

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения
Направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»
Кафедра Технология автоматизированного машиностроительного производства

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование технологического процесса изготовления поршня и технологической оснастки

УДК 621

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л11	Моржаков Никита Михайлович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Алферова Е.А.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Шулина Ю.И.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова О.С.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Арляпов А.Ю.			

Томск – 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения
Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение»
Кафедра Технология автоматизированного машиностроительного производства

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

Арляпов А.Ю.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л11	Моржакову Никите Михайловичу

Тема работы:

Проектирование технологического процесса изготовления поршня и оснастки	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	<i>Чертёж детали поршень</i> <i>Технологический процесс изготовления детали</i> <i>25000 шт./год</i> <i>Сталь 45</i> <i>Особых требований нет</i>
--	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	<i>Технологическая часть: Определение типа производства, анализ технологичности конструкции детали, разработка маршрутного техпроцесса, размерный анализ, расчёт режимов резания, подбор оборудования, расчёт основного времени.</i> <i>Конструкторская часть: расчёт и проектирование оснастки.</i>
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	<i>Чертеж детали, чертеж заготовки, размерный анализ технологического процесса, карта технологического процесса, чертеж приспособления, схема сборки.</i>
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Технологическая часть	Алфёрова Е.А
Конструкторская часть	Алфёрова Е.А
Финансовый менеджмент	Шулинина Ю.И.
Социальная ответственность	Кырмакова О.С.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Алфёрова Е.А.	к.ф.м.н. доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л11	Моржаков Никита Михайлович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 94 с., 6 рис., 29 табл., 6 источников, 1 прил.

Ключевые слова: деталь, поршень, технологический процесс, разработка, размерный анализ, приспособление, инструмент.

Объектом исследования являются поршень, его технологический процесс и приспособление.

Цель работы – разработка наиболее эффективного технологического процесса с экономической и технологической точки зрения.

В процессе исследования проводились расчет припусков, расчет технологических размеров, расчет норм времени операций техпроцесса, выбор оборудования

В результате исследования получили наиболее оптимальные для применения показатели.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: поршень – это деталь цилиндрической формы, совершающая возвратно-поступательные движения внутри цилиндра. Масса детали 0,5 кг. В качестве материала для изготовления детали используется сталь 45. Деталь имеет твердость HRCэ 30...35.

Степень внедрения: на стадии внедрения в опытное производство.

Экономическая эффективность работы была достигнута за счет применения современного оборудования и оснастки.

В будущем планируется внедрить в крупносерийное производство технологический процесс изготовления поршня и приспособления.

Оглавление

Введение	8
1. Проектирование технологического процесса	9
1.1 Исходные данные	9
1.2 Анализ технологичности конструкции	10
1.3 Определение типа производства	11
1.4 Выбор исходной заготовки	14
1.5 Проектирование маршрутного технологического процесса	15
1.6 Размерный анализ технологического процесса	19
1.6.1 Построение размерной схемы	19
1.6.2 Построение графа технологических размерных цепей	20
1.6.3 Расчет осевых припусков и конструкторских размеров	21
1.6.4 Расчет диаметральных припусков и конструкторских размеров	22
1.6.5 Допуски на конструкторские размеры	24
1.6.6 Допуски на диаметральные технологические размеры	24
1.6.7 Допуски на осевые технологические размеры	25
1.6.8 Проверка условия $TK \geq TA$	26
1.7 Расчет припусков и технологических размеров	26
1.7.1 Определение технологических размеров	32
1.8 Выбор оборудования и технологической оснастки	36
1.9 Расчет режимов резания	40
1.10 Нормирование технологического процесса	43
1.10.1 Расчет основного времени	43
1.10.2 Расчет вспомогательного времени	44
1.10.3 Расчет оперативного времени	44
1.10.4 Расчет времени на обслуживание рабочего места	44
1.10.5 Расчет времени на отдых	44
1.10.6 Определение подготовительно-заключительного времени	45
1.10.7 Расчет штучного времени	45
1.10.8 Расчет штучно-калькуляционного времени	45

2.	Проектирование станочного приспособления	47
2.1	Расчет силы закрепления	47
2.2	Выбор и расчет привода зажимного устройства	50
2.3	Расчет точности приспособления	50
2.4	Описание работы приспособления	51
3.	Финансовый менеджмент	53
3.1	Оценка коммерческого потенциала	53
3.1.1	Потенциальные потребители услуг по разработке технологического процесса изготовления детали поршень	53
3.1.2	Определение качества технологического процесса с помощью технологии QuaD	54
3.1.3	Комплексный анализ научно-исследовательского проекта по разработке технологического посредством SWOT-анализа	55
3.2	Планирование научно-исследовательской работы	58
3.2.1	Структура работы в рамках научного исследования	59
3.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ	59
3.2.3	Разработка графика проведения научного исследования	62
3.2.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	65
3.2.5	Расчет материальных затрат НТИ	65
3.2.6	Расчет затрат на специальное оборудование	66
3.2.7	Основная заработная плата исполнителей темы	66
3.2.8	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	69
3.2.9	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	70
3.2.10	Накладные расходы	70
3.2.11	Формирование бюджета затрат	71
3.3	Определение эффективности исследования	71
4.	Социальная ответственность	77
4.1	Производственная безопасность	77

4.1.1	Анализ вредных факторов	77
4.1.1.1	Повышенный уровень шума	78
4.1.1.2	Воздействие смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ)	79
4.1.1.3	Микроклимат	79
4.1.1.4	Недостаточная освещенность	80
4.1.2	Анализ опасных производственных факторов	81
4.1.2.1	Поражение электрическим током	81
4.1.2.2	Производственный травматизм	82
4.2	Экологическая безопасность	83
4.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	86
4.4	Правовые и организационные вопросы безопасности	88
4.4.1	Правовые вопросы обеспечения безопасности	88
4.4.2	Организационные вопросы безопасности	89
	Заключение	92
	Приложения	93
	Список литературы	94

Введение

Машиностроение играет основополагающую роль в ускорении научно-технического прогресса, в повышении производительности труда, в переводе экономики на интенсивный путь развития, создает условия, определяющие развитие многих видов производства и отраслей промышленности.

