

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
(наименование института полностью)
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного
производства»
(наименование кафедры)
15.03.01 «Машиностроение»
(код и наименование направления подготовки, специальности)
Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных
производств
(направленность (профиль)/ специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технологический процесс изготовления вала цилиндрического редуктора

Студент(ка)	<u>А.В. Фомин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Д.А. Расторгуев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) _____
(личная подпись)

« _____ » _____ 2019 г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

В работе рассматриваются вопросы, связанные с проектированием технологии изготовления вала цилиндрического редуктора.

С учетом результатов анализа исходных данных предложен, на основе сравнительного экономического расчета, способ получения заготовки из сортового проката. Выбраны и спроектированы, на основе типового технологического маршрута изготовления ступенчатого вала для условий среднесерийного производства, технологические операции с расчетом припусков и соответствующих размеров на обработку. Выбраны средства технологического оснащения, произведено нормирование операций с назначением режимов резания.

Предлагаются приспособление с инструментом для повышения эффективности технологии (уменьшается время обработки и снижается себестоимость). Выполнены необходимые конструкторские расчеты. Разработана и оформлена техническая, конструкторская документация.

Все предложения обоснованы с учетом мер техники безопасности, безопасности для окружающей среды. Экономический расчет показывает правильность выбранных технических решений.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Анализ исходных данных	5
1.1 Анализ условий работы вала	5
1.2 Химический состав и механические свойства	5
1.3 Классификация поверхностей детали	5
1.4 Анализ технологичности вала	5
1.5 Тип производства	7
2 Технологическая часть работы.....	11
2.1 Выбор способа получения заготовки и ее проектирование	11
2.2 Разработка технологического маршрута изготовления вала.....	14
2.3 Разработка маршрута обработки вала.....	17
2.4 Выбор средств технологического оснащения.....	18
2.5 Расчет размеров.....	20
2.6 Проектирование операций. Расчет режимов резания	21
2.7 Нормирование технологического процесса	24
3 Проектирование специальных средств оснащения	27
3.1 Сбор данных	27
3.2 Расчет сил резания	27
3.3 Расчет усилия зажима.....	28
3.4 Расчет зажимного механизма	31
3.5 Расчет силового привода.....	31
3.6 Расчет погрешности установки заготовки в приспособлении	32
3.7 Описание конструкции приспособления.....	33
3.8 Расчет и проектирование инструмента.....	34
4 Безопасность и экологичность технического объекта	38
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта	38
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	38
4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков	39
4.4. Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта	39
4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.....	41
4.6 Выводы по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта».....	41
5 Экономическая эффективность работы	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	47
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	48
ПРИЛОЖЕНИЕ А	52
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	60
ПРИЛОЖЕНИЕ В	63

ВВЕДЕНИЕ

Для того, чтобы продукция отечественного машиностроения была конкурентоспособна, необходимо обеспечивать качество материалов из которых изготавливаются детали машин, геометрическую точность по всем показателям (размеры, расположение, форма), волнистость. Должны быть высокие требования по качеству поверхности: шероховатости, остаточным напряжениям, микротвердости и твердости, прочности и структуре материала. Естественно, что уровень проектирования самого изделия должен быть на высоком уровне.

Для того, чтобы в комплексе обеспечить все эти требования, необходимо в технологии изготовления деталей применять самые современные методы обработки, оборудование и инструмент. Одним из наиболее перспективных направлений – это высокоскоростная обработка лезвийным инструментом. Она позволяет достигать высокой точности и качества за время на порядок меньшее, чем при традиционных способах обработки. Но требуется оборудование с частотой вращения шпинделя порядка несколько десятков тысяч оборотов в минуту, инструмент, который выдерживает скорости резания на уровне сотни метров в минуту.

Для вала, для которого разрабатывается технология изготовления, предлагается сократить количество операций лезвийной обработки за счет использования токарно-фрезерного центра, а также уменьшить основное время за счет высокоскоростной обработки.

1 Анализ исходных данных

1.1 Анализ условий работы вала

Вал входит в цилиндрический редуктор, предназначен для передачи крутящего момента. Является выходным валом, т.е. работает с минимальной частотой и максимальным моментом. Опирается на радиально-упорные подшипники, по резьбовым шейкам затягиваются гайки крышки, которые регулируют тепловые зазоры в осевом направлении. В середине на вал сажается по переходной посадке зубчатое колесо. На выходном конце вала предохранительная муфта.

1.2 Химический состав и механические свойства

Вал работает в условиях невысоких скоростей и высоких нагрузок (момент крутящий). Имеются высокие требования к материалу (сталь 40ХН) и термической обработке (улучшение до НВ 210-220).

Сталь 40ХН ГОСТ 4543-71 имеет следующий химический состав [1]:

$C = 0,36...0,44 \%$, $Si = 0,17...0,37 \%$, $Mn = 0,50...0,80 \%$, $P \leq 0,035 \%$, $S \leq 0,040 \%$, $Cr = 0,45...0,75 \%$, $Ni = 1...1,4 \%$.

Механические свойства следующие: предел прочности - $\sigma_b = 735$ МПа, $\sigma_{0,2} = 590$ МПа, $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, НВ 210...250. Данные требования для описанных выше условий работы вполне подходят.

1.3 Классификация поверхностей детали

Для выбранных номеров поверхностей (рисунок 1.1) результаты анализа их служебного назначения приведены в таблице 1.1.

1.4 Анализ технологичности вала

Анализ технологичности вала способствует совершенствованию его конструкции с учетом условий работы для снижения затрат при обработке.

Таблица 1.1 - Классификация поверхностей

Назначение поверхности	Поверхность
Исполнительные поверхности	25,28
Основные базы	21,4,17
Вспомогательные базы	23,6,18,16,15,14,13,11,27,28,25,26
Свободные поверхности	Оставшиеся поверхности

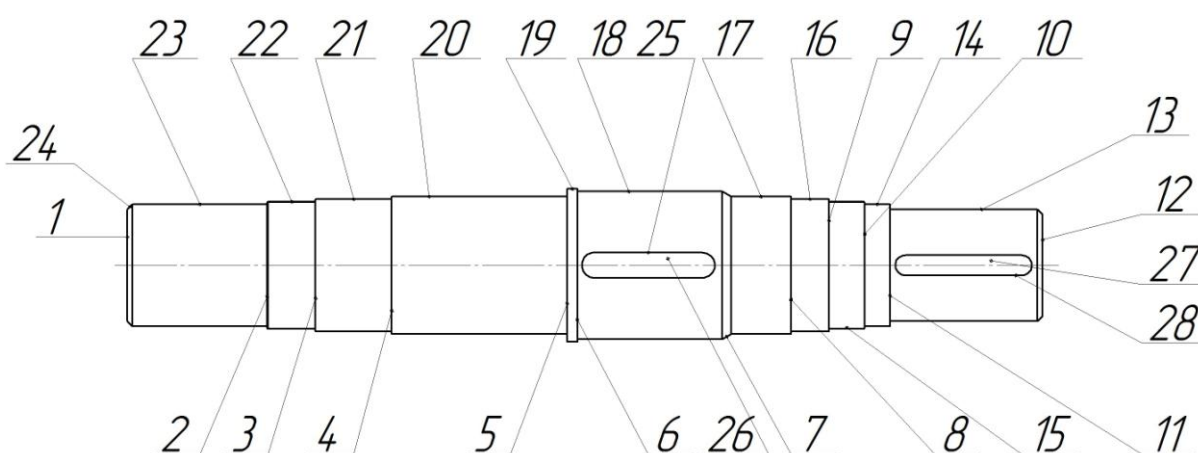


Рисунок 1.1 –Вал с пронумерованными поверхностями

Рабочий чертеж вала скорректирован по требованиям обеспечения твердости. Вал работает с реверсами, возможны ударные нагрузки. Объемная закалка может привести к критическому снижению ударной вязкости сердцевины вала. Поэтому для всей детали закладывается закалка с высоким отпуском, а для базовых шеек под подшипники и, зубчатое колесо и уплотнения предусматривается закалка ТВЧ до HRC 40-45. Для выхода инструмента при обработке шейки d100k6 предусмотрим канавку. Упорный буртик обеспечивает силовое замыкание в продольной цепи и его необходимо подшлифовать.

Все остальные конструктивные параметры (пазы, галтели, фаски) стандартные и унифицированы.

Вал по классификации относится к валам двухсторонней ступенчатости со шпоночными пазами и резьбовыми поверхностями. Обработка может проводится по типовой технологии.

Конфигурация вала обеспечивает возможность многоинструментной обработки

Заготовка такого вала с отношением диаметра к длине около 7 может получаться из сортового проката, горячей объемной штамповкой, ковкой. Форма заготовки с небольшими перепадами диаметров (максимальная 16 мм на сторону) простая. Ни один из указанных способов не дает возможность получить точность, указанную по чертежу.

Черновые базы по принципам базирования для обеспечения максимальной равномерности припуска шейки – ОКБ. Далее необходимо использовать искусственные базы – центровые фаски. Достижение точности и шероховатости по требованиям чертежа поверхностей (таблица 1.2) возможно только обработкой всех поверхностей вала. Транспортировка и установка вала представляет проблему из-за значительного веса вала -75 кг. С точки зрения всех показателей вал деталь можно отнести к не технологичным деталям.

1.5 Тип производства

Тип производства определяем по годовому объему выпуска вала 1000 деталей в год и массе 75 кг. По источнику [2] для указанных данных выбирается среднесерийный тип производства.

Особенности данного типа производства заключаются в использовании автоматизированного высокопроизводительного оборудования. Ключевой особенностью станков должна быть возможность быстрой переналадки для обработки деталей различной конфигурации. Это накладывает определенные требования на установочные и зажимные элементы оснастки для закрепления заготовки.

