenched and tempered	850	250	3	3	150-200	190-250										
	Low alloy steel and cast steel (less than 5% of alloying elements)	< 0.55 %C	750	220	4	4	150-220	190-290										
		>= 0.55 %C	1000	300	5	5	150-220	190-290										
		Quenched and tempered	600	200	6	6	160-230	190-290										
	High alloyed steel, cast steel, and tool steel	930	275	7	7	120-180	160-230											
		1000	300	8	8	120-180	160-230											
		1200	350	9	9	120-180	160-230											
	Stainless steel and cast steel	680	200	10	10	100-160	150-250											
Quenched and tempered		1100	325	11	11	100-160	210-310											
Stainless steel	Ferritic/martensitic	680	200	12	12	160-240	210-310	0.04-0.08	0.08-0.10	0.06-0.10	0.06-0.12	0.08-0.12	0.10-0.14	0.12-0.20	0.12-0.20			
	Martensitic	820	240	13	13	160-240	210-310	0.04-0.08	0.08-0.10	0.06-0.10	0.06-0.12	0.08-0.12	0.10-0.14	0.12-0.20	0.12-0.20			
K	Cast iron nodular (GG)	Austenitic	600	180	14	14	160-240	210-310	0.04-0.08	0.08-0.10	0.06-0.10	0.06-0.12	0.08-0.12	0.10-0.14	0.12-0.20	0.12-0.20		
		Ferritic/pearlitic	190	15	15	150-250	190-320	0.08-0.16	0.10-0.22	0.10-0.22	0.10-0.22	0.15-0.25	0.18-0.30	0.20-0.34				
		Pearlitic	260	16	16	150-250	190-320											
Grey cast iron (GGG)	Ferritic	160	17	17	120-180	160-230												
N	Malleable cast iron	Ferritic	250	18	18	120-180	160-230	0.08-0.24	0.12-0.25	0.12-0.25	0.12-0.25	0.20-0.30	0.2-0.35	0.28-0.45				
		Pearlitic	130	19	19	120-180	160-230											
	Aluminum-wrought alloy	Not curable	60	21	21	150-300	190-300											
		Curable	160	22	22	150-300	190-300											
		Not curable	75	23	23	150-300	190-300											
	Aluminum-cast, alloyed	Curable	90	24	24	150-300	190-300											
		High temperature	130	25	25	150-300	190-300											
	Copper alloys	Free cutting	110	26	26	150-300	190-300											
		Brass	90	27	27	150-300	190-300											
		Electrolytic copper	100	28	28	150-300	190-300											
Non metallic	Duroplastics, fiber plastics	29	29	29	150-300	190-300												
	Hard rubber	30	30	30	150-300	190-300												
S	High temp. alloys	Fe based	200	31	31	20-50	30-60	0.03-0.07	0.04-0.08	0.04-0.08	0.05-0.09	0.07-0.10	0.08-0.12	0.10-0.14				
		Curable	290	32	32	20-50	30-60											
		Not curable	75	23	23	20-50	30-60											
	Ni or Co based	Curable	250	33	33	20-50	30-60											
		Curable	350	34	34	20-50	30-60											
		Cast	320	35	35	20-50	30-60											
Titanium Ti alloys	RM 400	36	36	36	50-60	60-80												
	Alpha-beta alloys cured	RM 1000	37	37	50-60	60-80												

Рисунок 8 – таблица выбора скорости фирмы ISCAR[6]

подачу, мм/об: S = 0,05;

скорость резания, мм/мин: V = 150;

Определяем число оборотов:

где D – диаметр обработки; V – скорость резания; V = 60.

$$n = \frac{1000 \cdot 150}{3,14 \cdot 15} = 3184 \text{ об/мин}$$

Фрезерование зубьев

Исходные данные для расчета:

инструмент:

Фреза червячная Р6М5

обрабатываемая поверхность:

Зубья шестерни

Материал: Сталь 30Х2НВА-Ш ГОСТ 1133-71

Расчетные данные

материал режущей части: Р6М5 для Сталь 30Х2НВА-Ш;

подачу, мм/об:  $S = 2,5$ ;

период стойкости фрезы  $T=240$  мин

Скорость резания при нарезании зубчатых колес однозаходными червячными фрезами из быстрорежущей стали определяется эмпирической формулой

$$V=C_v/(T^{0,25} \cdot S^{0,5} \cdot m^{0,25}),$$

где значение коэффициента  $C_v = 250$

$$V=250/(240^{0,25} \cdot 2,5^{0,5} \cdot 2^{0,25}) = 33,75 \text{ м/мин}$$

Расчетное число оборотов фрезы

$$n = \frac{1000 \cdot 33,75}{3,14 \cdot 75} = 143 \text{ об/мин}$$

Число оборотов фрезы по станку  $n = 150$  об/мин

Действительная скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 75 \cdot 150}{1000} = 35,3 \text{ м/мин}$$

Нормы времени вычисляются при проектировании технологического процесса, в программе СПРУТ-ТП приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Нормы времени

	$T_0$ , мин	$T_{всп}$ , мин	$T_{пз}$ , мин	$T_{шт}$ мин
05 Токарная с ЧПУ	13,4	2,63	7	23,03
15 Токарная с ЧПУ	7,13	1,95	7	16,08
30 Токарная с ЧПУ	5,58	2,65	7	15,23
40 Шлифовальная	1,83	2,03	4,12	7,98

Окончание таблицы 7

45 Токарная с ЧПУ	10,25	3,08	7	20,33
55 Хонинговальная	2,06	1,55	3,5	4,58
70 Токарная с ЧПУ	1,12	0,85	7	8,97
80 Зубофрезерная	4,52	1,23	6,92	12,67
100 Зубошлифовальная	7,21	2,32	4,21	13,54
110 Токарная с ЧПУ	1,78	2,54	7	11,32
130 Хонинговальная	1,52	1,45	3,93	6,95
140 Токарная с ЧПУ	0,56	0,42	7	7,98
140 Токарная с ЧПУ	2,39	1,54	7	10,93
155 Зубошлифовальная	7,21	2,32	4,21	13,54
165 Хонинговальная	1,52	1,45	3,93	6,95

## 2.5 Размерный анализ разработанного технологического процесса

На данном этапе выполняем размерный анализ разработанного технологического процесса по учебному пособию «Теория и практика решения конструкторских и технологических размерных цепей» [4].

Размерный анализ выполняется для расчета оптимальных припусков на обработку, на основе статистических погрешностей на обработку. Данный расчет позволяет экономить затраты на износ инструмента, количество затраченного материала.

Зачастую на предприятиях игнорируется данный подход к назначению припусков, припуски задаются на «глаз», расчет размерных цепей считается сложным и трудоемким процессом.

Такое халатное отношение рядовых инженеров влечет за собой ряд экономических и технологических проблем для предприятия в целом.

### 2.5.1 Преобразование и кодирование чертежа детали

Преобразованный чертеж детали (в соответствии с рисунком 9)

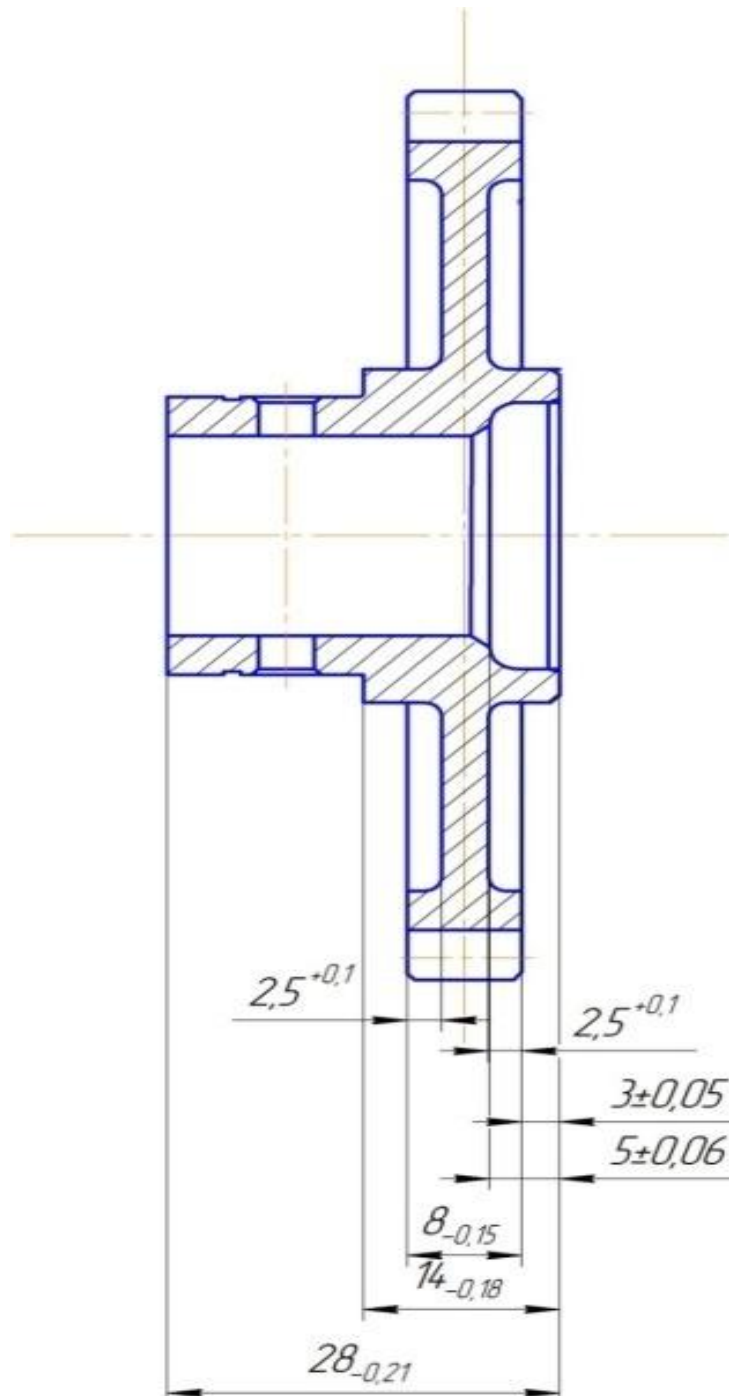


Рисунок 9 – Преобразованный чертёж детали

## 2.5.2 Оформление размерных схем и составление уравнений технологических размерных цепей

Размерная схема первой проекции представлена на рисунке 10.

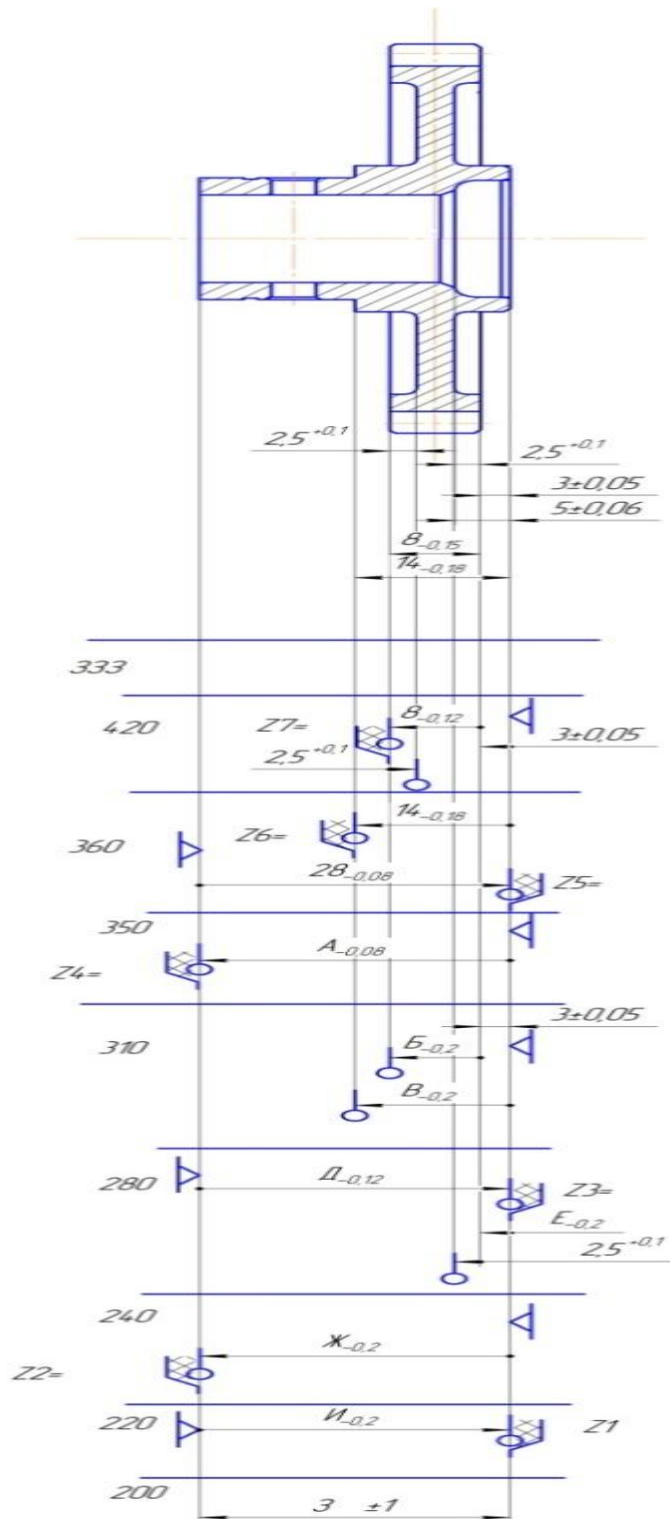


Рисунок 10– Размерная схема первой проекции

Технологические допуски выбирались согласно приложению 6-36[4]

Уравнения размерных цепей по размерной схеме:

$$1. [Z_1] = 3 - И$$



$$2. [Z_2] = И - Ж$$

$$3. [Z_3] = Ж - Д$$

$$4. [Z_4] = Д - А$$

$$5. [Z_5] = А - 28$$

$$6. [Z_6] = В - 14$$

$$7. [Z_7] = Б - 8$$

Номинальный припуск рассчитывается по формуле :

$$Z_{ном} = Z_{min} + \frac{W}{2} - \Delta_0,$$

где:

$$Z_{min} = Rz_{i-1} + Df_{i-1}$$

$$W = \sum T_i;$$

$$\Delta_0 = \frac{(\Delta_B^{yB} + \Delta_H^{yB}) - (\Delta_B^{yM} + \Delta_H^{yM})}{2}$$