Важными задачами машиностроения являются совершенствование технологических процессов, внедрение автоматизации производства и точечной механизации. Необходимо так же использовать достижения науки, совершенствовать методы управления персоналом, следить за нормами охраны труда, отдыхом, организацией питания персонала.

Целью данной выпускной квалификационной работы является проектирование технологического процесса изготовления детали поршень. Для этого необходимо рассчитать припуски, режимы резания. Выбрать оборудование, приспособление, инструмент, с помощью которого будет производиться обработка. Кроме того, необходимо рассчитать время, требуемое для изготовления детали. Спроектированный технологический процесс должен удовлетворять требованиям экономичности изготовления детали.

1.2 Анализ технологичности конструкции детали

Деталь – поршень (см. рис. 1.1). Поршень— это деталь цилиндрической формы, совершающая возвратно-поступательное движение внутри цилиндра и служащая для превращения изменения давления газа, пара или жидкости в механическую работу, или наоборот — возвратно-поступательного движения в изменение давления.

Для изготовления детали применяется сталь 45. Химические и физические свойства стали представлены в таблице 1.1 и таблице 1.2.

Таблица 1.1 - Химический состав сталь 45 ГОСТ 1050-88

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0.42 - 0.5	0.17 0.37	- 0.5 - 0.8	до 0.3	до 0.04	до 0.035	до 0.25	до 0.3	до 0.08

Таблица 1.2 - Физические свойства сталь 45 ГОСТ 1050-88

T	E 10 ⁻⁵	a 10 ⁶	l	r	C	R 10 ⁹
Град	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	кг/м ³	Дж/(кг·град)	Ом·м
20	2			7826		
100	2.01	11.9	48	7799	473	
200	1.93	12.7	47	7769	494	
300	1.9	13.4	44	7735	515	
400	1.72	14.1	41	7698	536	
500		14.6	39	7662	583	
600		14.9	36	7625	578	
700		15.2	31	7587	611	
800			27	7595	720	
900			26		708	
T	E 10 ⁻⁵	a 10 ⁶	l	r	C	R 10 ⁹

Чертёж детали содержит все необходимые виды, дающие представление о форме и размерах детали. Размеры и требования чертежа охватывают все формообразующие поверхности с указанием допусков на изготовление. Обозначения шероховатостей выполнены в соответствии с требованиями по оформлению чертежей по ЕСКД. Т.о. чертёж удовлетворяет всем предъявляемым требованиям.

Анализируя параметры точности размеров детали, можно заметить, что почти на все поверхности назначены относительно грубые допуски, что позволяет использовать не точное оборудование и простой измерительный инструмент. Наличие точных поверхностей $\varnothing 100H7_{(-0,035)}$ и $\varnothing 80H7^{(+0,035)}$ подразумевает использование операции, обеспечивающей высокую точность размера, например шлифования.

Относительно качества поверхностного слоя не было предъявлено жестких требований по обеспечению низкого параметра шероховатости. Параметры шероховатости Rz 20 мкм для всех поверхностей, а также Ra2,5 для поверхности $\varnothing 100H7_{(-0,035)}$ могут быть выдержаны непосредственно при токарной и шлифовальной обработке, т.е. без необходимости применения доводочных операций.

Также на чертеже обозначена твердость HRCэ 30...35, которая достижима при закалке стали 45 и последующем отпуске.

1.3 Определение типа производства

Тип производства определяем по коэффициенту закрепления операций, который находим по формуле:

$$K_{з.о} = \frac{t_{\text{г}}}{T_{\text{ср}}}, \quad (1.1)$$

где $t_{\text{г}}$ - такт выпуска детали, мин;

$T_{\text{ср}}$ - среднее штучно-калькуляционное время на выполнение операций.

Такт выпуска детали определяется по формуле:

$$t_{\text{г}} = \frac{60F_{\text{д}}}{N}, \quad (1.2)$$

где F_{∂} - годовой фонд времени работы оборудования. мин;

N - годовая программа выпуска деталей.

Годовой фонд времени работы оборудования определяем по табл.2.1 [1,стр.22] при двухсменном режиме работы: $F_{\partial} = 4029$ ч.

$$t_{\partial} = \frac{F_{\partial}}{N} = \frac{4029 * 60}{25000} = 9,7 \text{ мин.}$$

Среднее штучно-калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса:

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.ки}}{n}, \quad (1.3)$$

где $T_{ш.ки}$ - штучно-калькуляционное время i -ой основной операции, мин;

n – количество основных операций.

В качестве основных операций выберем 3 операции ($n=3$): токарная и две шлифовальных.

Штучно-калькуляционное время i -ой основной операции определяем по рекомендациям приложение 1 [1,стр.147]:

$$T_{ш.ки} = \varphi_{к.и} * T_{о.и}, \quad (1.4)$$

где $\varphi_{к.и}$ - коэффициент i -ой основной операции, зависящий от вида станка и типа предполагаемого производства;

$T_{о.и}$ – основное технологическое время i -ой основной операции, мин.

Для первой операции (токарная с ЧПУ): $\varphi_{к.1} = 2,14$;

Для второй операции (шлифовальная): $\varphi_{к.2} = 2,10$;

Для третьей операции (шлифовальной): $\varphi_{к.3} = 2,10$

Основное технологическое время определяем по рекомендациям приложения 1 [1, стр.146], где время зависит от длины и диаметра обрабатываемой поверхности, а также от вида обработки.

Основное технологическое время первой операции определяем только для наиболее продолжительных по времени переходов: расточить внутреннюю поверхность по контуру, подрезка двух торцов.

