

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
Направление 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машино-
строительных производств»
Профиль «Технология машиностроения»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления шпинделя токарного автомата

Студент(ка)	<u>Соболев И. О.</u>	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Руководитель	<u>Расторгуев Д.А.</u>	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Консультанты	<u>Виткалов В.Г.</u>	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	<u>Горина Л.Н.</u>	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	<u>Зубкова Н.В.</u>	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)

Допустить к защите

И.о. заведующего кафедрой
к.т.н, доцент

А.В. Бобровский
(личная подпись)

«_____» _____ 2016 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой _____ А.В.Бобровский

«___» _____ 2016 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

(уровень бакалавра)

направление подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных произ-
водств»

профиль «Технология машиностроения»

Студент Соболев Илья Олегович гр. ТМбз-1131

1. Тема Технологический процесс изготовления шпинделя токарного автомата.

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «___» _____ 2016 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе 1. Чертеж детали; 2. Годовая программа выпуска - 10000 дет/год; 3. Режим работы – двухсменный.

4. Содержание выпускной квалификационной работы (объем 40-60 с.)

Титульный лист.

Задание. Аннотация. Содержание.

Введение, цель работы

1) Описание исходных данных

2) Технологическая часть работы

3) Проектирование станочного и контрольного приспособлений

4) Безопасность и экологичность технического объекта

5) Экономическая эффективность работы

Заключение. Список используемой литературы.

Приложения: технологическая документация

Аннотация

УДК 621.73.043.001.375

Соболев Илья Олегович

Технологический процесс изготовления шпинделя токарного автомата.

Тольяттинский государственный университет, 2016.

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства».

Выпускная квалификационная работа (уровень бакалавра).

В выпускной квалификационной работе рассмотрены аспекты проектирования технологического процесса изготовления шпинделя токарного автомата в условиях среднесерийного производства.

Ключевые слова: заготовка, маршрут обработки, припуск, контрольное приспособление, инструмент, оснастка, оборудование, безопасность, экологичность.

Работа содержит пять разделов, введение, заключение.

Во введении сформулирована цель работы, а в заключении приводятся выводы по результатам внесенных изменений.

В первом разделе произведен анализ исходных данных по детали и базовому технологическому процессу, сформулированы задачи проектирования и намечены пути устранения выявленных недостатков.

Во втором разделе выпускной работы выбран метод получения заготовки, методом литья с припусками, рассчитанными аналитическим методом, спроектирован новый технологический процесс изготовления шпинделя токарного автомата с применением высокопроизводительного оборудования и оснастки, рассчитаны режимы резания и нормы времени (применен многоцелевой горизонтальный станок 2627ПМФ4 позволяющий обработать все отверстия детали с обоих концов за один установ, при шлифовании в качестве материала круга применен сложнолегированный электрокорунд 91А, дающий наивысшие показатели качества и производительности).

В третьей части работы разработано станочное приспособление для токарной операции и контрольное приспособление для контроля радиального и тор-

цевого биения.

Выпускная квалификационная работа содержит: пояснительную записку - 76 страниц, включающей 22 таблицы, 7 рисунков, и графическую часть, состоящую из 8,5 листов.

Содержание

Введение, цель работы	8
1 Описание исходных данных	9
1.1 Анализ служебного назначения детали	9
1.2 Анализ технологичности конструкции детали	12
1.3 Анализ базового варианта техпроцесса.....	14
1.4 Задачи работы. Пути совершенствования техпроцесса.....	16
2 Технологическая часть работы.....	18
2.1 Выбор типа производства	18
2.2 Техничко-экономическое обоснование выбора метода получения заготовки.....	18
2.3 Техничко-экономическое обоснование выбора методов обработки поверхностей	24
2.4 Определение припуска и проектирование заготовки	25
2.5 Разработка технологического маршрута	32
2.6 Выбор средств технологического оснащения.....	34
2.7 Проектирование технологических операций.....	38
3 Проектирование станочного и контрольного приспособлений.....	51
3.1 Проектирование станочного приспособления.....	51
3.2 Проектирование контрольного приспособления.....	58
4 Безопасность и экологичность технического объекта	61
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта	61
4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков.....	62
4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.....	63
4.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта (производственно- технологических эксплуатационных и утилизационных процессов) ...	64
4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта	67

4.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»	69
5 Экономическая эффективность работы.....	70
Заключение.	74
Список используемой литературы.....	75
Приложения.....	76

Введение, цель работы

Машиностроительная отрасль во многом определяет пути и интенсивность развития других отраслей экономики. Учитывая, неблагоприятную экономическую ситуацию, на данный момент времени, предприятиям машиностроительного комплекса приходится изыскивать внутренние резервы для дальнейшего развития. Активно применяется практика, по привлечению сторонних заказов из смежных областей и изготовление сторонней продукции силами персонала предприятия, на имеющихся мощностях, стремясь довести загрузку производственных мощностей до максимальных значений, т.к. объем выпуска профильной продукции существенно снизился, в связи с кризисом.

Постоянно идет процесс оптимизации технологических процессов, позволяющий выпускать изделия лучшего качества, по более низкой цене, в установленные сроки.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка оптимального технологического процесса изготовления детали «Шпиндель токарного автомата», который обеспечит получение детали в заданном объеме, с минимальными затратами и высокой точностью.

Добиваться, достижения данной цели, будем путем всестороннего анализа базового технологического процесса, выявления его узких мест и причин, вызвавших недостатки, на основе этого анализа будут предложены пути их устранения.

1 Описание исходных данных

1.1 Анализ служебного назначения детали

1.1.1 Описание конструкции узла, в который входит деталь

Деталь «Шпиндель», устанавливается в шпиндельном узле токарного автомата и предназначена для установки сопрягаемых деталей и передачи вращающего момента на переходные оправки с установленными инструментами.

На рисунке 1.1 приведен фрагмент узла.

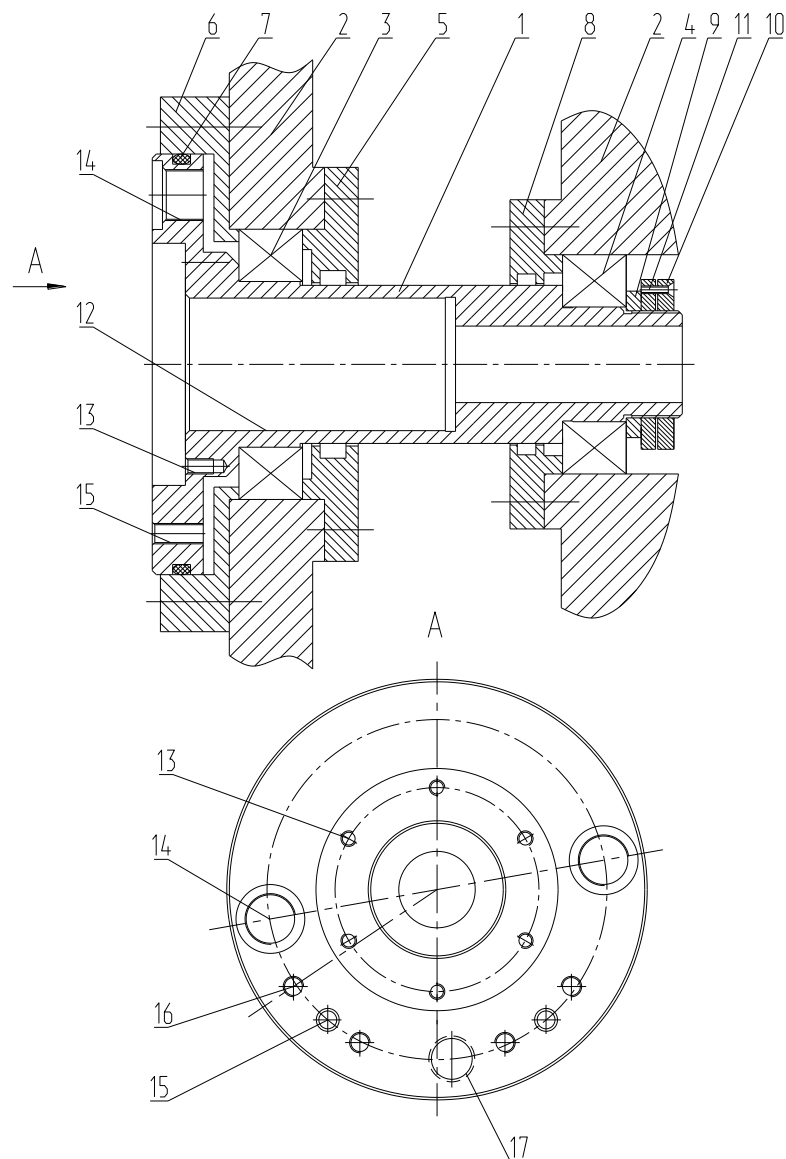


Рисунок 1.1 - Фрагмент узла

Шпиндель 1 устанавливается в корпусе 2 с помощью подшипников 3 и 4. В наружное кольцо подшипника 3 упирается бурт крышки 5, которая крепится к корпусу 1. Выходной конец шпинделя 1 установлен во фланце 6 с уплотнительным кольцом 7. Фланец 6 крепится винтами к корпусу 2.

В наружное кольцо подшипника 4 упирается бурт крышки 8, которая крепится к корпусу 1. Во внутреннее кольцо подшипника 4 упирается втулка 9, которая фиксируется разрезной гайкой 10 со стопорным винтом 11.

Отверстия с левого торца шпинделя служат для крепления разнообразных вспомогательных деталей, которые крепят переходные оправки, с помощью которых устанавливаются инструменты для обработки заготовки.

По отверстию 12 устанавливается сопряженная втулка.

По резьбе 13 фиксируется сопряженная втулка.

По отверстию 14 устанавливается винт со штифтом для передачи вращения.

По отверстиям 15 устанавливается на штифты оправка и фиксируется винтами по резьбе 16.

По отверстию 17 устанавливается штифт, который фиксируется винтами, расположенными с внутренней стороны.

1.1.2 Анализ материала детали

Шпиндель работает в условиях высоких скоростей и переменных нагрузок, поэтому имеет высокие требования к материалу и точности изготовления.

Деталь изготавливают из стали 40ХЛ по ГОСТ 977-88.

Химический состав и механические свойства стали 40ХЛ ГОСТ 977-88 представлены в таблицах 1.1. и 1.2.

Таблица 1.1 - Химический состав стали 40ХЛ ГОСТ 977-88

В процентах

Элемент	C	S	P	Cr	Mn	Ni	Si
		Не более					
Содержание	0.35-0.45	0.04	0.04	0,8-1,1	0.4-0.9	до 0.3	0.2-0.4

Таблица 1.2 - Механические свойства стали 40ХЛ

Состояние поставки. Режим термообработки	Сечение, мм	σ_T	σ_B	δ_5	ψ	KCU	HB
		МПа	МПа	%	%	Дж/см ²	
Отливка Нормализация 850 - 860°C, Отпуск 600 - 650°C,	100	500	650	12	25	40	196-229

Вывод: Сталь 40ХЛ (по химическому составу и своим механическим свойствам) отвечает служебному назначению изготавливаемого из нее шпинделя.

1.1.3 Классификация поверхностей детали по служебному назначению

Выполним систематизацию поверхностей детали (рисунок 1.2), результаты сведем в таблицу 1.3.

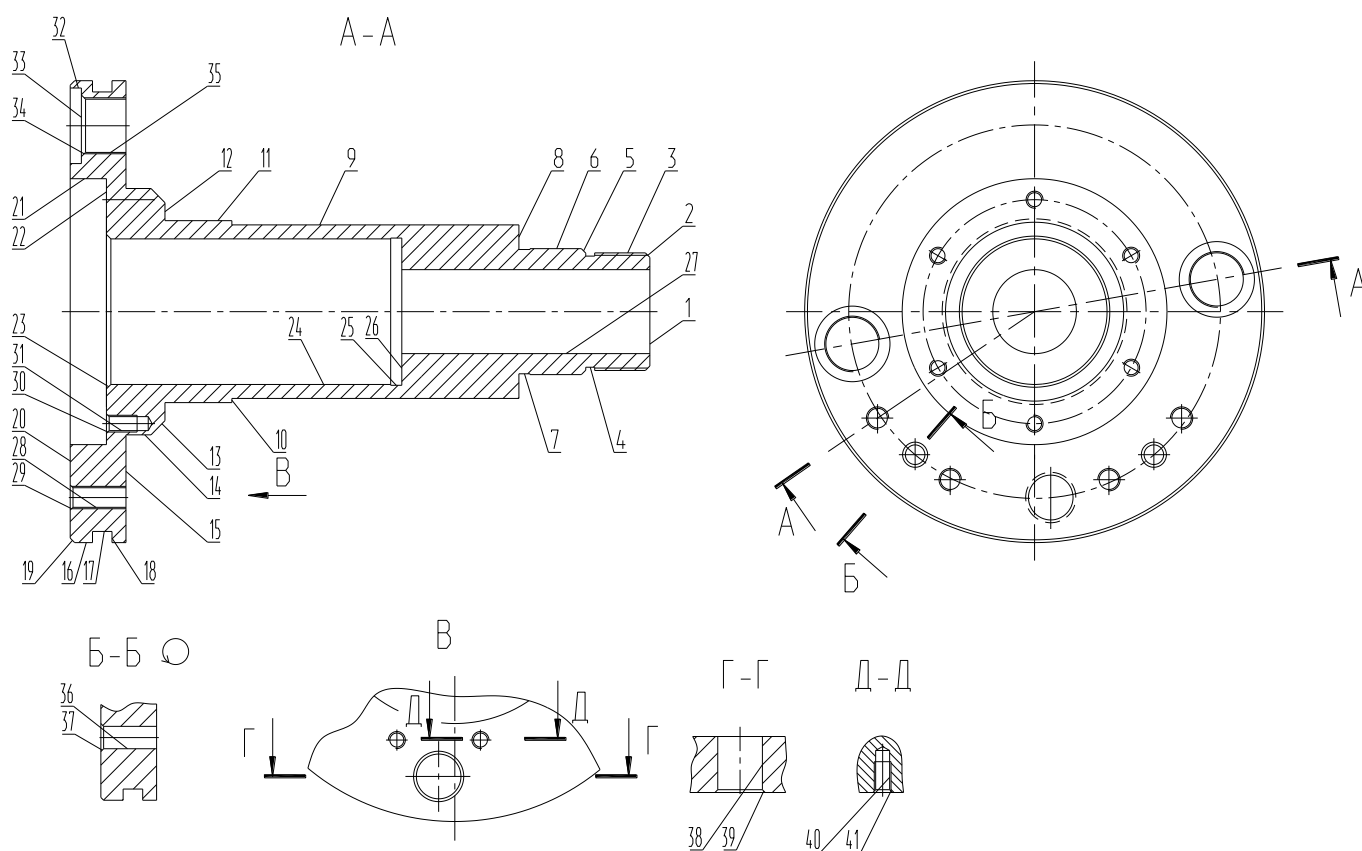


Рисунок 1.2 - Систематизация поверхностей

Таблица 1.3 - Систематизация поверхностей

Вид	Номера поверхностей
1 Исполнительные поверхности	24,20,28,38,36,35
2 База: основная конструкторская	12,11,6
3 База: вспомогательная конструкторская	16,17,18,40,33,26,31
4 Свободные поверхности	Остальные

1.2 Анализ технологичности конструкции детали

Проведем анализ детали на технологичность.

1.2.2.1 Технологичность заготовки

Деталь «Шпиндель» изготавливается из стали 40Х ГОСТ 977-88 методом горячей объемной штамповки в базовом варианте или из стали 40ХЛ ГОСТ 977-88 литьем в проектом варианте. Конфигурация контура достаточно простая и не вызывает значительных трудностей при получении заготовки.

Таким образом, заготовку можно считать технологичной.

1.2.2.2 Технологичность конструкции детали в целом

Чертеж детали содержит всю необходимую графическую информацию для полного представления о его конструкции, проставлены все размеры, отклонения, проставлены шероховатости поверхностей, присутствуют технические требования.

Шпиндель - деталь относящаяся к типу тел вращения, для которых разработаны типовые ТП. Деталь не содержит специфических особенностей конструкции, поэтому может быть обработана непосредственно по типовому ТП.

Форма детали позволяет выполнять обработку всех поверхностей правого конца шпинделя на одном установе, левого конца - на другом установе. На каждом установе обработку поверхностей можно вести последовательно одним инструментом, либо параллельно несколькими инструментами. Все поверхности

доступны для обработки и контроля.

При обработке детали не требуется применение специальных СТО.

Деталь технологична по общей конфигурации.

1.2.2.3 Технологичность базирования и закрепления

При обработке левого конца возможно в качестве баз использовать пов. 11 и торец пов. 12, при обработке правого конца – отв. 27 и торец пов. 20, т.е. обработку цилиндрических поверхностей шпинделя можно вести от одних и тех же баз.

Принцип единства и постоянства баз на большинстве операций выполняется. Базовые поверхности имеют достаточно точность и малую шероховатость, что обеспечивает точность и шероховатость обработанных поверхностей.

Таким образом, с точки зрения базирования и закрепления деталь можно считать технологичной.

1.2.2.4 Технологичность обрабатываемых поверхностей

Доступ к местам обработки и контроля свободный. Точность поверхностей определяется требованиями работоспособности всего узла. Увеличение требований к точности и чистоте поверхности приведет к удорожанию готового изделия, а их занижение к неправильной работе всего узла и возможно, к его поломке.