$Rz_{i-1}$  и  $Df_{i-1}$  выбираются по приложению 6[4]

$$Z_{5min} = 0,01 + 0,025 = 0,035\text{мм.}$$

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

$$W=0,08+0,08=0,16\text{мм.}$$

$$\Delta_0 = \frac{(0 + (-0,08)) - (0 + (-0,08))}{2} = 0 \text{ мм.}$$

$$Z_{5\text{ном}} = Z_3 + \frac{W}{2} - \Delta_0 = 0,035 + 0,08 - (0) = 0,043\text{мм}$$

$$A = [Z_5] + 28 = 28,043 \text{ мм}$$

$$Z_{4\text{min}} = 0,05 + 0,06 = 0,110 \text{ мм.}$$

$$W=0,08+0,12=0,2\text{мм.}$$

$$\Delta_0 = \frac{(0 + (-0,12)) - (0 + (-0,08))}{2} = 0,02 \text{ мм.}$$

$$Z_{4\text{ном}} = Z_{\text{min}4} + \frac{W}{2} - \Delta_0 = 0,110 + 0,1 - 0,02 = 0,18\text{мм}$$

$$D = [Z_4] + A = 28,161 \text{ мм}$$

$$Z_{3\text{min}} = 0,160 + 0,1 = 0,260 \text{ мм.}$$

$$W=0,2+0,12=0,32\text{мм.}$$

$$\Delta_0 = \frac{(0 + (-0,2)) - (0 + (-0,12))}{2} = -0,04 \text{ мм.}$$

$$Z_{3\text{ном}} = Z_{\text{min}3} + \frac{W}{2} - \Delta_0 = 0,26 + 0,16 + 0,04 = 0,460\text{мм}$$

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

$$Ж = [Z_3] + Д = 28,621 \text{ мм}$$

$$Z_{2min} = 0,160 + 0,1 = 0,260 \text{ мм.}$$

$$W=0,2+0,2=0,4\text{мм.}$$

$$\Delta_0 = \frac{(0 + (-0,2)) - (0 + (-0,2))}{2} = 0 \text{ мм.}$$

$$Z_{2ном} = Z_{min 2} + \frac{W}{2} - \Delta_0 = 0,26 + 0,2 + 0 = 0,460\text{мм}$$

$$И = [Z_2] + Ж = 29,081 \text{ мм}$$

$$Z_{1min} = 0,25 + 0,4 = 0,625 \text{ мм.}$$

$$W=0,2+1=1,2\text{мм.}$$

$$\Delta_0 = \frac{(1 + (-1)) - (0 + (-0,2))}{2} = 0,1 \text{ мм.}$$

$$Z_{1ном} = Z_{min 1} + \frac{W}{2} - \Delta_0 = 0,625 + 0,6 - 0,1 = 1,15\text{мм}$$

$$З = [Z_1] + И = 30,231 \text{ мм}$$

$$Z_{6min} = 0,05 + 0,06 = 0,110 \text{ мм.}$$

$$W=0,2+0,08=0,28\text{мм.}$$

$$\Delta_0 = \frac{(0 + (-0,2)) - (0 + (-0,08))}{2} = -0,06 \text{ мм.}$$

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

$$Z_{6ном} = Z_{\min 6} + \frac{W}{2} - \Delta_0 = 0,110 + 0,14 - 0,06 = 0,244 \text{ мм}$$

$$B = [Z_6] + 14 = 14,244 \text{ мм}$$

$$Z_{7\min} = 0,05 + 0,06 = 0,110 \text{ мм.}$$

$$W = 0,2 + 0,08 = 0,28 \text{ мм.}$$

$$\Delta_0 = \frac{(0 + (-0,2)) - (0 + (-0,08))}{2} = -0,06 \text{ мм.}$$

$$Z_{6ном} = Z_{\min 6} + \frac{W}{2} - \Delta_0 = 0,110 + 0,14 - 0,06 = 0,244 \text{ мм}$$

$$B = [Z_7] + 8 = 8,244 \text{ мм}$$

$$E = [Z_3] + 3 = 3,46 \text{ мм}$$

Размерная схема с технологическими припусками и размерами представлена на рисунке 11.

Внутриоперационные припуски на диаметральные размеры назначаются согласно приложению 8[6].

Размерная схема, она же цепь является основным предметом изучения дисциплины «Размерно-точностное проектирование в машиностроении», существуют конструкторские размерные цепи, задачей расчета таких цепей является назначение допусков размеров сборочной единицы (узла), данный расчет необходим для корректной сборки. Технологические размерные цепи несут в себе задачу назначения оптимальных межоперационных припусков на обработку. Не мало важным в данном расчете является окончательный размер заготовки детали, на которую рассчитывается цепь.

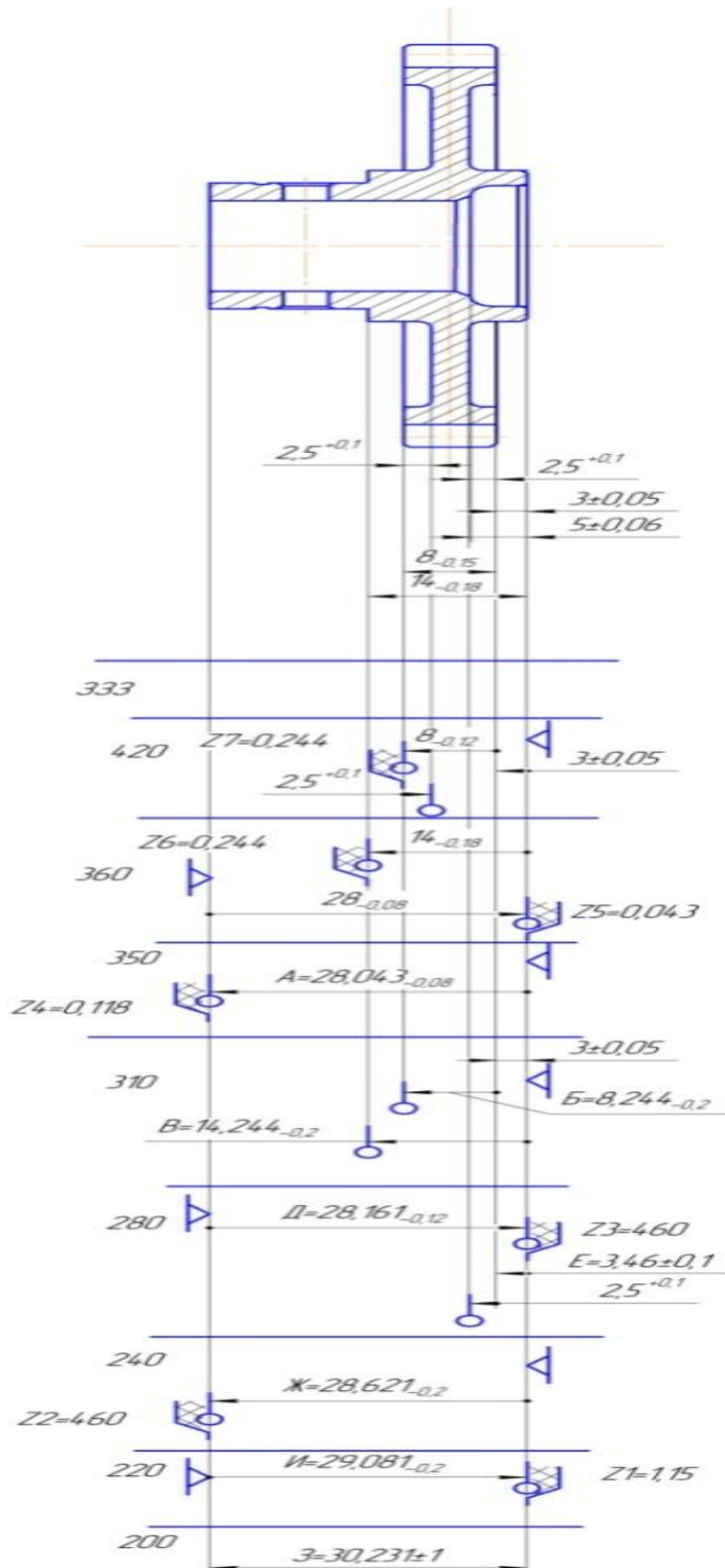


Рисунок 11 – Размерная схема с технологическими припусками и размерами

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР

Лист

56

### 3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

#### 3.1 Проектирование червячной фрезы

Проектирование червячной фрезы по следующим исходными данными:  
 $m=2$ ,  $z_1=38$ ,  $z_2=33$ ; степень точности 8-B.

Материал детали – 30Х2НВА-Ш.

Для обработки этого материала детали рекомендуют быстрорежущий сплав Р6М5 ГОСТ 19265-73

Расчетный профильный угол исходного профиля в нормальном сечении

$$\alpha_u = \alpha_\phi = 20^\circ$$

Модуль нормальный  $m_u = m = 2$  мм.

Шаг по нормали

$$t_u = \pi \cdot m_u$$

$$t_u = 3,14 \cdot 2 = 6,28 \text{ мм}$$

Расчетная толщина зуба по нормали:

$$S_u = t_u - (S_{\sigma 1} + \Delta S),$$

где  $S_{d1}$  – толщина зуба по нормали к делительной окружности

$$S_{\sigma 1} = \frac{\pi \cdot m}{2} = \frac{3,14 \cdot 2}{2} = 3,14 \text{ мм}$$

$\Delta S = 0,097$  мм - гарантированный боковой зазор.

$$S_u = 6,28 - (3,14 + 0,097) = 3,043 \text{ мм}$$

Высота зуба фрезы:

$$h_u = h + c,$$

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

где  $h = 2,25 \cdot m = 2,25 \cdot 2 = 4,5$  мм - высота зуба колеса,

$c = 0,25 \cdot m = 0,25 \cdot 2 = 0,5$  мм – радиальный зазор,

$h_u = 4,5 + 0,5 = 5$  мм.

При отсутствии специальных требований наружные диаметры фрез рекомендовано выбирать по требованиям действующих стандартов.

Наружный диаметр фрезы  $D_a = 75$  мм.

Диаметр посадочного отверстия  $d_{отв} = 27$  мм.

Длина фрезы  $l_\phi = 90$  мм.

Число зубьев для чистовых фрез определяется по зависимости:

$$Z_u = \frac{1,3 \cdot 360}{\varphi} ,$$

$$\cos \varphi = \frac{D_a - 2 \cdot h_u}{D_a} = \frac{75 - 2 \cdot 5}{75} = 0,867 ,$$

$$\varphi = \arccos 0,867 = 29,888^\circ = 29^\circ 53'$$

$$z_u = \frac{1,3 \cdot 360}{29,888} = 15,66$$

Принимаем 16 зубьев фрезы.

Передний угол на вершине зуба  $\gamma_0 = 0$ ,

Задний угол на вершине зуба  $\alpha_B = 10 \dots 12$ . Принимаем  $\alpha_B = 10$ .

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

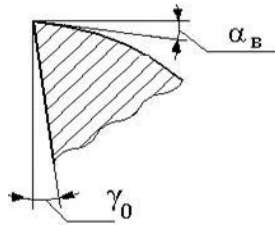


Рисунок 12 – Геометрия режущей части

Задний угол на боковой режущей кромке в сечении, перпендикулярном к ней, определяют по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{бо}} = \frac{R_{\text{au}}}{R_x} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{\text{с}} \cdot \sin \alpha_{\text{u}}$$

где  $R_x$  – радиус окружности расположения произвольной точки, для которой определяется значение бокового заднего угла.

$$R_x = 37,5 - 1 \cdot 2 = 35,5 \text{ мм}$$

$$\tan \alpha_{\text{бо}} = \frac{37,5}{35,5} \cdot \tan 10 \cdot \sin 20 = 0,064$$

$$\angle \alpha_{\text{бо}} = 3,662$$

Величина затылования  $K$  подсчитывается по зависимости:

$$K = \frac{\pi \cdot D_{\text{au}}}{z_u} \cdot \tan \alpha_B = \frac{3,14 \cdot 75}{16} \cdot \tan 10 = 2,6 \text{ мм}$$

Округляем до 2 мм.

Величина дополнительного затылования:

$$K_1 = 1,25 \cdot K = 1,25 \cdot 2 = 2,5 \text{ мм.}$$

Глубина канавки  $H$  для фрезы со шлифованным профилем:

$$H = h_u + \frac{K + K_1}{2} + 1,5 = 5 + \frac{2 + 2,5}{2} + 1,5 = 8,75 \text{ мм}$$



Радиус закругления основания канавки

$$\rho_K = \frac{\pi \cdot (D_a - 2H)}{10 \cdot z_u} = \frac{3,14 \cdot (75 - 2 \cdot 8,75)}{10 \cdot 16} = 1,128 \text{ мм}$$

Примем 1,5 мм.

Угол профиля канавки  $\theta_k = 30$

Диаметр делительной окружности:

$$d_{du} = D_{au} - h_u - 0,1 \cdot K = 75 - 5 - 0,2 = 69,8 \text{ мм.}$$

Угол подъема витков фрезы на начальной окружности определяют по формуле:

$$\sin \omega = \frac{m_u \cdot a}{d_{du}}$$

где  $a$  – число заходов фрезы;  $a=1$ .

$$\sin \omega = \frac{2 \cdot 1}{69,8} = 0,0287$$

$$\angle \omega = 1,645^\circ$$

Шаг по оси между двумя витками фрезы:

$$t_{oc} = \frac{t_u}{\cos \omega} = \frac{6,28}{\cos 1,645} = 6,286 \text{ мм}$$

Ход витков по оси фрезы

$$t_x = t_{oc} \cdot a = 6,286 \cdot 1 = 6,286 \text{ мм}$$

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

Стружечные канавки выполняются винтовыми. Направление витков стружечных канавок противоположно направлению витков фрезы.

Осевой шаг винтовой стружечной канавки:

$$T = t_{oc} \cdot \operatorname{ctg}^2 \omega = 6,286 \cdot \operatorname{ctg}^2 1,645 = 7621,65 \text{ мм.}$$

Угол установки фрезы (в соответствии с рисунком 12) на станке для нарезания прямозубого колеса равняется углу подъема витков фрезы.

$$\psi = \omega = 1,645.$$

Расчетные профильные углы фрезы в нормальном сечении:

$$\alpha_{np} = \alpha_{нн} = \alpha_u = 20^\circ$$

Расчетные профильные углы фрезы в осевом сечении:

$$\tan \alpha_{oc} = \frac{\tan \alpha_u}{\cos \omega} = \frac{\tan 20^\circ}{\cos 1,645} = 0,364; \angle \alpha_{oc} = 20^\circ$$

$$\operatorname{ctg} \alpha_{np} = \operatorname{ctg} \alpha_{oc} - \frac{K_1 \cdot z_u}{T} = \operatorname{ctg} 20^\circ - \frac{2,5 \cdot 16}{7621,65} = 2,74; \angle \alpha_{oc} = 20,1^\circ$$

Расчетная длина фрезы:

$$l = 2 \cdot h_{au} \cdot \operatorname{ctg} \alpha_u + x \cdot \pi \cdot m_u + 2 \cdot l_1$$

где  $x = 3$

$l_1 = 4,5$  мм – длина буртика.

$$l = 2 \cdot 5 \cdot \operatorname{ctg} 20 + 3 \cdot 3,14 \cdot 2 + 2 \cdot 4,5 = 64,5 \text{ мм}$$