Таблица 1.2 – Требования к поверхностям вала В миллиметрах

Размер	Вид и номер поверхности	Точность, качество	Требование расположения	Параметр Ra, мкм
1	2	3	4	5
720	Плоская 1	14		12,5
11	Плоская 2	14		12,5
148	Галтель 3	14		12,5
208	Плоская 4	14	Отклонение от перпендикулярности 0,03	2,5
8	Плоская 5	14		12,5
114	Плоская 6	14	Отклонение от перпендикулярности 0,03	2,5
84	Фасонная 7	14		12,5
30	Плоская 8	14	Отклонение от перпендикулярности 0,03	2,5
84	Галтель 9	14		12,5
20	Плоская 10	14		12,5
120	Галтель 11	14		12,5
720	Плоская 12	14		12,5
88	Наружная цилиндрическая 13	s6	Радиальное биение 0,01	1,25
96	Наружная цилиндрическая 14	h8		1,25

Продолжение таблицы 1.2
В миллиметрах

1	2	3	4	5
M100	Резьба 15	4g		2,5
100	Наружная цилиндрическая 16	k6	Радиальное биение 0,01	0,63
108	Наружная цилиндрическая 17	14		12,5
110	Наружная цилиндрическая 18	s6	Радиальное биение 0,01	1,25
120	Наружная цилиндрическая 19	14		12,5
108	Наружная цилиндрическая 20	14		12,5
104	Наружная цилиндрическая 21	k6	Радиальное биение 0,01	0,63
M100	Резьба 22	4g		2,5
96	Наружная цилиндрическая 23	h8		2,5
2x45	Фаска 24	14		12,5
16	Паз 25	N9	Не параллельность 0,015 Несимметричность 0,02	3,2

Продолжение таблицы 1.2
В миллиметрах

1	2	3	4	5
80	Паз 26	13		12,5
20	Паз 27	№9	Не параллельность 0,015 Несимметричность 0,02	3,2
104	Паз 28	13		12,5

В разделе выполнен анализ исходных данных в виде чертежа детали и сформулированы основные требования к проектируемому технологическому процессу.

2 Технологическая часть работы

2.1 Выбор способа получения заготовки и ее проектирование

Заготовительный этап зависит от формы вала, его материала, типа производства. Окончательное решение можно принимать только после экономического расчета себестоимости получаемой заготовки.

Заготовку для вала можно получить из сортового круглого проката [3] или штамповкой на ГКМ [4]. Рассчитаем стоимость заготовок по двум вариантам и выберем способ с наименьшей себестоимостью.

Принимаем для штампованной заготовки наружные радиусы $r = 2$ мм; внутренние радиусы $R = 6$ мм; внешние уклоны – 7° .

Припуски на штамповку назначаем в зависимости от массы поковки, размеров и технических требований. Все назначенные припуски сводим в таблицу 2.1.

Определим коэффициент использования материала K_M :

$$K_M = \frac{Q_0}{Q_3} = \frac{70}{79} = 0,89. \quad (2.1)$$

Масса детали известна $Q_d=70$ кг. Массу заготовки определим по формуле:

$$Q_3 = V \cdot \rho, \quad (2.2)$$

где ρ – плотность материала, $\text{кг}/\text{м}^3$;

V – объем заготовки, м^3 .

Рассчитаем этот V , используя стандартные геометрические формулы, разбив заготовку на элементарные фигуры:

$$\sum V = 8,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3,$$

где элементарный объем участка равен

$$V_i = \frac{\pi d_i^2}{4} h \text{ мм}^3, \quad (2.3)$$

где d – диаметр участка, м;

h – длина участка, м.

Таблица 3.1 – Параметры штамповки

В миллиметрах

Размер для детали	Припуск	Размер для штамповки	Верхнее отклонение	Нижнее отклонение
Диаметр 88	2	Диаметр 92	+2,0	-1,0
Резьба М100	2	Диаметр 104	+2,0	-1,0
Диаметр 104	2	Диаметр 108	+2,0	-1,0
Диаметр 108	2,5	Диаметр 113	+2,0	-1,0
Диаметр 116	2,0	Диаметр 120	+2,0	-1,0
Диаметр 100	2,5	Диаметр 105	+2,0	-1,0
Диаметр 96	2,5	Диаметр 101	+2,0	-1,0
700	3	706	+3,0	-1,5
110	2	111	+2,0	-1,0
148	2	149	+2,0	-1,0
208	2	209	+2,0	-1,0
120	2	121	+2,0	-1,0
315	2	319	+2,4	-1,2
84	2	84	+1,4	-0,7
20	2	20	+0,8	-0,4

Масса поковки:

$$Q_3 = V_3 \cdot \rho = 1,0 \cdot 10^{-2} \cdot 7,85 \cdot 10^3 = 79 \text{ кг.}$$

Заготовка из проката выбираем сортовой прутков диаметром 125 мм нормальной точности. Размеры отрезанного прутка будут диаметр и длина соответственно: 125 мм и 730 мм с массой:

$$M_3 = 7,85 \cdot 10^3 \cdot 3,14 \cdot 0,12^2 \cdot 0,73 / 4 = 83 \text{ кг.}$$

с коэффициентом использования материала:

$$K_M = \frac{71}{83} = 0,86.$$

Стоимость штамповки:

$$C_{3AG} = C_{шт} \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II}, \text{ руб/кг,} \quad (2.4)$$

где $C_{шт} = 0,315$ руб/кг – базовая стоимость штамповок;

$k_T = 1,0$; $k_C = 1,15$; $k_B = 0,87$; $k_M = 1,0$; $k_{II} = 1,0$ – коэффициенты, зависящие от класса точности, сложности, марки материала и объема производства.

$$C_{3AG} = 0,315 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1,1 = 0,323 \text{ руб.}$$

Стоимость проката:

$$C_{3AG} = C_{шт} \cdot k_{\phi} = 0,134 \cdot 1,0 = 0,134 \text{ руб/кг.} \quad (2.5)$$

Полная технологическая себестоимость заготовки:

$$C_T = Q_{заг} \cdot C_{заг} + Q_{заг} \cdot (1 - K_M) \cdot C_{мех} - Q_{заг} \cdot (1 - K_M) \cdot C_{отх}. \quad (2.6)$$

Для штампованной заготовки:

$$C_T = 79 \cdot 0,323 + 79(1 - 0,89) \cdot 0,64 - 79(1 - 0,89) \cdot 0,0298 = 30,5 \text{ руб.}$$

Для заготовки из проката:

$$C_T = 83 \cdot 0,134 + 83(1 - 0,89) \cdot 0,64 - 81,3 \cdot (1 - 0,79) \cdot 0,0298 = 18 \text{ руб.}$$

Вывод: принимаем заготовку из сортового круглого проката вследствие ее более низкой стоимости.

Заготовкой является пруток диаметром 125 мм из сортового проката нормальной точности по ГОСТ 2590-71.

Отклонения на длину – не более плюс – минус 0,5%.

Предельные отклонения диаметра $125^{+0,8}_{-2,0}$ мм.

Кривизна прутка 0,2 на длине 750 мм.

2.2 Разработка технологического маршрута изготовления вала

Переходы по обработке, их последовательность назначаются в соответствии с [4]. Для повышения механических свойств вала и получения заданной твердости отдельных поверхностей (HRC 40-45) необходимо ввести термическую обработку – закалку с высоким отпуском (улучшение) [5]. Для отдельных шеек, которые подлежат шлифованию, закалка ТВЧ.

Вал – деталь средней жесткости. Из-за этого в процессе термической обработки возникает ее коробление и, как следствие, снижение точности размеров.

Обработку заготовки до термической обработки экономически целесообразно проводить точением и фрезерованием, после термообработки – шлифованием [6]. Все переходы в таблице 2.2. В таблице приняты следующие обозначения: Тч – точение черновое; Тпч – точение полустачное; Шпч – шлифование черновое; Шчист – шлифование чистовое; Фторц – фрезерование торцовой фрезой; Фк – фрезерование концевой фрезой; ТО(У) – термообработка улучшение;

ТО(ТВЧ) – термообработка ТВЧ. В скобках указаны качества точности размера после перехода и шероховатость в микрометрах.

Таблица 2.2 - Методы обработки поверхностей

Поверхность	Точность	Шероховатость	Технология
1	2	3	4
Плоская 1	14	12,5	Φ _{торц} (13; 12,5)- ТО
Плоская 2	14	12,5	T _ч (12; 12,5) , ТО(У)
Галтель 3	14	12,5	T _ч (12; 12,5) , ТО(У)
Плоская 4	14	2,5	T _ч (12; 12,5), T _{пч} (9; 6,3) ТО(ТВЧ) Ш _{пч} (7; 2,5)
Плоская 5	14	12,5	T _ч (12; 12,5) , ТО(У)
Плоская 6	14	2,5	T _ч (12; 12,5) , ТО(У)
Фасонная 7	14	12,5	T _ч (12; 12,5) , ТО(У)
Плоская 8	14	2,5	T _ч (12; 12,5) , ТО(У)
Галтель 9	14	12,5	T _ч (12; 12,5) , ТО(У)
Плоская 10	14	12,5	T _ч (12; 12,5) , ТО(У)
Галтель 11	14	12,5	T _ч (12; 12,5) , ТО(У)
Плоская 12	14	12,5	Φ _{торц} (13; 12,5)- ТО
Наружная цилиндрическая 13	s6	1,25	T _ч (12; 12,5), T _{пч} (9; 6,3) ТО(ТВЧ) Ш _{пч} (7; 2,5), Ш _{чист} (6; 1,25)
Наружная цилиндрическая 14	h8	1,25	T _ч (12; 12,5), T _{пч} (9; 6,3) ТО(ТВЧ) Ш _{пч} (8; 1,25)
Резьба 15	4g	2,5	T _ч (12; 12,5), Нарезание резьбы, ТО(У)
Наружная цилиндрическая	k6	0,63	T _ч (12; 12,5), T _{пч} (9; 6,3) ТО(ТВЧ) Ш _{пч} (7; 2,5), Ш _{чист} (6; 0,63)

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4
16			
Наружная цилиндрическая 17	14	12,5	T _ч (12; 12,5), T _{пч} (9; 6,3) ТО(У)
Наружная цилиндрическая 18	s6	1,25	T _ч (12; 12,5), T _{пч} (9; 6,3) ТО(ТВЧ) Ш _{пч} (7; 2,5), Ш _{чист} (6; 1,25)
Наружная цилиндрическая 19	14	12,5	T _ч (12; 12,5), ТО(У)
Наружная цилиндрическая 20	14	12,5	T _ч (12; 12,5), ТО(У)
Наружная цилиндрическая 21	k6	0,63	T _ч (12; 12,5), T _{пч} (9; 6,3) ТО(ТВЧ) Ш _{пч} (7; 2,5), Ш _{чист} (6; 0,63)
Резьба 22	4g	2,5	T _ч (12; 12,5), Нарезание резьбы, ТО(У)
Наружная цилиндрическая 23	h8	2,5	T _ч (12; 12,5), T _{пч} (9; 6,3) ТО(ТВЧ) Ш _{пч} (8; 2,5)
Фаска 24	14	12,5	T _ч (12; 12,5), ТО(У)
Паз 25	N9	3,2	Φ _{шпон} (9; 3,2) , ТО(У)
Паз 26	13	12,5	Φ _{шпон} (9; 3,2) , ТО(У)
Паз 27	N9	3,2	Φ _{шпон} (9; 3,2) , ТО(У)
Паз 28	13	12,5	Φ _{шпон} (9; 3,2) , ТО(У)

2.3 Разработка маршрута обработки вала

Технологический маршрут на основе типового техпроцесса приведен в таблице 2.3 [8].