Максимальные значения по точности и шероховатости следующее:

-калитета: IT6 – поверхность 6,11;

-шероховатости: 0,8 мкм на по.6,11,24,38,36;.

Несмотря на достаточно высокие требования к точности и качеству поверхности данные требования возможно обеспечить на станках нормальной точности.

1.3 Анализ базового варианта техпроцесса

Определим слабые места базового ТП, для того чтобы избежать их во вновь проектируемом техпроцессе.

1.3.1 Технологический маршрут базового техпроцесса

Порядок и содержание операций базового маршрута приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 - Характеристика базового техпроцесса

Операция		Средства технического оснащения			Тшт мин
№оп	Наименование оп, номера обраб. пов.	Оборудование	Приспособле- ние	Инструмент (ма- териал режущей части)	
1	2	3	4	5	6
000	Заготовительная				
005	Токарная черновая	16K20	Патрон 3-х ку- лачковый	Сверло спираль- ное Р6М5 Резец проходной Т5К10 Резец подрезной Т5К10 Резец расточной Т5К10	65
010	Токарная чистовая	16K20	Патрон 3-х ку- лачковый	Резец проходной Т15К6 Резец подрезной Т15К6 Резец расточной Т15К6 Резец канавоч- ный Т15К6	28
015	Внутришлифо- вальная черновая	3К227В	Патрон цанго- вый	Шлифовальный круг	6,0
020	Круглошлифо- вальная черновая	3Б153Т	Патрон цанго- вый	Шлифовальный круг	12,0
025	Слесарная (разметочная)				2
030	Сверлильная	2Р135	Тиски машин- ные	Сверло спираль- ное Р6М5 Зенковка Р6М5	10

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3	4	5	6
035	Расточная	ИС500ПМ1Ф4	Тиски машинные	Сверло спиральное Р6М5 Борштанга расточная Р6М5 Зенкер Р6М5 Развертка Р6М5	18
040	Слесарная			Метчик машинный Р6М5 шлифшкурка, напильник	4,5
045	Контрольная				
050	Термическая				
055	Внутришлифовальная	3К227В	Патрон цанговый	Шлифовальный круг	6,0
060	Круглошлифовальная чистовая	3Б153Т	Патрон цанговый	Шлифовальный круг	10
065	Круглошлифовальная чистовая	3М151	Патрон цанговый	Шлифовальный круг	6
070	Координатно-шлифовальная	3Б282	Приспособление специальное	Шлифовальный круг	6,0
075	Контрольная				
080	Маркировочная				

1.4 Задачи ВКР. Пути совершенствования техпроцесса

1.4.1 Недостатки базового ТП

Базовый ТП пригоден для применения в условиях единичного и мелкосерийного производства.

Основными недостатками базового техпроцесса сдерживающими повышение производительности и снижение себестоимости являются:

- неоптимальные схемы базирования – заготовку зажимают в универсальных патронах по крайним поверхностям с поддержкой концов люнетами, что существенно снижает точность обработки;

- повышенное штучно-калькуляционное время на токарных операциях вследствие завышенного припуска, низких режимов резания, старого оборудования;
- низкопроизводительные универсальные станки или излишне дорогие;
- большое штучное время на операциях при применении станочно-технологической оснастки универсального типа;
- резьба нарезается вручную на слесарной операции;
- неоптимальная последовательность обработки отверстий- наименее точные обрабатываются на станке 2Р135, более точные на ИС500ПМ1Ф4, которые затем еще и шлифуются;
- большое время тратится на слесарную операцию, где происходит снятие заусенцев по всему контуру детали.

1.4.2 Задачи ВКР. Пути совершенствования техпроцесса

Сформулируем задачи ВКР и пути совершенствования ТП на основе проведенного анализа:

1. Применить более производительное оборудование (станки с ЧПУ, полуавтоматы, автоматы), оснастку, инструмент с износостойким покрытием;
2. Спроектировать заготовку (отливку), с минимальными припусками, рассчитанными аналитическим методом;
3. Для обработки отверстий и резьб применим многоцелевой горизонтальный станок 2627ПМФ4 с точностью позиционирования 0,001 мм и инструментальным магазином на 50 инструментов, что позволит обработать все отверстия детали с обоих концов за один установ, без последующего координатного шлифования;
4. Применить патроны с базированием по пов. 12,11 при обработке левого конца или 20,24 при обработке правого. Это увеличит точность обработки и позволит снизить припуски на обработку;
5. Вместо слесарной операции, выполняемой вручную, применим электрохимическое удаление заусенцев;
6. Применим высокопроизводительную технологическую оснастку с гидроприводом и пневмоприводом.;

7. Спроектировать оснастку на 015 токарную операцию;
8. Спроектировать контрольное приспособление для контроля биения;
9. Осуществить анализ ТП на возникновение опасных и вредных факторов, предусмотреть меры по их устранению или защите от их действия;
10. Определить технико-экономическую эффективность ТП.

2 Технологическая часть работы

2.1 Выбор типа производства

При массе детали 4,2 кг и годовой программе выпуска $N_{г} = 10000$ шт/год тип производства среднесерийное [9, с. 17].

Форма организации техпроцесса – будет поточная или переменнo- поточная. Таким образом, возможно использование как универсального так и специального оборудования, станков-автоматов, механизированной оснастки, специального режущего и мерительного инструмента, оборудование размещать по ходу технологического процесса.

2.2 Технико-экономическое обоснование выбора метода получения заготовки

2.2.1 Выбор вариантов исходной заготовки

В качестве заготовки может быть использована отливка из стали 40ХЛ или прокат из стали 40Х.

Определим параметры исходных заготовок.

Масса отливки M_o , кг, ориентировочно определяется по формуле [8, с. 23]:

$$M_o = M_d \cdot K_p, \quad (2.1)$$

где M_d – масса детали, кг;

K_p – расчетный коэф-т, зависящий от формы детали и устанавливаемый по [8, с. 23], $K_p = 1.6$;

Подставив определенные значения в формулу (2.1), получим:
 $M_{ш} = 4.80 \cdot 1.6 = 7.68$ кг.

По ГОСТ Р 53464-2009 [8] определим параметры заготовки:

- метод получения заготовки – литье в песчано-глинистые сырые формы из низковлажных высокопрочных смесей

- класс размерной точности – 8 [8, с. 26].

- степень коробления – 6 [8, с. 29].

- степень точности поверхности отливки – 14 [8, с. 32].

Определим массу проката $M_{пр}$, кг по формуле [11, с. 23]:

$$M_{пр} = V \cdot \rho, \quad (2.2)$$

где V – объем проката, мм^3 ;

ρ - плотность стали кг/мм^3 .

Форма заготовки из сортового проката для детали – тела вращения представляет цилиндр, с диаметром $d_{пр}$, мм и длиной $l_{пр}$, мм, определяемыми по формулам (2.3) и (2.4) [11, с. 23]:

$$d_{пр} = d_d^{\max} \cdot 1,05 \quad (2.3)$$

где d_d^{\max} – максимальный диаметр детали, мм.

Подставим исходные данные в формулу (2.3):

$$d_{пр} = 165 \cdot 1,05 = 173.3 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартное большее значение- $d_{пр} = 180 \text{ мм.}$

$$l_{пр} = l_d^{\max} \cdot 1,02 = 208 \cdot 1,02 = 218.4 \text{ мм} \quad (2.4)$$

где l_d^{\max} – наибольшая длина детали, мм

Подставим исходные данные в формулу (2.4), получим:

$$l_{пр} = 208 \cdot 1,02 = 218.4 \text{ мм, принимаем } l_{пр} = 218.4 \text{ мм.}$$

Объем цилиндрических элементов заготовок V , мм^3 , определяется по фор-

муле [11, с. 24]:

$$V = \pi \cdot d_{\text{пр}}^2 \cdot l_{\text{пр}} / 4 \quad (2.5)$$

Тогда: $V = \pi \cdot d_{\text{пр}}^2 \cdot l_{\text{пр}} / 4 = 3,14 \cdot 180^2 \cdot 218,4 / 4 = 5554786 \text{ мм}^3$.

Определим массу заготовки из круглого проката по формуле (2.2), получим:
 $M_{\text{пр}} = 5554786 \cdot 7,5 \cdot 10^{-6} = 43,61 \text{ кг}$.

По расчетным данным заготовки выбираем необходимый размер горячекатаного проката обычной точности по ГОСТ 2590-2006:

$$\text{Круг} \frac{180 - \text{В1} - \text{ГОСТ } 2590 - 2006}{40\text{X} - \text{ГОСТ } 4543 - 71}.$$

2.2.2 Технико-экономическое обоснование оптимального варианта заготовки

Окончательное решение по выбору способа изготовления заготовки принимаем на основании экономического расчета.

Оптимальным будет метод, при котором будет минимальной величина стоимости изготовления детали, $C_{\text{д}}$, которая определяется по формуле [11, с. 24]:

$$C_{\text{д}} = C_{\text{з}} + C_{\text{мо}} - C_{\text{отх}}, \quad (2.6)$$

где $C_{\text{з}}$ – стоимость исходной заготовки, руб;

$C_{\text{мо}}$ – стоимость последующей механической обработки, руб;

$C_{\text{отх}}$ – стоимость отходов при механической обработке, руб.

2.2.2.1 Стоимость заготовки полученной отливкой

Стоимость заготовки определяется по формуле

$$C_{\text{з}} = C_{\text{б}} \cdot M_{\text{ш}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{сл}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{п}}, \quad (2.7)$$

где C_6 – базовая стоимость 1 кг заготовки, руб/кг; $C_6 = 11,2$ руб/кг [11, с. 23].

$M_{ш}$ – ориентировочная масса отливки, кг;

K_T – коэф-т, зависящий от класса размерной точности отливки,
для класса размерной точности 9 – $K_T = 1.0$ [11, с. 24];

$K_{сл}$ – коэф-т, зависящий от степени сложности отливки,
для стальной отливки 2 группы сложности - $K_{сл} = 1.0$ [11, с. 24];

K_b – коэф-т, учитывающий массу заготовки, $K_b = 0.93$ [11, с. 24];

K_M – коэф-т, зависящий от материала, для стали 40ХЛ принимаем $K_M = 1.18$ [11, с. 24];

K_n – коэф-т, учитывающий серийность производства, для среднесе-рийного производства $K_n = 1,0$ [11, с. 24].

Подставим определенные значения коэф-тов в формулу, получим:

$$C_3 = 11,2 \cdot 7.68 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 0.93 \cdot 1.18 \cdot 1.0 = 94,39 \text{ руб.}$$

Стоимость механической обработки отливки $C_{мо}$, руб, определяется по формуле:

$$C_{мо} = (M_{ш} - M_{д}) \cdot C_{уд}, \quad (2.8)$$

где $C_{уд}$ – удельные затраты на съем 1 кг материала, руб/кг.

Удельные затраты при механической обработке резанием $C_{уд}$, руб, могут быть определены по формуле:

$$C_{уд} = C_c + E_n \cdot C_k, \quad (2.9)$$

где C_c – текущие затраты, руб/кг;

C_k – капитальные затраты, руб/кг;

E_n – нормативный коэф-т эффективности капитальных вложений
($E = 0,1 \dots 0,2$), для машиностроения принимает $E_n = 0,16$.

Принимаем $C_c = 14,8$ руб/кг, $C_k = 32,5$ руб/кг [11, с. 25].

Тогда, подставив определенные значения в формулу (2.8), получим:

$$C_{mo} = (7.68 - 4.80) \cdot (14,8 + 0,16 \cdot 32,5) = 57.60 \text{ руб.}$$

Стоимость отходов $C_{отх}$, руб, является возвратной величиной и определяется как:

$$C_{отх} = (M_{ш} - M_d) \cdot C_{отх}, \quad (2.10)$$

где $C_{отх}$ – цена отходов (стружки), руб/кг., принимаем $C_{отх} = 0.4$ руб/кг [11, с. 25]

Тогда, подставив определенные значения в формулы (2.10) и (2.6), получим:

$$C_{отх} = (7.68 - 4.80) \cdot 0.4 = 1.15 \text{ руб.}$$

$$C_d = 94.39 + 57.60 - 1.15 = 150.84 \text{ руб.}$$

2.2.2.2 Вариант заготовки из проката

Стоимость заготовки из сортового проката определяется по формуле

$$C_{пр} = C_{мпр} \cdot M_{пр} + C_{оз}, \quad (2.11)$$

где $C_{мпр}$ – стоимость материала 1 кг проката в руб/кг; $C_{мпр} = 12$ руб/кг.

$C_{оз}$ – стоимость отрезки заготовки из проката, руб.

$$C_{оз} = \frac{C_{пз} \cdot T_{шт}}{60}, \quad (2.12)$$

где $C_{пз}$ – приведенные затраты на рабочем месте, руб/ч, $C_{пз} = 30,2$ руб/ч [11, с. 26];

$C_{оз}$ – стоимость отрезки заготовки из проката, руб.

Штучное время $T_{шт}$, мин, определяется по формуле [11, с. 26]:

$$T_{шт} = T_o \cdot \varphi_k, \quad (2.13)$$

где T_o – основное технологическое время, мин;

φ_k – коэф-т, учитывающий тип производства и вид оборудования.

Для расчетов на этапе выбора заготовки можно принять $\varphi_k = 1,5$, а основное время для отрезных станков T_o , мин, определяется по формуле [11, с. 27]:

$$T_o = 0,19 \cdot d_{\text{пр}}^2 \cdot 10^{-3}, \quad (2.14)$$

где $d_{\text{пр}}$ – диаметр проката, мм

Произведем расчет, подставив известные данные в формулы (2.14), (2.13), (2.12):

$$T_o = 0,19 \cdot 180^2 \cdot 10^{-3} = 6.16 \text{ мин};$$

$$T_{\text{шт}} = 6.16 \cdot 1,5 = 9.23 \text{ мин};$$

$$C_{\text{оз}} = 30,2 \cdot 9.23 / 60 = 4.65 \text{ руб.}$$

Тогда подставим определенные данные в формулы (2.11), получим:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{мпр}} \cdot M_{\text{пр}} + C_{\text{оз}} = 12 \cdot 43.61 + 4.65 = 527.91 \text{ руб.}$$

Стоимость механической обработки составит:

$$C_{\text{мо}} = (M_{\text{пр}} - M_{\text{д}}) \cdot C_{\text{уд}} = (43.61 - 4.80) \cdot (14,8 + 0,16 \cdot 32,5) = 776.10 \text{ руб.}$$

Стоимость отходов:

$$C_{\text{отх}} = (43.61 - 4.80) \cdot 0.40 = 15.52 \text{ руб}$$

Подставим определенные значения в формулу (2.6), получим:

$$C_{\text{д}} = C_{\text{пр}} + C_{\text{мо}} - C_{\text{отх}} = 527.91 + 776.10 - 15.52 = 1288.49 \text{ руб.}$$

2.2.3 Сравнение вариантов исходных заготовок

Коэф-т использования материала $K_{\text{им}}$ определяется по формуле:

$$K_{\text{им}} = M_{\text{д}} / M_{\text{з}} \quad (2.15)$$

- для отливки $K_{\text{им}} = 4.80 / 7.68 = 0,63$; - для проката $K_{\text{им}} = 4.80 / 43.61 = 0,11$.

На основании сопоставления технологической себестоимости по рассматриваемым вариантам делаем заключение о том, что оптимальным является вариант получения заготовки, полученной отливкой.

Годовой экономический эффект, $\mathcal{E}_Г$, руб, определяем по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = (C_{д пр} - C_{д шт}) \cdot K \cdot N_Г, \quad (2.16)$$

где $N_Г = 10000$ шт/год- годовая программа выпуска шпинделя;

K - коэф-т приведения к ценам 2016 года.

Подставим определенные данные в формулу (2.16), получим:

$$\mathcal{E}_Г = (1288.49 - 150.84) \cdot 2 \cdot 10000 = 22753000 \text{ руб.}$$

2.3 Техничко-экономическое обоснование выбора методов обработки поверхностей

В зависимости от точности и шероховатости поверхностей, выбираем маршрут их обработки.

Определяем способ и вид окончательной обработки каждой поверхности детали по [16] и [11, с. 32-34, табл. 5.17-5.19].

Определяем коэф-т трудоемкости на основании [11, с. 32-34, табл. 5.17-5.19] и окончательный выбор методов обработки поверхностей будем проводить на основе наименьшего коэф-та трудоемкости.

Таблица 2.1- Методы обработки поверхностей

Номер обрабатываемой поверхности	Точность IT	Шероховатость Ra, мкм	Твердость HB	Маршруты обработки	Коэф-т трудоемкости
1	2	3	4	5	6
19,14,13,10,9,8,7,5,4,2,1	14	6,3	260	T, Tч, TO	2,2

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6
3	10	6,3		Т, Тч, Рз, ТО	3,4
16,15	8	1,6		Т, Тч, ТО, Шч	3,0
17,18	9	1,6		Т, Тч, ТО, Шч	3,0
20,12	8	1,6		Т, Тч, Ш, ТО, Шч	4,2
6,11	6	0,8		Т, Тч, Ш, ТО, Шч	4,2
24	7	0,8		Р, Рч, Ш, ТО, Шч	8,0
26	8	1,6		Р, Рч, Ш, ТО, Шч	8,0
21,22,23,25,27	14	6,3		Р, Рч, ТО	2,4
32,33,34,30,29,37,39,41	14	6,3		С	1,2
35,31,28,40	10	6,3		С, Рз	2,2
36,38	7	0,8		С, З, Рч, Разв	4,0

Обозначения приведены в таблице 2.1:

Т- обтачивание черновое,

Тч-обтачивание чистовое,

Р- растачивание черновое,

Рч- растачивание чистовое,

С-сверление,

З-зенкерование,

Разв-развертывание,

Рз-резьбонарезание,

Ш- шлифование черновое,

Шч-шлифование чистовое,

ТО-термообработка.