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

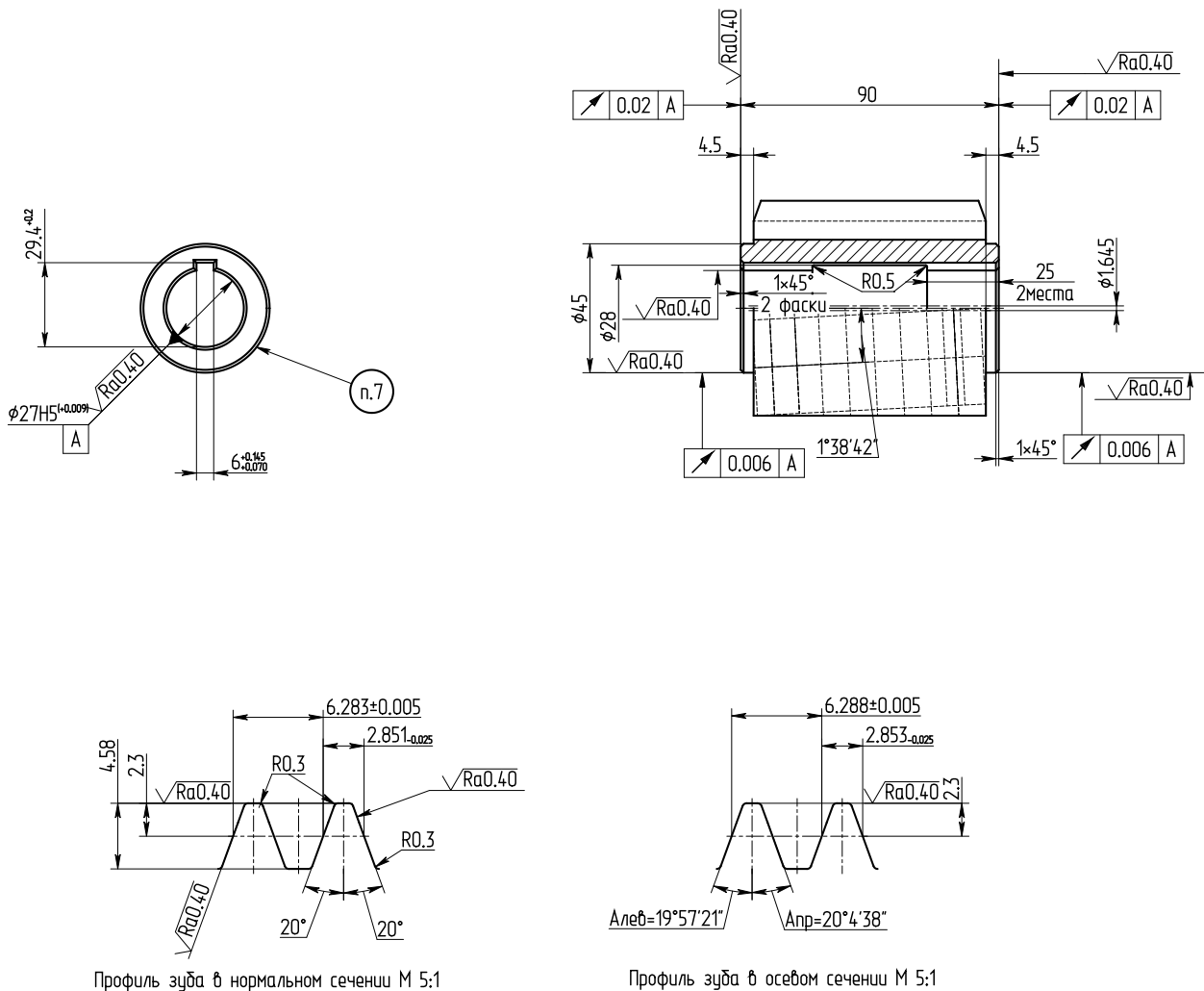


Рисунок 12 – Фреза червячная

### 3.2 Проектирование сверла с СМП

Сверло – осевой режущий инструмент для образования отверстий в сплошном материале и увеличения диаметра имеющегося отверстия. Сверла с СМП позволяют работать с более высокими скоростями резания. Для обеспечения подвода СОЖ в корпусе сверла имеется сквозное отверстие, которое подает СОЖ прямо в зону резания. Крепление пластин к корпусу сверла осуществляется винтами. Первая пластина осуществляет обработку ближе к оси инструмента, вторая пластина осуществляет обработку по внешней части отверстия. Данные для подбора сверла:

- обрабатываемый материал 30Х2НВА-Ш;
- глубина сверления – 30,6;
- диаметр необходимого отверстия – Ø15;
- станок, на котором предполагается вестись обработка: токарный с ЧПУ LT – 400;

Определение геометрических параметров сверла Диаметр сверла принимаем равным диаметру обрабатываемого отверстия, т.е. 15 мм. Для определения раз-

меров хвостовой части сверла необходимо знать величины сил действующих на инструмент во время работы, а также момент крутящий. Рассчитываем скорость резания по формуле:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^Y} \cdot K_v$$

где  $T$  – период стойкости,  $T = 60$  мин;

$C$  – коэффициент, а  $qYm$  – показатели степени в формуле.  $C_v = 40,7$ ,  $m = 0,125$ ,  $Y = 0,4$ ,  $q = 0,25$ ,  $K$  – коэффициент, являющийся произведением коэффициентов, учитывающий качество обрабатываемого материала ( $K_{mv}$ ), состояния поверхности ( $K_{nv}$ ) и материала инструмента ( $K_{uv}$ ), по формуле:

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

где  $K_{mv} = 1$ ,  $K_{nv} = 0,9$ , т.к. заготовка поковка;  $K_{uv} = 2,5$ , т.к. материал режущей части IS908

$$K_v = 1 \cdot 0,9 \cdot 2,5 = 2,25$$

$$v = \frac{40,7 \cdot 15^{0,25}}{60^{0,125} \cdot 0,05^{0,4}} \cdot 2,25 = 159,8 \text{ м/мин}$$

Определяем частоту вращения сверла по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 160}{3,14 \cdot 15} \approx 3400 \text{ об/мин}$$

Определим силу резания:

$$P_0 = C_p \cdot D^q \cdot s^y \cdot k^p,$$

$$P_0 = 31,5 \cdot 15^1 \cdot 0,05^{0,8} \cdot 1 = 43,01 \text{ Н},$$

Момент крутящий:

$$M = C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot k^p,$$

$$M = 0,012 \cdot 15^2 \cdot 0,05^{0,8} \cdot 1 = 0,25 \text{ Нм},$$

Мощность при сверлении по формуле:

$$N = \frac{M \cdot n}{975},$$

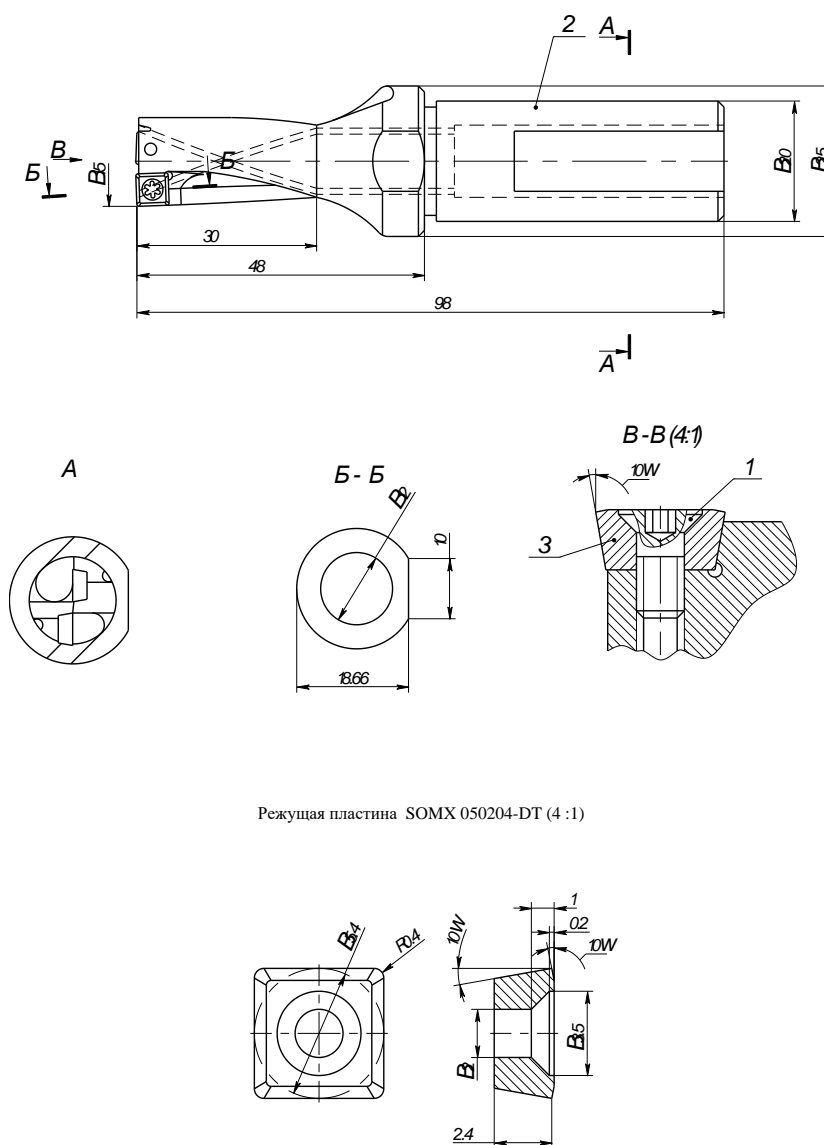
					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

$$N = \frac{0,25 \cdot 3400}{975} = 0,78 \text{ кВт}$$

По рекомендациям производителя ISCAR [8] выбираем параметры хвостовика сверла:

диаметр хвостовика = Ø20h6; тип хвостовика ISO 13399. На рисунке 14 представлены основные геометрические параметры сверла 15.03.05.2020.013.02СБВыбор пластины [8] Геометрические параметры пластины выбираются в зависимости от обрабатываемого материала. Для обработки штамповочных сталей рекомендуется специальная пластина [8], геометрия которой позволяет повысить чистоту обработки и снизить вероятность образования заусенцев. Острые режущие кромки пластины обеспечивают низкие усилия резания.

Выбираем пластину из каталога ISCAR[8]: Пластина SOMX 050204-DT(в соответствии с рисунком 13)



Режущая пластина SOMX 050204-DT (4 : 1)

Рисунок 13 – Сверло с СМП

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

### 3.3 Проектирование станочного приспособления

#### 3.3.1. Разработка принципиальной схемы СП

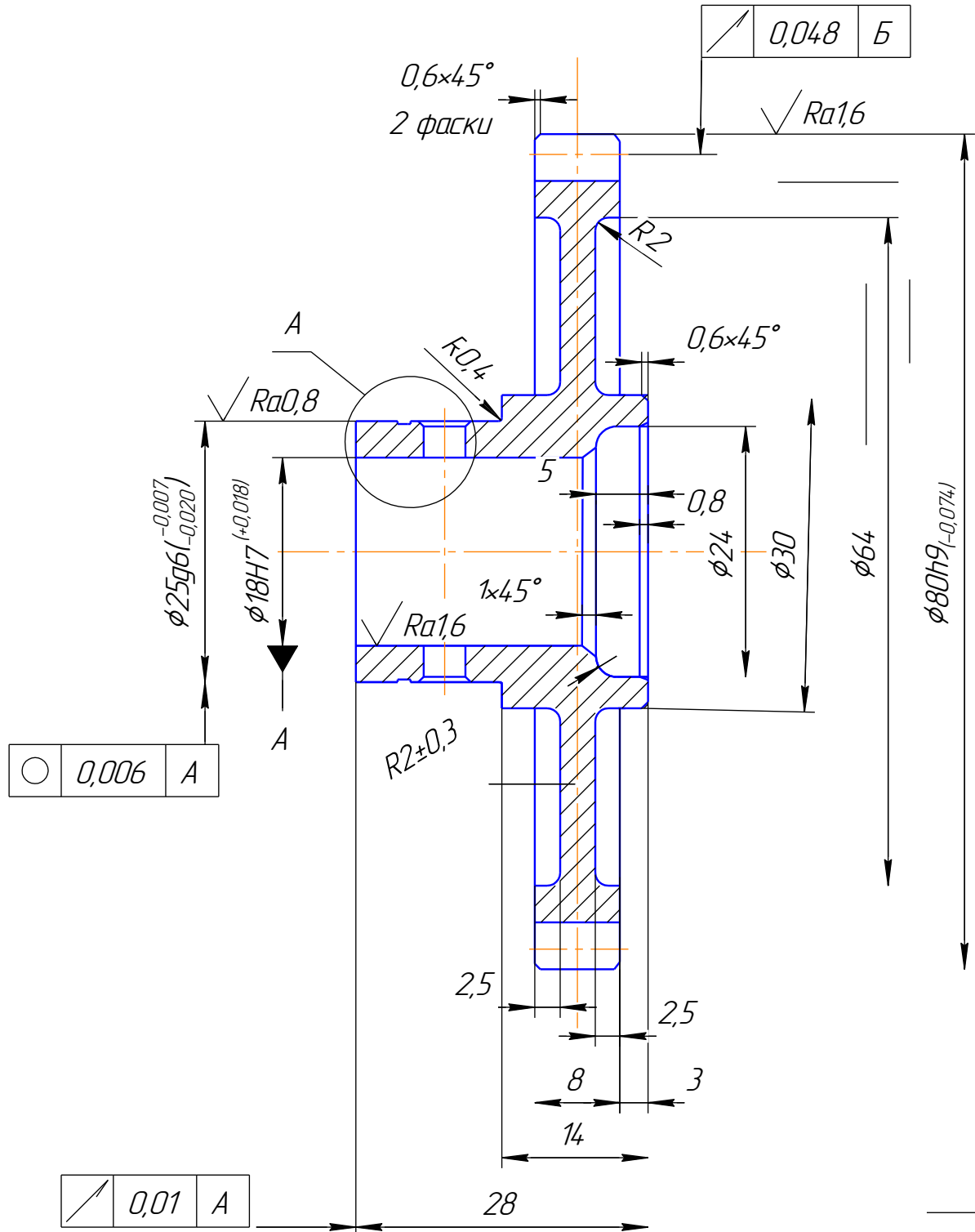


Рисунок 14– колесо зубчатое

Принципиальная схема в соответствии с рисунком 15.

Установка одновременно двух заготовок колес (блок из двух колес) производится на плоскую контактную поверхность, так как поверхность детали «Колесо зубчатое» кольцевая диаметром 25мм на разжимную оправку диаметром.

Зажимные устройства служат для создания надёжной фиксации заготовки и сохранения этого положения в процессе обработки. Зажимное устройство состоит из силового привода – пневмопривода для создания исходной силы тяги на ведущем звене, силового механизма и для преобразования усилия силового привода в силу зажима заготовки, контактного элемента - для непосредственного воздействия на заготовку. Корпус приспособления объединяет все элементы в единое и воспринимает все силы, действующие на заготовку. При обработке корпус должен быть прочным, жёстким и виброустойчивым.