Таблица 2.3 - Технологический маршрут

Наименование операции	Станок	Содержание
1	2	3
Заготовительная	Круглопильный автомат 8Г662САУ	Отрезать заготовку
Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный полуавтомат МР72	Фрезеровать торцы 1, 26; сверлить центровальные отверстия
Токарная	Токарно-фрезерный центр Ace Micromatic LT 30/1000	Установ А: точить начерно 2-5, 20-23; Установ Б: точить начерно 13-19, 6-1 Установ В: точить начисто 2-4, 21-23 Установ Г: точить начисто 6,8-11, 13-15,18 нарезать резьбу 5; Установ Д: точить начисто 2-4, 21-23 Установ Е: точить начисто 6,8-11, 13-15,18 нарезать резьбу 15,22 Фрезеровать 27-30
Термическая	Печь электрическая.	Закалка, отпуск ТВЧ

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3
Центродоводочная	Центродоводочный станок 3922	Шлифовать центровочные отверстия 29
Торцекруглошлифовальная	Торцекруглошлифовальный станок 3Т153Е	Установ А: шлифование черновое 2,4, 21, 23; Установ Б: шлифование черновое 13,14,16,18, 6,8,11
Круглошлифовальная	Круглошлифовальный станок 3М153	Шлифовать окончательно 7, 13, 18, 25
Моечная	Моечная машина	Очистка вала
Контрольная	Контрольный стенд	Контроль параметров вала

План обработки с учетом разработанного маршрута представлен на листе. После термообработки предусматривается восстановление чистовых технологических баз – центровых отверстий. На операции токарной 010 выполняются чистовые переходы, обработка канавок, а также фрезерование пазов. У станка имеются приводные посадочные шпиндели для осевого вращающегося инструмента (фрезы, сверла и т.д.)

2.4 Выбор средств технологического оснащения

Все средства технологического оснащения по операциям сведены в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Оснастка по операциям

Операция	Станок	Приспособление	Режущий инструмент	Контроль
1	2	3	4	5
000	Круглопильный автомат 8Г662САУ	Тиски 7300-0244 ГОСТ 21168-75	3420-0355 Пила ВК6 ГОСТ 9769-79	

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5
005	Продольно-фрезерный двухстоечный станок 6М610Ф3	Тиски 7300-0244 ГОСТ 21168-75	2214-0273 Фреза диаметр 125 мм, число зубьев z=8 Т15К6 ГОСТ 26595-85, 2317-0034 Сверло диаметр 5 мм Р6М5 ГОСТ 14952-75	Штангенциркуль ШЦШ-1000-0,1 ГОСТ 160-80
010	Токарно-фрезерный центр Асе Micromatic LT 30/1000	Центр ГОСТ 13214-79; Патрон ГОСТ 2571-71	PDINL3232P15 Резец Т15К6 ТУ 2-035-892-82; 2223-0601 Фреза диаметр 20 мм, число зубьев z=6 Т15К6 ГОСТ 20534-75; 2223-0605 Фреза число зубьев 16 мм, число зубьев z=6 Т15К6 ГОСТ 20534-75	Линейка ГОСТ 427-75; Скоба регулируемая; Штангенциркуль ШЦК-І-250-0,02 ГОСТ 166-89
020	Центродоводочный станок 3922	Тиски 7300-0241 ГОСТ 21167-75	Шлифовальная головка EW 10x25	Штангенциркуль ШЦШ-250-0,1 ГОСТ 160-80
			24А F50 L 7 V А 25м/с ГОСТ 2447-82	
030	Торцевкруглошлифовальный 3Т153Е		Круг шлифовальный 1 300x40x170 24А F46 К 6 V	Скоба ГОСТ 11098-75
035	Круглошлифовальный 3М153		Круг шлифовальный 1 200x40x170 25А F60 М 7 V	Скоба ГОСТ 11098-75

2.5 Расчет размеров

По переходам определим припуск на диаметр с диаметральным размером 100k6 мм. Результаты сведены в таблице 2.5. Все параметры для расчета минимального припуска табличные из [9]. Коробление вала:

$$\Delta_1 = \Delta_k \cdot l = 1,2 \cdot 720 = 846, \text{ мкм} \quad (2.7)$$

где Δ_k – удельная кривизна проката нормальной точности, мкм/мм;

l – длина вала, мм. Остаточные пространственные отклонения с учетом коэффициента уточнения следующие.

После черного точения: $\Delta_{\text{черн}} = \Delta_1 \cdot 0,06 = 846 \cdot 0,06 = 50,7$ мкм;

после полукривошлифового точения: $\Delta_{\text{чист}} = \Delta_1 \cdot 0,05 = 846 \cdot 0,05 = 42,3$ мкм;

после черного шлифования $\Delta_{\text{шл}} = \Delta_1 \cdot 0,04 = 846 \cdot 0,04 = 33,8$ мкм;

после чистового шлифования $\Delta_{\text{ч.шл}} = \Delta_1 \cdot 0,03 = 846 \cdot 0,03 = 25,4$ мкм.

Минимальный припуск:

$$Z_{i\min} = (Rz + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \quad (2.8)$$

Максимальный припуск:

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(Td_{i-1} + Td_i) \quad (2.9)$$

Средний припуск:

$$Z_{CP} = \frac{Z_{i\max} + Z_{i\min}}{2} \quad (2.10)$$

Таблица 2.5 – Припуски и размеры

В миллиметрах

Технологический переход	Элемент припуска, мкм				Допуск Td	Предельный размер		Предельный припуск		Средний припуск
	Rz _{i-1}	h ⁱ⁻¹	Δ ₁ ⁱ⁻	ε ⁱ⁻¹		d ⁱ min	d ⁱ max	2Z max	2Z min	
								2Z ср		
Заготовка	80	120	846	-	2800	120	120	напуск		-
Точение черновое	50	50	51	60	0,35	100,68	101,03	2,1	-	-
Точение п/чист.	30	30	42	50	0,14	100,34	100,48	0,341	0,55	0,45
Шлифование черновое	6	14	33	30	0,054	100,115	100,169	0,222	0,311	0,27
Шлифование чистовое	4	6	25	15	0,022	100,003	100,025	0,112	0,144	0,128

2.6 Проектирование операций. Расчет режимов резания

Расчет режима точения приведем на токарную 010 операцию для чистовых переходов.

Глубина резания t рассчитана в предыдущем разделе. Она принимается равной среднему припуску 0,45 мм. Подача S мм/об при чистовом точении выбирается по шероховатости поверхности (Ra 3,2 мкм) с учетом геометрии резца (угол в плане 93° , радиус при вершине 1 мм) и равна 0,25 мм/об.

Скорость резания V м/мм для продольного наружного точения с подрезкой торца:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (2.11)$$

где T – период стойкости резца, $T=90$ мин;

C_v, x, y, m – принимаются по таблице [14];

K_v – интегральный коэффициент, учитывающий материала детали K_{MV} , состояние поверхности заготовки K_{PV} , марку инструментального материала K_{IV} :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV}, \quad (2.12)$$

Число оборотов шпинделя определяется из формулы:

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D}, \quad (2.13)$$

Расчетная частота n принимается без изменений из-за бесступенчатого регулирования оборотов на выбранном станке.

Для окончательного решения необходимо выполнить силовую проверку по мощности станка (22 кВт). Для этого рассчитывается тангенциальная составляющая силы резания:

$$P_{z,y,x} = 10C_p t^x S^y V^n K_p, \quad (2.14)$$

где t, S, V - выбранные режим обработки;

C_p, x, y, n –табличные параметры. Поправочный коэффициент K_p на условия резания:

$$K_p = K_{\lambda p} K_{\rho p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{\gamma p}, \quad (2.15)$$

где

$$K_{mp} = \left(\frac{\delta_a}{750}\right)^n \quad (2.16)$$

Все коэффициенты из [14]. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт} \quad (2.17)$$

$$V_1 = \frac{350}{90^{0.2} \cdot 0,45^{0.15} \cdot 0,25^{0.20}} \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 212 \text{ м/мин}$$

$$n_1 = \frac{212 \cdot 1000}{3,14 \cdot 110} = 613 \text{ об/мин}$$

$$P_{z1} = 10 \cdot 300 \cdot 0,45^1 \cdot 0,25^{0.75} \cdot 212^{-0.15} \cdot (1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,93 \cdot 1) = 195 \text{ Н}$$

$$N_1 = \frac{195 \cdot 212}{1020 \cdot 60} = 0,65 \text{ кВт.}$$

Для остальных установов и переходов режимы резания следующие. Черновая обработка со снятием напуска с глубиной резания 1,5 мм, подачей 0,6 мм/об, скоростью резания 175 м/мин и частотой вращения заготовки 506 об/мин, минутная подача 304 мм/мин. Для переходов по нарезанию резьбы резцом с пластиной Т15К6. Глубина резания 1,5 мм которая делится на 3 черновых и 2 чистовых перехода. Подача равна шагу – 1,5 мм/об. Скорость резцового точения 148 м/мин с частотой 472 м/мин и минутной подачей 708 мм/мин. Для фрезерных переходов двух шпоночных пазов параметры будут однотипные. Глубина резания по 16 и 20 мм, подача 0,08 мм/зуб, скорость резания 85 м/мин, с оборотами фрезы диаметром 16 мм 1692 об/мин, для 20 мм фрезы 1356 об/мин. Минутная подача с учетом четырех зубьев у фрез 541 мм/мин и 434 мм/мин.