2.4 Определение припуска и проектирование заготовки

2.4.1 Расчет промежуточных припусков и операционных размеров

2.4.1.1 Расчет промежуточных припусков аналитическим методом

Рассчитаем припуски на $\varnothing 165h8_{(-0,063)}$

Определим, составляющие припуска, его элементы: Rz- величину микроне-
ровностей и h- глубину дефектного слоя назначаем по таблицам [5, с. 66] и [9, с.
69].

Таблица 2.2 - Расчет припуска

Размеры в миллиметрах

№ пер	Технологический переход	Элементы припускам				2Z min	Операц допуск Td/IT	Предельные размеры		Предельные припуски	
		Rz ⁱ⁻¹	h ⁱ⁻¹	ρ ⁱ⁻¹	ε _{уст} ⁱ⁻¹			d ⁱ max	d ⁱ min	2Z max	2Z min
1	Отлить	0.160	0.200	0.921	-	-	1.40	169.754	168.354	-	-
							7 ст				
2	Точить начерно	0.050	0.050	0.055	0.450	2.770	0.63	166.214	165.584	3.540	2.770
							h13				
3	Точить начисто	0.025	0.030	0.037	0.100	0.428	0.16	165.316	165.156	0.898	0.428
							h10				
4	Шлифовать начисто	0.010	0.015	0.018	0.040	0.219	0.063	165.000	164.937	0.316	0.219
							h8				

Определим элементы припуска - Δ_o и ε_{уст.}, по формуле:

Суммарные отклонения расположения литой заготовки типа "втулка"

ρ_o, мм, определяется по формуле [5, с. 65]:

$$\rho_o = \sqrt{\rho_{CM}^2 + \rho_{КОР}^2 + \rho_{Ц}^2}, \quad (2.17)$$

где ρ_{ом} = 0.7 мм – погрешность смещения разъема полуформ.

Погрешность коробления ρ_{кор, мм}, заготовки определяется по формуле:

$$\rho_{кор} = \Delta_k \cdot L, \quad (2.18)$$

где L- длина до места расчета коробления, мм;

Δ_к – удельное коробление, мкм/мм.

Подставим определенные значения в формулу (2.18), получим:

$$\rho_{кор} = 0,002 \cdot 208 = 0.416 \text{ мм.}$$

Величина ρ_ц определяется по формуле [5, с. 65]:

$$\rho_{ц} = 0,25 \sqrt{\delta_3^2 + 1}, \quad (2.19)$$

где δ₃ – допуск. δ₃ = 1.4 мм.

Подставив значения в формулу (2.19), получим:

$$\rho_{\text{ц}} = 0,25 \sqrt{1,4^2 + 1} = 0,430 \text{ мм.}$$

Тогда, суммарное отклонение расположения составит:

$$\rho_o = \sqrt{0,7^2 + 0,416^2 + 0,430^2} = 0,921 \text{ мм.}$$

Погрешность установки $\epsilon_{\text{уст1}} = 0,450 \text{ мм}$ [5, с. 75];

$\epsilon_{\text{уст2}} = 0,100 \text{ мм}$ [5, с. 75];

$\epsilon_{\text{уст3}} = 0,040 \text{ мкм}$ [5, с. 75].

Остаточное суммарное расположение заготовки $\rho_{\text{ост}}$

$$\rho_{\text{ост}} = K_y \cdot \rho_o, \quad (2.20)$$

где K_y - коэф-т уточнения (для перехода 2: $K_y = 0,06$; для перехода 3: $K_y = 0,04$; для перехода 4: $K_y = 0,02$).

Определим $\rho_{\text{ост}}$, подставив определенные значения K_y в формулу (2.20):

$$\rho_2 = 0,921 \cdot 0,06 = 0,055 \text{ мм;}$$

$$\rho_3 = 0,921 \cdot 0,04 = 0,037 \text{ мм;}$$

$$\rho_4 = 0,921 \cdot 0,02 = 0,018 \text{ мм.}$$

Минимальный припуск на черновую обработку определяем по формуле:

$$2Z_{\text{min}} = 2 \cdot (R_z + h + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \epsilon_{yi}^2}) \quad (2.21)$$

$$2Z_{\text{min т. черн}} = 2 \cdot (0,160 + 0,200 + \sqrt{0,921^2 + 0,450^2}) = 2,770 \text{ мм;}$$

Минимальный припуск на чистовые операции:

$$2Z_{\text{min т. чист}} = 2 \cdot (0,050 + 0,050 + \sqrt{0,055^2 + 0,100^2}) = 0,428 \text{ мм;}$$

$$2Z_{\text{min шл.}} = 2 \cdot (0,025 + 0,030 + \sqrt{0,037^2 + 0,040^2}) = 0,219 \text{ мм.}$$

Промежуточные расчетные размеры d_{min}^{i-1} , мм и d_{max}^i , мм определяется по формулам (2.22) и (2.23) :

$$d_{\text{min}}^{i-1} = d_{\text{min}}^i + 2Z_{\text{min}} \quad (2.22)$$

$$d_{\min \text{ шл.}} = 164.937 \text{ мм};$$

$$d_{\min \text{ т. чист}} = 164.937 + 0.219 = 165.156 \text{ мм};$$

$$d_{\min \text{ т. черн}} = 165.156 + 0.428 = 165.584 \text{ мм};$$

$$d_{\min \text{ заг.}} = 165.584 + 2.770 = 168.354 \text{ мм}.$$

$$d_{\max}^i = d_{\min}^i + Td^i \quad (2.23)$$

$$d_{\max \text{ шл.}} = 164.937 + 0.063 = 165.000 \text{ мм};$$

$$d_{\max \text{ т. чист}} = 165.156 + 0.160 = 165.316 \text{ мм};$$

$$d_{\max \text{ т. черн}} = 165.584 + 0.630 = 166.214 \text{ мм};$$

$$d_{\max \text{ заг.}} = 168.354 + 1.400 = 169.754 \text{ мм}.$$

Величины максимальных припусков $2Z_{\max}$, мм, определим по формуле:

$$2Z_{\max} = d_{\max}^{i-1} - d_{\max}^i \quad (2.24)$$

$$2Z_{\max \text{ шл.}} = 165.316 - 165.000 = 0.316 \text{ мм};$$

$$2Z_{\max \text{ т. чист}} = 166.214 - 165.316 = 0.898 \text{ мм};$$

$$2Z_{\max \text{ т. черн}} = 169.754 - 166.214 = 3.540 \text{ мм}.$$

Величины минимальных припусков $2Z_{\min}$, мм, определяем по формуле:

$$2Z_{\min} = d_{\min}^{i-1} - d_{\min}^i \quad (2.25)$$

$$2Z_{\min \text{ шл.}} = 165.156 - 164.937 = 0.219 \text{ мм};$$

$$2Z_{\min \text{ т. чист}} = 165.584 - 165.156 = 0.428 \text{ мм};$$

$$2Z_{\min \text{ т. черн}} = 168.354 - 165.584 = 2.770 \text{ мм}.$$

Для проверки правильности расчетов, проверим выполнение условия (2.26):

$$2Z_{\max}^i - 2Z_{\min}^i = TD^i - TD^{i-1} \quad (2.26)$$

$$2Z_{\max}^4 - 2Z_{\min}^4 = 0.316 - 0.219 = 0.097 \text{ мм}$$

$$TD^i + TD^{i-1} = 0.16 - 0.063 = 0.097 \text{ мм}$$

$2Z_{\max}^4 - 2Z_{\min}^4 = TD^i + TD^{i-1} = 0.097 \text{ мм}$ — условие проверки выполнено, значит расчёт припусков выполнен верно.

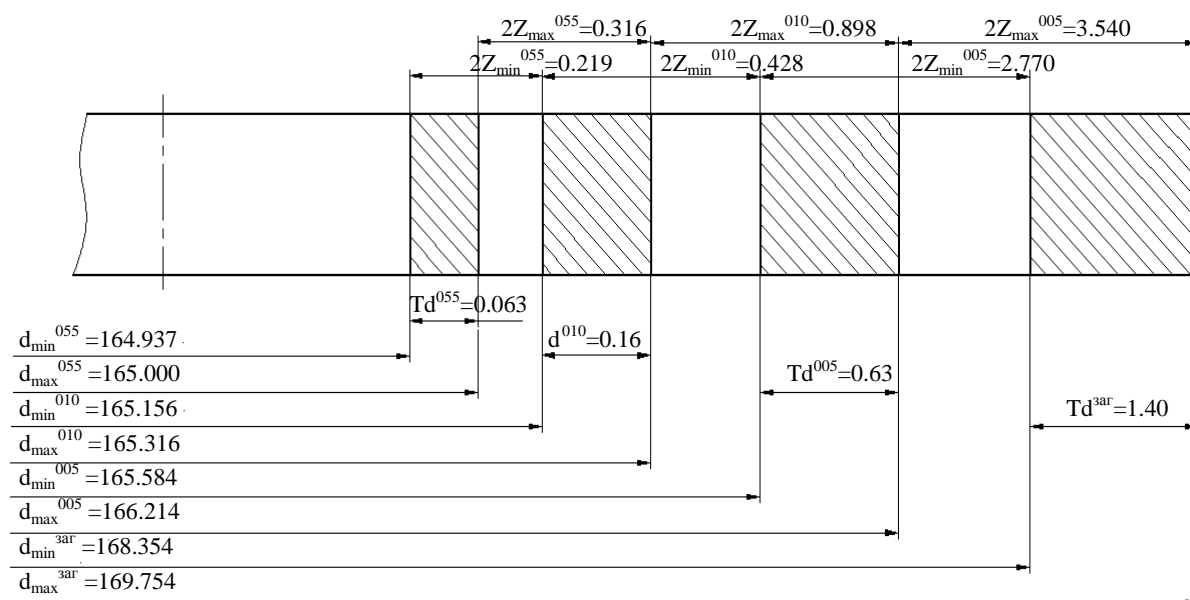


Рисунок 2.1 – Схема расположения припусков, допусков и операционных размеров на шейку $\varnothing 165h8_{(-0,063)}$

2.4.2 Расчет промежуточных припусков табличным методом

Промежуточные припуски табличным методом определяются по [16, с. 191], результаты в табл. 2.3.

Таблица 2.3- Припуски на обработку поверхностей шпинделя

№ оп	Наименование операции	№ обрабатываемых поверхностей	Припуск на сторону, мм
1	2	3	4
005	Токарная (черновая)	16,20,21,22,24,26	2,5max
010	Токарная (черновая)	15,14,13,12,11,10,9,8,6,3,1,30	2,5max
015	Токарная (чистовая)	16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26	0,4
020	Токарная (чистовая)	15,14,13,12,11,10,9,8,7,6,5,4,3,2,1,27	0,4
025	Внутришлифовальная (черновая)	24,26,20	0,17

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4
030	Круглошлифовальная (черновая)	11,6,12	0,17
060	Внутришлифовальная (чистовая)	24,26,20	0,08
065	Круглошлифовальная (чистовая)	11,6,12	0,08
070	Круглошлифовальная (чистовая)	16,17,18	0,20
075	Торцешлифовальная (чистовая)	15	0,20

2.4.3 Проектирование и расчет заготовки

На основании расчетов промежуточных припусков и операционных размеров скорректируем размеры заготовки и выполним ее чертеж (эскиз заготовки представлен на рисунке 2.2).

Основные параметры заготовки по рекомендациям [8]:

- литейный уклон: на наружной и внутренней поверхности – не более $1^{\circ}30'$;
- радиусы закругления наружных углов – 3 мм;
- сдвиг полуформ – не более 0,4 мм [8, с. 8];
- эксцентricичность отверстий - не более 0,6 мм [8, с. 8];
- шероховатость поверхности заготовки – Ra 40 мкм;

Точность отливки - 8-6-14-8 по ГОСТ Р 53464-2009, определяется согласно рекомендаций [8]:

- класс размерной точности принимаем 8, выбираем в зависимости от наибольшего габаритного размера отливки и ее материала [8, с. 26];

- степень коробления принимаем 6, выбираем в зависимости от отношения наименьшего размера отливки к наибольшему по таблице Б.1 [8, с. 29];

- степень точности поверхности отливки – 14 (шероховатость Ra40 мкм), выбираем в зависимости от наибольшего габаритного размера отливки и ее материала по таблице Г.1 [8, с. 32];

- класс точности массы отливки принимаем 8 (при массе заготовки св. 1 до 10 кг), выбираем в зависимости от вида литья и массы по таблице Д.1 [8, с. 33].

По таблице 1 [8, с. 8] для 8 класса точности определяем допуски размеров, и в зависимости от допусков по таблице 6 [8, с. 11] определяем припуски.

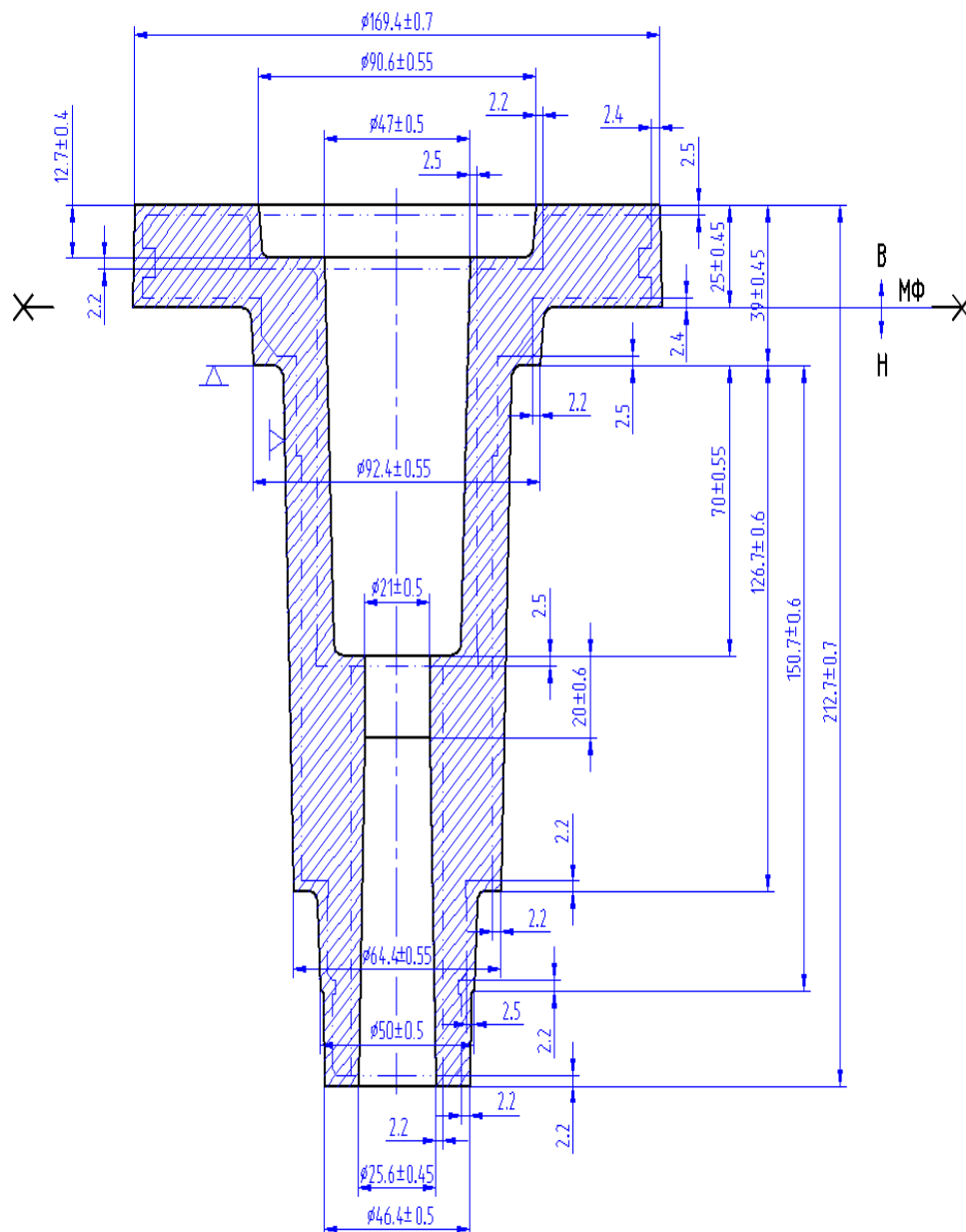


Рисунок 2.2 - Эскиз заготовки

Уточненный объем цилиндрических элементов заготовок определяется по формуле (2.5):

$$V = 3,14/4 \cdot (169,4^2 \cdot 25 + 92,4^2 \cdot 14 + 69^2 \cdot 126,7 + 50^2 \cdot 24 + 46,4^2 \cdot 23 - 90,6^2 \cdot 12,7 - 44^2 \cdot 95,7 - 21^2 \cdot 20 - 23,3^2 \cdot 83,7) = 947078 \text{ мм}^3.$$

Уточненная масса отливки M_3 , кг определяется по формуле (2.1):

$$M_3 = 947078 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 7,43 \text{ кг}.$$

Коэфф-т использ. материала по формуле (2.15):
 $KIM = 4,8/7,43 = 0,65$.