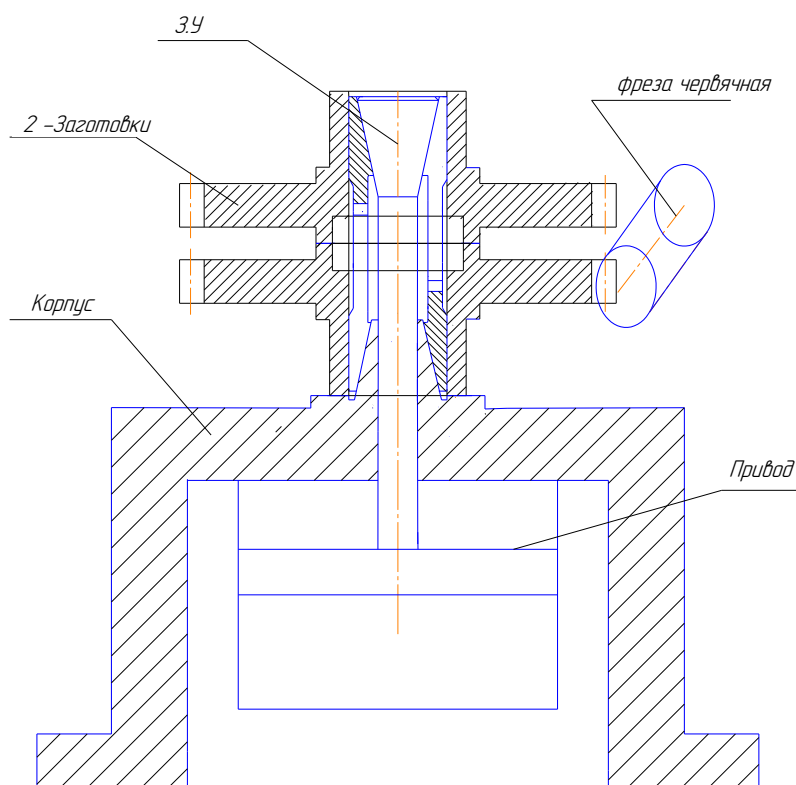


Рисунок 15 – Принципиальная схема

Анализ разработанной принципиальной схемы показывает следующее:

В представленной схеме полностью реализованы ограничения, имеющиеся в операционном эскизе.

Для подвода СОЖ, размещения и удаления стружки возможно образование достаточного свободного пространства.

Принципиальная схема может быть принята за основы будущей конструкции СП.

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

### 3.3.1.1 Расчет режимов резания

Рассчитывается скорость резания по эмпирической формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v, \text{ где:}$$

Операция – фрезерование

Материал –

Материал режущей части инструмента CD1810, соответствует отечественному T15K6.

1) Припуск  $t=4$  мм.

2) Подача:  $S=0,116$  мм/об.

3) Расчет силы резания:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q} \cdot K_{Mp},$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 58 \cdot 4^{0,9} \cdot 0,116^{0,8} \cdot 12^{1,3}}{12^1} \cdot 1,57 = 1243,2 \text{ Н}$$

### 3.3.2 Расчет усилия зажима заготовки

Закрепление заготовки осуществляется силой  $W$ .

Величину сил резания определяют из условий и режимов обработки по формулам теории резания или по нормативам. А так как в процессе обработки эти силы могут изменяться, то для обеспечения надежности при расчете необходимых сил закрепления их увеличивают на коэффициент запаса  $K$ . Коэффициент запаса  $K$  может быть определен по формуле:

$$k = k_0 k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 k_6,$$

где  $k_0=1,5$  – гарантированный коэффициент запаса, для всех случаев обработки;

$k_1=1,05$  – коэффициент, учитывающий наличие случайных неровностей на заготовке;

$k_2=1,1$  – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания от прогрессирующего затупления режущего инструмента в зависимости от метода обработки и материала заготовки;

$k_3=1,05$  – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при прерывистой обработке;

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



$k_4=1,0$  – коэффициент, учитывающий изменения зажимного усилия. Для гидравлических приводов;

$k_5$  – коэффициент, зависящий от удобства расположения рукояток в ручных зажимных устройствах в данном расчете не учитывается, т.к. приспособление не требует приложения физических сил рабочего;

$k_6=1$  – коэффициент, учитывающий неопределенность мест контакта плоских базовых поверхностей с плоскими поверхностями;

$$k = 1,5 \cdot 1,05 \cdot 1,1 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1 = 1,82 .$$

В данном случае сила зажима  $W$  и сила резания  $P_z$  действуют на установленную деталь в приспособлении во взаимно перпендикулярных направлениях (в соответствии с рисунком 16) Уравнение сил, обеспечивающее неизменность положения детали, будет иметь следующий вид:

$$W = \frac{k \cdot P_z}{f_1 + f_2}, \text{ Н.}$$

Подставив полученную величину силы резания  $P_z$ , в формулу для расчёта силы закрепления,  $W$  имеет окончательный результат:

$$W = \frac{1,82 \cdot}{0,35 + 0,35} = 4724,28, \text{ Н.}$$

#### Определение условий закрепления заготовки

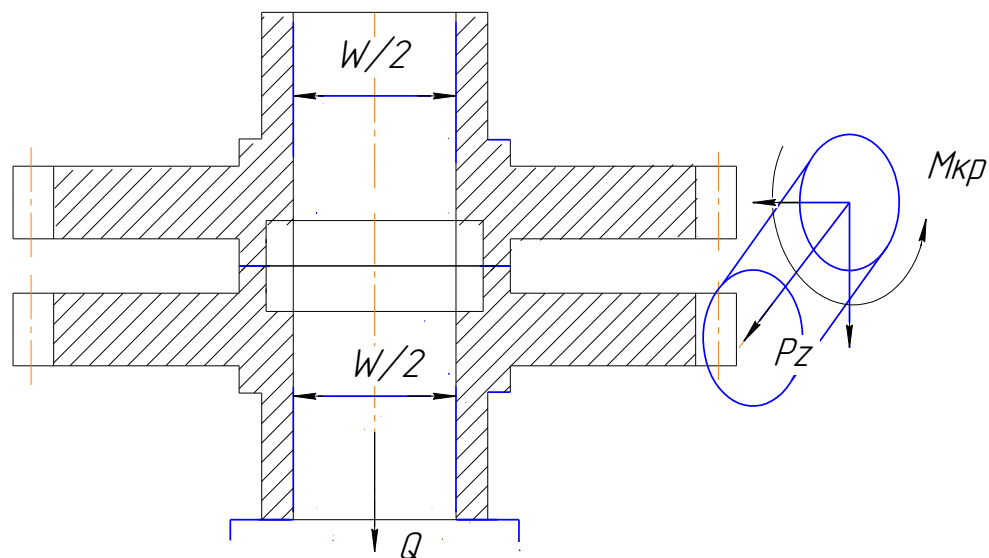


Рисунок 16– Схема сил

Закрепление заготовки осуществляется силой  $W$ . Под действием силы  $P_z$  возникает опрокидывающий момент.

В результате изложенных рассуждений разработана расчётная схема (в соответствии с рисунком 17), при следующих допущениях:

1. При обработке на заготовку действует только крутящий момент резания  $M_{кр}$ ;
2. Действие всех сил на заготовку имеет точечный характер;
3. Наиболее вероятным смещением заготовки при обработке является её сдвиг от силы  $P_z$ , образующейся при резании.

Для зажима одновременно двух заготовок во время обработки спроектировано зажимное приспособление. Зажим заготовок осуществляется разжимной двухсторонней цангой под действием силы  $W$ , создаваемой двумя конусами под действием силы  $Q$ .

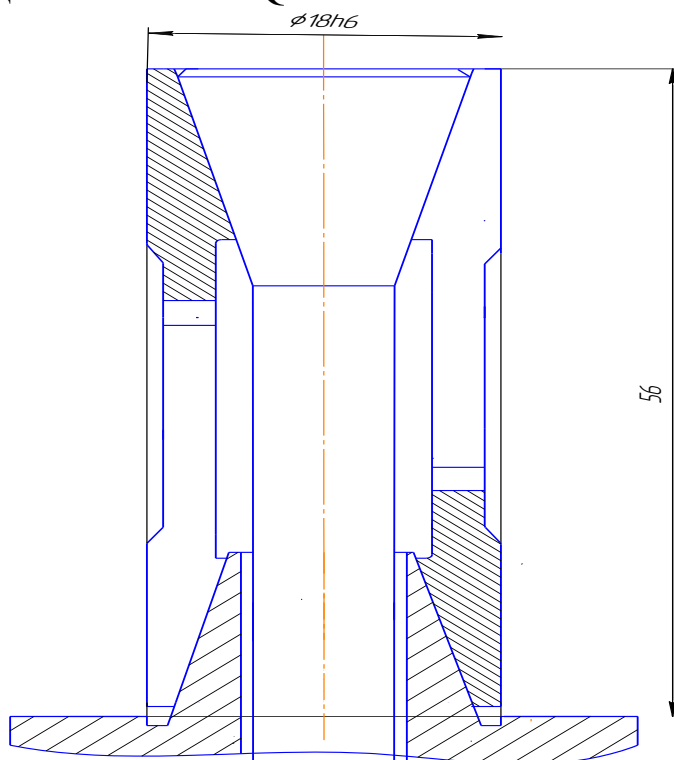


Рисунок 17 – Зажимное приспособление

$D = 18$  мм – диаметр установочной поверхности заготовки

$l = 56$  мм – длина двух заготовок

а) Допустимая упругая деформация детали в ее средней части:

$$\Delta D_{дон} = \frac{\sigma_r}{E \cdot K} \cdot D, \text{ мм,}$$

где  $\sigma_T$  – предел текучести материала в Н/мм<sup>2</sup>;

$\sigma_T = 440$  – в Н/мм<sup>2</sup>; для цанги из Стали 65Г

$E$  – модуль упругости в Н/мм<sup>2</sup>;

$E = 2,07 \cdot 10^5$  Н/мм<sup>2</sup>;

$K$  – коэффициент запаса прочности.

Для втулок с  $l > 0,3D$  обычно принимают  $K = 1,4$ ,

$$\Delta D_{\text{дон}} = \frac{440}{2,07 \cdot 10^5 \cdot 1,4} \cdot 18 = 0,3 \text{ мм};$$

б) Максимальный зазор между установочной поверхностью цанги и базовой поверхностью зажимаемых заготовок в свободном состоянии  $\delta_{\text{max}} = 0,5$  мм (при этом механизм центрирует и зажимает деталь),

в) Толщина тонкостенной части цанги при  $l > \frac{D}{2}$  и  $D = 10-50$  мм:

$$s = 0,05 \cdot D + 0,5 = 0,05 \cdot 18 + 0,5 = 1,4 \text{ мм};$$

Суммарное усилие зажима заготовки цангой

$$Q = (W_1 + W_2) [\text{tg}(\frac{\alpha}{2} + \varphi) + \text{tg} \varphi_1], (\text{Н}),$$

где  $W_1$  – сила разжима лепестками цанги под действием конуса

$$W_1 = \frac{1}{f_1} \sqrt{\left(\frac{2M_{кр}}{d}\right)^2 + kPx^2} = \frac{1}{0,15} \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 4035}{18}\right)^2 + 2 \cdot 237^2} = 3734, (\text{Н}),$$

где  $f_1 = \text{tg} \varphi_1 = 0,15$  – коэффициент трения скольжения между деталью и цангой;

$d = 18$  – диаметр отверстия детали;

$Px = 237$  Н – сила, сдвигающая деталь;

$k = 1,5 \dots 2$  – коэффициент запаса зажима;

$$M_{кр} = Pz \frac{d_2}{2} = 4035 \text{ Нмм} \text{ – момент силы, стремящийся повернуть деталь в}$$

цанге.

$W_2$  – сила разжатия лепестков цанги (для выборки зазора между деталью и губками цанги)

Для трехлепестковой цанги

$$W_2 = 6 \cdot 10^3 \frac{\delta s d_1^3}{l^3} = 6000 \frac{0,25 \cdot 1,4 \cdot 16^3}{28^3} = 392, (\text{Н}).$$

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

Уравнение силового замыкания:

$$Q = \frac{W_1 + W_2'}{i\eta} = \frac{3734 + 392'}{1,38 \cdot 0,85} = 3516,$$

$$i = \frac{1}{\operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right)},$$

где  $\alpha = 30^\circ$  – для цанг;  $\varphi$  – угол трения

з) Диаметр плунжера при  $\frac{D}{2} > l < D$ ,

$$d_0 = 1,8\sqrt{D} = 1,8\sqrt{42} = 11,7 \text{ мм};$$

Принимаем  $d_0 = 12$  мм;

– диаметр поршня:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot p_e \cdot \eta}}, \text{ мм},$$

где  $p_e$  – давление воздуха в сети;  $p_e = 0,45$  МПа  
 $\eta$  – коэффициент полезного действия;

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 3516}{3,14 \cdot 0,45 \cdot 0,85}} = 49,2 \text{ мм}.$$

Выбираем пневмоцилиндр 7020-0151 ГОСТ 21307-75 с размерами:  $D_l = 50$

Расчёт точности обработки

Расчет точности обработки заготовки при проектировании СП производится с целью определения условия – будет ли разрабатываемая конструкция СП обеспечивать точность обработки, требуемую технологическим процессом.

Необходимость таких расчетов связана с тем, что в процессе обработки заготовки в СП неизбежно возникают погрешности, величина которых зависит от многих факторов, в том числе от конструкции СП и точности его изготовления.

В основе точностных расчетов используется усилие:  $\Delta\Sigma \leq T$ ,

где  $\Delta\Sigma$  – суммарная погрешность обработки,  $T$  – допуск на проверяемый параметр. Если условие выполняется, то точность обработки считается удовлетворительной.

Суммарная погрешность обработки определяется по предельным значениям:

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

$$\Delta\Sigma = K_1 \cdot \Delta_{м.0} + \Delta_c + \Delta_u + \Delta_{изм} + \Delta_{у.п} + \Delta_{р.п} + \Delta_{н.п};$$

Суммарная погрешность обработки – вероятностный метод:

$$\Delta\Sigma = \sqrt{(K_1 \cdot \Delta_{м.0})^2 + \Delta_c^2 + \Delta_u^2 + \Delta_{изм}^2 + \Delta_{у.п}^2 + \Delta_{р.п}^2 + \Delta_{н.п}^2}$$

Расчётные уравнения:

$$\Delta\Sigma \leq T,$$

T – допуск радиального биения 0,048мм

Остальные допуски выполняемых размеров 0.030 мм

где  $K_1 = 1$  – увеличение сил резания из-за колебаний припусков на заготовку;

$\Delta_{м.0} = 0$  мм – погрешность метода обработки, т. к. выполнение заданного на эскизе технического требования практически не зависит от метода обработки.

$$\Delta_{изм} = 0,3 \cdot T = 0,3 \cdot 0,03 = 0,009 \text{ мм} – \text{погрешность измерения};$$

$\Delta_u = 0$  мм – погрешность от неточности изготовления режущего инструмента и его износа.

$\Delta_c = 0,004$  мм – погрешность позиционирования применяемого оборудования.

$\Delta_{у.п} = \sqrt{\Delta_{б.п.}^2 + \Delta_{з.п.}^2 + \Delta_{и.п.}^2}$  – погрешности, связанные с установкой заготовки в СП, где:

$$\Delta_{б.п.} = 0 \text{ мм} – \text{погрешность базирования заготовки в СП.}$$

$$\Delta_{з.п.} = 0 \text{ мм} – \text{погрешность закрепления заготовки в СП.}$$

$\Delta_{и.п.} = 0$  мм – погрешность изготовления и износа рабочей поверхности корпуса приспособления, который является опорной поверхностью для заготовки

параметр шероховатости поверхности Ra0,8, плоскостность поверхности 0,01мм

$$\Delta_{у.п} = 0,008 \text{ мм}$$

$\Delta_{р.п.} = 0$  мм – погрешность, связанная с расположением режущего инструмента.

$$\Delta_{н.п.} = 0,004 \text{ мм} – \text{настройки СП на станке.}$$

Предельный метод:

$$\Delta\Sigma = 0,009 + 0,004 + 0,008 + 0,004 = 0,025, \text{ мм.}$$

Вероятностный метод:

$$\Delta\Sigma = \sqrt{0,009^2 + 0,004^2 + 0,008^2 + 0,004^2} = 0,014, \text{ мм.}$$

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

Сопоставив расчетные значения погрешности обработки с допуском, получаем условия:  $0,025 < 0,030$  и  $0,0014 < 0,030$ . Анализируя полученные результаты, устанавливаем, что расчет по предельным значениям погрешностей гарантирует точность выполнения проверяемого параметра, а вероятностный расчет подтверждает, что точность проверяемого параметра будет обеспечиваться. При расчете вероятностным методом, устанавливаем, что проектируемое приспособление соответствует точности обработки.