Основное технологическое время первой операции:

$$T_{01} = 0,037(D^2 - d^2) + 0,037(D^2 - d^2) + 0,18dL + 0,18dL * 10^{-3}$$

где d – диаметр, мм;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Значения вышеперечисленных переменных определяем приближенно, по чертежу детали.

$$T_{0.1} = 0,037(100^2 - 0^2) + 0,037(100^2 - 0^2) + 0,18 * 80 * 30 + 0,18 * (80 - 26) * 10^{-3} = 1,2 \text{ мин};$$

Штучно-калькуляционное время данной операции определяется по формуле (1.4):

$$T_{ш.к1} = \varphi_{к.1} * T_{0.1} = 2,14 * 1,2 = 2,56 \text{ мин};$$

Основное технологическое время второй операции:

$$T_{0.2} = 0,15dL = 0,15 * 100 * 50 * 10^{-3} = 0,75 \text{ мин};$$

Штучно-калькуляционное время данной операции определяется по формуле(1.4):

$$T_{ш.к2} = \varphi_{к.2} * T_{0.2} = 2,10 * 0,75 = 1,575 \text{ мин};$$

Основное технологическое время третьей операции:

$$T_{0.3} = 1,8dL = 1,8 * 80 * 40 * 10^{-3} = 5,760 \text{ мин};$$

Штучно-калькуляционное время данной операции определяется по формуле (1.4):

$$T_{ш.к3} = \varphi_{к.3} * T_{0.3} = 2,10 * 5,760 = 12,096 \text{ мин};$$

Среднее штучно-калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса определяем по формуле (1.3):

$$T_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.ки}}{n} = \frac{2,56 + 1,575 + 12,096}{3} = 5,41 \text{ мин};$$

Тип производства определяется по формуле (1.1):

$$K_{з.о} = \frac{t_g}{T_{ср}} = \frac{9,7}{5,41} = 1,79;$$

Так как $K_{з.о} = 1 < 1,79 < 10$, то тип производства – крупносерийное производство.

1.4 Выбор исходной заготовки

Первоочередной этап маршрута – это выбор исходной заготовки.

Учитывая годовой объем выпуска и достаточно простую конфигурацию детали (см. рис. 1.1), в качестве наиболее рациональных выбираем следующие варианты получения заготовок:

1. литье в ПГФ
2. штамповка

Наиболее рациональными методами получения заготовки из вышеперечисленных для данной детали, с учетом материала, массы, конфигурации, габаритов детали и годовой программы выпуска, являются горячая объемная штамповка на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ).

Эскиз заготовки представлен на рисунке 1.2.

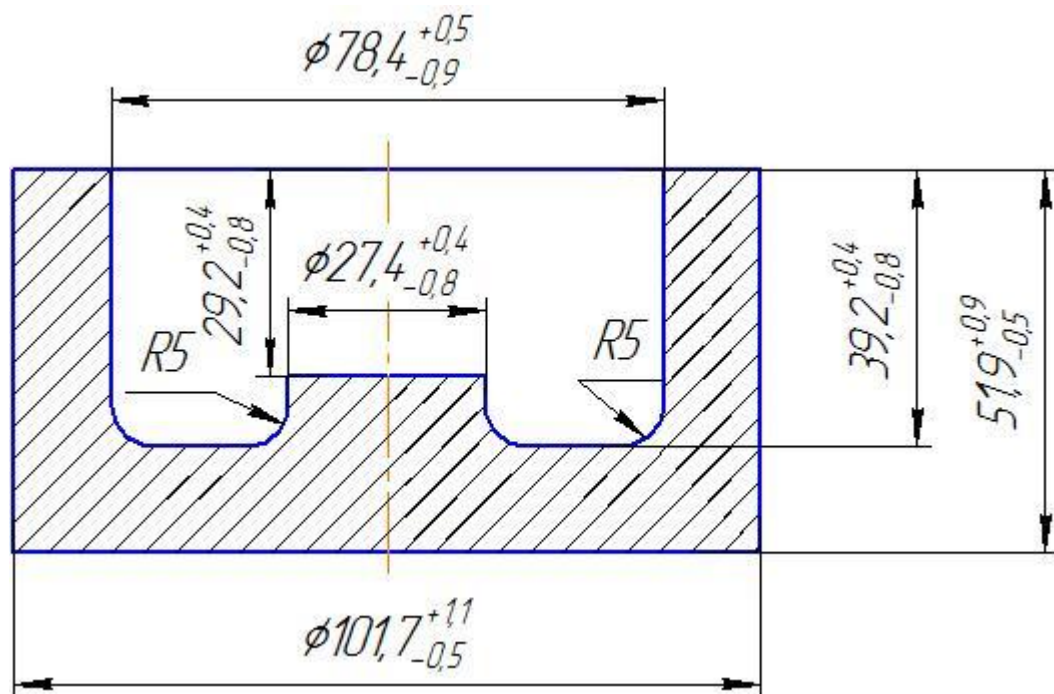
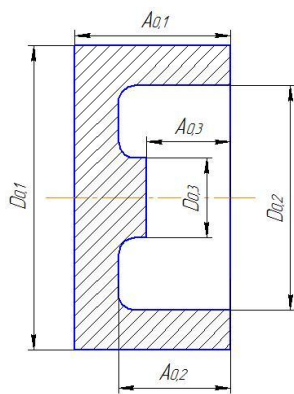
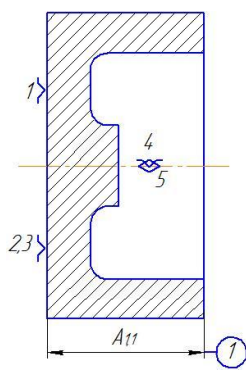
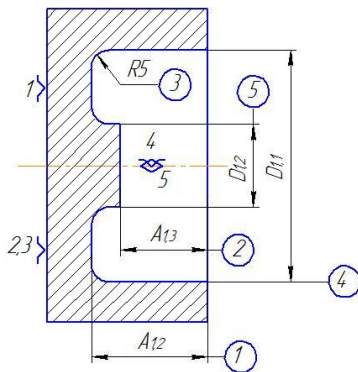


Рис.1.2 - Эскиз заготовки

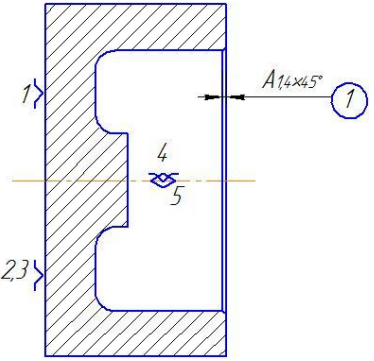
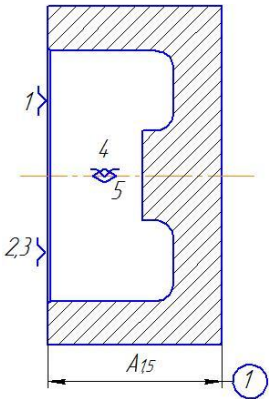
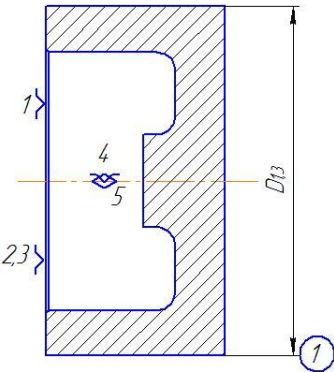
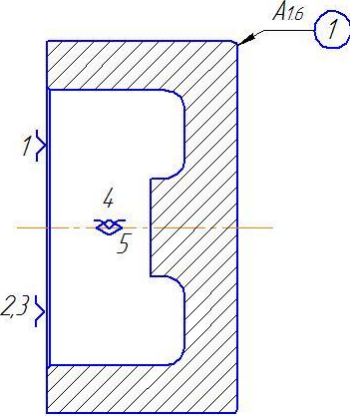
1.5 Проектирование маршрутного технологического процесса

Маршрут технологии изготовления поршня представлен в таблице 1.3.