2.5 Разработка технологического маршрута

2.5.1 Разработка схем базирования

При разработке схем базирования желательно выполнения двух принципов: единства и постоянств баз, их выполнение обеспечит минимальные погрешности изготовления детали. Принцип единства баз, есть совпадение измерительных и технологических баз при обработке, принцип постоянства баз – обработку, в течение всего ТП необходимо вести от одних и тех же технологических баз (исключая черновые).

В качестве баз при обработке левого и правого конца шпинделя принимаем пов. 11 и торец пов. 12 или – отв. 24 и торец пов. 20 соответственно.

План изготовления детали со всеми схемами базирования представлен в графической части работы.

2.5.2 Технологический маршрут обработки детали

Разработаем технологического маршрута обработки детали и занесем его в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 - Технологический маршрут обработки детали.

№ оп	Наименование операции	№ базовых поверхн.	№обраб. поверхн.	IT	Ra
1	2	3	4	5	6
000	Заготовительная	-	-		
005	Токарная (черновая)	11,12	16,20,21,22,24,26	13	12,5
010	Токарная (черновая)	20,24	15,14,13,12,11,10,9,8,6,3,1,30	13	12,5

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5	6
015	Токарная (чистовая)	11,12	16,17,18,19,20,21,22,23, 24,25,26	10	6,3
020	Токарная (чистовая)	20,27	15,14,13,12,11,10,9,8,7,6, 5,4,3,2,1,27	10	6,3
025	Внутришлифовальная (черновая)	11,12	24 26,20	8 9	1,6 3,2
030	Круглошлифовальная (черновая)	20,24	11,6 12	8 9	1,6 3,2
035	Координатно- расточная	11,12	32,33,34,30,29,37,39,41 35,31,28,40 36,38	13 10 7	6,3 6,3 0,8
040	Слесарная			-	-
045	Моечная				
050	Контрольная				
055	Термическая				
060	Внутришлифовальная (чистовая)	11,12	24 26,20	7 8	0,8 1,6
065	Круглошлифовальная (чистовая)	20,24	11,6 12	6 8	0,8 1,6
070	Круглошлифовальная (чистовая)	20,24	16 17,18	8 9	1,6 1,6
075	Торцешлифовальная (чистовая)	20,24	15	9	1,6
080	Моечная				
085	Контрольная				

2.5.3 План обработки детали

Разработаем план обработки детали "Шпиндель", выполним его в виде таблицы, представленной в графической части работы.

В первом столбце плана обработки показывается номер и наименование операции. Во втором и третьем столбце указываем применяемое оборудование, показываем операционный эскиз, с указанием теоретической схемы базирования, операционных размеров и шероховатостей обрабатываемых поверхностей

В четвертом столбце указываются операционные допуски на размеры и допуски формы и расположения на обрабатываемые поверхности, соответствующие качеству точности, получаемому на данной операции.

2.6 Выбор средств технологического оснащения

От рационального выбора оборудования, оснастки и инструмента, зависит выполнение главной цели работы - обеспечение заданного выпуска деталей заданного качества с минимальными затратами.

2.6.1 Выбор оборудования

Результаты выбора оборудования заносим в таблицу 2.5.

Таблица 2.5 - Выбор оборудования.

№ оп.	Наименование операции	Станок
1	2	3
005 010	Токарная (черновая)	Токарно станок с ЧПУ AC16K25Ф3/1000
015 020	Токарная (чистовая)	Токарно станок с ЧПУ AC16K25Ф3/1000
025	Внутришлифовальная (черновая)	Торцевнутришлифовальный п/а 3K228B
030	Круглошлифовальная (черновая)	Круглошлифовальный с ЧПУ КШ-3CNC
035	Координатно- расточная	Многоцелевой горизонтальный станок с ЧПУ 2627ПМФ4
040	Слесарная	Электрохимический станок для снятия заусенцев 4407
045 080	Моечная	Камерная моечная машина
060	Внутришлифовальная (чистовая)	Торцевнутришлифовальный п/а 3K228B

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3
065	Круглошлифовальная (чистовая)	Круглошлифовальный с ЧПУ КШ-3CNC
070	Круглошлифовальная (чистовая)	Круглошлифовальный с ЧПУ КШ-3CNC
075	Торцешлифовальная (чистовая)	Торцекруглошлифовальный п/а 3Б153Т

2.6.2 Выбор станочных приспособлений

Результаты выбора приспособлений представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 - Выбор приспособлений

№ оп.	Наименование операции	Приспособление
1	2	3
005	Токарная (черновая)	Патрон токарный 3-х кулачковый самоцентрирующий ГОСТ 2675-80
010	Токарная (черновая)	Патрон токарный клино-плунжерный самоцентрирующий
015	Токарная (чистовая)	Патрон токарный 3-х кулачковый самоцентрирующий ГОСТ 2675-80
020	Токарная (чистовая)	Патрон токарный клино-плунжерный самоцентрирующий
025	Внутришлифовальная (черновая)	Патрон цанговый самоцентрирующий ГОСТ 17200-71
030	Круглошлифовальная (черновая)	Патрон цанговый самоцентрирующий ГОСТ 17200-71
035	Координатно-расточная	Приспособление специальное самоцентрирующее с гидроприводом ГОСТ 12195-66
060	Внутришлифовальная (чистовая)	Патрон мембранный самоцентрирующий ОСТ 3-3443-76
065	Круглошлифовальная (чистовая)	Патрон цанговый самоцентрирующий ГОСТ 17200-71
070	Круглошлифовальная (чистовая)	Патрон цанговый самоцентрирующий ГОСТ 17200-71

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3
075	Торцешлифовальная (чистовая)	Патрон цанговый самоцентрирующий ГОСТ 17200-71

2.6.3 Выбор режущего инструмента

Выбранный инструмент представлен в таблице 2.8.

2.6.4 Выбор контрольно-измерительных средств

Результаты выбора представлены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 - Выбор инструмента

№ оп	Наименование операции	Режущий инструмент	Мерительный ин- струмент
1	2	3	4
010 010	Токарная (чер- новая)	Резец токарный проходной сборный с ме- ханическим креплением твердосплавных пластин. Пластина 3-х гранная, Т5К10, по- крытие $\text{Cr}+(\text{TiCr}_{0,2})\text{N}$ $\varphi=92^\circ$, $\varphi_1=8^\circ$, $\lambda=0$, $\alpha=11^\circ$ $h=25$ $b=25$ $L=125$ ОСТ 2И.101-83 Резец токарный расточной сборный с ме- ханическим креплением твердосплавных пластин. Пластина 3-х гранная, Т5К10, с покрытием $\text{Cr}+(\text{TiCr}_{0,2})\text{N}$ $\varphi=92^\circ$, $\varphi_1=8^\circ$, $\lambda=0$ $\alpha=11^\circ$ $h=20$ $b=20$ $L=160$ ОСТ 2И.101-83	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73 Шаблон ГОСТ 2534-79 Калибр-пробка ГОСТ 14827-69
015 020	Токарная (чи- стовая)	Резец токарный проходной сборный с ме- ханическим креплением твердосплавных пластин. Пластина Т15К6, покрытие $\text{Cr}+(\text{TiCr}_{0,2})\text{N}$ $\varphi=93^\circ$, $\varphi_1=27^\circ$, $\lambda=-2^\circ$, $\alpha=11^\circ$ $h=25$ $b=25$ $L=125$ ОСТ 2И.101-83 Резец токарный расточной сборный с ме- ханическим креплением твердосплавных пластин. Пластина Т15К6, покрытие $\text{Cr}+(\text{TiCr}_{0,2})\text{N}$ $\varphi=93^\circ$, $\varphi_1=27^\circ$, $\lambda=-2^\circ$, $\alpha=11^\circ$ $h=20$ $b=20$ $L=160$ ОСТ 2И.101-83 Резец токарный канавочный сборный с ме	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73 Шаблон ГОСТ 2534-79 Калибр-пробка ГОСТ 14827-69

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4
		ханическим креплением твердосплавных пластин. Пластина Т15К6, покрытие $\text{Cr}+(\text{TiCr}_{0,2})\text{N}$ $\varphi=90^\circ$, В=6; В=6,5 h=25 b=25 L=125 ОСТ 2И.101-83	
025	Внутришлифовальная (черновая)	Шлифовальный круг 5 40x50x12 91А F36 Р 4 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007 Шлифовальный круг 6 40x20x15 91А F36 Р 4 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Шаблон ГОСТ 2534-79 Калибр-пробка ГОСТ 14807-69 Приспособление мерительное с индикатором
030	Круглошлифовальная (черновая)	Шлифовальный круг 1 450x20x203 91А F36 Р 4 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73 Шаблон ГОСТ 2534-79 Приспособление мерительное с индикатором
035	Координатно-расточная	Свела спиральные комбинированные $\varnothing 27/\varnothing 18,5$; $\varnothing 7$; $\varnothing 15$; $\varnothing 7,3$ ОСТ 2И21-2-76 Р6М5К5, покрытие (Ti, Cr)C. Зенкер цельный с коническим хвостовиком $\varnothing 15,7$ ГОСТ 12489-71 Р6М5К5, покрытие (Ti, Cr)C. Зенкер цельный с цилиндрическим хвостовиком $\varnothing 7,7$ ГОСТ 12489-71 Р6М5К5, покрытие (Ti, Cr)C. Развертка машинная цельная с коническим хвостовиком $\varnothing 16$ ГОСТ 1672-80 Р6М5К5, покрытие (Ti, Cr)C. Развертка машинная цельная с цилиндрическим хвостовиком $\varnothing 8$ ГОСТ 1672-80 Р6М5К5, покрытие (Ti, Cr)C.	Шаблон ГОСТ 2534-79 Калибр-пробка ГОСТ 14827-69
060	Внутришлифовальная (чистовая)	Шлифовальный круг 5 40x50x12 91А F60 L 6 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007 Шлифовальный круг 6 40x20x15 91А F60 L 6 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Калибр-пробка ГОСТ 14807-69 Шаблон ГОСТ 2534-79 Приспособление мерительное с индикатором

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4
065	Круглошлифовальная (чистовая)	Шлифовальный круг 1 450x20x203 91A F60 L 6 V A 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Калибр-скоба ГОСТ18355-73 Шаблон ГОСТ 2534-79 Приспособление мерительное с индикатором
070	Круглошлифовальная (чистовая)	Шлифовальный круг 1 450x20x203 91A F60 L 6 V A 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Калибр-скоба ГОСТ18355-73 Шаблон ГОСТ 2534-79 Приспособление мерительное с индикатором
075	Торцешлифовальная (чистовая)	Шлифовальный круг 3 600x30x305 91A F60 L 6 V A 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Шаблон ГОСТ 2534-79 Приспособление мерительное с индикатором

2.7 Проектирование технологических операций

2.7.1 Расчет режимов резания аналитическим методом

Расчет режимов резания аналитическим методом проводим на 015 токарную операцию.

2.7.1.1 Исходные данные

- Деталь- шпиндель
- Материал- сталь 40ХЛ ГОСТ 977-88 $\sigma_B = 650$ МПа
- Заготовка- отливка
- Обработка- токарная чистовая
- Тип производства- серийное
- Приспособление- патрон 3-х кулачковый самоцентрирующий

2.7.1.2 Структура операции (последовательность переходов)

Операция 15 Токарная (чистовая)

Содержание операции:

Переход 1: Точить поверхн., выдержать размеры $\varnothing 165,4_{-0,16}^{+0,16}$; $1,25 \times 45^\circ$; $34,9 \pm 0,05$

Переход 2: Точить канавку, выдержать размеры $\varnothing 157,4_{-0,14}^{+0,14}$; $6,6 \pm 0,05$; $19,85 \pm 0,05$

Переход 3: Расточить отверстие, выдержать размеры $\varnothing 95_{-0,14}^{+0,14}$; $\varnothing 51,5_{-0,12}^{+0,12}$; $1,6 \times 45^\circ$; $1,75 \times 45^\circ$; $80,5 \pm 0,07$; $21,25 \pm 0,05$

Расчет аналитическим методом выполним на переходы 1 и 3.

2.7.1.3 Выбор режущих инструментов

Переход 1: Резец токарный проходной. Пластина T15K6

$\varphi = 93^\circ$, $\varphi_1 = 27^\circ$, $\lambda = -2^\circ$, $\alpha = 11^\circ$; $h=25$ $b=25$ $L=125$.

Переход 3: Резец токарный расточной. Пластина T15K6

$\varphi = 97^\circ$, $\varphi_1 = 27^\circ$, $\lambda = -2^\circ$, $\alpha = 11^\circ$; $h=20$ $b=20$ $L=180$.

2.7.1.4 Данные оборудования

Мощность 22 КВт;

Число скоростей шпинделя 22;

Частота вращения шпинделя $25-2000 \text{ мин}^{-1}$;

Подача суппорта:

Продольная 1-1200 мм/мин;

Поперечная 1-600 мм/мин;

Число ступеней подач: 6/с.

2.7.1.5 Расчет режимов резания

2.7.1.5.1 Глубина резания $t = 0,4 \text{ мм}$.

2.7.1.5.2 Подача $S = 0.25 \text{ мм/об}$ [17,с.268].

2.7.1.5.3 Расчётную скорость резания V , м/мин определяем по формуле:

$$V = \frac{C_U}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_U, \quad (2.27)$$

где C_U - поправочный коэф-т, зависящий от материала режущей части инструмента, подачи и обрабатываемого материала; $C_U = 420$ [17, с.270];

T – стойкость инструмента, мин; $T = 60$ мин

t - глубина резания, мм;

m, x, y - показатели степени, зависящие от вида механической обработки, обрабатываемого материала и материала режущей части: $m = 0.2$, $x = 0.15$, $y = 0.20$, [17, с.270];

K_U - поправочный коэф-т, учитывающий фактические условия резания [17, с.282], определяется по формуле:

$$K_U = K_{MU} \cdot K_{ПУ} \cdot K_{ИУ}, \quad (2.28)$$

где K_{MU} – коэф-т, учитывающий материал [17, с.261], определяется по формуле (2.29);

$K_{ПУ}$ - коэф-т, учитывающий заготовку; $K_{ПУ} = 1.0$ [17, с.263];

$K_{ИУ}$ - коэф-т, учитывающий материал инструмента; $K_{ИУ} = 1.0$ [17, с.263];

$$K_{MU} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_U}, \quad (2.29)$$

где K_{Γ} - коэф-т, характеризующий группу стали по обрабатываемости; $K_{\Gamma} = 1.0$ [17, с.262];

σ_B - предел прочности;

n_U - показатель степени; $n_U = 1.0$ [17, с.262].

Подставим определенные значения в формулу (2.28) и (2.29), получим:

$$K_{MU} = 1.0 \cdot \left(\frac{750}{650} \right)^{1.0} = 1.15.$$

$$K_U = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.15 = 1.15$$

Подставим определенные значения в формулу (2.27), получим:

для точения: $V_T = \frac{420}{60^{0.2} \cdot 0,4^{0.15} \cdot 0.25^{0.2}} \cdot 1,15 = 322,4 \text{ м/мин.}$

для расточки: $V_{\text{раст}} = V_T \cdot 0,9 = 322,4 \cdot 0,9 = 290,1 \text{ м/мин.}$

2.7.1.5.4 Частота вращения шпинделя n , мин^{-1} определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.30)$$

где V - расчётная скорость резания, м/мин;

Подставив определенные значения в формулу (2.30), получим:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 322,4}{3.14 \cdot 165,4} = 620 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 290,1}{3.14 \cdot 95} = 972 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 290,1}{3.14 \cdot 51,5} = 1793 \text{ мин}^{-1}.$$

2.7.1.5.5 Корректировка режимов резания по паспортным данным станка:

Фактическая частота вращения шпинделя:

$$n_1 = 630 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_2 = 1000 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_3 = 1600 \text{ мин}^{-1};$$

Определим фактическая скорость резания:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 165,4 \cdot 630}{1000} = 327,2 \text{ м/мин};$$

$$V_2 = \frac{3.14 \cdot 95 \cdot 1000}{1000} = 298,3 \text{ м/мин};$$

$$V_3 = \frac{3.14 \cdot 51,5 \cdot 1600}{1000} = 258,7 \text{ м/мин.}$$

2.7.1.5.6 Расчёт сил резания

Определим главную составляющую силы резания: P_z , Н:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.31)$$

где C_p - поправочный коэф-т; $C_p = 300$ [17,с.273];

x, y, n - показатели степени; $x = 1.0, y = 0.75, n = -0.15$ [17,с.273];

K_p - поправочный коэф-т, определяется по формуле:

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (2.32)$$

где K_{MP} - поправочный коэф-т на качество материала [17,с.264], определяется по формуле:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (2.33)$$

где σ_B - предел прочности;

n - показатель степени; $n = 0.75$ [17,с.264].

Подставим значения в формулу (2.33), получим:

$$K_{MP} = \left(\frac{650}{750} \right)^{0.75} = 0,90.$$

$K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{rp}$ - поправочные коэф-ты:

$K_{\varphi p} = 0,89; K_{\gamma p} = 1,0; K_{\lambda p} = 1,0; K_{rp} = 1,0$ [17,с.275].