### 3.3.1 Описание конструкции станочного приспособления

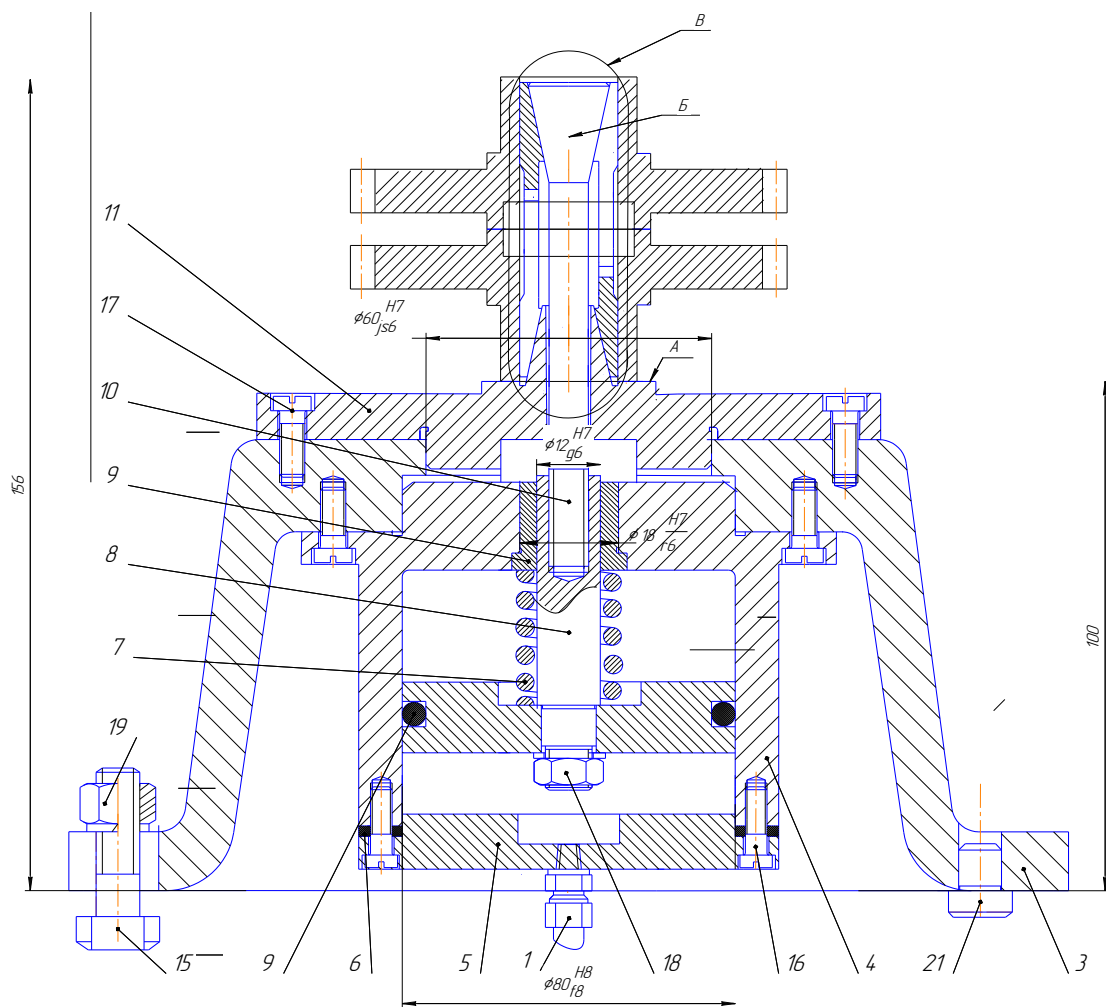


Рисунок 18 – Станочное приспособление

Приспособление состоит из основания 3, пневмоцилиндра 4, поршня 9 и зажимного механизма 12. Поршень соединен с плунжером 8. Зажим заготовки осуществляется пружиной 7 с рабочей нагрузкой при сбросе давления поршень 9 тянет конус 13 вниз и разжимает кангу двухстороннюю 12.

Приспособление крепится болтами к поворотному столу станка.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР

Лист

73

### 3.4 Описание контроля зубчатого колеса.

Приспособление для контроля радиального биения зубчатого венца колеса с модулем 2 и числом зубьев 38, параллельности торца относительно диаметра 18Н7 и перпендикулярности осей

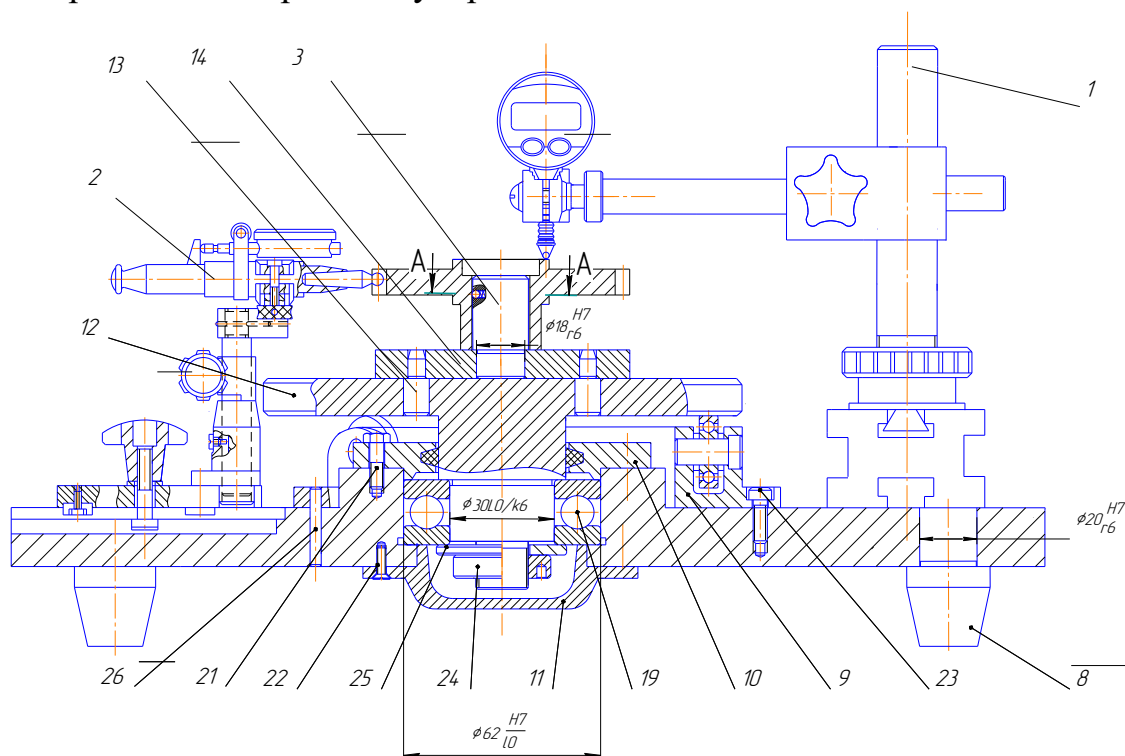


Рисунок 19 – Приспособление контрольное

Приспособление состоит из основания 5. К основанию крепятся кронштейн 9 с расположенными в нем подшипниками, на которые опирается вращающийся диск 12. Диск закреплен на упорном подшипнике 19. По двум ловителям 13 на диск устанавливается ложемент 14 с фиксатором 3

Зубчатое колесо устанавливается на фиксатор 3 с диаметром, для выбора зазора между посадочным диаметром колеса и фиксатором предусмотрены в конструкции фиксатора пружинные шарики. Фиксатор запрессован в ложемент 14. Который устанавливается на вращающийся диск 12 и центрируется двумя ловителями 13. Диск 12 вместе с зубчатым колесом имеет свободное вращение на подшипниках 18 и 19. Для контроля радиального биения венца зубчатого колеса во впадины зубьев поочередно вводится наконечник с шариком, размеры которого определяются по модулю зубчатого колеса. Предварительно приспособление настраивается по эталонному колесу.

Одновременно производится контроль параллельности торца и перпендикулярности посадочного отверстия, допуска соосности диаметра 25g6 относительно диаметра 18Н7. При контроле используются цифровые измерительные головки 2 с точностью до 0,001 мм.

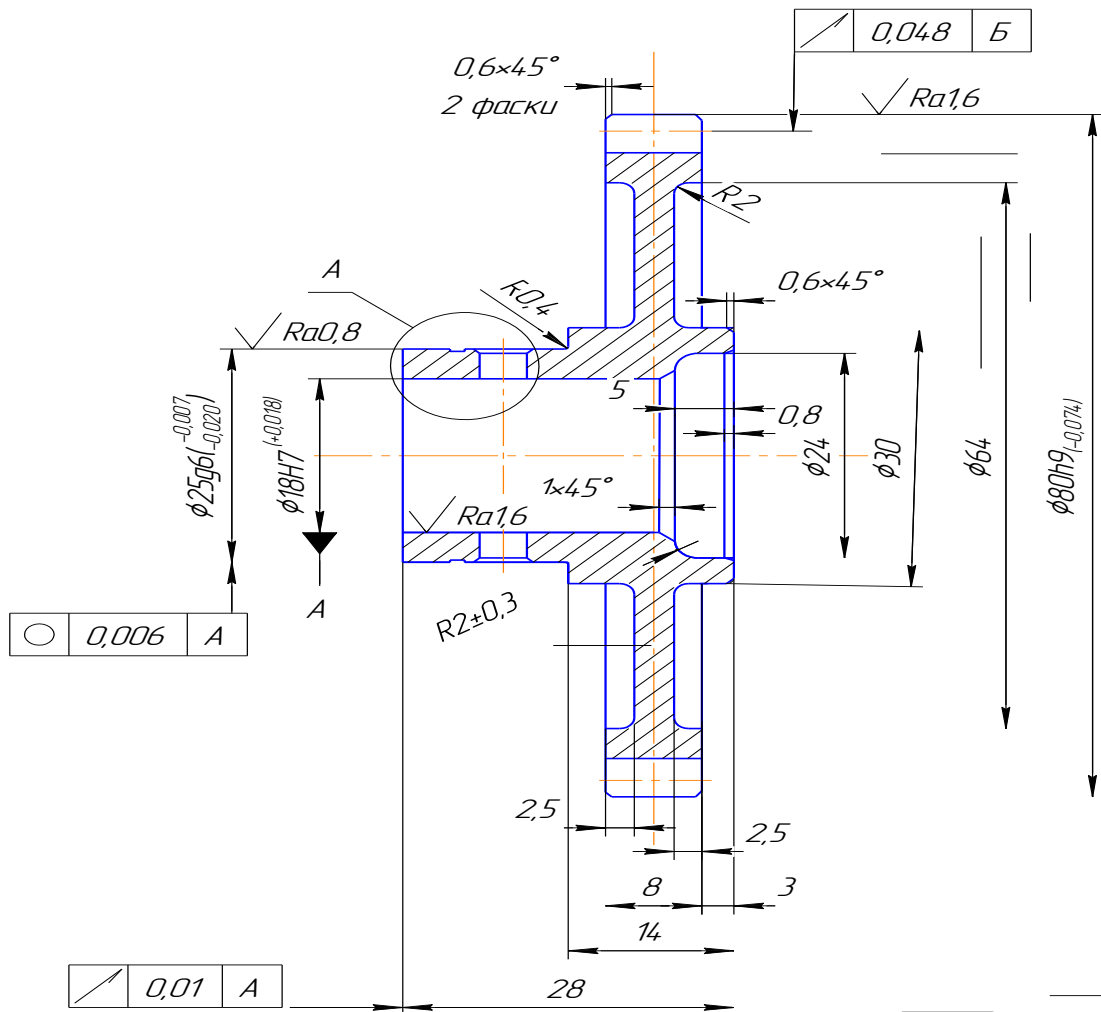


Рисунок 20 – Чертеж детали

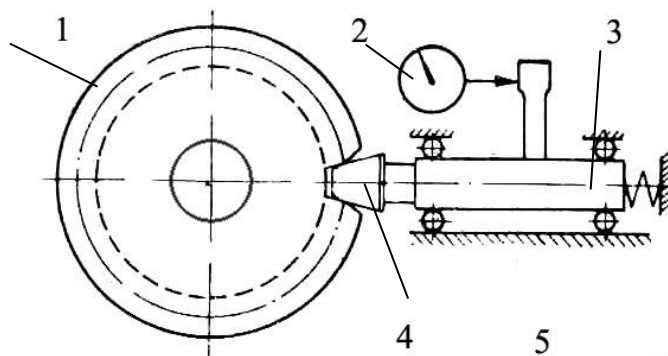


Рисунок 21. Схема контроля радиального биения венца зубчатого колеса

- 1 – проверяемое колесо, установленное на оправку;
- 2 – регистрирующее устройство радиального биения
- 3 – подвижные салазки;
- 4 – измерительный наконечник вводится во впадину колеса

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР

Лист

75



Параметры указанные в таблице контролируются приборами:

Длина общей нормали	$W$	$26,634_{-0,176}^{-0,106}$
Толщина зуба по постоянной хорды	$S_c$	$2,774_{-0,133}^{-0,063}$
Высота зуба до постоянной хорды	$h_c$	$1,495_{-0,070}$
Шаг зацепления	$f_p$	$6,28_{\pm 0,02}$
Допуск на накопленную погрешность шага	$F_p$	$0,056$
Допуск на погрешность профиля зуба	$f_f$	$0,014$
Погрешность направления зуба	$F_\beta$	$0,018$

Длина общей нормали 26,634 проверяется нормалеметром, который настраивается на контролируруемую величину по концевым мерам длины.