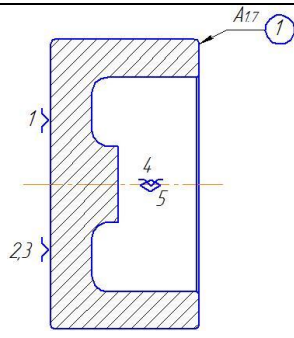
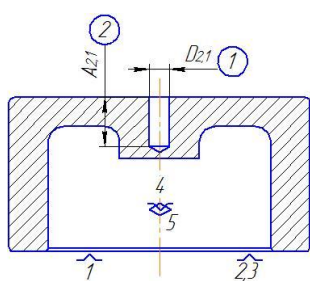
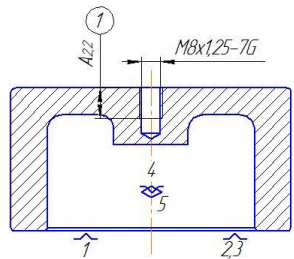
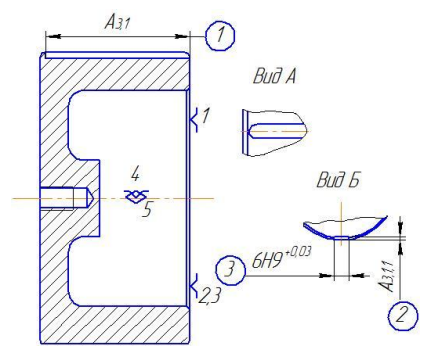
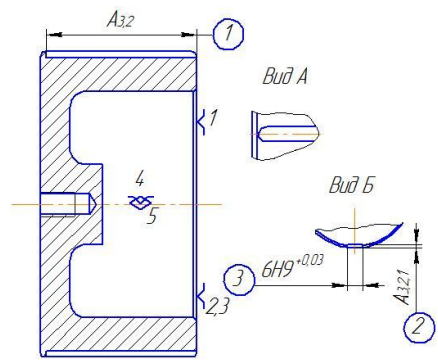
Таблица 1.3 – Маршрутная технология

Номер		Наименование операций и содержание переходов	Операционный эскиз
Операции	Переходы		
1	2	3	4
0	1	Заготовительная Штамповка	
1	1	Токарная с ЧПУ Установ А Установить и снять заготовку Подрезать торец выдерживая размер 1	
	2	Расточить внутреннюю поверхность заготовки по контуру, выдерживая размеры 1,2,3,4,5	

Продолжение таблицы 1.3

	3	Точить фаску выдерживая размер 1	
	4	Установ Б Установить и снять заготовку Подрезать торец выдерживая размер 1	
	5	Точить поверхность в размер 1 на всю длину	
	6	Скруглить поверхность в размер 1	

Продолжение таблицы 1.3

	7	Установ В Установить и снять заготовку Скруглить поверхность в размер 1	
2	1	Сверлильная Установить и снять заготовку Сверлить отверстие 1 выдерживая размер 2	
	2	Нарезать резьбу М8х1,25-7G выдерживая размер 1	
3	1	Фрезерная Установить и снять заготовку Фрезеровать первый паз в размеры 1,2,3	
	2	Повернуть стол на 180° Фрезеровать второй паз в размеры 1,2,3	

Окончание таблицы 1.3

4		Термическая HRCэ 30...35	
5	1	Внутришлифовальная Установить и снять заготовку Шлифовать внутреннюю поверхность в размер 1	
6	1	Круглошлифовальная Установить и снять заготовку Шлифовать наружную поверхность в размер 1	
7		Моечная	
8		Контрольная	

1.6 Размерный анализ технологического процесса

1.6.1 Построение размерной схемы

Для построения размерной схемы технологического процесса, на эскизе детали, выполненном в произвольном масштабе, изображаются припуски на обработку как показано на рисунке 1.3. На полученном эскизе указываются:

- технологические размеры A_i в порядке их получения, начиная с размеров исходной заготовки и заканчивая размерами, выдерживаемыми на последней операции;
- размеры припусков на обработку z_i ;
- конструкторские размеры.