Подставив определенные значения коэф-тов в формулу (2.31), получим:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,4^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 327,2^{-0,15} \cdot 0,9 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 142 \text{ Н.}$$

2.7.1.5.7 Мощность резания N , кВт вычисляем по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = 0,76 \text{ кВт} \quad (2.34)$$

Подставив определенные значения в формулу (2.34), получим:

$$N = \frac{142 \cdot 327,2}{1020 \cdot 60} = 0,76 \text{ кВт.}$$

Проверяем, достаточна ли мощность привода станка:

$$N_{\text{штп}} = N_d \cdot \eta = 22 \cdot 0,75 = 16,5 \text{ кВт}; \quad 0,76 < 16,5, \text{ т. е. обработка возможна.}$$

2.7.2 Расчет режимов резания табличным методом

Расчет припусков табличным методом проводим по методике, описанной в [1]. Расчет будем производить на 060 внутришлифовальную операцию.

2.7.2.1 Исходные данные

- Деталь- шпиндель
- Материал- сталь 40ХЛ ГОСТ 977-88 $\sigma_b = 650 \text{ МПа}$
- Заготовка- отливка
- Обработка- торцевнутришлифовальная
- Тип производства- серийное
- Приспособление- патрон мембранный
- Закрепление заготовки- по наружной поверхности с упором в торец.

2.7.2.2 Структура операций (последовательность переходов)

Операция 60 Внутришлифовальная чистовая:

переход 1: Шлифовать отверстие $\varnothing 52\text{H7}$;

переход 2: Шлифовать торец в размер $34,08 \pm 0,03$;

переход 3: Шлифовать торец в размер $100,08 \pm 0,035$.

2.7.2.3 Данные оборудования, на котором выполняется данная операция

Станок- торцевнутришлифовальный п/а 3К228

Частота вращения, мин^{-1} , шпинделя

- внутришлифовального: 4500,6000,9000,12000

- бабки заготовки: 100-600

- торцешлифовального приспособления 4000

Мощность электродвигателя привода шлифовального круга: 5,5 кВт

2.7.2.4 Выбор режущих инструментов

Переход 1: Шлифовальный круг 5 40x50x12 91А F60 L 6 V А 35 м/с

2 кл. ГОСТ Р 52781-2007

Переход 2,3: Шлифовальный круг 6 40x20x15 91А F60 L 6 V А 35 м/с

2 кл. ГОСТ Р 52781-2007

2.7.2.5 Расчет элементов режимов обработки

2.7.2.5.1 Глубина резания: $t = 0,08$ мм.

2.7.2.5.2 Подача минутная продольная, определяется по формуле:

$$S_{\text{м пр}} = S_{\text{м}} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (2.35)$$

где $S_{\text{м}}$ – минутная подачи по таблице, мм/мин;

K_1 – коэф-т, зависящий от величины снимаемого припуска и точности обработки;

K_2 – коэф-т, зависящий от параметров заготовки.

Подставим определенные данные в формулу (2.35), получим:

$$S_{\text{м}} = 7000 \cdot 0,77 \cdot 1,0 = 5390 \text{ мм/мин.}$$

Рекомендуемая минутная подача может быть установлена на станке с бесступенчатым регулированием в пределах 1000-7000 мм/мин.

2.7.2.5.3 Подача минутная поперечная, определяется по формуле:

$$St_{дв.ход} = St \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \quad (2.36)$$

где St – минутная подачи по таблице, мм/дв.ход [1, с. 62];

K_{1-2} – поправочные коэф-ты на качество материала, припуск, диаметр круга, способа контроля размеров; жесткость заготовки и формы поверхности; жесткость станка и точности обработки; твердость инструментального материала.

Произведем расчет подставив значения в формулу (2.36):

для перехода 1: $St_{дв.ход} = 0,005 \cdot 1,0 \cdot 0,93 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,005$ мм/дв.ход;

для переход 2,3: $St_{дв.ход} = 0,008 \cdot 1,0 \cdot 0,93 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,008$ мм/дв.ход.

2.7.2.5.4 Скорость круга, м/с

$V = 35$ м/с.

2.7.2.5.5 Скорость вращения детали, м/мин

$V = 45$ м/мин.

2.7.2.5.6 Частота вращения шпинделя

для переход 1: $n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 45}{3.14 \cdot 52} = 275$ мин⁻¹.

для переход 2: $n_2 = \frac{1000 \cdot 45}{3.14 \cdot 165} = 87$ мин⁻¹.

для переход 3: $n_3 = \frac{1000 \cdot 45}{3.14 \cdot 52} = 275$ мин⁻¹.

2.7.2.4.7. Произведем корректировку режимов резания по паспортным данным станка:

для перехода 1: $n_1 = 275$ мин⁻¹;

для перехода 2: $n_2 = 87$ мин⁻¹;

для перехода 3: $n_3 = 275$ мин⁻¹.

Расчёт режимов резания на остальные операции техпроцесса, будем проводить пользуясь [1]. Результаты расчета занесем в таблице 2.8

Таблица 2.8 - Сводная таблица режимов резания

№ оп	Наименование оп.	Наименование перехода	Глубина резания t , мм	Табличная подача, скорректированная по паспортной станка S , мм/об	Табличная скорость резания с учетом поправочных коэф-тов $V_{г}$, м/мин	Частота вращения шпинделя, соответствующая табличной скорости n , об/мин	Принятая частота вращения шпинделя $n_{пр}$ об/мин	Действительная скорость Резания $V_{пр}$ м/мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9
05	Токарная (черновая)	Точить Ø 166,2 Расточить Ø 94,2 Расточить Ø 50,7	2,5max 2,5max 2,5max	0,5 0,5 0,5	135 120 120	258 405 753	250 400 800	130,4 118,3 127,3
10	Токарная (черновая)	Точить Ø 42,8 Точить Ø 46,3 Точить Ø 60,8 Точить Ø 66,3 Точить Ø 88,8 Расточить Ø 29,2	2,5max 2,5max 2,5max 2,5max 2,5max 2,5max	0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5	135 135 135 135 135 120	1004 928 707 648 484 1308	1000 1000 630 630 500 1250	134,4 145,4 120,2 131,1 139,4 114,6
15	Токарная (чистовая)	Точить Ø 165,4 Точить канавку Ø 157,4 Расточить Ø 95 Расточить Ø 51,5	0,40 4,0 0,40 0,40	0,25 0,05 0,25 0,25	322,4 210 290,1 290,1	620 424 972 1793	630 400 1000 1600	327,2 197,7 298,3 258,7
20	Токарная (чистовая)	Точить Ø 42 Точить Ø 45,5 Точить Ø 60 Точить Ø 65,5 Точить Ø 88 Расточить Ø 30 Нарезать резьбу М42х1,5	0,40 0,40 0,40 0,40 0,40 0,40 1,5	0,25 0,25 0,25 0,25 0,25 0,25 1,5	322,4 322,4 322,4 322,4 322,4 290,1 230	2444 2256 1711 1567 1166 3079 1744	2000 2000 1600 1600 1000 2000 1600	263,7 285,7 301,4 329,1 276,3 188,4 211,0
25	Внутри-шлифовальная (черновая)	Шлифовать Ø 51,84 Шлифовать торец 165/95 Шлифовать торец 52/30	0,17 0,17 0,17	6400* 0,008** 6400* 0,012** 6400* 0,012**	45 45 45	275 87 275	275 87 275	45 45 45
30	Круглошлифов. (черновая)	Шлифовать Ø 45,16 Шлифовать Ø 65,16	0,17 0,17	0,010** 6 0,010** 6	45 45	318 220	318 220	45 45
35	Координатно-расточная	Сверлить Ø 5 Нарезать резьбу М6 Сверлить Ø 6 Нарезать резьбу М8 Сверлить Ø 18,5/27 Сверлить Ø 7 Зенкеровать Ø 7,7	2,5 1,0 3,0 1,0 9,2/13,5 3,5 0,35	0,12 1,0 0,15 1,0 0,35 0,15 0,4	20 7 21 7 24 21 18	1273 371 1114 278 283 955 744	1250 315 1000 250 250 1000 800	19,6 5,9 18,8 6,3 21,2 22,0 19,3

Продолжение таблицы 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Развернуть Ø 8	0,15	0,7	11	437	400	10,0
		Сверлить Ø 15	7,5	0,3	24	509	500	23,5
		Зенкеровать Ø 15,7	0,35	0,5	19	385	315	15,5
		Развернуть Ø 16	0,15	0,8	12	238	250	12,5
60	Внутри-шлифовальная (чистовая)	Шлифовать Ø 52	0,08	5390* 0,005**	45	275	275	45
		Шлифовать торец 165/95	0,08	5390* 0,008**	45	87	87	45
		Шлифовать торец 52/30	0,08	5390* 0,008**	45	275	275	45
65	Круглошлифов. (чистовая)	Шлифовать Ø 45	0,08	0,005* 6	45	318	318	45
		Шлифовать Ø 65	0,08	0,005* 6	45	220	220	45
70	Круглошлифов. (чистовая)	Шлифовать Ø 165	0,20	0,008* 2	45	87	87	45
75	Торцешлифов. (чистовая)	Шлифовать торец Ø 165/88	0,20	1,3/0,35*	45	87	87	45

*-подача в мм/мин; **-подача в мм/ход стола.

2.7.3 Определение норм времени на все операции

Произведем расчет технических норм времени на все операции технологического процесса изготовления вала.

Определяется норма штучно-калькуляционного времени $T_{ш-к}$, мин по формулам [5, с.101]

Расчет норм времени на 015 токарную операцию

Основное время T_o , мин, определяются по формуле [5, с. 94]:

$$T_o = \frac{L_{px} \cdot i}{n \cdot S}, \quad (2.36)$$

где L_{px} - суммарная длина рабочего хода, мм [4, с. 84], определяется по формуле:

$$L_{px} = L_{рез} + l_1 + l_2 + l_3, \quad (2.37)$$

где $L_{рез}$ – резание, мм [5, с. 85];

l_1 – подвод, мм [4, с.85];

l_2 - врезание, мм [5, с. 85];

l_3 - перебег, мм [5, с. 85];

i - число проходов.

Для контурного резца с углом $\varphi=90^\circ$ при чистовом точении $l_1 + l_2 + l_3 = 3$ мм, тогда подставив определенные значения в формулу (2.43), получим:

$$T_o = \frac{60}{630 \cdot 0,25} + \frac{5}{400 \cdot 0,05} + \frac{36}{1000 \cdot 0,25} + \frac{119}{1600 \cdot 0,25} = 0,381 + 0,250 + 0,144 + 0,298 = 1,073 \text{ мин}$$

Вспомогательное время равно:

$$T_b = (0,25 + 0,20 + 0,06 \cdot 9 \cdot 0,2) \cdot 1,85 = 1,032 \text{ мин.}$$

Оперативное время равно

$$T_{оп} = 1,073 + 1,032 = 2,105 \text{ мин.}$$

При затратах времени $T_{об.от}$ равным 6% от оперативного $T_{оп}$ [3, с.214]:

$$T_{об.от} = 0,06 \cdot 2,105 = 0,126 \text{ мин.}$$

Норматив $T_{п-з}$ определим по [3, с.215]:

$$T_{п-з} = 23 \text{ мин.}$$

$$T_{шт} = 2,105 + 0,126 = 2,231 \text{ мин.}$$

$$T_{шт-к} = 2,231 + 23/472 = 2,280 \text{ мин.}$$

Расчет норм времени на 060 внутришлифовальную операцию

Основное время T_o , мин, определяются по формуле [1, с. 213]:

$$T_o = \frac{2 \cdot L \cdot h}{S_t \cdot S} K, \quad (2.38)$$

где L - длина хода стола, мм;

h - припуск на сторону, снимаемый при обработке, мм;

S_t – продольная подача, мм/мин;

S – поперечная подача в мм/дв. ход;

K - коэф-т точности, учитывающий выхаживание.

Подставим значения в формулу(2.45), получим:

$$T_o = \frac{2 \cdot 86 \cdot 0,08}{5390 \cdot 0,005} \cdot 1,2 + \frac{2 \cdot 25 \cdot 0,08}{5390 \cdot 0,008} \cdot 1,2 + \frac{2 \cdot 10 \cdot 0,08}{5390 \cdot 0,008} \cdot 1,2 = 0,612 + 0,111 + 0,044 = 0,767 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время:

$$T_v = (0,25 + 0,15 + 0,12 \cdot 6 \cdot 0,2) \cdot 1,85 = 1,006 \text{ мин.}$$

Оперативное время

$$T_{оп} = 0,767 + 1,006 = 1,773 \text{ мин.}$$

Время на техническое обслуживание рабочего места:

$$T_{тех} = 0,5 \cdot 0,767 / 15 = 0,026 \text{ мин.}$$

Организационное:

$$T_{орг} = 0,017 \cdot 1,773 = 0,030 \text{ мин.}$$

Отдыха:

$$T_{от} = 0,06 \cdot 1,773 = 0,106 \text{ мин.}$$

Норматив $T_{п-з}$ определим по [3, с.215]

$$T_{п-з} = 26 \text{ мин.}$$

$$T_{шт} = 1,773 + 0,026 + 0,030 + 0,106 = 1,935 \text{ мин.}$$

$$T_{шт-к} = 1,935 + 26 / 472 = 1,990 \text{ мин.}$$

Аналогично рассчитаем нормы времени для остальных операций, результаты расчетов занесем в таблицу 2.9.

Таблица 2.9 - Нормы времени

№ оп	Наименование оп	То мин	Тв мин	Топ мин	Тоб.от мин	Тп-з мин	Тшт мин	n	Тшт-к мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
05	Токарная (черновая)	0,958	0,943	1,901	0,114	20	2,015	472	2,057
10	Токарная (черновая)	0,923	1,054	1,977	0,118	20	2,095	472	2,137
15	Токарная (чистовая)	1,073	1,032	2,105	0,126	23	2,231	472	2,280
20	Токарная (чистовая)	1,093	1,254	2,347	0,141	23	2,488	472	2,537

Продолжение таблицы 2.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
25	Внутришлифовальная (черновая)	0,820	1,006	1,826	0,162	26	1,988	472	2,043
30	Круглошлифовальная (черновая)	0,335	1,006	1,341	0,118	21	1,459	472	1,503
35	Координатно-расточная	4,308	1,735	6,043	0,362	42	6,405	472	6,494
60	Внутришлифовальная (чистовая)	0,767	1,006	1,773	0,162	26	1,935	472	1,990
65	Круглошлифовальная (чистовая)	0,344	1,006	1,350	0,119	21	1,469	472	1,513
70	Круглошлифовальная (чистовая)	0,517	1,006	1,523	0,134	24	1,657	472	1,708
75	Торцешлифовальная (чистовая)	0,505	0,829	1,334	0,117	21	1,451	472	1,495

3 Проектирование станочного и контрольного приспособлений

3.1 Проектирование станочного приспособления

3.1.1 Анализ конструкции базового приспособления. Цели проектирования

На 010 токарной операции для закрепления детали в базовом варианте применяется 3-х кулачковый патрон с ручным винтовым зажимом кулачков. Зажим производится по крайней поверхности, с большим вылетом и поэтому заготовка поджимается люнетом.

Недостатком данного патрона является: низкая точность установки заготовки, большое время закрепления, невозможность регулировки кулачков.

Задачей данного раздела является проектирование нового токарного клинового патрона с большей надежностью закрепления, большей точностью установки, меньшим временем зажима. Кулачки применим с рифлениями с возможностью быстрой перенастройки на другой размер. Установка заготовки производится с наименьшим вылетом, поэтому применение люнетов исключается.

3.1.2 Расчет усилия резания

Для расчета токарного патрона необходимо определить P_z , для лимитирующего по нагруженности перехода 2 по прорезанию канавки:

Определим главную составляющую силы резания P_z , Н по формуле (2.31):

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

где C_p - поправочный коэф-т; $C_p = 408$ [17,с.273];

x, y, n - показатели; $x = 0.72, y = 0.8, n = 0$ [17,с.273];

K_p - поправочный коэф-т, вычисляем по формуле (2.32).

K_{MP} - поправочный коэф-т на качество обрабатываемого материала

[17,с.264], определен нами в п. 2.7.1.5.6 по формуле (2.33) и равен 0,9;

$K_{\text{фр}}$, $K_{\gamma p}$, $K_{\lambda p}$, $K_{\text{гр}}$ - поправочные коэф-ты, определяется по [17,с.275], $K_{\text{фр}} = 0,89$; $K_{\gamma p} = 1,0$; $K_{\lambda p} = 1,0$; $K_{\text{гр}} = 1,0$.

Подставим определенные данные в формулу (2.33) и (2.31), получим:

$$K_p = 0,9 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,801.$$

$$P_z = 10 \cdot 408 \cdot 6,6^{0,72} \cdot 0,05^{0,8} \cdot 197,7^0 \cdot 0,801 = 1157 \text{ Н}.$$

3.1.3 Расчет усилия зажима

Усилие зажима, определяется исходя из условия равновесия моментов сил резания, которая стремится вырвать заготовку из кулачков, и сил зажима, препятствующей этому, с учетом коэф-та запаса.

Схема сил резания и сил зажима показана на рисунок 3.1.

Из условия равновесия моментов данных сил и с учетом коэф-та запаса определяем необходимое усилие зажима.