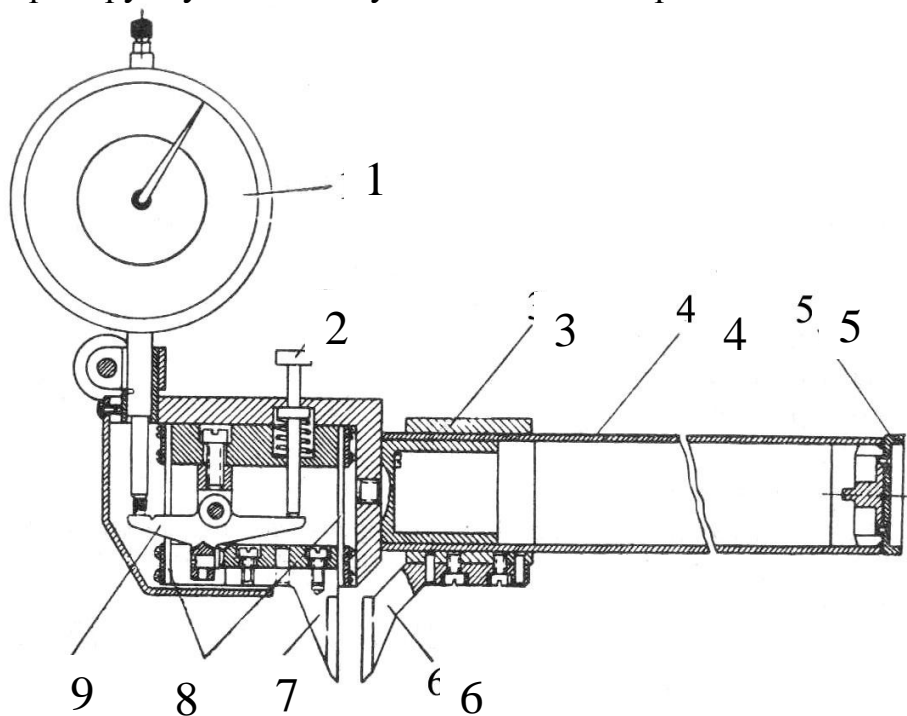


Рисунок 22 – Нормалеметр

Толщина зуба по постоянной хорде 2,774 и высота до хорды 1,495 проверяется тангенциальным зубомером.

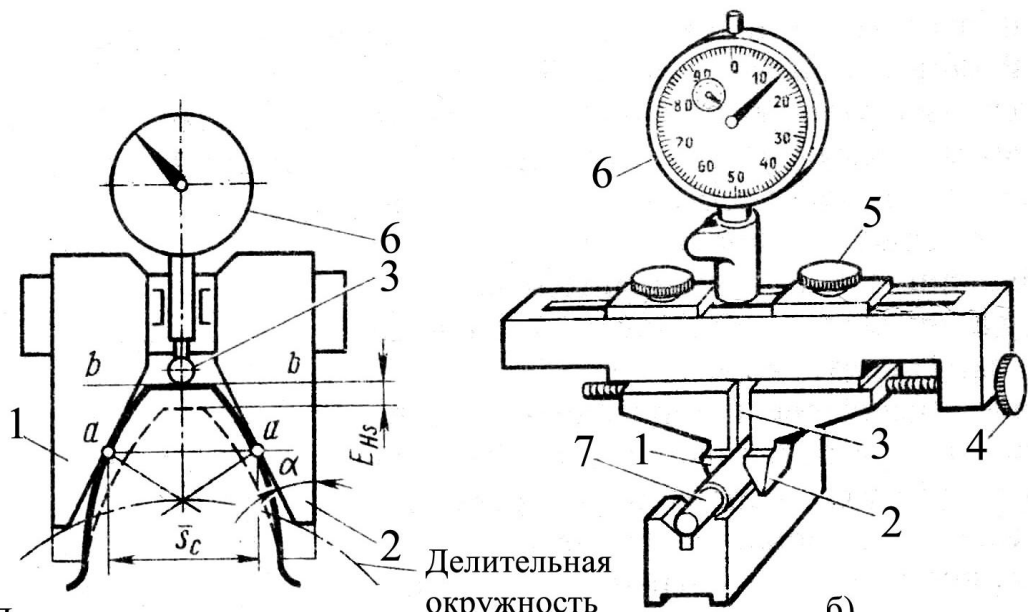


Рисунок 23 – Тангенциальный зубомер

шаг зацепления – шагомером, погрешность профиля зуба – эвольвентомером, погрешность направления зуба контактомером.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР

Лист

77

## 4 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

### 4.1 Определение количества оборудования и работающих

#### 4.1.1 Определение действительного годового фонда времени работы рабочего

Машиностроительные предприятия относятся к прерывному производству.

При проектировании большинства механических цехов принимается двухсменный режим при пятидневной рабочей неделе. При этом необходимо учитывать, что установленная законом длительность рабочей недели – 40 ч.

Действительное (расчетное) годовое число часов работы одного станка при работе в две смены (действительный годовой фонд времени станка)

$$F_d = Fk \cdot 2$$

где  $F = 247 \cdot 8 = 1976$  – номинальный годовой фонд времени при работе в две смены, равный произведению продолжительности рабочей смены в часах на число рабочих дней в году;

$k$  – коэффициент использования номинального фонда времени;

$$F_d = 3952 \cdot 0,97 = 3833 \text{ ч}$$

Действительный годовой фонд времени работы рабочего

$$F_{д.р} = F_p \cdot K_p, \text{ ч}$$

где  $F_p$  – номинальный годовой фонд времени рабочего (определяется так же, как и для оборудования);

$K_p$  – коэффициент использования номинального фонда времени рабочего, учитывающий время отпуска и невыход рабочего по уважительным причинам, принимается в размере 11% от номинального фонда времени ( $k=0,89$ ) [2].

$$F_{д.р} = 3952 \cdot 0,89 = 3517 \text{ ч}$$

#### 4.1.2 Определение состава участка

В общем случае в состав цеха входят:

- 1 производственные отделения и участки, к которым относятся отделения:
  - 1.1 для непосредственного осуществления технологических процессов обработки деталей;
  - 1.2 сборки подузлов;
  - 1.3 окраски, испытания, консервации и упаковки готовых изделий.
- 2 вспомогательные отделения и участки, где размещаются:

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

2.1 мастерские вспомогательного характера (для ремонта оборудования и технологической оснастки, заточки инструментов);

2.2 контрольное отделение;

2.3 цеховые склады (основных и вспомогательных материалов, заготовок, деталей, инструментов) и др.

3 служебные помещения для технической части цеха и административно-технического персонала;

4 бытовые помещения для размещения гардеробных, уборных, умывальных, душевых, курительных и др.

#### 4.1.3 Расчет потребного количества производственного оборудования механического отделения

Определение необходимого (расчетного) количества станков  $C$  для механических участков при укрупненном проектировании осуществляется по трудоемкости годового выпуска изделий  $T_{и}$ , действительному фонду времени работы станка при работе в одну смену  $F_{д}$  и режима работы цеха (количества рабочих смен в сутки)  $m$  по следующей формуле:

$$C = \frac{T_{и}}{F_{д}m} = \frac{5000}{3833} = 1,3 = 1 \text{ шт}$$

$C$  с учетом среднего значения коэффициента загрузки оборудования  $\eta_3$  для различных типов производства (единичное, мелкосерийное  $\eta_3=0,8\dots0,9$ ; среднесерийное  $\eta_3=0,75\dots0,85$ ; крупносерийное, массовое  $\eta_3=0,65\dots0,75$  [5]) принятое число станков  $S$  определится из соотношения

$$S = \frac{T_{и}}{F_{д}m\eta_3} = \frac{5000}{1917 \cdot 0,85} = 1 \text{ шт}$$

$$S_{\text{факт}} = 1 \text{ шт}$$

#### 4.1.4 Расчет численности персонала цеха

Для единичного, мелкосерийного и среднесерийного производства применяется два способа определения численности производственных рабочих: по общей трудоемкости или по числу принятых станков.

При расчете по трудоёмкости (в человеко-часах) число рабочих станочников

$$R_{\text{ст}} = \frac{T_{и}}{F_{\text{др}}S_{\text{р}}}$$

где  $T_{и}$  – трудоемкость годового выпуска изделий, ч;

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

$F_{др}$  – действительный годовой фонд времени работы рабочего, ч;  
 $S_p$  – количество станков, на которых может одновременно работать 1 рабочий (коэффициент многостаночности).

Величина коэффициента многостаночности составляет в среднем: 1,0...1,35 в единичном и мелкосерийном производстве, 1,3...1,5 – в среднесерийном, 1,9...2,2 – в крупносерийном и достигает 5 в поточно-массовом [4].

$$R_{ст} = \frac{5000}{3517 \cdot 1} = 1,4 = 1$$

Расчет численности рабочих по принятому числу станков ведётся по формуле

$$R_{ст} = \frac{F_d \cdot m \cdot S_{факт} \cdot \eta_{з.с} \cdot K_p}{F_{др} \cdot S_p}$$

где  $\eta_{з.с}$  – среднее значение коэффициента загрузки станков;

$K_p$  – коэффициент, определяющий трудоемкость ручных работ (средняя величина  $K_p$  для массового и крупносерийного производства равна 1,02, для среднесерийного и мелкосерийного – 1,05).

$$R_{ст} = \frac{3852 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1,05}{3517 \cdot 1} = 1 \text{ чел}$$

Определим количество инженерно-технических работников

$$R_{ИТР} = 1 * 0,2 = 1 \text{ чел}$$

Определим количество вспомогательных работников

$$R_{всп} = 1 * 0,2 = 1 \text{ чел}$$

Определим количество служащих

$$R_{сл} = 1 * 0,01 = 0,01 = 1 \text{ чел}$$

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

Подсчитаем общее количество сотрудников

$$R_{\text{общ}} = R_{\text{ст}} + R_{\text{ИТР}} + R_{\text{всп}} + R_{\text{сл}} = 2 + 1 + 1 + 1 = 5 \text{ чел}$$

Необходимо наметить состав производственных и вспомогательных отделений, а также служебных и бытовых помещений для проектируемого цеха.

#### 4.2 Выбор типов и определение количества транспортных средств.

Осуществляется выбор, типоразмеров и расчет необходимого количества грузоподъемных и транспортных средств. При проектировании внутрицеховых транспортных средств следует помнить, что крановые средства предназначаются только для обслуживания технологического процесса. Для монтажа и ремонта оборудования краны не предусматриваются.

Электротележки, автотележки, тракторные тележки используются для доставки в цех заготовок и материалов, отправки готовой продукции, перевозки деталей на термообработку.

Межоперационная передача заготовок, установка и снятие тяжелых приспособлений осуществляется при помощи, поворотных кранов, кран-балок, тельферов на монорельсах др. Для перемещения средних и мелких деталей используют напольные роликоты, передвижные стеллажи, склизы, скаты, ручные тележки и др.

Межоперационная передача изделий на операциях узловой сборки осуществляется кранами или напольными ручными и механизированными средствами, которые, как правило, проектируются по месту их установки. При конвейерной сборке используются конвейеры различного вида (напольные, подвесные).

Расчет количества кранов, кран-балок и других грузоподъемных механизмов, транспортирующих грузы поштучно, осуществляется по формуле :

$$K_{\text{шт}} = \frac{\Pi i t_p K_n}{F_{\text{д.к}} 60}$$

где  $\Pi$  – программа выпуска изделий, шт.;

$i$  – количество транспортных операций на изделие, ( $i=5 \dots 10$ );

$t_p$  – время одного рейса (в среднем 2,5...5 мин);

$K_n$  – коэффициент неравномерности работы (в среднем 1,15...1,2);

$F_{\text{д.к}}$  – действительный годовой фонд времени работы крана, ч.

$$K_{\text{шт}} = \frac{5000 \cdot 5 \cdot 2,5 \cdot 1,15}{1976 \cdot 60} = 0,6 = 1$$

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

Количество транспортных средств для перевозки грузов партиями (краны, тележки и т.д.) определяется по формуле

$$K_{шт} = \frac{Qit_p K_H}{q \cdot K_q F_{д.к} 60}$$

где  $Q$  – масса грузов, перевозимых в течение года, т;  
 $i$  – среднее количество транспортных операций для каждого изделия ( $i=2\dots3$ );

$t_p$  – время одного рейса (для электротележки  $t_p \approx 15$  мин);

$K_H$  – коэффициент неравномерности подачи грузов ( $K_H \approx 1,25$ );

$q$  – грузоподъемность транспортного средства, т;

$K_q$  – коэффициент использования грузоподъемности ( $K_q \approx 0,4\dots 0,5$ );

$F_{д.к}$  – действительный годовой фонд времени работы транспортного средства, ч.

Используя программу 3Д моделирования «КОМПАС-3D» определим массу детали  $m_d = 200$  г

$$Q_q = m_d \cdot \Pi = 0,000200 \cdot 5000 = 1 \text{ т}$$

$$K_{шт} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 15 \cdot 1.25}{4 \cdot 0.45 \cdot 3852 \cdot 60} = 1$$

### 4.3 Планировка оборудования

#### 4.3.1 Выбор типа, формы и определение размеров здания

Проектирования производственная площадь отделения определяется по удельной площади, приходящейся на 1 станок. В среднем она составляет: для малых станков 10–12, средних 15–25, крупных 25–70, особо крупных и уникальных станков тяжелого машиностроения 70–200 м<sup>2</sup> на станок.

Для линий по обработке корпусных деталей средняя площадь на станок составляет 16–25 м<sup>2</sup>, а для некоторых секций автоматических линий до 35 м<sup>2</sup>. Таким образом, площадь, занимаемую станками можно подсчитать по формуле:

$$F_{ст} = \sum S_c \cdot f_c$$

где  $S_c$  – принятое число станков данного типоразмера;

$f_c$  – удельная производственная площадь, приходящаяся на 1 станок данного

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

типоразмера.

$$F_{\text{ст}} = 2 \cdot 18 = 36, \text{ м}^2$$

#### 4.4 Расчет площадей для складирования заготовок и деталей

Цеховой склад материалов и заготовок предназначен для хранения запасов отливок, поковок, штамповок и пруткового материала. Чаще всего он объединяется с заготовительным отделением.

Площадь склада можно определить по следующей формуле:

$$F = \frac{Q_{\text{ч}} \cdot t}{\Phi \cdot q \cdot K_{\text{и}}}$$

где  $Q_{\text{ч}}$  – общая черная масса всех материалов и заготовок, подлежащих обработке в цехе в течение года (можно принимать на 15% больше чистой массы  $Q$ ), т;

$t$  – количество дней запаса материалов и заготовок (принимается в зависимости от типа производства: от 2 дней в массовом на складочных площадках поточных линий до 12 дней – в единичном);

$\Phi$  – количество рабочих дней в году;

$q$  – допустимая нагрузка (грузонапряженность) на пол склада (1,5...2,5 т/м<sup>2</sup>);

$K_{\text{и}}$  – коэффициент использования площади склада ( $K_{\text{и}} = 0,4...0,5$ ).

Используя программу 3Д моделирования «КОМПАС-3D» определим массу заготовки  $m_3 = 1100$  гр

$$Q_{\text{ч}} = m_3 \cdot \Pi = 0,001100 \cdot 500 = 5,5 \text{ т}$$

$$F = \frac{5,5 \cdot 10}{247 \cdot 2 \cdot 0,45} = 0,247 \approx 1 \text{ м}^2$$

Контрольно-проверочные пункты ОТК, входящие в состав механического цеха, составляют, примерно, 6 м<sup>2</sup> на один пункт.

#### 4.3.2 Проектирование бытовых и административно-конторских помещений

Состав санитарно-бытовых помещений механосборочных цехов регламентируется строительными нормами и правилами СНиП2.09.04-87 [10]. Технологические процессы в зависимости от санитарной характеристики разделяют на следующие группы и подгруппы:

1 – группа включает технологические процессы, сопровождаемые загрязнением тела (рук) и спецодежды работающих веществами 3 и 4 классов опасности (малоопасные):

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83



1а – сопровождаемые загрязнением только рук (точное приборостроение);  
 1б – сопровождаемое загрязнением тела и спецодежды, которые удаляются без применения специальных моющих средств (сборка, холодная обработка металлов (кроме чугунных заготовок) без применения СОЖ);

1в – сопровождаемые загрязнением тела и спецодежды особозагрязняющими веществами, которые могут быть удалены только с применением специальных моющих средств (холодная обработка металлов с применением СОЖ и чугуна без применения СОЖ).