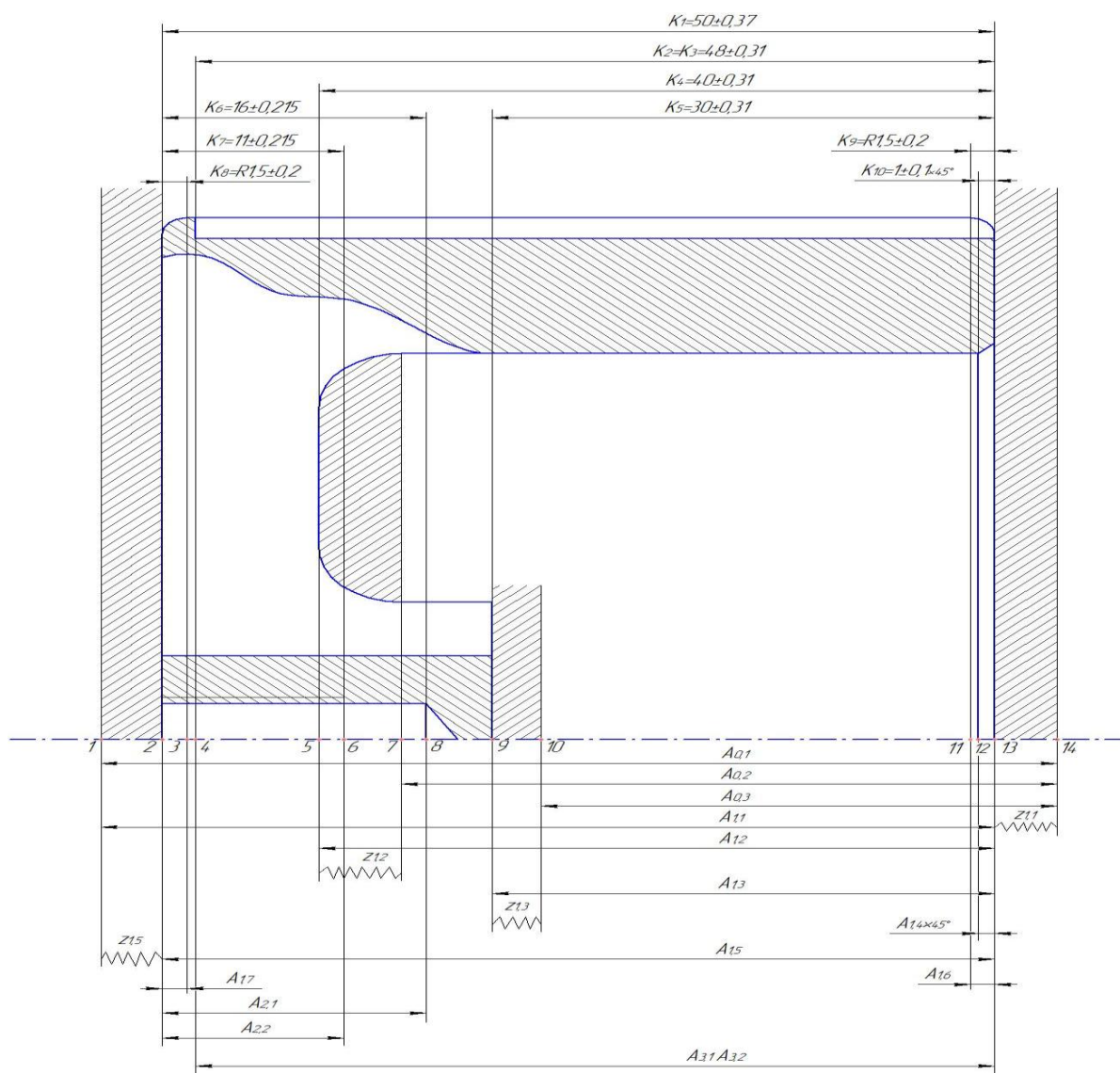


Рис. 1.3 - Размерная схема технологического процесса (осевое направление)

Правильность построения размерной схемы проверяется так:

- число технологических размеров должно быть на единицу меньше числа поверхностей;

Число технологических размеров $A = 13$;

Число поверхностей 14.

Сумма конструкторских размеров и размеров припусков должно быть равно числу технологических размеров;

Сумма конструкторских размеров и припусков равна 13;

Число технологических размеров $A = 13$.

Далее, на рисунке 1.4 изображаем размерную схему диаметрального направления.

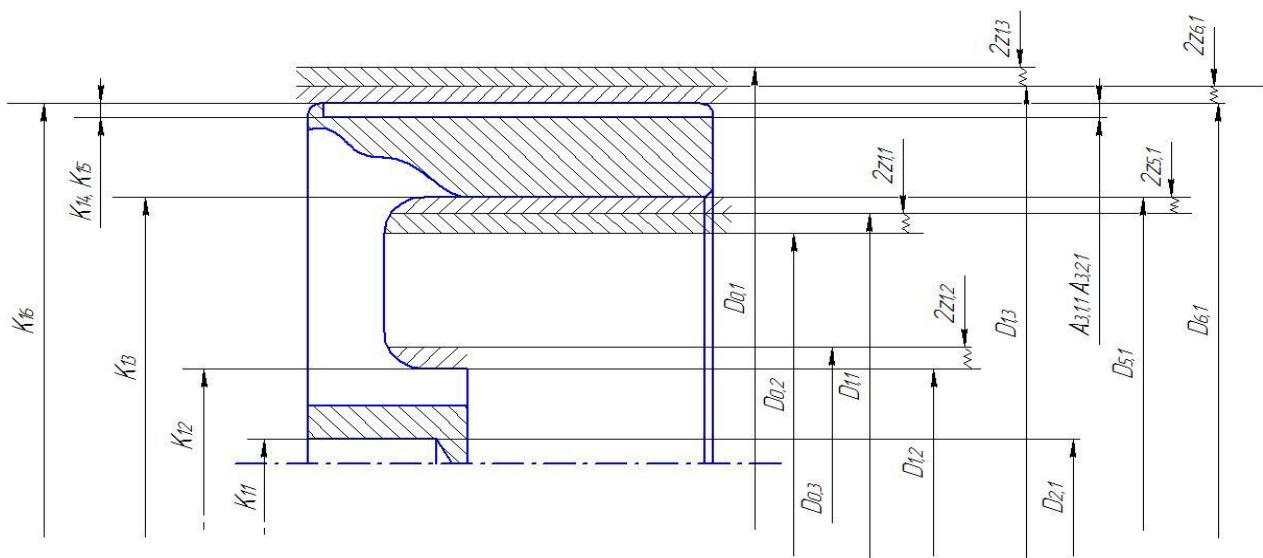


Рис. 1.4 - Размерная схема технологического процесса (диаметральное направление)