Сила P_z при обработке создает момент резания $M_{\text{рез}}$, которому противодействует момент трения $M_{\text{тр}}$ между установочной поверхностью кулачков и обрабатываемой заготовки.

Тогда условие равновесия:

$$M_{\text{тр}} = K \cdot M_{\text{рез}}, \quad (3.1)$$

где K - коэф-т запаса.

Суммарный момент резания $M_{\text{рез}}$ определяется по формуле:

$$M_{\text{рез}} = P_z \cdot R, \quad (3.2)$$

где P_z – сила резания, Н;

R - радиус, мм.

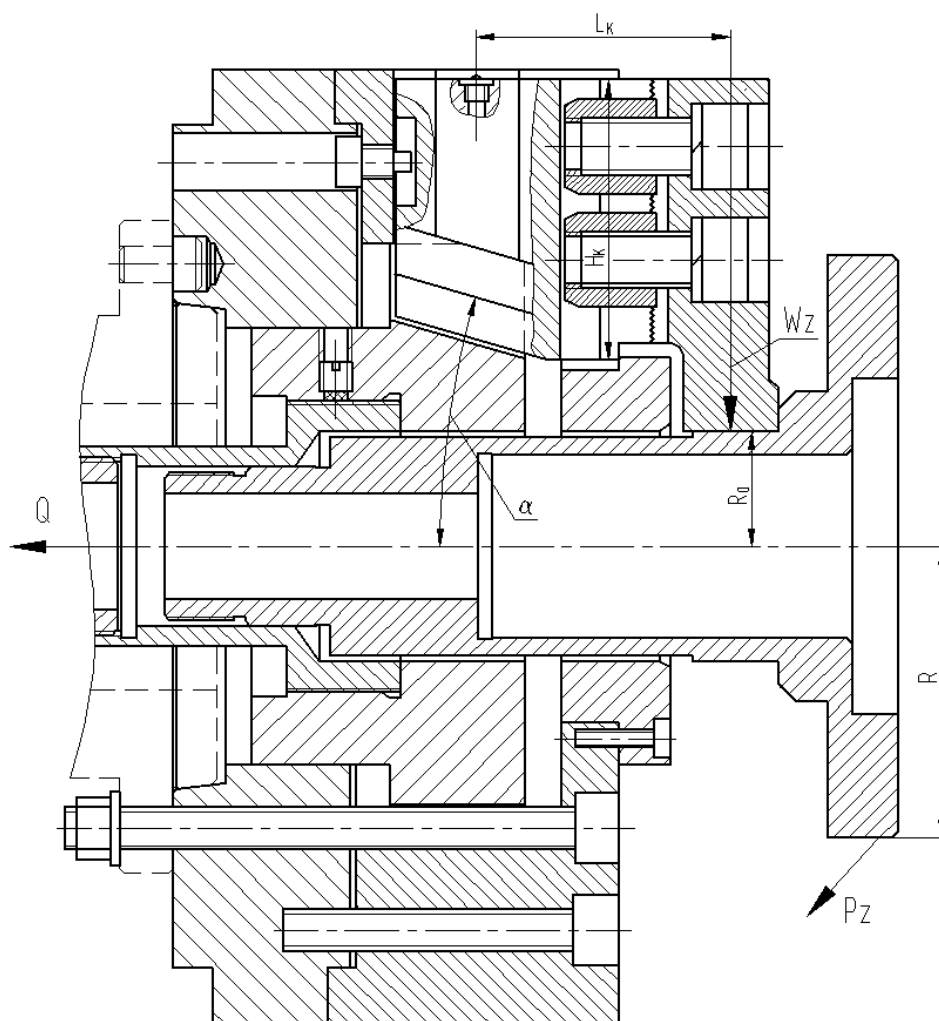


Рисунок 3.1 - Схема действий сил резания и сил зажима

Момент трения $M_{тр}$ определяется по формуле:

$$M_{тр} = T \cdot R_0 = W_z \cdot f \cdot R_0, \quad (3.3)$$

где T – сила трения, Н;

W_z – сила зажима, Н;

f – коэф-т трения, $f = 0,4$ [2, с. 153];

R_0 - радиус, мм.

Из равенства моментов $M_{рез}$ и $M_{тр}$ определим необходимое усилие зажима по формуле:

$$W_z = \frac{K \cdot P_z \cdot R_o}{f \cdot R}, \quad (3.4)$$

Коэф-т запаса K определяется по формуле

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.5)$$

K_{0-6} – поправочные коэф-ты,

Подставим определенные значения коэф-тов в формулу (3.5):

$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,16$, тогда т.к. $K < 2,5$, принимаем $K = 2,5$.

Тогда силу зажима, определим подставив значения в формулу (3.4):

$$W_z = \frac{2,5 \cdot 1157 \cdot 157,4}{0,4 \cdot 66,3} = 17167 \text{ Н.}$$

3.1.4 Расчет зажимного механизма

Схема зажимного механизма представлена на рисунке 3.1.

Величина усилия зажима W_1 , рассчитывается по формуле:

$$W_1 = K_1 \cdot \frac{W}{1 - 3 \cdot f_1 \cdot \frac{L_K}{H_K}}, \quad (3.6)$$

где $K_1 = (1,05 \div 1,2)$ – коэф-т, учитывающий дополнительные силы трения в патроне, определяем по [2, с.153], $K_1 = 1,1$;

f_1 – коэф-т трения, $f_1 = 0,1$ [2, с.153];

L_K – вылет, мм; $L_K = 72$ мм;

H_K – длина направляющей, мм; $H_K = 79$ мм.

Подставим определенные значения в формулу (3.6):

$$W_1 = \frac{17167}{1 - 3 \cdot 0,1 \cdot \frac{72}{79}} = 25990 \text{ Н.}$$

Усилие Q определяем по формуле:

$$Q = W_1 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi), \quad (3.7)$$

где α - угол скоса направляющих;

φ - угол трения.

Подставим определенные значения в формулу (3.7), получим:

$$Q = 25990 \cdot \operatorname{tg}(15 + 5^{\circ}43') = 9824 \text{ Н.}$$

3.1.5 Расчет силового привода

В качестве привода принимаем гидроцилиндр двустороннего действия с рабочим давлением 2,5 МПа.

Тянущая сила на штоке определяется по формуле [18, с. 449]:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (3.8)$$

где Q – тянущая сила на штоке, Н;

D – диаметр поршня, мм;

d – диаметр штока, мм;

p - давление, МПа;

$\eta = 0,9$ КПД привода.

Приняв по [18, с. 379] приближенно $d = 0.25D$, получим тянущее усилие на штоке:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 (1 - 0.25^2) \cdot p \cdot \eta = \frac{\pi}{4} \cdot 0.9375 \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta \quad (3.9)$$

Выразив D, получим:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot 0.9375 \cdot p \cdot \eta}} = 1.17 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}} \quad (3.10)$$

Подставим определенные значения в формулу (3.10):

$$D = 1.17 \cdot \sqrt{\frac{9824}{2.5 \cdot 0.9}} = 77.3 \text{ мм.}$$

Принимаем по ГОСТ 15608-81 стандартное значение, присоединяемого гидроцилиндра $D = 80$ мм.

Определим ход штока поршня $h_{ш}$ гидроцилиндра, приняв его равным ходу клина S_k по формуле:

$$h_{ш} = S_k = S_w \cdot i_{п}, \quad (3.11)$$

где $S_w = 2$ мм – ход кулачков;

$i_{п} = \operatorname{ctg} \alpha$ - передаточное отношение зажимного механизма по перемещению, $i_{п} = \operatorname{ctg} \alpha = \operatorname{ctg} 15^\circ = 3.73$.

Подставим определенные значения в формулу (3.11):

$$h_{ш} = 2 \cdot 3.73 = 7.46 \text{ мм. Примем } h_{ш} = 8 \text{ мм.}$$

Данный патрон гарантировано обеспечивает надежность закрепления заготовки, т. к. величина диаметра гидроцилиндра $D=80$ мм получилась больше расчетной.

3.1.6 Расчет погрешности базирования

При установке заготовки в патрон измерительная база совпадает с технологической, следовательно $\varepsilon_B = 0$, так как рабочие поверхности кулачков патрона и торцовые опоры обрабатываются в сборе, то $\varepsilon_y = 0$.

3.1.7 Описание конструкции и принципа работы приспособления

По результатам расчетов выполняем чертеж патрона.

Приспособление состоит из патрона и гидропривода.

Патрон крепится на конец шпинделя и крепится винтами 26 с гайками 31 и шайбами 40. Патрон содержит корпус 9, который крепится к фланцу 22 винтами 25. В направляющие корпуса 9 установлены подкулачники 15. К подкулачникам винтами 27 с шайбами 39 с помощью сухарей 20 крепятся сменные кулачки 14. В центральной отверстии корпуса патрона установлен клин 8. В Т-образный паз клина входит подкулачник 15. Отверстие корпуса закрывает крышка 12, в котором расположено отверстие, в которое проходит обрабатываемая деталь.

К клину 8 фиксируется втулка 5 с помощью винта 3 с мягкой вставкой 4, которая необходимо для того, чтобы стопорить втулку 8, но не деформировать ее резьбу.

К резьбовому концу втулки 5 крепится с тяга 21, которая, в свою очередь соединена с помощью гайки 32 со штоком 23 гидроцилиндра.

Гидравлический привод содержит корпус 10, в котором на подшипниках 37 установлена крышка 13, крепящаяся винтами 24 с шайбами 38 к корпусу гидроцилиндра 11. На конце штока 23 установлен поршень 17, закрепленный гайкой 30 со стопорным винтом 28. В поршне 17 и выточке крышки 13 установлены демпферы 7.

Между подшипниками 37 стоит втулка 6. Подшипник фиксируется кольцом 36.

Для подачи масла в корпусе гидравлического цилиндра просверлены каналы, выходные отверстия которых закрыты пробками 16.

Для уплотнения в гидроцилиндре установлены уплотнительные кольца 33,34,35.

Алгоритм работы патрона:

Заготовка устанавливается в кулачках 14 с упором в торец. При подаче масла в поршневую полость гидроцилиндра поршень 17 через шток 23, тягу 21, втулку 5 1 тянет клин 8 влево, подкулачника 15 с закрепленными на них сменными кулачками 14 отходят вниз и зажимают заготовку. При подаче масла в штоковую полость гидроцилиндра поршень 17 отходит влево, описанный выше цикл происходит в обратном направлении и заготовка разжимается.

3.2 Проектирование контрольного приспособления

3.2.1 Анализ конструкции базового приспособления. Цели проектирования

На Операции 040 Контрольной происходит промежуточный выборочный контроль геометрических параметров шпинделя.

После шлифовальной операции происходит контроль биения базовых поверхностей. В базовом варианте контроль биения осуществляется на оправке относительно посадочного отверстия.

В проектном варианте контроль будем осуществлять относительно баз Ж и И (пов. 11,6) – заготовка будет установлена в призмы по этим поверхностям, что обеспечит большую точность контроля.

3.2.2 Описание конструкции приспособления

Описание конструкции приспособления.

Приспособление содержит плиту 6, к которой с помощью Т-образных болтов 3, гаек 4 и шайб 14 крепятся призмы 8,9 и стойка 10. К стойке 10 с помощью гайки 13 крепится винт 11.

К плите 6 винтами 12 с шайбами 15 крепится установочная плите 7.

На плиту 7 устанавливается три индикаторных блока 1,2 для контроля биения.

С помощью двух индикаторных блоков 1 производится контроль радиального биения баз Ж и И (пов. 11,16). .

Индикаторный блок 2 служит для контроля торцевого биения.

Приспособление работает следующим образом.

Заготовку устанавливают в призмах 8,9 и упирают торцем в винт 11. Индикаторные блоки 1 продвигают по плите 7 вперед до тех пор, пока они не упрутся ограничительными штифтами в торец установочной плиты 7. Тогда вставки индикаторных блоков, установленные на подпружиненных рычагах, сверху с небольшим натя-

гом упрутся в соответствующие контролируемые шейки шпинделя.

Далее убирают индикаторные блоки 1, на плиту 7 устанавливают индикаторный блок 2. Его двигают к шпинделю до тех пор, пока он не упрется вставку в торец шпинделя.

Шпиндель проворачивают на 360° и по показаниям индикаторов определяют величину биения шеек, и торца относительно базовых опорных шеек.

3.2.3 Расчет точности приспособления

Определим допустимую погрешность контроля, по формуле:

$$[\varepsilon] = (0,2 \dots 0,4) T_d \quad (3.12)$$

где $K = 0,2$ – для более грубых квалитетов;

$K = 0,4$ – для более точных квалитетов.

В нашем случае для контроля биения:

$$[\varepsilon] = 0,4 \times 0,020 = 0,008 \text{ мм.}$$

Фактическое значение погрешности контроля, определяем по формуле:

$$\varepsilon_{\text{факт}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{уст}}^2 + \varepsilon_{\text{прибора}}^2 + \varepsilon_{\text{эталона}}^2}, \quad (3.13)$$

где $\varepsilon_{\text{уст}}$ – погрешность установки детали на приспособлении;

$\varepsilon_{\text{прибора}}$ – погрешность измерительного прибора, $\varepsilon_{\text{прибора}} = 0,5 \text{ мкм}$;

$\varepsilon_{\text{эталона}}$ – погрешность эталона, $\varepsilon_{\text{эталона}} = 0$, так как в нашем случае приспособление настраивают непосредственно по контролируемой детали.

Погрешность установки детали в приспособлении, определяем по формуле:

$$\varepsilon_{\text{уст}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{баз}}^2 + \varepsilon_{\text{закрепл}}^2 + \varepsilon_{\text{полож. заг.}}^2}, \quad (3.14)$$

где $\varepsilon_{\text{баз.}}$ – погрешность базирования;

$\varepsilon_{\text{закр.}}$ – погрешность закрепления детали в приспособлении;

$\varepsilon_{\text{полож. заг.}}$ – погрешность положения заготовки;

$\varepsilon_{\text{баз.}} = 0$, так как измерительная и технологическая базы совпадают;

$\varepsilon_{\text{закр.}} = 0$, заготовка устанавливается на призмы без закрепления

Погрешность положения заготовки, определяется по формуле:

$$\varepsilon_{\text{полож. заг.}} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}, \quad (3.15)$$

где Δ_1 – максимальный зазор в сопряжении призм с плитой $\Delta_2 = 6$ мкм;

Подставим определенные данные в формулы (3.13), (3.14), (3.15), получим:

$$\varepsilon_{\text{полож. заг.}} = \sqrt{6^2} = 6 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_{\text{уст.}} = \sqrt{0^2 + 0^2 + \varepsilon_{\text{полож. заг.}}^2} = 6 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_{\text{факт}} = \sqrt{0,5^2 + 6^2} = 6,02 \text{ мкм.}$$

$\varepsilon_{\text{факт.}} < [\varepsilon]$: $0,00602 \text{ мм} < 0,08 \text{ мм}$, таким образом, приспособление обеспечивает необходимую точность контроля.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Наименование технического объекта ВКР (технологический процесс, технологическая операция, технологическое или инженерно-техническое оборудование, техническое устройство, приспособление, материальное вещество, технологическая оснастка, расходный материал) приводится в таблице 4.1

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Штамповка	Заготовительная операция	Кузнец-штамповщик	Пресс КГШП	Металл
2	Точение	Токарная операция	Оператор станка с ЧПУ	Токарно-винторезный станок ЧПУ AC16K25Ф3/1000	Металл, СОЖ
3	Сверление	Координатно-расточная операция	Оператор станка с ЧПУ	Многоцелевой горизонтальный станок с ЧПУ 2627ПМФ4	Металл, СОЖ
4	Внутреннее шлифование	Внутришлифовальная операция	Шлифовщик	Торцевнутришлифовальный п/а 3К228В	Металл, СОЖ
5	Круглое шлифование	Круглошлифовальная операция	Шлифовщик	Торцекруглошлифовальный п/а 3Б153Т Круглошлифовальный с ЧПУ КШ-3СNC	Металл, СОЖ

4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Идентификацию производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков - опасных и /или вредных производственных факторов по ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация, источник этих факторов – оборудование, материал, вещество приводим в таблице 4.2

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

№ п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного производственного фактора
1	2	3	4
1	Заготовительная операция	Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации	Пресс КГШП
2	Токарная операция	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; фиброгенное воздействие (пыль и загазованность); повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации, токсические, раздражающие (СОЖ)	Токарно-винторезный станок АС16К25Ф3/1000
3	Координатно-расточная операция	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; фиброгенное воздействие (пыль и загазованность); повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации, токсические, раздражающие (СОЖ)	Многоцелевой горизонтальный станок с ЧПУ 2627ПМФ4
4	Внутришлифовальная операция Круглошлифовальная операция	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; фиброгенное воздействие (пыль и абразивная стружка, металлическая пыль); повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации, токсические, раздражающие (СОЖ)	Торцевнутришлифовальный п/а 3К228В Торцекруглошлифовальный п/а 3Б153Т Круглошлифовальный с ЧПУ КШ-3СНС

4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

В данном разделе необходимо подобрать и обосновать используемые организационно-технические методы и технические средства (способы, устройства) защиты, частичного снижения, или полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора.