Определим режимы резания для круглошлифовальной операции 030. Скорость вращательного движения заготовки V_3 , м/мин, глубина шлифования t , мм, радиальная подача S_p , мм/об, продольная подача $S_{пр}$,

мм/об принимаются в зависимости от требований точности и шероховатости обработанной поверхности.

Ширину шлифовального круга B назначаем равной 60мм.

Назначаем $t = 0,025$ мм, $S_{пр} = 0,5 \cdot B = 0,5 \cdot 60 = 30$ мм/об.

Скорость вращения вала v_3 принимается равной 30 м/мин.

Частота вращения вала тогда 87 об/мин. Скорость резания 30 м/с при частоте вращения круга 1910 об/мин.

Эффективная мощность для шлифования N , кВт:

$$N = \frac{54 \cdot 596}{1020 \cdot 60} = 0,39 \text{ кВт, потребная мощность } N_p = \frac{N_{\text{э}}}{\eta} = \frac{0,39}{0,8} = 0,47 \text{ кВт.}$$

2.7 Нормирование технологического процесса

Норма времени – штучно-калькуляционное время для серийного производства:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт}, \quad (2.19)$$

где $T_{п-з}$ – подготовительно-заключительное время, мин. Штучное время, мин:

$$T_{шт} = T_o + T_{всп} + T_{об} + T_{пер}, \quad (2.19)$$

$$n = \frac{N \cdot a}{F} = \frac{1000 \cdot 12}{254} = 47, \quad (2.20)$$

где n – количество заготовок в запускаемой партии;

T_o – операционное время, мин;

$T_{всп}$ – вспомогательное время, мин;

$T_{об}$ – время на обслуживание рабочего места, мин;

$T_{пер}$ – время на перерыв, мин;

a – периодичность запуска деталей, при запуске три раза в месяц,
 $a=12$ дней;

F – число рабочих дней в году, $F = 254$ дня.

Подготовительно-заключительное время определяем из таблиц приложения [2]. Штучное время на операциях для которых спроектированы наладки, определяются по формулам по рассчитанным режимам резания.

Токарная операция 010.

Суммарная длина холостых ходов для всех переходов 720 мм, ускоренная подача на станке $S_{\text{уск}} = 7000$ мм/мин, $T_{\text{вс}} = 720/7000 = 0,1$ мин. С учетом времени на установку, переустановку и снятие заготовки, пробных измерений [2. прил.5] принимаем $T_{\text{всп}} = 0,65 \cdot 6 + 0,75 + 0,1 + 0,2 = 4,95$ мин.

Основное время на установке А:

$$T_o = \frac{l_{\text{р.х.}} \cdot i}{S_{\text{мин}}} = (370 \cdot 2 + 199) / 304 = 3,1 \text{ мин.} \quad (2.21)$$

где $l_{\text{р.х.}}$ – суммарный путь резца (см. наладку), мм;

$S_{\text{мин}}$ – минутная подача суппорта, мм/мин;

i – число ходов.

Установ Б:

$$T_o = (340 \cdot 2 + 225) / 304 = 3 \text{ мин.}$$

Для чистовых переходов:

$$T_o = (204) / 153 = 1,33 \text{ мин.}$$

$$T_o = (340) / 153 = 2,2 \text{ мин.}$$

Для резьбового точения:

$$T_o = (32 \cdot 5) / 708 = 0,23 \text{ мин.}$$

Для фрезерования:

$$T_o = (92 \cdot 3) / 541 = 0,51 \text{ мин.}$$

$$T_o = (84 \cdot 4) / 434 = 0,77 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{обс}} = 0,06 \cdot (4,95 + 3,1 + 1,33 + 2,2 + 0,23 + 0,51 + 0,77) = 0,8 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{пер}} = 0,05 \cdot 13,9 = 0,07 \text{ мин.}$$

Штучное время на операции:

$$T_{\text{шт}} = 8,14 + 4,95 + 0,8 + 0,7 = 15,4 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт-к}} = 20 / 47 + 15,4 = 15,8 \text{ мин.}$$

Шлифовальная 030. Вспомогательное время $T_{\text{всп}} = 1,25$ мин. Основное время:

$$T_o = \frac{L \cdot h}{n_o \cdot S_{np} \cdot t} \cdot K = \frac{(60 + 110 + 114 + 30 + 120) \cdot 0,128}{87 \cdot 30 \cdot 0,025} \cdot 1,4 = 1,2 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{обс}} = (1,2 + 1,25) \cdot 0,06 = 0,15 \text{ мин}$$

$$T_{\text{пер}} = 0,05 \cdot (1,2 + 1,25) = 0,12 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт}} = 1,2 + 1,25 + 0,15 + 0,12 = 2,7 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт-к}} = 40 / 47 + 2,7 = 3,6 \text{ мин.}$$

Все расчеты по режимам обработки и нормированию вынесены на листы наладок графической части.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Сбор данных

Задача данного раздела – спроектировать трех кулачковый патрон для токарных операций, обеспечивающий точность установки и надежность закрепления заготовки на токарном станке по центровым отверстиям.

Вид и материал заготовки: прокат, сталь 40ХН с пределом прочности $\sigma_B=735$ МПа. Вид обработки на операции – черновое точение, чистовое точение, резьбонарезная резцом, фрезерование пазов на операции 010.

Параметры контурного резца – PDINL3232P15 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82. Геометрия следующая: угол в плане $\varphi=93^\circ$; передний угол $\gamma=10^\circ$; угол наклона режущей кромки $\lambda=-4^\circ$. Обработка на чистовых переходах и фрезеровании отличается от чернового точения меньшей нагруженностью, поэтому ее не учитываем при проектировании.

Режимы чернового точения рассчитаны следующие. Глубина резания $t = 1,5$ мм. Подача $S = 0,6$ мм/об. Скорость резания $V = 175$ м/мин.

Тип проектируемого приспособления для токарной операции - наладочное универсальное одноместное. Для расширения технологических возможностей предусматриваются сменные кулачки.

3.2 Расчет сил резания

Расчет сил резания выполним по методике, изложенной в [10].

Для этого рассчитывается тангенциальная составляющая силы резания:

$$P_z = 10C_p t^x S^y V^n K_p, \quad (3.1)$$

где t, S, V - выбранные параметры обработки (смотри раздел 3.1);

C_p, x, y, n –табличные параметры. Поправочный коэффициент K_p на условия резания:

$$K_p = K_{mp} K_{op} K_{np} K_{lp} K_{rp}, \quad (3.2)$$

где

$$K_{mp} = \left(\frac{\delta_s}{750}\right)^n \quad (3.3)$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 175^{-0,15} \cdot (0,98 \cdot 0,85 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,93 \cdot 1) = 1205 \text{ Н}$$

Составляющую P_y не учитываем, так как поджим задним центром обеспечивает достаточную жесткость заготовки.

3.3 Расчет усилия зажима

При точении вала на нее действуют составляющие силы резания. Радиальная составляющая силы стремится вырвать заготовку из кулачков. Этому препятствует двух опорная схема установки с центром слева. Сопротивление этому воздействию зависит от конструктивной жесткости станка, которое не зависит от проектируемого приспособления, поэтому в расчете не учитываем.

Тангенциальная сила стремится повернуть вал в кулачках. Сила трения от силы зажима препятствует этому. Для расчета последней необходимо вывести условие равновесия моментов сил резания и силы зажима. Момент резания через тангенциальную силу равен:

$$M_p = \frac{P_z \cdot d_0}{2}; \quad (3.4)$$

где P_z – тангенциальная составляющая силы резания, Н;

d_0 – максимальный обрабатываемый диаметр, мм.

Прокручиванию вала в кулачках противодействует момент от силы закрепления:

$$M_3 = \frac{T \cdot d_3}{2} = \frac{W \cdot f \cdot d_3}{2}; \quad (3.5)$$

где W – сила закрепления, Н;

d_3 – диаметр для зажима кулачками, мм;

f – коэффициент трения между заготовкой и кулачком.

Из равенства моментов закрепления M_P и резания M_3 определяется сила закрепления:

$$W_P = \frac{k \cdot P_Z \cdot d_o}{f \cdot d_3}; \quad (3.6)$$

где k – гарантированный коэффициент запаса.

Значение этого коэффициента k принимается для заданных условий технологического перехода как:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6; \quad (3.7)$$

где k_0 – минимальный коэффициент $k_0 = 1,5$;

k_1 – коэффициент от неровностей обрабатываемой поверхности: для черновых переходов принимаем $k_1 = 1,2$;

k_2 – коэффициент для увеличения сил обработки из-за износа режущей части: при черновом обтачивании углеродистой стали $k_2 = 1,1$;

k_3 – коэффициент равномерности резания $k_3 = 1$;

k_4 – коэффициент стабильности силы зажима: при механизации зажима $k_4 = 1$;

k_5 – коэффициент удобства зажима: при механизированном приводе $k_5 = 1$;
 k_6 – коэффициент при установке по опорам штырям.