1.6.2 Построение графа технологических размерных цепей

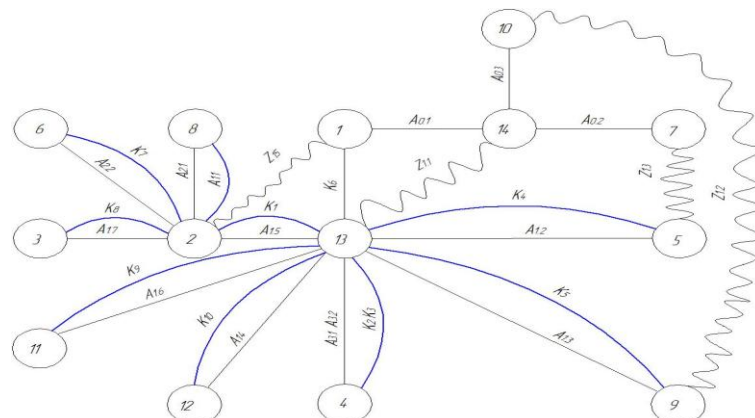
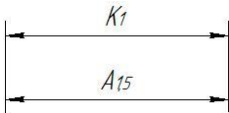
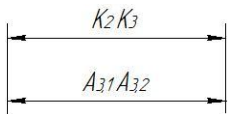
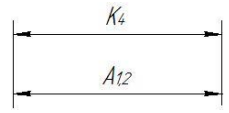
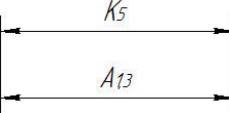
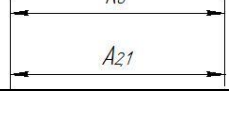
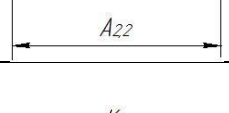
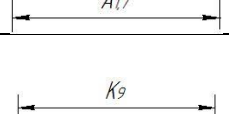
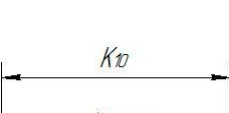


Рис.1. 5 - Граф технологических размерных цепей (осевое направление)

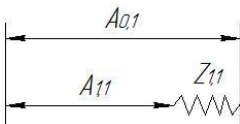
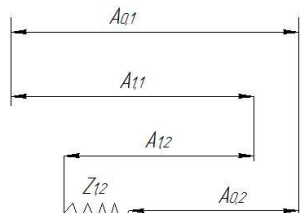
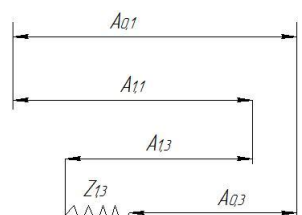
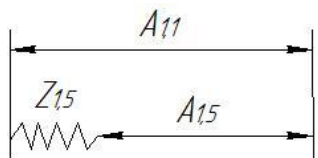
1.6.3 Расчет осевых припусков и конструкторских размеров

Расчеты осевых значений припусков и конструкторских размеров приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Осевые припуски и конструкторские размеры

Проверяемые размеры	Схемы размерных цепей	Уравнения размерных цепей и вычисление значений замыкающих звеньев
$K_1=50\pm0,37$		$K_1=A_{1,5}=50\pm0,37$
$K_2=K_3=48\pm0,31$		$K_2=K_3=A_{3,1}=A_{3,2}=48\pm0,31$
$K_4=40\pm0,31$		$K_4=A_{1,2}=40\pm0,31$
$K_5=30\pm0,31$		$K_5=A_{1,3}=30\pm0,31$
$K_6=16\pm0,215$		$K_6=A_{2,1}=16\pm0,215$
$K_7=11\pm0,215$		$K_7=A_{2,2}=11\pm0,215$
$K_8=R1.5\pm0,2$		$K_8=A_{1,7}=1,5\pm0,2$
$K_9=R1.5\pm0,2$		$K_9=A_{1,6}=1,5\pm0,2$
$K_{10}=1\pm0,1\times45^\circ$		$K_{10}=A_{1,4}\times45^\circ=1\pm0,1\times45^\circ$

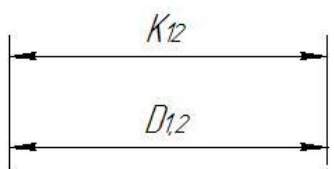
Окончание таблицы 1.4

$Z_{1,1}=1,8^{+1,2}_{-0,5}$		$Z_{1,1}=A_{0,1}-A_{1,1}=52,8^{+0,9}_{-0,5}-51_{-0,3}=1,8^{+1,2}_{-0,5}$
$Z_{1,2}=4,4^{+2,01}_{-1,51}$		$Z_{1,2}=A_{1,2}+A_{0,1}-A_{0,2}-A_{1,1}=40 \pm 0,31 + 52,8^{+0,9}_{-0,5} - 37,4^{+0,4}_{-0,8} - 51_{-0,3} = 4,4^{+2,01}_{-1,51}$
$Z_{1,3}=4,4^{+2,01}_{-1,51}$		$Z_{1,3}=A_{1,3}+A_{0,1}-A_{0,3}-A_{1,1}=30 \pm 0,31 + 52,8^{+0,9}_{-0,5} - 27,4^{+0,4}_{-0,8} - 51_{-0,3} = 4,4^{+2,01}_{-1,51}$
$Z_{1,5}=1^{+0,37}_{-0,67}$		$Z_{1,5}=A_{1,1}-A_{1,5}=51_{-0,3}-50 \pm \pm 0,37 = 1^{+0,37}_{-0,67}$

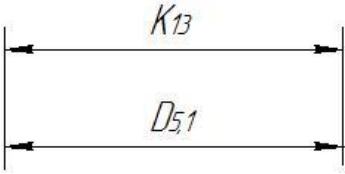
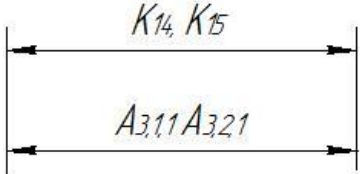
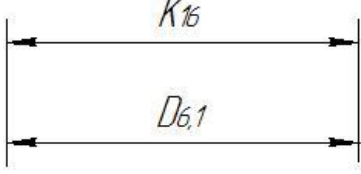
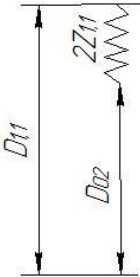
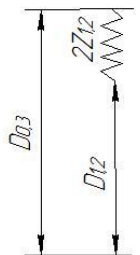
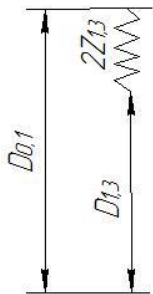
1.6.4 Расчет диаметральных припусков и конструкторских размеров

Расчеты диаметральных значений припусков и конструкторских размеров приведены в таблице 1.5.