Таблица 4.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3	4
1	Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов	Ограждение оборудования	Краги для металлурга
2	Движущиеся машины и механизмы	Соблюдение правил безопасности выполнения работ	Каска защитная, очки защитные
3	Подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки	Ограждение оборудования	Каска защитная, очки защитные
4	Фиброгенное воздействие (пыль и загазованность, абразивная стружка, металлическая пыль)	Применение приточно-вытяжной вентиляции	Респиратор
5	Токсические, раздражающие (СОЖ)	Применение приточно-вытяжной вентиляции, ограждение оборудования, защитный экран	Респиратор, перчатки
6	Повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации	Наладка оборудования, увеличение жесткости оборудования для уменьшения резонансных колебаний, использование материалов способных поглощать колебания	Беруши, наушники

4.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта (производственно-технологических эксплуатационных и утилизационных процессов)

В данном разделе проводится идентификация потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара с разработкой технических средств и/или организационных методов по обеспечению (улучшению) пожарной безопасности технического объекта (производственно-технологического и инженерно-технического оборудования, произведенной продукции, используемых сырьевых материалов, а также должны быть указаны реализующиеся пожаробезопасные характеристики произведенных технических объектов в процессах их эксплуатации (хранения, конечной утилизации по завершению жизненного цикла).

4.4.1 Идентификация опасных факторов пожара

Пожары классифицируются по виду горючего материала и подразделяются на следующие классы:

- 1) пожары, связанные с горением твердых горючих веществ и конструкционных материалов (А);
- 2) пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В);
- 3) пожары, связанные с воспламенением и горением газов (С);
- 4) пожары, связанные с воспламенением и горением металлов (D);
- 5) пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е);
- 6) пожары радиоактивных веществ материалов и радиоактивных отходов (F).

К опасным факторам пожара, воздействующим на людей и материальное имущество, относятся:

- 1) пламя и искры;
- 2) тепловой поток;
- 3) повышенная температура окружающей среды;
- 4) повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения;

- 5) пониженная концентрация кислорода;
- 6) снижение видимости в дыму (задымленных пространственных зонах).

К сопутствующим проявлениям опасных факторов пожара относятся:

- 1) образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, транспортных средств, энергетического оборудования, технологических установок, производственного и инженерно-технического оборудования, агрегатов и трубопроводных нефте-газо-амиакопроводов, произведенной и/или хранящейся продукции и материалов и иного имущества;
- 2) образующиеся радиоактивные и токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенных пожаром технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества, горящего технического объекта;
- 3) вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества;
- 4) опасные факторы взрыва, возникающие вследствие происшедшего пожара;
- 5) термохимические воздействия используемых при пожаре огнетушащих веществ на предметы и людей.

По результатам выполненной идентификации опасных факторов пожара оформляется таблица 4.4.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделе- ние	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие про- явления факторов по- жара
1	2	3	4	5	6
1	Кузнечный участок	Пресс КГШП	Пожары, свя- занные с вос- пламенением и горением ме- таллов (D)	Пламя и искры; теп- ловой по- ток	Вынос (замыкание) высокого электриче- ского напряжения на токопроводящие части технологических уста- новок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4	5	6
2	Участок лезвийной обработки	Токарно-винторезный станок ЧПУ АС16К25Ф3/1000 Многоцелевой горизонтальный станок с ЧПУ 2627ПМФ4	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)	Пламя и искры	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества
3	Участок абразивной обработки	Торцевнутришлифовальный п/а 3К228В Торцекруглошлифовальный п/а 3Б153Т Круглошлифовальный с ЧПУ КШ-3СНС	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)	Пламя и искры	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества

4.4.2 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технического объекта (ВКР)

Технические средства обеспечения пожарной безопасности приводятся в таблице 4.5

Таблица 4.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
Огнетушители, внутренние пожарные краны, ящики с песком	Пожарные автомобили, пожарные лестницы	Оборудование для пенного пожаротушения	Приборы приемно-контрольные пожарные, технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные	Напорные пожарные рукава, рукавные разветвления	Веревки пожарные, карабины пожарные, респираторы, противогазы	Ломы, багры, топоры, лопаты, комплект диэлектрический	Автоматические извещатели

4.4.3 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара

В данном разделе разрабатываются организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению возникновения пожара или опасных факторов способствующих возникновению пожара (таблица 4.6).

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Координатно-расточная операция Многоцелевой горизонтальный станок с ЧПУ 2627ПМФ4	Контроль за правильной эксплуатацией оборудования, содержание в исправном состоянии оборудования, проведение инструктажа по пожарной опасности, применение автоматических устройств обнаружения, оповещения и тушения пожаров	Проведение противопожарных инструктажей, запрет на курение и применение открытого огня в недопущенных местах, соблюдение мер пожарной безопасности при проведении огневых работ, применение средств пожаротушения, применение средств пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре

4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

В данном разделе проводится идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при реализации технологического процесса. Разрабатываются конкретные технические и организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду производимым данным техническим объектом в процессе его производства, технической эксплуатации и конечной утилизации по завершению его жизненного цикла.

4.5.1 По виду реализуемого производственно-технологического процесса, и осуществляемой функциональной эксплуатацией техническим объектом - необходимо провести идентификацию негативных экологических факторов, результаты которой отражены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п.	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Координаторская операция	Многоцелевой горизонтальный станок с ЧПУ 2627ПМФ4	Пыль стальная	Взвешенные вещества, нефтепродукты, СОЖ	Основная часть отходов хранится в металлических контейнерах емкостью 1,0 м ³

4.5.2 Разработка мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду рассматриваемого технического объекта (ВКР) согласно нормативных документов (таблица 4.8).

Таблица 4.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Сверление, координатное растачивание
1	2
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Применение «сухих» механических пылеуловителей

Продолжение таблицы 4.8

1	2
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Переход предприятия на замкнутый цикл водоснабжения
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Соблюдении правил хранения, периодичности вывоза отходов на захоронение

4.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса изготовления к шпинделя токарного автомата, перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие изделия и производимые изделия.

Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу изготовления шпинделя токарного автомата, выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ.

Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, подобраны средства индивидуальной защиты для работников.

Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности. Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте.

Идентифицированы экологические факторы и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте.

5 Экономическая эффективность работы

Задача раздела – технико-экономическое сравнение двух вариантов технологического процесса (базового и проектного) и определение экономической эффективности проектируемого варианта.

Для выполнения данного раздела необходимо краткое представление изменений по сравниваемым операциям, чтобы экономически обосновать их эффективность. Основные отличия между вариантами представлены в качестве таблицы 5.1.

Таблица 5.1 – Краткая сравнительная характеристика операций по вариантам

Базовый вариант	Проектируемый вариант
Программа выпуска – 10000 шт. Деталь – шпиндель токарного автомата Метод получения заготовки – отливка Материал – сталь 40ХЛ ГОСТ 977-88 Масса детали – $M_d = 4,2$ кг. Масса заготовки – $M_z = 7,43$ кг.	
<u>Операция 030 – Токарная тонкая</u> Получистовая обработка базовых шеек и торца производится тонким точением. <u>Оборудование</u> – токарно-винторезный станок с ЧПУ, модель 16А20Ф3. <u>Оснастка</u> – патрон цанговый. <u>Инструмент</u> – резец-вставка токарный для контурного точения. Пластина 3-хгранная, Т30К4 $T_o = 0,83$ мин $T_{шт} = 2,335$ мин	<u>Операция 030 – Круглошлифовальная черновая</u> Получистовая обработка базовых шеек производится черновым шлифованием. <u>Оборудование</u> – круглошлифовальный станок с ЧПУ, модель 3М151Ф3. <u>Оснастка</u> – патрон цанговый. <u>Инструмент</u> – Шлифовальный круг 1 450х20х203 91А F36 Р 4 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007 $T_o = 0,335$ мин $T_{шт} = 1,503$ мин
Тип производства – серийный Условия труда – нормальные. Форма оплата труда – повременно-премиальная.	

Представив краткое описание предлагаемых изменений, рассчитаем капитальные вложения в проектируемый вариант технологического процесса, для этого будем использовать специальную методику [10], согласно которой данная величина составляет $K_{ВВ.ПП} = 221893,27$ руб. Эти денежные средства потребуются нам на приобретение оборудования, оснастки, инструмента, затрат на проектирование и других затрат, необходимых для осуществления предложенных изменений.

Далее согласно методике расчета себестоимости [10], определим технологическую себестоимость, которая зависит от материала заготовки, заработной платы, начисления на нее и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования. Учитывая то, что метод получения заготовки и ее материал по вариантам не изменились, поэтому расчет технологической себестоимости будем осуществлять без затрат на материал, т.к. эти значения не окажут влияния на конечный результат. Сравнительная структура технологической себестоимости изготовления детали по сравниваемым вариантам представлена на рисунках 5.1 и 5.2.

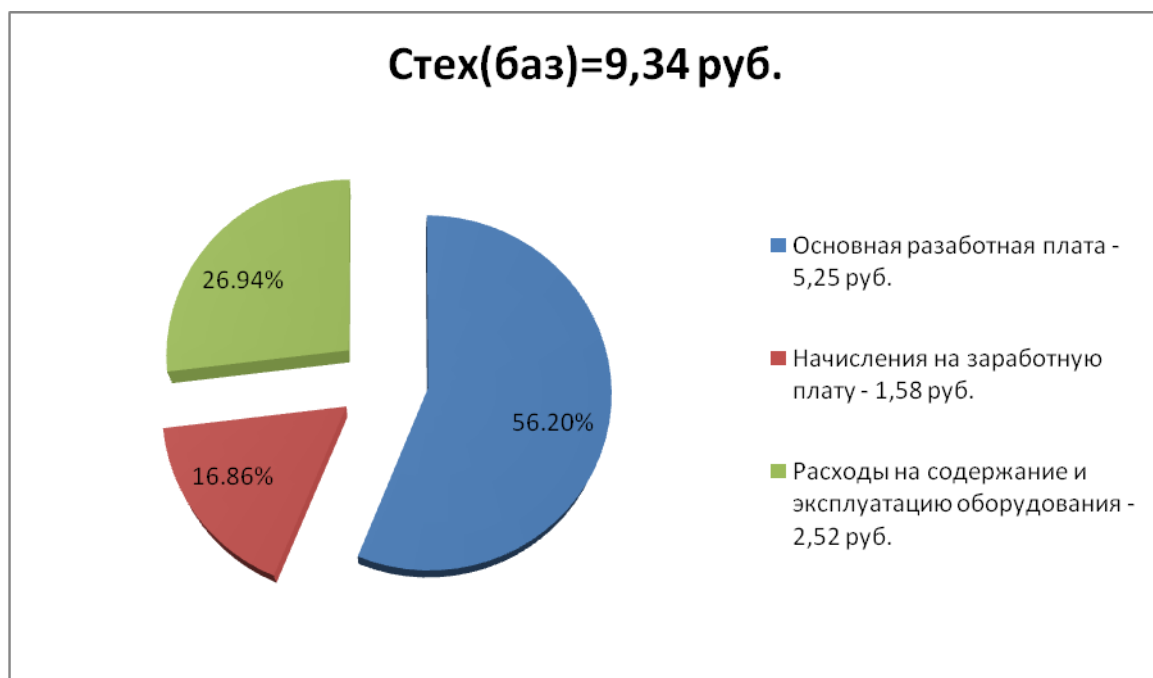


Рисунок 5.1 – Структура технологической себестоимости выполнения операции 030 по базовому варианту

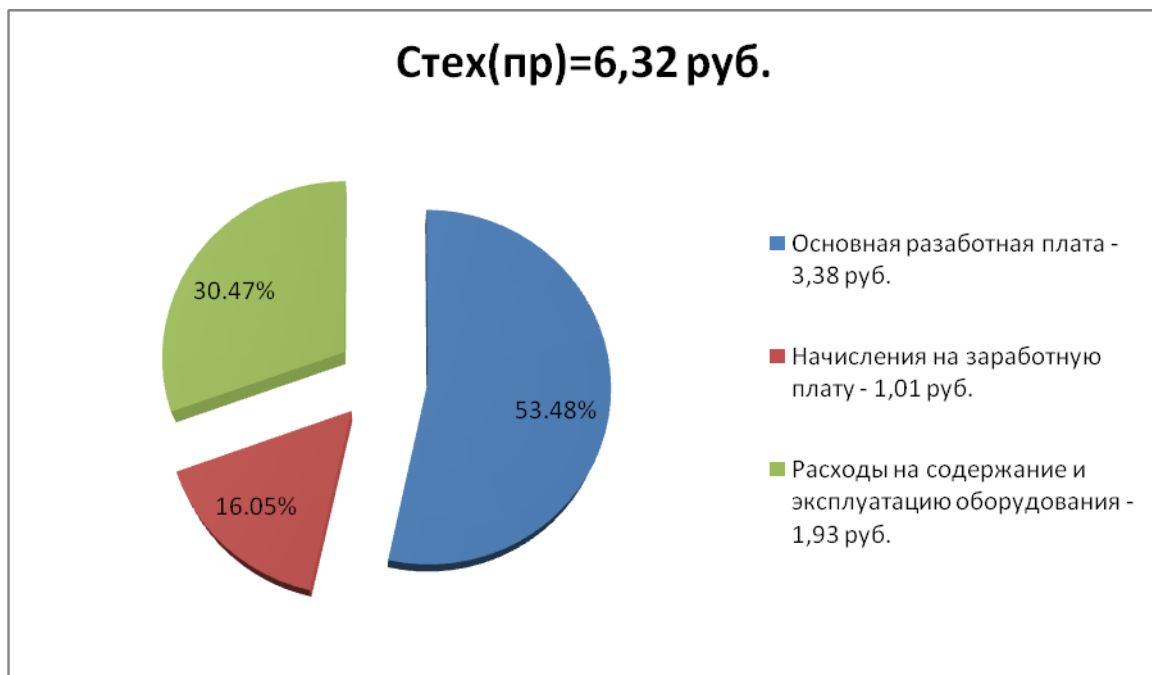


Рисунок 5.2 – Структура технологической себестоимости выполнения операции 030, по проектному варианту

На базе полученных данных и с применением методики составления калькуляции полной себестоимости [10] мы рассчитываем ее значения для выполнения операции 030. Согласно расчетам по базовому варианту полная себестоимость без учета затрат на материал, как обосновывалось ранее, составила 28,54 руб.; а по проектному варианту – 18,68 руб.

Далее проведем экономическое обоснование предложенных изменений. Для этого будем использовать методику расчета показателей экономической эффективности [10], согласно которой мы получаем следующие данные.

$$\Pi_{\text{р.ож}} = \Delta_{\text{уг}} = (C_{\text{пол.баз}} - C_{\text{пол.пр}}) \cdot \Pi_{\text{г}} \quad (5.1)$$

$$\Pi_{\text{р.ож}} = \Delta_{\text{уг}} = (28,54 - 18,68) \cdot 10000 = 98600 \text{ руб.}$$

$$H_{\text{приб}} = \Pi_{\text{р.ож}} \cdot K_{\text{нал}} \quad (5.2)$$

$$H_{\text{приб}} = 98600 \cdot 0,2 = 19720 \text{ руб.}$$

$$\Pi_{\text{р.чист}} = \Pi_{\text{р.ож}} - H_{\text{приб}} \quad (5.3)$$

$$\Pi_{\text{р.чист}} = 98600 - 19720 = 78880 \text{ руб.}$$

$$T_{\text{ок.расч}} = \frac{K_{\text{вв.пр}}}{\Pi_{\text{р.чист}}} + 1, \quad (5.4)$$

$$T_{\text{ок.расч}} = \frac{221893,27}{78880} + 1 = 3,81 = 4 \text{ года}$$

$$D_{\text{диск.общ}} = \Pi_{\text{р.чист.диск}}(T) = \sum_1^T \Pi_{\text{р.чист}} \cdot \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (5.5)$$

$$D_{\text{общ.диск}} = \Pi_{\text{р.чист.диск}}(T) = 78880 \cdot \left(\frac{1}{(1+0,15)^1} + \frac{1}{(1+0,15)^2} + \frac{1}{(1+0,15)^3} + \frac{1}{(1+0,15)^4} \right) = 249970,72 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{\text{инт}} = \text{ЧДД} = D_{\text{общ.диск}} - K_{\text{вв.пр}} \quad (5.6)$$

$$\mathcal{E}_{\text{инт}} = \text{ЧДД} = 249970,72 - 221893,27 = 28077,45 \text{ руб.}$$

$$\text{ИД} = \frac{D_{\text{общ.диск}}}{K_{\text{вв.пр}}} \quad (5.7)$$

$$\text{ИД} = \frac{249970,72}{221893,27} = 1,13 \text{ руб./руб.}$$

Предлагаемые изменения по операции 030 технологического процесса, можно считать экономически обоснованными. Данное заключение делаем основываясь, во-первых, на том, что достигнуто снижение себестоимости выполнения данной операции на 34,6%. А во вторых, интегральный экономический эффект от изменений, согласно расчетам, составил 28077,45 руб., что подтверждает эффективность работы.

Заключение

В результате выполнения ВКР были решены задачи сформулированные в п. 1.4.2 и достигнута основная цель работы - обеспечить заданный объем выпуска деталей, снижение себестоимости изготовления и повышения качества изготовления по сравнению с базовым вариантом технологического процесса.