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 2.$$

Примем минимально принятый $k = 2,5$. Коэффициент трения f между валом и зажимной поверхностью кулачка для рифленой поверхности равен 0,3. Подставив все данные получим:

$$W_P = \frac{2,5 \cdot 1205 \cdot 88}{0,3 \cdot 120} = 7364 \text{ Н.}$$

Величина силы W_1 , Н, которая прикладывается к постоянному кулачку находится как:

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{3 \cdot l_k}{H_k} \cdot f_1 \right)} \quad (3.8)$$

где l_1 – расстояние от середины закрепляющей части постоянного кулачка до середины сменного кулачка, мм;

H_k – длина направляющей части постоянного кулачка, мм;

f_1 – коэффициент трения между постоянным кулачком и пазом корпуса, $f_1 = 0,15$.

Толщина сменного кулачка конструктивно равна $b_c = 49$ мм, постоянного кулачка равна 65 мм, ширина сменного кулачка $B_1 = 45$ мм, ширину направляющей постоянного кулачка $B_K = 52$ мм, длина кулачка $H_K = 70$ мм, вылет $l_K = 75$ мм. После подстановки:

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{3 \cdot l_k}{H_k} \cdot f_1 \right)} = \frac{7364}{1 - \left(\frac{3 \cdot 75}{56} \cdot 0,15 \right)} = 18410 \text{ Н.}$$

3.4 Расчет зажимного механизма

Сила Q силового привода, которое затем увеличивается при помощи зажимного механизма на постоянный кулачок находится как:

$$Q = \frac{W_1}{i_C} \quad (3.9)$$

где i_C – передаточное силовое отношение рычажного механизма.

Диаметр патрона конструктивно находится по формуле:

$$D_{II} = d_3 + 2 \cdot H_K = 88 + 2 \cdot 70 = 228 \text{ мм} \quad (3.10)$$

Округляем до 240 мм. Передаточное отношение i_C зависит от соотношения плеч рычага (50/18) и равно $i_C = 2,8$. Тогда:

$$Q = \frac{W_1}{i_C} = \frac{18470}{2,8} = 6596 \text{ Н.}$$

3.5 Расчет силового привода

Для того, чтобы создать силу Q необходим силовой привод. Он крепится сзади на шпindel. Можно применить пневматический или гидравлический привод. Диаметр его поршня находится по формуле:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}} \quad (3.11)$$

где P – давление рабочей среды, МПа. Така как усилие значительное требуется прием гидравлику с давлением $P = 1,5$ МПа.

$$D = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{6596}{1,5}} = 75 \text{ мм.}$$

Так как полученный диаметр меньше 120 мм, то принимаем гидравлику с 1,5 МПа. Для установки-закрепления вала ход поршня гидроцилиндра должен быть равен:

$$S_Q = \frac{S_W}{i_{II}} \quad (3.10)$$

где S_W – ход кулачков, необходимый для установки – снятия вала, $S_W = 3$ мм;

i_{II} - коэффициент рычага по перемещению.

$$i_{II} = 1/2,8 = 0,34 ; S_Q = \frac{S_W}{i_{II}} = \frac{3}{0,34} = 8,8 \text{ мм.}$$

Принимаем $S_Q = 10$ мм.

3.6 Расчет погрешности установки заготовки в приспособлении

Перед использованием по данному валу кулачки растачиваем в размер и погрешность будет равна:

$$\varepsilon_Y = 0,3 \cdot Td = 0,3 \cdot 250 = 75 \text{ мкм.} \quad (3.11)$$

где Td – максимальный допуск для обрабатываемой поверхности, мкм.

3.7 Описание конструкции приспособления

Патрон предназначен для базирования и закрепления вала при всех видах обработки на операции 010 на токарном центре.

Приспособление содержит собственно патрон и гидравлический привод 1. Из привода выходит тяга 2. Привод 1 крепится к фланцу 4, который накручивается на выходной конец шпинделя станка. Тяга 2 гайкой 3 контрится со втулкой 5, соединяющей шток привода 1. В корпусе патрона 6 по Т-образным пазам радиально смещаются постоянные кулачки 7. К ним через шпонки 9 крепятся сменные кулачки 8 винтами 22. Постоянные кулачки 7 сферическим центровиком 15, штоком 5 и тягой 2 соединяются с приводом 1. Движение постоянных кулачков 7 происходит от сферического центровика 15, в пазах которого размещены нижние вставки 14. Они через большие оси 13, рычаги 10, верхние вставки 11 с малыми осями 12 соединяются с постоянными кулачками 7. Корпус 6 патрона крепится к шпинделю станка винтами 20. В крышке 17 устанавливается центр 16, в торец которого вкручен винт 23. Он вставлен в тарельчатую пружину 25. В приводе есть муфта для подвода рабочей среды в левую и правую полости гидравлического цилиндра.

Патрон работает следующим образом. При подаче давления в левую полость гидроцилиндра поршень через шток, далее через втулку 5, тягу 2, центровик 15, рычаг 10 подает постоянные кулачки 7 по пазам в корпусе 6 в радиальном направлении. Сменные кулачки 8 производят крепление вала. При установке заготовки вала центр 16 утапливается в крышке 17 с подпружиниванием тарельчатой пружиной 25. Фиксация вала происходит при упоре в буртик сменного кулачка 8, который предварительно установлен по зубчатой поверхности по заданному диаметру и перед

обработкой проточен в диаметр. Из-за сферического центровика 15, проставок 11 и 14 при закреплении кулачки 7 и 8 само устанавливаются по поверхности вала. За счет этого обеспечивается базирование по центру.

При подаче масла в правую полость гидравлического привода тяга 2 перемещает кулачки 7 и 8 радиально от вала и раскрепляет заготовку.

3.8 Расчет и проектирование инструмента

В этом разделе проектируем шлифовальный круг для высокопроизводительной обработки шеек вала.

Основные параметры круга выбраны по [15], включая абразивный материал и его зернистость порошка, связку, твердость круга, структуру. Последний параметр является главным в данной технологии. Повышенная пористость круга позволяет обеспечить подачу СОЖ через поры круга к зоне резания, что положительно сказывается на нескольких характеристиках обработанной поверхности вала сразу.

Связка соединяет в абразивном инструменте отдельные зерна абразивного материала между собой. Для нашего случая принимаем керамическую связку, которая характеризуется следующими свойствами. Инструменты на керамической связке обеспечивают достаточно высокую производительность, хорошо сохраняют профиль, что особенно важно для инструментов профильного шлифования, имеют высокую пористость и хорошо отводят тепло. Недостатком керамической связки является хрупкость, которая делает абразивные инструменты чувствительными к ударной нагрузке. Твердость абразивного инструмента – сопротивляемость связки вырыванию абразивных зерен с поверхности инструмента под влиянием внешних сил..

Под структурой абразивного инструмента понимают его строение, то есть отношение объемов порошка абразивного материала, связки и пор. Структура абразивного инструмента определяется номером, значение которого зависит от объемного содержания зерна. Чем больше номер

структуры, тем выше пористость материала абразивного инструмента.

Прочность. Абразивный инструмент, воспринимающий в процессе работы различные по характеру и величине нагрузки, должен обладать достаточной прочностью. Стандартный абразивный инструмент делается цельным, что приводит к большому расходу абразивного материала.

Зернистость абразивного материала определяется требованиями к шероховатости обрабатываемой поверхности. Для чистового шлифования с шероховатостью обработанной поверхности с параметром шероховатости Ra 1,6 мкм применяется абразивный инструмент с величиной зернистости 40, то есть размер зерна приблизительно равен 0,04 мм.

Материал инструмента может быть следующим: электрокорунд, карборунд, алмаз и др. В качестве абразивного материала примем белый электрокорунд 24А.

Таким образом в качестве материала рабочей части шлифовального круга принимаем 24А F46 K 6 V по ГОСТ 2424-2008.

Устройство для крепления шлифовального круга 1 состоит из корпуса 2, установленного на шпинделе станка, прижимных фланцев 3 и 4, болтовых соединений 5, упругих элементов 6. В устройстве для наружного шлифования прижимной фланец 3 выполнен заодно с крышкой, которая закреплена на корпусе 2 с помощью болтовых соединений 5, а прижимной фланец 4 вместе заодно с корпусом 2. В планшайбе для внутреннего шлифования прижимной фланец 3 выполнен заодно с болтом 5, крепящим шлифовальный круг 1 на корпусе 2 и ввинчиваемым в него, прижимной фланец 4 выполнен также заодно с корпусом 2. В средней части корпуса 2 длиной 1, выполненной в виде двух поверхностей (наружной и внутренней) гиперболоидов вращения, имеются упругие элементы 6, образованные продольными пазами. Форма упругих элементов 6 в продольном сечении близка к прямым стержням, наклоненным к оси

корпуса 2 под острым углом в сторону, противоположную направлению вращения шлифовального круга 1.