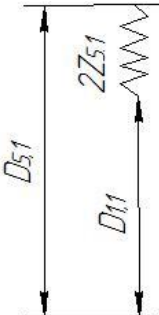
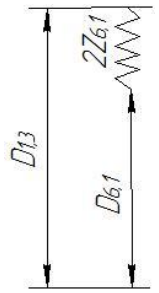
Таблица 1.5 – Диаметральные припуски и конструкторские размеры

$K_{11}=6,7^{+0,26}$		$D_{2,1}=K_{11}=6,7^{+0,26}$
$K_{12}=26_{-0,52}$		$D_{1,2}=K_{12}=26_{-0,52}$

Продолжение таблицы 1.5

$K_{13}=80^{+0,035}$		$D_{5,1}=K_{13}=80^{+0,035}$
$K_{14}=K_{15}=2^{+0,1}$		$A_{3,1,1}=A_{3,2,1}=K_{14}=K_{15}=2^{+0,1}$
$K_{16}=100_{-0,035}$		$D_{6,1}=K_{16}=100_{-0,035}$
$2Z_{1,1}=1,3^{+0,625}_{-0,25}$		$2Z_{1,1}=D_{1,1}-D_{0,2}=79,8^{+0,35} -$ $77,2^{+0,5}_{-0,9}/$ $/2=2,6^{+1,25}_{-0,5}/2=1,3^{+0,625}_{-0,25}$
$2Z_{1,2}=1,3^{+0,46}_{-0,4}$		$2Z_{1,2}=D_{0,3}-D_{1,2}=28,6^{+0,4}_{-0,8} -$ $26_{-0,52}/$ $/2=2,6^{+0,92}_{-0,8}/2=1,3^{+0,46}_{-0,4}$
$2Z_{1,3}=1,4^{+0,725}_{-0,25}$		$2Z_{1,3}=D_{0,1}-D_{1,3}=103^{+1,1}_{-0,5} -$ $100,2_{-0,35}/$ $/2=2,8^{+1,45}_{-0,5}/2=1,4^{+0,725}_{-0,25}$

Окончание таблицы 1.5

$2Z_{5,1}=0,1^{+0,0175}_{-0,175}$		$2Z_{5,1}=D_{5,1}-D_{1,1}=80^{+0,035} -$ $79,8^{+0,35} /$ $/2=0,2^{+0,035}_{-0,35} /2=0,1^{+0,0175}_{-0,175}$
$2Z_{6,1}=0,1^{+0,0175}_{-0,175}$		$2Z_{6,1}=D_{1,3}-D_{6,1}=100,2_{-0,35} -$ $100_{-0,035} /$ $/2=0,2^{+0,035}_{-0,35} /2=0,1^{+0,0175}_{-0,175}$

1.6.5 Допуски на конструкторские размеры

$$\begin{aligned}
 TK_1 &= 0,74 \text{ мм}; & TK_9 &= 0,4 \text{ мм}; \\
 TK_{2,3} &= 0,62 \text{ мм}; & TK_{10} &= 0,2 \text{ мм}; \\
 TK_4 &= 0,62 \text{ мм}; & TK_{11} &= 0,26 \text{ мм}; \\
 TK_5 &= 0,62 \text{ мм}; & TK_{12} &= 0,52 \text{ мм}; \\
 TK_6 &= 0,43 \text{ мм}; & TK_{13} &= 0,035 \text{ мм}; \\
 TK_7 &= 0,43 \text{ мм}; & TK_{14.15} &= 0,1 \text{ мм}; \\
 TK_8 &= 0,4 \text{ мм}; & TK_{16} &= 0,035 \text{ мм};
 \end{aligned}$$

1.6.6 Допуски на диаметральные технологические размеры

Допуски на диаметральные размеры принимаются равными статистической погрешности [2, с. 38]:

$$TD_i = \omega_c; \quad (1.5)$$

где ω_c – статистическая погрешность, мм.

Тогда назначаем допуски руководствуясь[прил.1][2, стр. 74].

$$TD_{1,1} = \omega_C = 0,16 \text{ мм};$$

$$TD_{1,2} = \omega_C = 0,16 \text{ мм};$$

$$TD_{1,3} = \omega_C = 0,21 \text{ мм};$$

$$TD_{2,1} = \omega_C = 0,05 \text{ мм};$$

$$TD_{5,1} = \omega_C = 0,03 \text{ мм};$$

$$TD_{6,1} = \omega_C = 0,03 \text{ мм};$$

$$TA_{3.1.1} = \omega_C = 0,04 \text{ мм};$$

$$TA_{3.2.1} = \omega_C = 0,04 \text{ мм};$$

1.6.7 Допуски на осевые технологические размеры

Допуски на осевые технологические размеры принимаем из [2, стр. 37]:

$$TA_i = \omega_C + \rho_u; \quad (1.6)$$

где ω_C – статистическая погрешность, мм;

ρ_u – пространственное отклонения измерительной (технологической базы).

$$TA_{1.1} = \omega_C + \rho_u = 0,2 + 0,48 = 0,68 \text{ мм};$$

Допуски на расстояния между поверхностями, обработанными с одной установки, могут быть приняты равными статистической погрешности;

$$TA_{1.2} = \omega_C = 0,12 \text{ мм};$$

$$TA_{1.3} = \omega_C = 0,12 \text{ мм};$$

$$TA_{1.4} = \omega_C = 0,12 \text{ мм};$$

$$TA_{1.5} = \omega_C + \varepsilon_y = 0,12 + 0,06 = 0,18 \text{ мм};$$

$$TA_{1.6} = \omega_C = 0,12 \text{ мм};$$

$$TA_{1.7} = \omega_C = 0,12 \text{ мм};$$

$$TA_{2.1} = \omega_C + \varepsilon_y = 0,1 + 0,053 = 0,153 \text{ мм};$$

$$TA_{2.2} = \omega_C = 0,1 \text{ мм};$$

$$TA_{3.1} = \omega_C + \varepsilon_y = 0,04 + 0,053 = 0,093 \text{ мм};$$

$$TA_{3.2} = \omega_C + \varepsilon_y = 0,04 + 0,053 = 0,093 \text{ мм};$$

1.6.8 Проверка условия $TK \geq TA$;