Был разработан новый технологический процесс изготовления детали для условий среднесерийного типа производства, спроектирована заготовка, полученная методом литья с припусками, рассчитанными аналитическим методом. При проектировании ТП применено высокопроизводительное оборудование (станки с ЧПУ, автоматы, полуавтоматы, многоцелевые станки, позволяющие позволяет обработать все отверстия детали, с обоих концов, за один установ), оснастка с механизированным приводом, высокопроизводительный комбинированный инструмент с износостойкими покрытиями (при шлифовании в качестве материала круга применен сложнолегированный электрокорунд 91А, дающий наивысшие показатели качества и производительности). Для снижения штучного времени вместо ручной слесарной операции применена электрохимическая.

Спроектированы патрон с механизированным приводом для токарной операции и приспособление для контроля радиального и торцевого биения.

Экономический эффект от внедрения изменений составит 28077,45 рублей.

Список используемой литературы

- 1 Барановский Ю.В. Режимы резания металлов, 1995.
- 2 Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений, 1980
- 3 Боровков В.М. Разработка и проектирование чертежа штамповки 2013
- 4 Боровков В.М. Экономическое обоснование выбора заготовки при проектировании технологического процесса, 2013
- 5 Горбачев А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения, 2007
- 6 Гордеев А.В. Выбор метода получения заготовки., 2004.
- 7 Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта», 2016
- 8 ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные 1990. – 86 с.
- 9 Добрыдnev И.С. Курсовое проектирование по предмету "Технология машиностроения" 1985
- 10 Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей, 2015
- 11 Михайлов А.В. Методические указания для студентов по выполнению курсового проекта по специальности 151001 Технология машиностроения по дисциплине «Технология машиностроения, 2008.
- 12 Нефедов Н.А. Дипломное проектирование в машиностроительных техниках, 1986
- 13 Нефедов Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту, 1990
- 14 Справочник технолога - машиностроителя Т. 1 / А.М.Дальский, 2003.
- 15 Справочник технолога - машиностроителя Т. 2 / А.М.Дальский 2003.
- 16 Станочные приспособления: Справочник Т. 1./ Б.Н. Вардашкин, 1984
- 17 Таймингс, Р. Машиностроение. Режущий инструмент, 2008
- 18 Ткачук, К.Н. Безопасность труда в промышленности 1982

Приложения

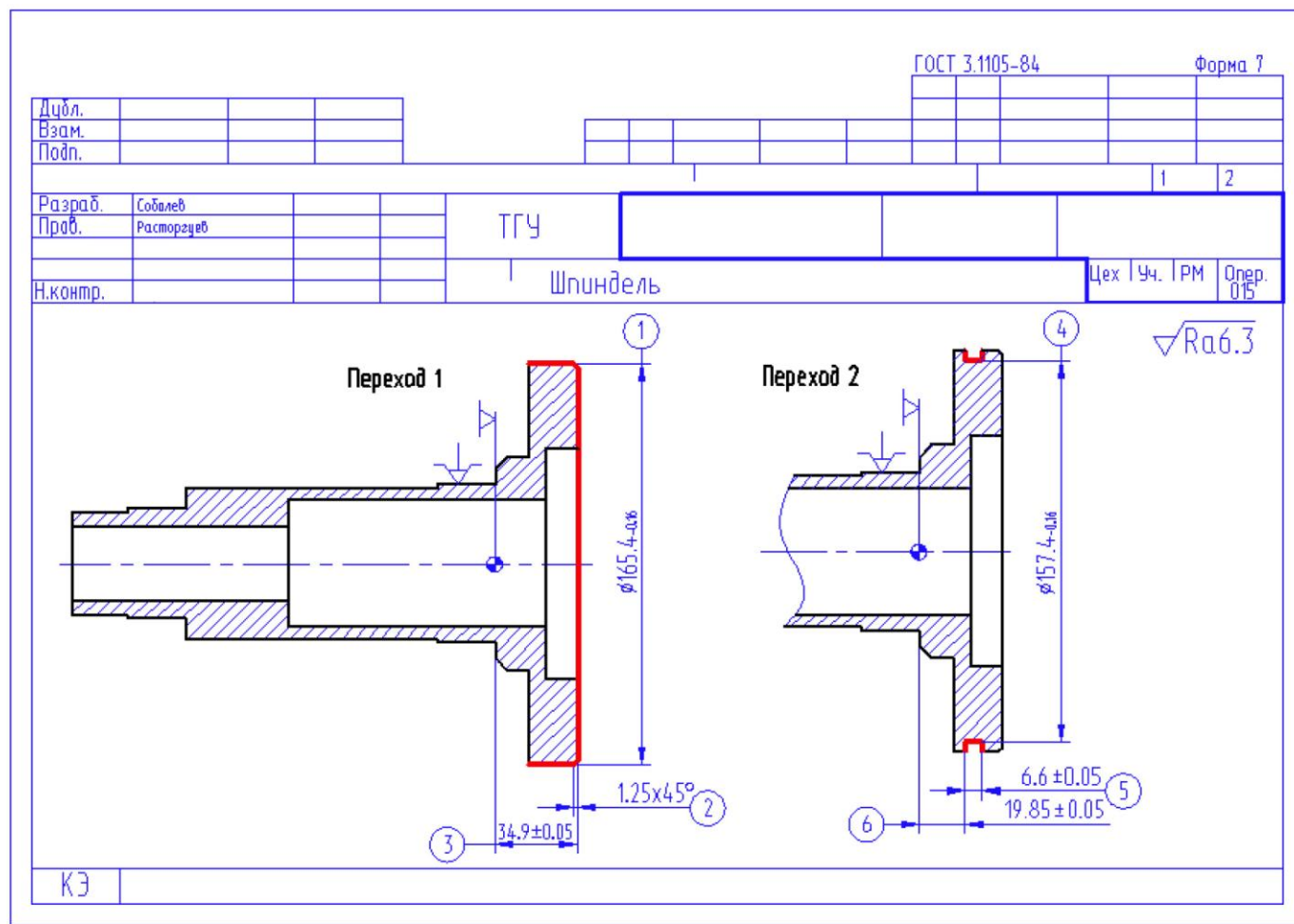
1. Маршрутная карта технологического процесса.
2. Операционные карты.
3. Спецификация к чертежу станочного приспособления.
4. Спецификация к чертежу контрольного приспособления.

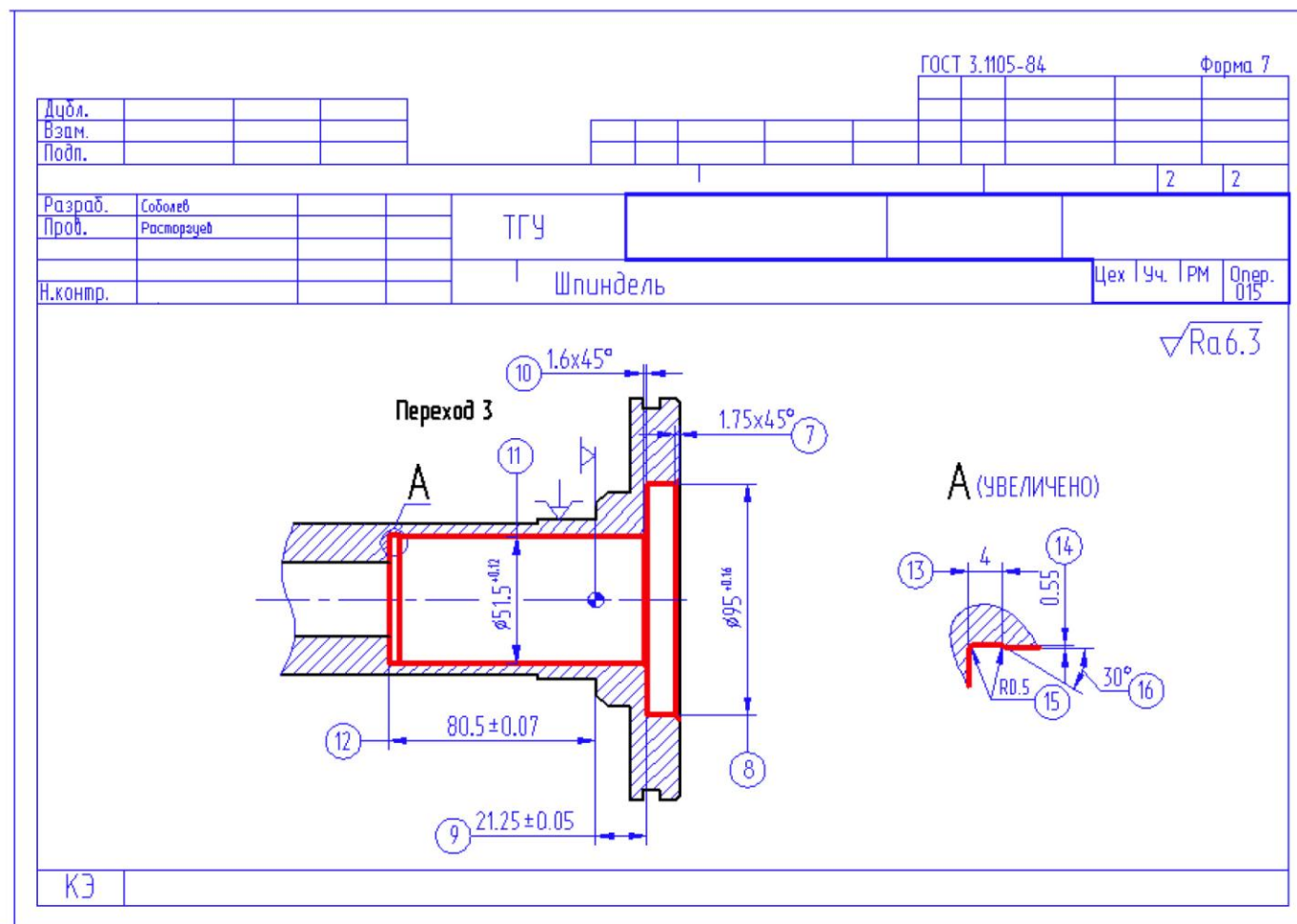
[illegible]

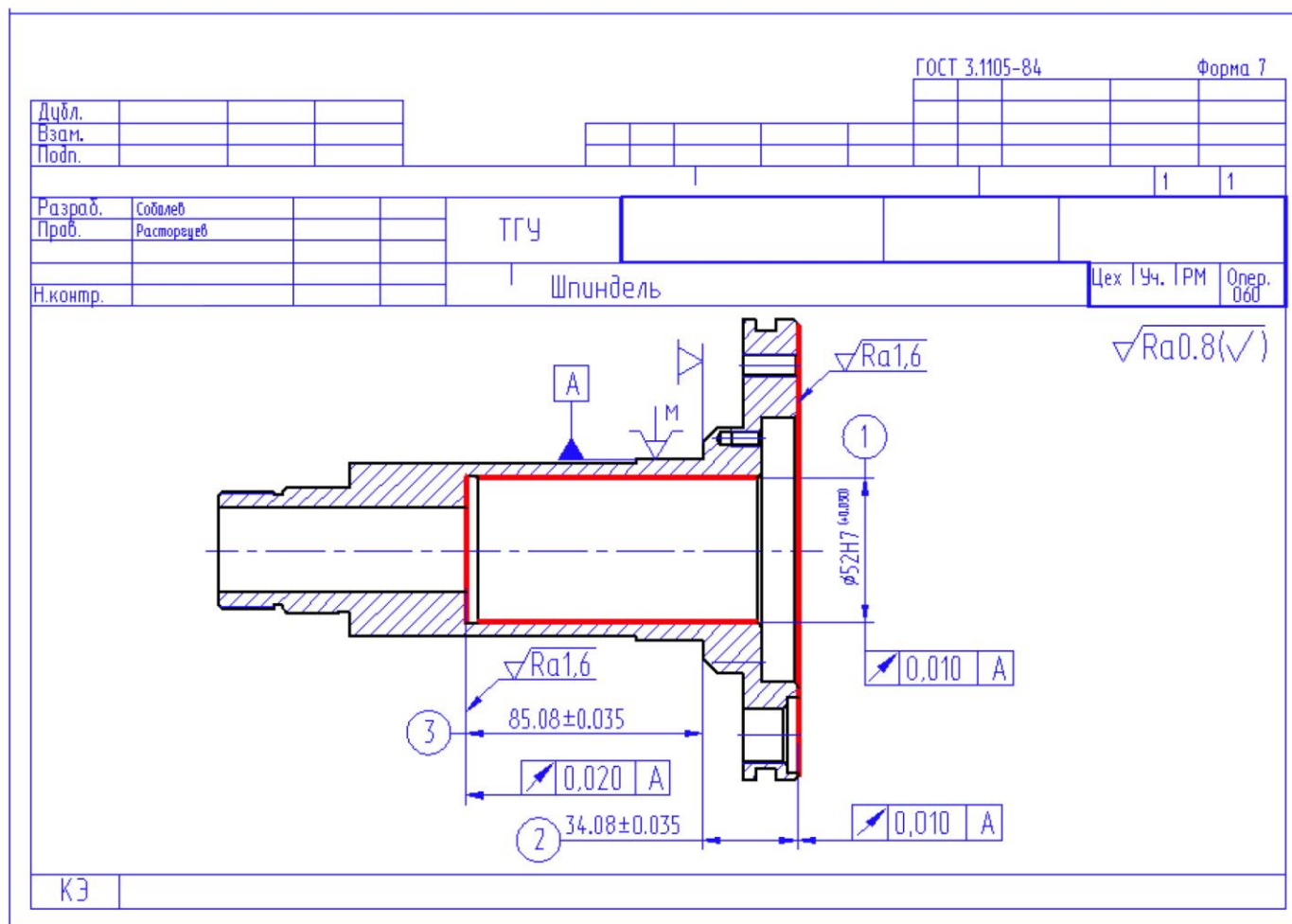
[illegible]

[illegible]

[illegible]







Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<u>Документация</u>		
A1			16.07.ТМ.579.60.000.СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Детали</u>		
		1	16.07.ТМ.579.60.001	Винт	1	
		2	16.07.ТМ.579.60.002	Винт	1	
		3	16.07.ТМ.579.60.003	Винт	1	
		4	16.07.ТМ.579.60.004	Вставка	1	
		5	16.07.ТМ.579.60.005	Втулка	2	
		6	16.07.ТМ.579.60.006	Втулка	1	
		7	16.07.ТМ.579.60.007	Демпфер	1	
		8	16.07.ТМ.579.60.008	Клин	1	
		9	16.07.ТМ.579.60.009	Корпус патрона	1	
		10	16.07.ТМ.579.60.010	Корпус	1	
		11	16.07.ТМ.579.60.011	Корпус	1	
		12	16.07.ТМ.579.60.012	Крышка	3	
		13	16.07.ТМ.579.60.013	Крышка	1	
		14	16.07.ТМ.579.60.014	Кулачок	3	
		15	16.07.ТМ.579.60.015	Подкулачник	3	
		16	16.07.ТМ.579.60.016	Пробка	2	
		17	16.07.ТМ.579.60.017	Поршень	1	
		18	16.07.ТМ.579.60.018	Прокладка	1	
				16.07.ТМ.579.60.000		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
Разраб.	Соболев					
Пров.	Расторгуев					
Н. Контр.	Виткалов					
Утв.	Бобровский					
					Лит.	Лист
						Листов
						1
						3
					ТГУ, гр. ТМбз-1131	

<i>Форм.</i>	<i>Зона</i>	<i>Поз.</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Примеч.</i>
		19	16.07.TM.579.60.019	Прокладка	1	
		20	16.07.TM.579.60.020	Сухарь	6	
		21	16.07.TM.579.60.021	Тяга	1	
		22	16.07.TM.579.60.022	Фланец	1	
		23	16.07.TM.579.60.023	Шток	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
				Винты ГОСТ 11738-72		
		24		M8x30.88	10	
		25		M12x82.88	3	
		26		M12x145.88	3	
		27		M16x32.88	3	
		28		Винт M5x12.58		
				ГОСТ 17475-80	2	
		29		Винт M5x22.48		
				ГОСТ 1476-75	2	
		30		Гайка 7003-0135/001		
				ГОСТ 12460-67	1	
				Гайка ГОСТ 5927-70		
		31		M12.5		
		32		M16.5	2	
				Кольца ГОСТ 9833-73		
		33		030-036-30-2-4	2	
		34		068-073-30-2-4	3	
		35		072-080-46-2-4	2	
		36		Кольцо A40 65Г кд 15хр		
				ГОСТ 13941-80	1	
		37		Подшипник 3108		
				16.07.TM.579.60.000		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<u>Документация</u>		
A1			16.07.TM.579.61.000.CБ	Сборочный чертеж		
				<u>Сборочные единицы</u>		
		1	16.07.TM.579.61.100	Блок индикаторный	1	
		2	16.07.TM.579.61.100	Блок индикаторный	1	
				<u>Детали</u>		
		3	16.07.TM.579.60.003	Болт	3	
		4	16.07.TM.579.60.004	Гайка	3	
		5	16.07.TM.579.60.005	Ножка	4	
		6	16.07.TM.579.60.006	Плита	1	
		7	16.07.TM.579.60.007	Призма	1	
		8	16.07.TM.579.60.008	Призма	1	
		9	16.07.TM.579.60.009	Стойка	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		10		Винт М6х20.48		
				ГОСТ 17473-80	1	
				16.07.TM.579.61.000		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат	<div style="text-align: center;"> Приспособление контрольное </div>	
Разраб.	Соболев					
Пров.	Расторгуев					
Н. Контр.	Виткалов					
Уте.	Бобровский				<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Лит.ЛистЛистов </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 12 </div> <p style="text-align: right;">ТГУ, гр. ТМбз-1131</p>	