2 – группа включает технологические процессы, протекающие при избытке явного тепла или при неблагоприятных метеорологических условиях:

2а – при избытке явного конвекционного тепла (термические отделения);

2б – при избытке явного лучистого тепла (термические отделения);

2в – связанные с воздействием влаги, вызывающие намокание спецодежды и обуви (моечные отделения).

Таблица 6 – Площадь бытовых помещений

Помещение	Норма площади, 2	Количество	Общая площадь
Гардероб	0,43	10	4,3
Душевая	1,62	10	16,2
Преддушевая	1,7	3	5,1
Курилка	0,03	10	0,3
Столовая	1,0	10	10
Итого			35,9

Вывод: После расчета требуемого количества производственного оборудования механического отделения и расчета численности персонала цеха, принято решение, что для работы участка согласно плану достаточно одной единицы оборудования на операцию.

В разделе была определена численность персонала, которая составила в общем 5 человек, из них 2 станочника, по одному человеку инженерно-технических работников, вспомогательных работников и служащих.

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1. Идентификация опасных и вредных производственных факторов на проектируемом участке.

## Основные понятия и определения

Деятельность человека осуществляется в условиях техносферы (производственной зоны) или окружающей природной среды.

Важнейшими понятиями являются: среда обитания, деятельность, опасность, риск и безопасность.

Среда обитания – окружающая человека среда, обусловленная в данный момент совокупностью факторов, способных оказать прямое и косвенное, немедленное и отдаленное воздействие на деятельность человека, его здоровье и потомство.

Деятельность – активное взаимодействие человека со средой обитания, результатом которого должна быть ее полезность для существования человека в этой среде. Влияние деятельности включает в себя цель, средство, результат и сам процесс деятельности.

Опасность – это процессы, явления, предметы, оказывающие негативное влияние на жизнь и здоровье человека.

Риск – количественная характеристика действия опасностей, формируемых конкретной деятельностью человека.

Безопасность – это состояние деятельности, при которой с определенной вероятностью исключаются потенциальные опасности, влияющие на здоровье человека.

Производственная среда – это пространство, в котором осуществляется трудовая деятельность человека.

5.1.1 Микроклимат, в производственных условиях определяется следующими параметрами:

температурой воздуха,  $t$  ( $^{\circ}\text{C}$ );

относительной влажностью,  $\varphi$  (%);

скоростью движения воздуха на рабочем месте,  $v$  (м/с).

Оптимальные микроклиматические условия представляют собой сочетание количественных показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального теплового состояния его организма без напряжения механизмов терморегуляции ( $t = 36,6$   $^{\circ}\text{C}$ ).

Оптимальные величины относительной влажности составляют 40-60 %, а допустимые 20-85 %.

Минимальная скорость движения воздуха, ощущаемое человеком, составляет 0,2 м/с. В зимнее время года скорость движения воздуха не должна превышать 0,2-0,5 м/с, а в летнее – 0,2-1,0 м/с.

Пары и газы образуют с воздухом смеси, а твердые и жидкие частицы вещества – дисперсные системы – аэрозоли, которые делятся на пыль, дым, туман.

Ряд вредных веществ оказывает на организм человека преимущественно фиброгенное действие, вызывая раздражение слизистых оболочек дыхательных путей оседая в легких. В основном – это пыли металлов (чугунная, железная и

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

др.), пластмассовая, наждачная, пыль стеклянного и минерального волокна и др.

Наибольшую опасность представляет мелко-дисперсная пыль. Такая пыль, в отличие от крупно-дисперсной, находится во взвешенном состоянии и легко проникает в легкие.

Таблица 7 – Значения допустимых концентраций веществ

№ п/п	Вещество	Величина предельно допустимой концентрации мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Агрегатное состояние
1	Соляная кислота	5	2	Пары
2	Кремнеземсодержащие пыли	1	3	Аэрозоли
3	Окись железа	4-6	4	Аэрозоли

### 5.1.2 Шумо- вибробезопасность

Работающее оборудование является источником шума. Шум – сочетание звуков разной интенсивности, оказывающих неблагоприятное воздействие на организм человека. В первую очередь, шум оказывает влияние на нервную систему. Нормативные значения уровней шума для постоянных рабочих мест согласно ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности» приведены в таблице 8

Таблица 8 – Требования безопасности по шуму

Уровни звукового давления, дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука, ДБа
3	25	50	500	1000	3000	6000	8000	5
8±4	80±5	84±4	85±5	85±6	84±5	80±5	80±5	

Так как станки, применяемые в технологическом оборудовании, выпускаются серийно, то они удовлетворяют требованиям ГОСТ 12.2.009-85 ССБТ «Станки металлообрабатывающие. ОБТ», и генерируемый ими шум удовлетворяет условиям, нормируемым ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ.

Суммарный уровень шума  $L_{общ}$  при совместном действии двух источников с

уровнями  $L_1$  и  $L_2$  (дБ)

$$L_{\text{общ}} = L_1 + \Delta L$$

где  $L_1$  – наибольший из двух суммируемых уровней;  $\Delta L$  – поправка, зависящая от разности уровней.

Два станка, каждый из которых в отдельности при работе у пульта управления создает уровень шума по 85 дБ. Поправка, зависящая от разности уровней, равна 3. При совместной работе они создадут суммарный уровень шума 88 дБ.

В процессе работы промышленного оборудования возникают вибрации. Вибрации – колебания механической системы в результате действия совокупных случайных и неуравновешенных сил. Вибрации оказывают вредное воздействие на организм человека. Нормируемые значения вибрации согласно ГОСТ 12.1.012-78 ССБТ «Вибрация. Общие требования безопасности» приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Общие требования безопасности по вибрации

Вид вибрации	Среднеквадратическое значение виброскорости, м/с, $10^{-2} \leq$ , в охватываемых октавных полосах со среднегеометрической частотой, Гц								
	1	2	4	8	16	32	63	125	250
Технологическая		1,		0,2	0,	0,			
	–		0,46				0,2	0,2	–

Так как технологическое оборудование, применяемое в технологическом процессе, соответствует ГОСТ 12.2.003-80 ССБТ, уровень вибраций не будет превышать установленных норм.

В процессе механической обработки детали «Вилка» на металлорежущих станках применяют смазывающе-охлаждающие жидкости (СОЖ). Применение СОЖ обуславливается необходимостью повышения режимов резания, снижением запыленности воздуха рабочей зоны и рядом других показателей.

## 5.2. Меры по снижению или устранению воздействия опасных и вредных производственных факторов

### 5.2.1 Мероприятия по микроклимату

Механизация и автоматизация производственных процессов, дистанционное управление ими. Эти мероприятия имеют большое значение для защиты от воздействия вредных веществ, теплового излучения, особенно при выполнении тяжелых работ.

Применение технологических процессов и оборудования, исключающих образование вредных веществ или попадание их в рабочую зону. При проектировании новых технологических процессов и оборудования необходимо добиваться исключения или резкого уменьшения выделения вредных веществ в воздух производственных помещений. Большое значение для оздоровления воздушной среды имеет надежная герметизация оборудования, в котором находятся вредные вещества.

Защита от источников тепловых излучений.

Применение средств индивидуальной защиты.

5. Устройство вентиляции и отопления, что имеет большое значение для оздоровления воздушной среды в производственном помещении.

Параметры микроклимата в агрегатном производстве:

средняя температура воздуха летом: +22°C, + 18°C

относительная влажность: 40-60%

скорость движения воздуха на рабочем месте: 0,1 м/с

## Вентиляция

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

В зависимости от способа перемещения воздуха в производственном помещении вентиляции делятся на естественную и искусственную. Естественная вентиляция осуществляется за счет разности температур в помещении наружного воздуха или действия ветра. Эта вентиляция дешева и проста в эксплуатации. Основной ее недостаток заключается в том, что приточный воздух вводится в помещение без предварительной очистки и подогрева, а удаляемый воздух не очищается и загрязняет атмосферу.

Искусственная вентиляция устраняет недостатки естественной вентиляции. При такой вентиляции воздухообмен осуществляется за счет напора воздуха создаваемого вентиляторами; воздух в зимнее время прогревается, а в летнее – охлаждается и кроме того очищается от загрязнений.

### 5.2.2 Мероприятия по борьбе с шумом и вибрацией

Для уменьшения вибрации в самом источнике повышают точность балансировки вращающихся деталей, точность обработки и чистоту поверхности сопрягающихся деталей, применяют взаимно уравновешивающие механизмы.

Устранить вибрацию в источнике полностью не возможно, поэтому возникает необходимость виброзащиты самого объекта следующими способами:

- изменяют конструкцию, в частности, смещают ее собственные частоты, при которых возможно возникновение резонанса;
- между источником возбуждения колебаний и объектом устанавливают упругие элементы – пружины, прокладки из резины.

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

Для индивидуальной защиты от вибрации работающих обеспечивают спец. обувь, рукавицами. Большое профилактическое значение имеют массаж, УФ облучение, производственная гимнастика. Нужно оптимально чередовать периоды труда и отдыха.

### 5.3 Расчет общего искусственного освещения рабочих мест в производственном помещении.

При освещении производственных помещений и территорий используют искусственные источники света, это устройства, предназначенные для превращения какого-либо вида энергии в оптическое излучение. Источник искусственного света используется совместно с осветительной арматурой, данная совокупность источника и осветительной арматуры называется светильником. Осветительная арматура служит для перераспределения светового потока в пространстве, подвода электрического питания, крепления и предохранения источника света от загрязнения и повреждения.

В соответствии с пунктом 1.3. ГОСТа 12.1.019-79. Нормы на допустимые токи и напряжения прикосновения в электроустановках должны устанавливаться в соответствии с предельно допустимыми уровнями

установки для создания в помещении заданной освещенности необходимо производить расчеты. При проектировании различных систем искусственного освещения применяются различные методы расчетов. Наиболее распространенными, являются следующие:

- метод светового потока (коэффициента использования), применяемый для расчета общего равномерного освещения;
- точечный метод, используемый для расчета общего локализованного и комбинированного освещения;
- метод удельной мощности наиболее применим при ориентировочных расчетах.

Для расчетов будем использовать первый метод.

Исходные данные:

Размеры помещения: длина  $A = 18$  м, ширина  $B = 12$  м, высота  $H = 7,5$  м. Разряд зрительных работ IVa. Коэффициенты отражения: потолка  $r_{\text{П}} = 50$  %, стен  $r_{\text{С}} = 30$  %.

1. Определяем площадь помещения:

$$S = A \cdot B;$$

$$S = 18 \cdot 12 = 216 \text{ м}^2.$$

2. По СНиП 23-05-95 назначается норма минимальной освещенности в помещении  $E_{\text{Н}} = 300$  лк. Величина  $E_{\text{Н}}$  назначена из следующих соображений для выполнения работ IVa рекомендует применение системы комбинированного освещения. При этом  $E_{\text{Н}} = 200$  лк, но по примечаниям рекомендуется повысить норму  $E_{\text{Н}}$  на одну ступень, поэтому нормируемая величина  $E_{\text{Н}}$  принимается равной 300 лк. Следовательно, система общего освещения проектируется как со-

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

ставная часть системы комбинированного освещения, т.е. на рабочих местах должны быть предусмотрены светильники местного освещения, повышающие величины освещенности в зависимости от условий труда до 750 или 1000 лк.

3. Выбираем тип лампы. При высоте помещения  $H=7,5$  м наиболее целесообразной является люминесцентная лампа. С учетом рекомендаций выбирается лампа ДРИ 250-3л (металлогалогенная разрядная лампа) – рисунок 4.4.1. Ее характеристики: напряжение на лампе – 230В; мощность – 250 Вт; световой поток – 30000 лм; габарит  $L$  – 245 мм; габарит  $D$  – 46 мм; высота светового центра – 145 мм; тип цоколя - E40.

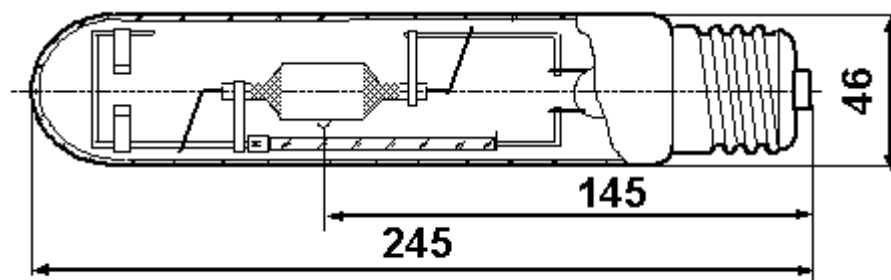


Рисунок 24 – Лампа ДРИ 250-3л

4. Выбор типа светильника ограничивается приведенными в пособии данными по значениям коэффициента использования светового потока. Выбираем тип светильника – ГСП 05 (сокращенное обозначение – светильник с лампой типа МГЛ(Г), подвесной (С), для промышленных зданий (П), серия 05).

5. По ширине помещения  $B = 18$  м принимается схема 2 размещения светильников: 3 ряда светильников. Определяются: размеры  $a = 1,5$  м,  $l_1 = 4,5$  м, число светильников в ряду  $N_{\text{табл}} = 3$  шт. на модуль.

6. Задаемся высотой подвеса светильников над рабочей поверхностью:

$$H_p = H - H_1 - H_2,$$

где  $H$  – высота производственного помещения,  $H=7,5$  м;

$H_1$  – расстояние от светильника до потолка,  $H_1 = 0,7$  м;

$H_2$  – высота рабочей поверхности от пола,  $H_2 = 0,8$  м;

$$H_p = 7,5 - 0,7 - 0,8 = 6 \text{ м}$$

Определяется индекс помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p (A + B)} = \frac{18 \cdot 12}{6 \cdot (18 + 12)} = 1,2$$

7. Определяется величина светового потока для одной лампы:

$$\Phi_{л} = \frac{100 \cdot E_{н} \cdot S \cdot Z \cdot K}{N \cdot n \cdot \eta};$$

Где  $\Phi_{л}$  – световой поток одной лампы, лм;

$E_{н}$  – нормируемая минимальная освещенность, лк;

$S$  – площадь освещаемого помещения, м<sup>2</sup>;

$Z$  – коэффициент минимальной освещенности, определяемый отношением  $E_{ср}/E_{т}$ , значения которого для газоразрядных ламп высокого давления (МГЛ)  $Z=1,15$ ;

$K$  – коэффициент запаса,  $K=1,5$ ;

$N$  – число светильников в помещении,  $N=18$ ;

$n$  – число ламп в светильнике,  $n=1$ ;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока лампы, %; зависит от типа лампы, типа светильника, коэффициента отражения потолка и стен, высоты подвеса светильников и индекса помещения  $i$ ,  $\eta=45$ .

$$\Phi_{л} = \frac{100 \cdot 300 \cdot 216 \cdot 1,15 \cdot 1,5}{9 \cdot 1 \cdot 45} = 27600$$

8. Допустимое отклонение расчетного значения светового потока от табличного установлено от - 10 до +20 %.

Для лампы ДРИ 250-3л  $\Phi_{ТАБЛ} = 30000$  лм.