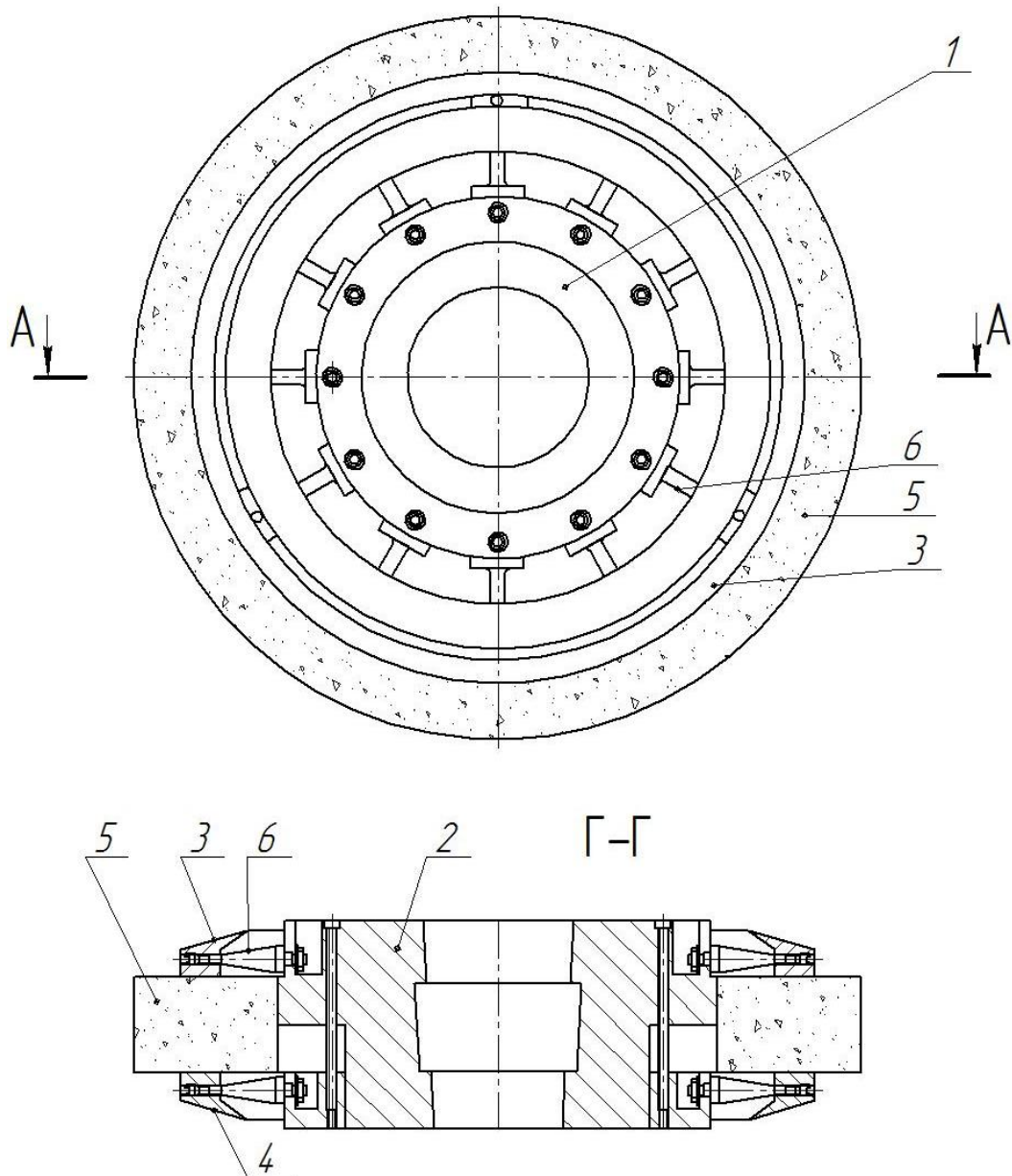


Рисунок 3.1 - Эскиз круга с торсионным корпусом

Устройство работает следующим образом Из набора корпусов 2, отличающихся размерами и углом наклона пазов, образующих упругие элементы 6, отбирается такой, частота крутильных колебаний которого в сборе всего устройства с шлифовальным кругом 1 близка к собственной частоте крутильных колебаний системы СПИЗ. Выбранный корпус 2 вместе со всем устройством и шлифовальным кругом 1 устанавливается на

шпинделе станка. Производится шлифование с крутильными колебаниями шлифовального круга на частоте, близкой к собственной частоте колебаний системы СПИЗ.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Сведения о материалах, операции и станке, применяемых в технологическом процессе изготовления вала, представлены в таблице 4.1 [19].

Таблица 4.1 - Паспорт технического объекта

Технологический процесс	Технологическая операция	Должность работника	Оборудование	Материалы, вещества
Токарная	Точение по контуру черновое и чистовое	Оператор станков с ЧПУ	Токарный центр Асе Micromatic LT 30/1000	Сталь 40ХН, группа твердых сплавов, быстрорезы, промышленное масло

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 4.2 Идентификация профессиональных рисков

Технологическая операция	Производственный вредный и/или опасный фактор (ОВПФ)	Источник ОВПФ
Токарная	физические: подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенный уровень шума на рабочем месте;	Токарный центр Асе Micromatic LT 30/1000, инструменты, заготовка, СОЖ
	повышенный уровень вибрации;	Зона резания
	повышенная напряженность электрического поля;	Органы управления станком
	острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Инструмент

4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Таблица 4.3 – Мероприятия направленные на снижение уровня опасных и вредных производственных факторов

Вредный производственный фактор и/или опасный производственный фактор	Технические средства защиты, организационно-технические методы частичного снижения, полного устранения ОВПФ	Средства защиты работающего
повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов;	Регламентированная процедура по обучению по охране труда	Перчатки защитные
подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Закрыть зону обработки	Перчатки защитные
повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенный уровень вибрации;	Акустическая обработка участка	Беруши
повышенная напряженность электрического поля;	Заземлить; обслуживать по регламенту	Перчатки резиновые

4.4. Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 4.4 – Определение характеристик пожара

Производственный участок	Используемое оборудование	Номер пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие проявляющиеся факторы при пожаре
Лезвийная обработка	Токарный центр Ace Micromatic LT 30/1000	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)	Неисправность электропроводки; пламя и искры; возгорание промасленной ветоши	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части установок

Таблица 4.5 – Выбор средства пожаротушения

Средства первичного пожаротушения	Средства мобильного пожаротушения	Установки стационарного пожаротушения и/или пожаротушащие системы	Средства автоматик для пожаротушения	Оборудование для пожаротушения	СИЗ для спасения людей	Инструмент для пожаротушения (механизированный и немеханизированный)	Сигнализация, связь и оповещение при пожаре
Огнетушители ОВП-8(з)-АВ(С), ящики с песком, пожарные краны	Пожарные автомобили и пожарные лестницы, ОП-50(з)	Системы пенного пожаротушения Дренчерная система пожаротушения	Технические средства оповещения и управления эвакуацией, приборы приемно-контрольные	Напорные пожарные рукава и рукавные разветвления	Веревки пожарные карабины пожарные противогазы, респираторы	Лопаты, багры, ломы, топоры, ЩП-Б	Автоматические извещатели

Таблица 4.6 – Средства обеспечения пожарной безопасности

Название технологического процесса, применяемого оборудования, которое входит в состав технического объекта	Вид предлагаемых к реализации организационных и/или организационно-технических мероприятий	Нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, а также реализуемые эффекты
Токарная	Хранение ветоши в несгораемых ящиках; Применение плавких предохранителей или автоматов в электроустановках станков Правильная эксплуатация оборудования; Автоматические противопожарные устройства	Использование пожарной сигнализации и пожарных извещателей, противопожарные инструктажи в соответствии с графиком, обеспечение средствами пожаротушения, обеспечение безопасности проведения огневых работ

4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 4.7 – Определение экологически опасных факторов объекта

Название технического объекта	Структурные элементы технического объекта и/или производственного процесса	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на атмосферу	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на гидросферу	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на литосферу
Токарная	Токарный центр Ace Micromatic LT 30/1000	Пыль, мелкая стружка	СОЖ, моечные средства	Стружка, ветошь

Таблица 4.8 – Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационные и технические мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

Название технического объекта	Токарная вала
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Рукавный фильтр СРФ-Б50
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Флотационная установка
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на литосферу	Утилизация ветоши Стружка - переплавка

4.6 Выводы по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

1. В данном разделе приведены параметры технологического процесса изготовления вала цилиндрического редуктора в виде токарной

операции, специальности операторов рабочих, станка, материалов (таблица 4.1).

2. Идентифицированы риски при проведении токарной операции по изготовлению вала цилиндрического редуктора (таблица 4.2).

3. Предложены меры по использованию методов и устройств по снижению физических рисков, а также средства защиты работников (таблица 4.3).

4. Разработаны меры по обеспечению пожарной безопасности токарной операции. Идентификация класса пожарной опасности в таблице 4.4, опасных факторов от пожара в таблице 4.5, разработка мер по обеспечению пожарной безопасности приведены в таблице 4.6.

5. Идентифицированы вредные антропогенные экологические факторы, возникающие в ходе реализации токарной операции (таблица 4.7) и предложены меры по повышению экологической безопасности выбранного станка (таблица 4.8).

В результате выполненных работ обеспечивается соответствие спроектированной группы токарных операций по всем показателям требований по производственной, пожарной и экологической безопасности.

5 Экономическая эффективность работы

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений. Учитывая, описанные ранее совершенствования технологического процесса изготовления вала цилиндрического редуктора, определим:

- капитальные вложения в проектированный процесс;
- технологическую себестоимость изменяющихся по вариантам операций;
- полную себестоимость обработки детали по вариантам;
- показатели экономической эффективности проектируемого варианта технологического процесса.

Согласно соответствующим методикам [20] рассчитаем все необходимые параметры и сделаем выводы о целесообразности внедрения предложенных изменений. Краткое описание изменений. Для выполнения шлифовальной операции использовался торцевкруглошлифовальный станок, модель 3Т153Е. В качестве оснастки используется патрон поводковый с хомутиком, центр жесткий. Обрабатывать необходимые поверхности вала предложено осуществлять кругом шлифовальным пористым с подачей СОЖ через канавку круга 5 300x40x170 24А F46 К 6 V, вместо шлифовального круга без возможности подачи СОЖ. Эти изменения позволили уменьшить как основное, так и вспомогательное время, что в итоге привело к выполнению описанной операции за более короткое время, т.е. вместо 3,6 минут, операция выполняется за 3,2 минут.

Так как, изменению подверглись только инструмент, значит капитальные вложения в проектируемый вариант будут складываться из суммы затрат на проектирование и затрат на инструмент (рис. 5.1). Поэтому общий объем инвестиций составит 9873,55 рублей.