Проверяем выполнение данного условия:

$$\Delta = \frac{\Phi_{ТАБЛ} - \Phi_{л}}{\Phi_{ТАБЛ}} = \frac{30000 - 27600}{30000} \cdot 100\% = +8\%$$

Эта величина меньше 20 %, условие выполняется. Корректировка проектируемой системы освещения не нужна.

9. Определяется величина светового потока одной лампы для скорректированной системы освещения:

Проверяется условие:

Эта величина больше – 10 %, следовательно, условие тоже выполняется.

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
						91
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



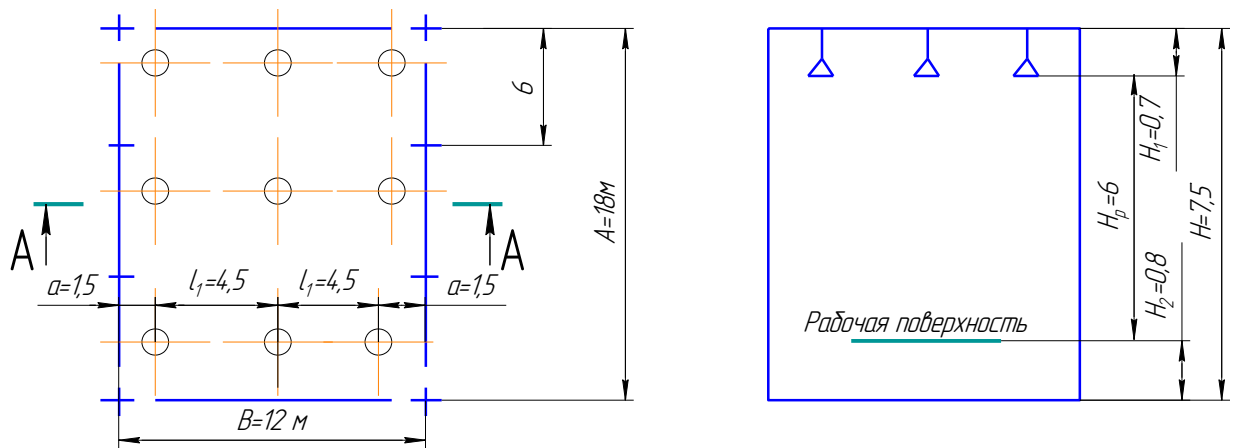


Рисунок 25– Эскиз спроектированной системы освещения

Вывод: Для помещения высотой 7,5 м в качестве источника света выбрана металлогалогенная разрядная лампа ДРИ250-3л ГОСТ 27682-88. Расчеты показали, что спроектированная система общего равномерного освещения, обеспечивает выполнение зрительных работ разряда IVа. При этом нормируемая минимальная освещенность назначена такой, при которой требуется применение местного освещения.

#### 5.4 Обеспечение безопасности при чрезвычайных ситуациях. Пожары.

Правила пожарной безопасности в Российской Федерации устанавливают требования пожарной безопасности на территории Российской Федерации, являющиеся обязательными для исполнения всеми органами государственной власти, органами местного самоуправления, организациями, предприятиями, учреждениями, иными юридическими лицами, независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, их должностными лицами, гражданами Российской Федерации, иностранными гражданами, лицами без гражданства, а также их объединениями.

На каждом объекте обеспечена безопасность людей при пожаре, а также разработаны инструкции о мерах пожарной безопасности для каждого взрывопожароопасного и пожароопасного участка (мастерской, цеха и т. п.).

Все работники предприятий допускаются к работе только после прохождения противопожарного инструктажа, а при изменении специфики работы проходят дополнительное обучение по предупреждению и тушению возможных пожаров в порядке, установленном руководителем.

Ответственных за пожарную безопасность отдельных территорий, зданий, сооружений, помещений, цехов, участков, технологического оборудования и процессов, инженерного оборудования, электросетей и т. п. определяет руководитель предприятия.

При расстановке технологического оборудования в помещениях обеспечены эвакуационные проходы к лестничным клеткам и другим путям эвакуации в соответствии с нормами проектирования.

Предотвращение образования в горючей среде источников зажигания должно достигаться применением одним из следующих способов или их комбинацией;

- применением машин, механизмов, оборудования, устройств, при эксплуатации которых не образуются источники зажигания;
- применением электрооборудования, соответствующего пожароопасной и взрывоопасной зонам, группе и категории взрывоопасной смеси в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.011 и Правил устройства электроустановок;
- применением в конструкции быстродействующих средств защитного отключения возможных источников зажигания;
- применением технологического процесса и оборудования, удовлетворяющего требованиям электростатической искробезопасности по ГОСТ 12.1.018;
- устройством молниезащиты зданий, сооружений и оборудования;
- поддержанием температуры нагрева поверхности машин, механизмов, оборудования, устройств, веществ и материалов, которые могут войти в контакт с горючей средой, ниже предельно допустимой, составляющей 80% наименьшей температуры самовоспламенения горючего;
- исключение возможности появления искрового разряда в горючей среде с энергией, равной и выше минимальной энергии зажигания;
- применением неискрящего инструмента при работе с легковоспламеняющимися жидкостями и горючими газами;

Основные виды, количество, размещения обслуживание пожарной техники по ГОСТ 12.4.009. Применяемая пожарная техника должна обеспечивать эффективное тушение пожара (загорания), быть безопасной для природы и людей.

Комплектование технологического оборудования огнетушителями осуществляется согласно требованиям технических условий (паспортов) на это оборудование или соответствующим правилам пожарной безопасности.

Выбор типа необходимого количества огнетушителей следует производить в зависимости от их огнетушащей способности, предельной площади, класса пожара горючих веществ и материалов в защищаемом помещении или на объекте согласно ИСО № 3941-77.

Сами участки механической обработки относятся к помещениям категории Д, т.к. в обращении находятся несгораемые вещества и материалы.

Выбираем углекислотный огнетушитель марки ОУ-8 (вместимость 8 л.). Огнетушитель наполняют сжиженным газом (не более 0,75 кг/л) до рабочего давления 60 кгс/см<sup>2</sup> и химический пенный огнетушитель ОХП-10. Расстояние от возможного очага пожара до места размещения огнетушителя не должно превышать 30 м.

Каждый огнетушитель, установленный на объекте, имеет порядковый номер, нанесенный на корпус белой краской. На него заведен паспорт по установленной форме.

Для участка выбираем щит ЩП-Е с предельной защищаемой площадью 200 м<sup>2</sup>.

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

Пожарные щиты комплектуются первичными средствами пожаротушения, немеханизированным пожарным инструментом и инвентарем в составе:

- огнетушители пенные – 2 шт;
- крюк с деревянной ручкой – 1 шт;
- комплект для резки электропроводов: ножницы, диэлектрические боты и коврик – 1 шт;
- асбестовое полотно, грубошерстная ткань или войлок (кошма, покрывало из негорючего материала) – 1 шт;
- лопата совковая – 1 шт;
- лом – 1 шт;
- багор – 1 шт;
- ведро – 2 шт;
- емкость для хранения воды объемом 0,2 куб. м – 1 шт.

Огнетушители углекислотные (2 шт.), будут находиться в помещении, но разнесены в разные стороны.

Ящики с песком устанавливаются со щитами с запасом песка не менее 0,5 м<sup>3</sup> на каждые 200 кв. м защищаемой площади.

Использование первичных средств пожаротушения, немеханизированного пожарного инструмента и инвентаря для хозяйственных и прочих нужд, не связанных с тушением пожара, запрещается.

#### 5.4.1 Организационные мероприятия по пожарной безопасности на участке

Спроектированный участок механической обработки детали «Колесо» относится по пожаровзрывоопасности к категории Д помещения, где находятся или обращаются не горящие материалы в холодном состоянии.

К организационным мероприятиям относятся:

- разработка инструкции о соблюдении противопожарного режима и о действиях людей при возникновении пожара;
- организация обучения рабочих и служащих по правилам пожарной безопасности;
- оформление наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности.

Вывод: При проектировании технологического процесса обработки детали «Колесо зубчатое», проектировании участка механической обработки данной детали был проведен анализ и предусмотрены меры, обеспечивающие безопасные, и безвредные условия труда производственных рабочих.

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

## 6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 6.1 Ориентировочные расчеты себестоимости изготовления детали

Для производства продукции создан отдельный обособленный участок, обладающий правами хозяйственного ведения и оперативного управления финансово-хозяйственной деятельностью.

Данные процесса изготовления детали представлены в таблице, причем заданы общественные нормы времени всех операций по изготовлению продукта.

Для проектирования участка механического цеха машиностроительного завода необходимы следующие данные.

Исходные данные:

Программа выпуска – 5000 шт;

Режим работы – 2 смены;

Вид заготовки – штамп;

Масса заготовки – 1,1 кг;

Масса детали – 0,2 кг;

Марка материала – Сталь 30Х2НВА ГОСТ 4543-71.

Расчет себестоимости изготовления детали по проектному технологическому процессу с использованием базы данных и методики предприятия.

Себестоимость детали определяют по формуле:

$$C = M + 3[1+(H/100)],$$

где  $M$  – себестоимость материала, затрачиваемого на деталь, за вычетом стоимости отходов;

$3$  – прямая заработная плата рабочих по всем операциям изготовления детали;

$H$  – цеховые и общезаводские расходы, %.

Себестоимость материала  $M$ , затрачиваемого на деталь, за вычетом отходов определяется:

$$M = M_3 \cdot \Pi_M - (M_3 - M_D) \cdot \Pi_{отх},$$

где  $M_3$  – норма расхода материала на одну деталь, кг; принимается равной массе заготовки;

$M_D$  – масса детали;

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

$\Pi_m$  – стоимость одного килограмма материала, руб.;

$\Pi_{отх}$  – стоимость одного килограмма реализуемых отходов, руб.

### Определение численности основных производственных рабочих

К основным производственным рабочим относятся рабочие, которые участвуют в технологическом процессе по изготовлению основной продукции.

Численность рабочих сдельщиков определяется по количеству оборудования – 2 человека

– Расчет численности вспомогательных рабочих по проектному техпроцессу

Таблица 10 – Заработная плата персонала

Профессия	Расчетная единица		Норма обслужив.	Численность рабочих		Тарифный разряд
	Наименов.	Кол-во		Расчетное	Принятое	
Наладчик	Кол-во обслуж. станков	4	40	0,03	1	5
Уборщик	Производ. площади	1	400	0,031	1	2

Таблица 11 – Численность работающих по проектному техпроцессу

Категория работающих	Численность
Основные рабочие	4
Вспомогательные рабочие	1
Служащие ИТР	1
Руководители	
<b>ИТОГО:</b>	<b>6</b>

Таблица 12 – Ведомость фонда заработной платы рабочих по проектному техпроцессу

Группа	Прямая зарплата		Премия 50%	Доплата по поясному коэф., руб.15%	Годовой фонд з/платы
	по сдельн.расценкам	по тариф. ставкам			
Основ. рабочие по сдельной оплате	439506		219528	65925	724929
Вспом. рабочие по повремен. оплате		170796	85398	25619	281813,4
<b>ИТОГО:</b>	<b>439506</b>	<b>170796</b>	<b>304926</b>	<b>91544</b>	<b>1006742,4</b>

$Z = 1006742,4 \text{руб}$

Н — цеховые и общезаводские расходы, %.

Смета цеховых расходов по проектному техпроцессу

ЗП служащих с отчислениями на социальные нужды. Зарплата служащих составляет 30% от заработной платы основных рабочих.

Расчет себестоимости изготовления детали.

Себестоимость – это затрата на изготовление и реализацию продукции.

Таблица 13 – Расчет себестоимости материала

Марка материала	Масса заготовки кг	Цена за 1 кг материала	Стоимость материала	Отходы			Стоимость за вычетом отходов
				Масса отходов кг	Цена за 1 кг отходов	Стоимость отходов, руб.	
Сталь 30Х2Н8А ГОСТ 4543-71	1,1	450	495	0,9	70	63	432

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

15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР

Лист

97

$M = 432$  руб

Основная заработная плата  $15549 \cdot 50\% \cdot 15\% = 36588$  руб.

С учетом годового плана в месяц 400 деталей

$Z = 36588 \cdot 2 / 400 = 182,94$

Цеховые расходы на программу  $36588 \cdot 120\% = 400056$  руб.

Общезаводские расходы на программу  $36588 \cdot 90\% = 329292$  руб.

$H = 400056 + 329292 = 840925$  Годовая программа выпуска 5000 шт

$H$ - на 1 шт = 121,588 руб

$$C = M + Z[1 + (H/100)],$$

$$C = 432 + 182,94[1 + (121,588/100)] = 834 \text{ руб}$$

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе был разработан технологический процесс механической обработки детали, произведен анализ технологичности детали, разработана маршрутная и операционная технологии, рассчитано и спроектировано специальное приспособление, подобран современный режущий инструмент и спроектировано контрольное приспособление. Уменьшено штучное время, благодаря концентрации операций на обрабатывающих центрах с ЧПУ и автоматической смене режущего инструмента.

Оценивая решенные задачи, которые были рассмотрены в ходе выполнения работы следует сделать вывод, что при применении инновационного инструмента и прогрессивного оборудования, можно значительно оптимизировать процесс изготовления детали, гибкость выполнения операций значительно увеличивается, тем самым сокращая трудоемкость детали. Применение станочного приспособления дает возможность, значительно сократить время на закрепление детали, за счет применения пневматики. Контрольное приспособление для проверки радиального биения дает возможность определения фактического значения отклонения формы.

Рекомендации для реализации данной работы на практике являются:

- соблюдение назначенных режимов резания с отклонением от расчетов  $\pm 15\%$ ;
- соблюдение правильной последовательности операций и переходов;
- установку детали производить согласно схеме приведенной в конструкторском разделе;

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
						99
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Ковшов А.Н. Технология машиностроения. [Электронный ресурс] : учеб. – Электрон.дан./А.Н. Ковшов. – СПб. : Лань, 2016. – 320 с. – Режим доступа: <http://E.lanbook.com/book/86015> – Загл. с экрана.

2 Допуски и посадки: Справочник в 2-х ч.Ч.1. / Под ред. М.А. Палей. 9-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Политехника, 2009. – 530 с.

3 Виноградов, В. М. Технология машиностроения: Введение в специальность [Текст] учеб. пособие для вузов по направлению "Конструктор.-технол. обеспечение машиностроит. пр-в"/ В. М. Виноградов. – 2-е изд., стер. – М.: Академия, 2007. - 174, [1] с. ил.

4 Шамин, В.Ю. Теория и практика решения конструкторских и технологических размерных цепей: Компьютерная версия учебного пособия/ В.Ю. Шамин.– 4-е изд., перер. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 530 с

5 Корсаков, В.С. Основы конструирования приспособлений. Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 277 с.: ил.

6 Iscar Russia Cutting Tools – <http://www.iscar.ru>

7 Корсаков, В.С. Основы конструирования приспособлений. Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 277 с.: ил.

8 Матвеев, В. В. Проектирование экономичных технологических процессов в машиностроении /В.В. Матвеев. – Челябинск: Южно-Уральское книжное издательство, 1979. - 111 с. ил.

9 СНиП 2.09.04-87 Административные и бытовые здания Актуализированная редакция СП 44.13330.2011

					15.03.05.2020.013.00.000 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100