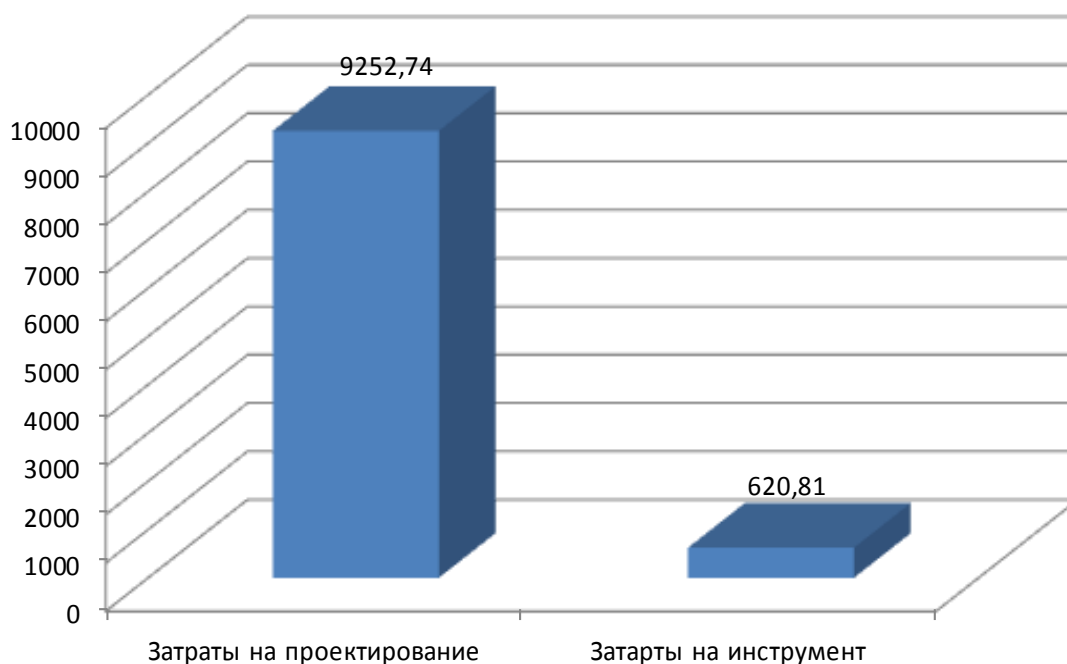


Рисунок 5.1 – Капитальные вложения в проектируемый вариант, руб.

Из рисунка 5.1 видно, что основные инвестиции требуются на затраты, связанные с проектированием нового технологического процесса. На их долю приходится около 93,7% всех капитальных вложений. Оставшаяся доля приходится на затраты, связанные с приобретением нового инструмента.

Следующим важным показателем при определении экономической эффективности является технологическая себестоимость. Обычно она складывается из четырех показателей: затрат на основной материал (M), основной заработной платы ($Z_{пл.осн}$), начислений на заработную плату ($H_{з.пл}$) и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования ($P_{э.об}$). Однако, в процессе совершенствования технологического процесса, метода получения заготовки не менялся, а это значит, что величиной затрат на основной материал можно пренебречь, т.к. ее значение не оказывает влияние на итоговую разницу между вариантами (базовым и проектируемым). Значения, входящих в технологическую себестоимость

величин, без учета затрат на основной материал, представлены на рисунке 5.2.

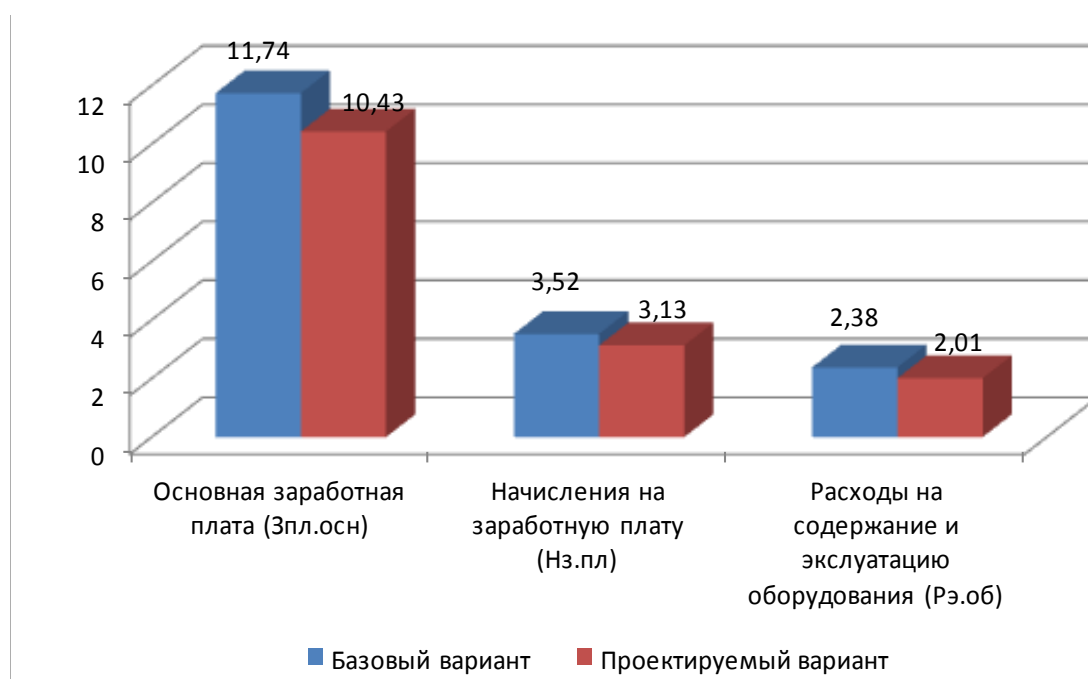


Рисунок 5.2 – Показатели технологической себестоимости по изменяющимся операциям, руб.

Анализируя представленные значения, можно сделать несколько выводов. Первый, это то, что по всем показателям технологической себестоимости в проектируемом варианте произошло уменьшение. Второй – что самая большое влияние на величину технологической себестоимости оказывает основная заработная плата, т.к. ее доля составляет 66,5% для базового варианта и 67% для проектируемого. Второе место, по оказанию влияния на технологическую себестоимость, занимают расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, их доля составляет 13,5% и 12,9% соответственно вариантам. Учитывая полученные значения, величина технологической себестоимости для базового варианта составит 17,64 руб., а для проектируемого – 15,57 руб.

На базе полученных значений технологической себестоимости, основной заработной платы и соответствующих коэффициентов были

определены значения цеховой, заводской и полной себестоимости, величины которых представлены на рисунке 5.3.

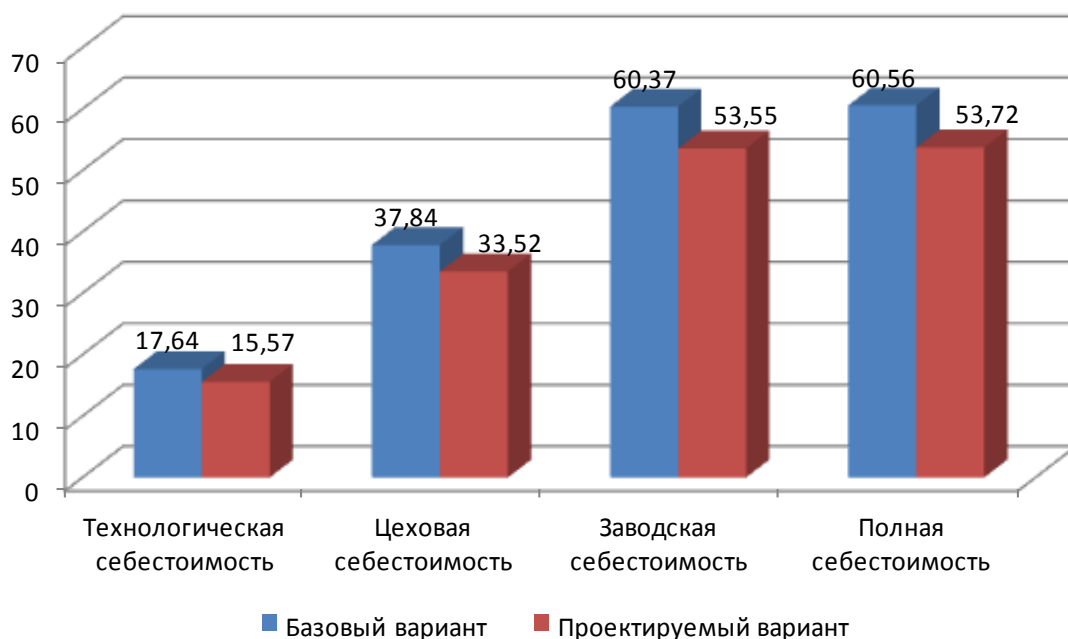


Рисунок 5.3 – Виды себестоимости и их значения по вариантам технологического процесса, руб.

Анализируя данный рисунок, видно, что в проектируемом варианте технологического процесса все показатели уменьшаются. Это позволяет получить итоговую разницу между вариантами в 6,84 руб., т.е. изготовление вала цилиндрического редуктора в проектируемом варианте обойдется предприятию на 11,3% дешевле, чем было в базовом варианте.

Такая разница между вариантами позволит предприятию получить дополнительную чистую прибыль в объеме 5472 руб., и окупить вложенные средства в течение 3-х лет. Кроме этого, эффективность предложенных мероприятий по совершенствованию технологического процесса, подтверждаются положительной величиной чистого дисконтируемого дохода в размере 1650,48 руб., что позволит получить прибыль на каждый вложенный рубль в объеме 1,17 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы выполнен анализ исходных данных. На основе экономического расчета предложен способ получения заготовки из сортового круглого проката. Разработан технологический маршрут изготовления детали для среднесерийного производства. Рассчитаны припуски на обработку. Выбраны средства технологического оснащения, произведено нормирование операций. Разработана и оформлена техническая документация.

Особенность технологии: высокоскоростная обработка на токарной и шлифовальной операциях, использование прогрессивного инструмента в виде сборного шлифовального круга, патрона для обеспечения надежной фиксации заготовки при высоких оборотах шпинделя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.
2. Антонюк, В. Е. Конструктору станочных приспособлений : справ. пособие / В. Е. Антонюк. - Минск : Беларусь, 1991. - 400 с.
3. Артамонов, Е.В. Проектирование и эксплуатация сборных инструментов с сменными твердосплавными пластинами [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.В. Артамонов, Т.Е. Помигалова, М.Х. Утешев. — Электрон. дан. — Тюмень :ТюмГНГУ (Тюменский государственный нефтегазовый университет), 2013. – 88 с.
4. Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. - 456 с.
5. Белоусов, А. П. Проектирование станочных приспособлений : учеб. пособие для техникумов / А. П. Белоусов. - 3-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 1980. - 240 с.
6. Бушуев, В. В. Практика конструирования машин : справочник / В. В. Бушуев. - Москва : Машиностроение, 2006. - 448 с.
7. Бушуев, В. В. Тяжелые зубообрабатывающие станки / В. В. Бушуев, С. П. Налетов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 1986. - 280 с.
8. Станочные приспособления : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлениям подготовки 15.03.05 (151900) "Конструкторско-технол. обеспечение машиностроит. пр-в", "Автоматизация технол. процессов и пр-в (машиностроение)" / В. В. Клепиков [и др.]. - Гриф УМО. - Москва : Форум, 2016. - 318 с.
9. Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 1 / А. И. Астахов [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 591 с.

10. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве : учеб. пособие / Л. Н. Горина. - Гриф УМО. - Тольятти : ТГУ, 2016. - 68 с.

11. Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учебник для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 301 с.

12. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.

13. Технология машиностроения : специальная часть : учеб. для вузов / А. А. Гусев [и др.]. - Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 1986. - 480 с.

14. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. Ч. 1 / В. Д. Мягков [и др.]. - 6-е изд., перераб. и доп. - Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982. - 543 с.

15. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. Ч. 2 / В. Д. Мягков [и др.]. - 6-е изд., перераб. и доп. - Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. - 447 с.

16. Долин, П. А. Справочник по технике безопасности / П. А. Долин. - 6-е изд., перераб. и доп. - Москва : Энергоатомиздат, 1985. - 823 с.

17. Дьячков, В. Б. Специальные металлорежущие станки общемашиностроительного применения : справочник / В. Б. Дьячков, Н. Ф. Кабатов, М. У. Носинов. - Москва : Машиностроение, 1983. - 286 с.

18. Схиртладзе, А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие. Т. 1 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 547 с.

19. Схиртладзе, А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие. Т. 2 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 518 с.

20. Зубарев, Ю. М. Специальные методы обработки заготовок в машиностроении : учеб. пособие для студентов машиностр. вузов / Ю. М. Зубарев. - Гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 400 с.

21. Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова, – Тольятти : ТГУ, 2015. - 46 с.

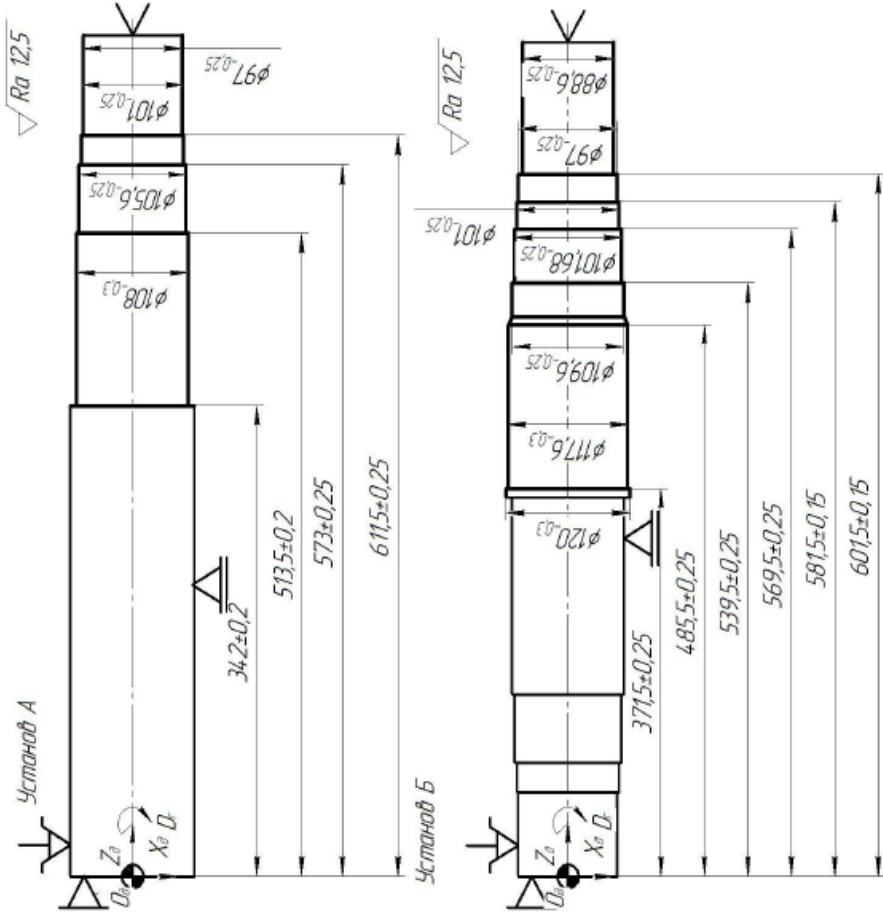
ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Технологическая документация

Дуол.	Взам.	Тлоол.											2					
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	СМ	Проф	Р	УГ	КР	КООИД	ЕН	ОП	Кшт.	Глз	Тшт.		
Б	Код, наименование оборудования																	
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала																	
			Обозначение код															
			Обозначение документа															
			Обозначение код															
A01	07	2	040	0125	Промывка													
B02	Моечная машина																	
A03	07	2	045	0200	Контроль									4	1	1		
B04	Стол																	
05																		
06																		
07																		
08																		
09																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
МК	Маршрутная карта																	

Двуол.	Взам.	Посл.											2
			П И D или B L t i s n v										015
P												V	
T01	PDINL3232P15 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82												
T02	Скоба регулируемая												
T03	Линейка ГОСТ 427-75												
T04	Очки ГОСТ 12.4.013-85												
O05	3. Расточить заготовку												
T06	035-2339-0030 Головка ОСТ 2И23-2-84												
O07	4. Расточить канавку												
T08	035-2128-0528 Резец T14K8 ОСТ 2И10-8-84												
O09	5. Точить канавки												
T10	035-2128-0529 Резец T14K8 ОСТ 2И10-8-84												
O11	6. Раскрепить деталь в центрах, застрогать и переместить на поставку. Снять хомут первой стороны с шейки												
O12	хомут на обработанную поверхность Ф170 и закрепить. Застрогать вал, установить в центра и закрепить.												
T13	Хомут												
O14	7. Контролировать деталь.												
T15	Линейка ГОСТ 427-75												
T16	Штангенциркуль ШЦК-I-250-0,02 ГОСТ 166-89												
O17	8. Фрезеровать пазы												
T18	2223-5646 Фреза ± 20 , z=4 T15K6 ГОСТ 24637-81												
OK	Операционная карта												

Дубл.			
Взам.			
ТЮОЛ.			
			4
			015



КЭ Карта эскизов

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Спецификация патрона

Формат	Зона	Поз	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			19.БР.ОТМП.644.60.00.000.СБ	Сборочный чертеж	1	
<i>Сборочные единицы</i>						
	1		19.БР.ОТМП.644.60.01.000	Привод	1	
<i>Детали</i>						
	2		19.БР.ОТМП.644.60.00.002	Тяга	1	
	3		19.БР.ОТМП.644.60.00.003	Гайка стопорная	1	
	4		19.БР.ОТМП.644.60.00.004	Крышка	1	
	5		19.БР.ОТМП.644.60.00.005	Втулка	1	
	6		19.БР.ОТМП.644.60.00.006	Корпус	1	
	7		19.БР.ОТМП.644.60.00.007	Кулачок постоянный	3	
	8		19.БР.ОТМП.644.60.00.008	Кулачок сменный	3	
	9		19.БР.ОТМП.644.60.00.009	Шпонка	3	
	10		19.БР.ОТМП.644.60.00.010	Рычаг	3	
	11		19.БР.ОТМП.644.60.00.011	Вставка верхняя	3	
	12		19.БР.ОТМП.644.60.00.012	Ось малая	3	
	13		19.БР.ОТМП.644.60.00.013	Ось большая	6	
	14		19.БР.ОТМП.644.60.00.014	Вставка нижняя	3	
	15		19.БР.ОТМП.644.60.00.015	Центровик сферический	1	
			19.БР.ОТМП.644.60.00.000			
						Лит.
						Лист
						Листов
						1
						2
			Патрон			ТГУ, ИМ
						гр. МСДЗ-1403
						Формат А4

Копировал

ПРИЛОЖЕНИЕ В
Спецификация шлифовального круга

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						<u>Документация</u>		
		A2			19.БР.ОТМП.644.65.00.000.СБ	Сборочный чертеж	1	
						<u>Детали</u>		
Справ. №				1	19.БР.ОТМП.644.65.00.001	Круг абразивный	1	
				2	19.БР.ОТМП.644.65.00.002	Корпус	1	
				3	19.БР.ОТМП.644.65.00.003	Фланец левый	1	
				4	19.БР.ОТМП.644.65.00.004	Фланец левый	1	
				5	19.БР.ОТМП.644.65.00.005	Торсион	12	
				6	19.БР.ОТМП.644.65.00.006	Винт	12	
						<u>Стандартные изделия</u>		
Подп. и дата				7		Гайка М4 х 0,75-6Н.40Х.16 ГОСТ 5915-70	12	
				8		Шайба А.2.4.08Х18Н12Т.Т.9 ГОСТ 11371-78	12	
Взам. инв. №								
Инв. № докл.								
Подп. и дата								
					19.БР.ОТМП.644.65.00.000			
Инв. № подл.		Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата		
		Разраб.	Фамин А.В.				Лит.	Лист
		Проб.	Расторгуев Д.А.				Д	1
		Н.контр.	Егоров А.Г.				ТГУ, ИМ	
		Утв.	Логинов Н.Ю.				гр. МСБЗ-1403	
					Шлифовальный круг			
					Копировал		Формат А4	