Конструкторские размеры, которые выдерживаются непосредственно:

$$TK_1 = 0,74 \geq TA_{1.5} = 0,18$$

$$TK_2 = 0,62 \geq TA_{3.1} = 0,093$$

$$TK_3 = 0,62 \geq TA_{3.2} = 0,093$$

$$TK_4 = 0,62 \geq TA_{1.2} = 0,12$$

$$TK_5 = 0,62 \geq TA_{1.3} = 0,12$$

$$TK_6 = 0,43 \geq TA_{2.1} = 0,153$$

$$TK_7 = 0,43 \geq TA_{2.2} = 0,1$$

$$TK_8 = 0,4 \geq TA_{1.7} = 0,22$$

$$TK_9 = 0,4 \geq TA_{1.6} = 0,12$$

$$TK_{10} = 0,2 \geq TA_{1.4} = 0,12$$

$$TK_{11} = 0,26 \geq TD_{2.1} = 0,05$$

$$TK_{12} = 0,52 \geq TD_{1.2} = 0,16$$

$$TK_{13} = 0,035 \geq TD_{5.1} = 0,03$$

$$TK_{14} = 0,1 \geq TA_{3.1.1} = 0,04$$

$$TK_{15} = 0,1 \geq TA_{3.2.1} = 0,04$$

$$TK_{16} = 0,035 \geq TD_{6.1} = 0,03$$

1.7 Расчет припусков и технологических размеров

Расчет минимальных значений для осевых припусков производим, пользуясь формулой:

$$z_i^{\min} = R_{z\ i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}, \quad (1.7)$$

где $z_i^{\min}$ – минимальный припуск на диаметр для обработки, мкм;

$R_{z\ i-1}$ – шероховатость поверхности после предыдущей обработки, мкм;

h_{i-1} – толщина дефектного слоя после предыдущей обработки, мкм;

ρ_{i-1} – суммарное пространственное отклонение формы и расположение поверхности, полученное на предыдущем переходе, мкм;

$$\rho_{i-1} = \rho_{\phi i-1}^2 + \rho_{pi-1}^2, \quad (1.8)$$

где $\rho_{\phi i-1}$ – погрешность формы поверхности, полученная на предыдущем переходе.

ρ_{pi-1} – погрешность расположения поверхности, полученная на предыдущем переходе.

Определим минимальный припуск $z_{1.1 \min}$ на обработку:

$$z_{1.1 \min} = R_z + h + \rho_i;$$

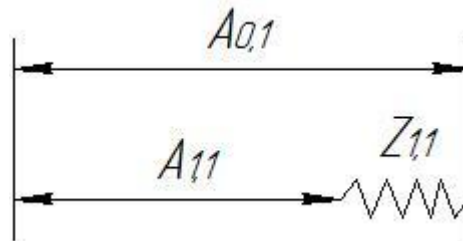
Принимаем $R=150$; $h=200$;

$$\rho_i = \rho_{\phi} + \rho_n;$$

Принимаем: $\rho_{\phi} = 25$; $\rho_n = 100$;

$$\rho_i = \rho_{\phi} + \rho_n = 100 + 25 = 125 \text{ мкм};$$

$$z_{1.1 \min} = R_z + h + \rho_i = 150 + 200 + 125 = 475 \text{ мкм} = 0,475 \text{ мм};$$



$$z_{1.1 \max} = z_{1.1 \min} + TA_{0.1} + TA_{1.1} = 0,475 + 1,4 + 0,68 = 2,55 \text{ мм};$$

$$z_{1.1}^{cp} = \frac{z_{1.1 \max} + z_{1.1 \min}}{2} = \frac{2,55 + 0,475}{2} = 1,51 \text{ мм};$$

Определим минимальный припуск $z_{1.2 \min}$ на обработку:

$$z_{1.2 \min} = R_z + h + \rho_i;$$

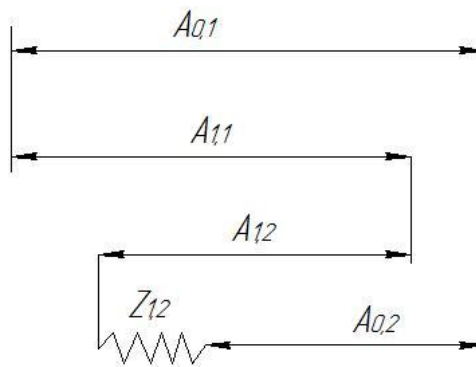
Принимаем $R=150$; $h=200$;

$$\rho_i = \rho_{\phi} + \rho_n;$$

Принимаем: $\rho_{\phi} = 25$; $\rho_n = 100$;

$$\rho_i = \rho_{\phi} + \rho_n = 100 + 25 = 125 \text{ мкм};$$

$$z_{1.2 \min} = R_z + h + \rho_i = 150 + 200 + 125 = 475 \text{ мкм} = 0,475 \text{ мм};$$



$$z_{1.2 \max} = z_{1.2 \min} + TA_{1.2} + TA_{1.1} + TA_{0.1} + TA_{0.2};$$

$$z_{1.2 \max} = 0,475 + 0,12 + 0,68 + 1,4 + 1,2 = 3,875 \text{ мм};$$

$$z_{1.2}^{cp} = \frac{z_{1.2 \max} + z_{1.2 \min}}{2} = \frac{3,875 + 0,475}{2} = 2,175 \text{ мм};$$

Определяем минимальный припуск $z_{1.3 \min}$ на обработку:

$$z_{1.3 \min} = R_z + h + \rho_i;$$

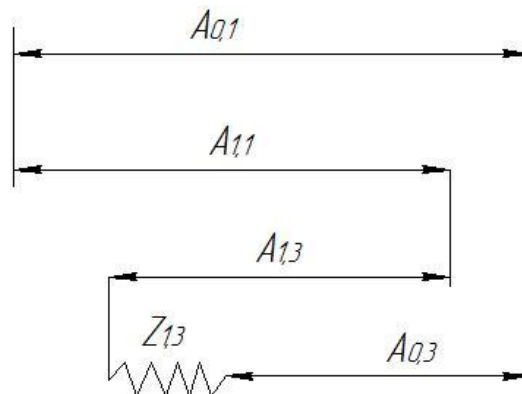
Принимаем $R=150$; $h=200$;

$$\rho_i = \rho_\phi + \rho_n;$$

Принимаем: $\rho_\phi = 25$; $\rho_n = 100$;

$$\rho_i = \rho_\phi + \rho_n = 100 + 25 = 125 \text{ мкм};$$

$$z_{1.3 \min} = R_z + h + \rho_i = 150 + 200 + 125 = 475 \text{ мкм} = 0,475 \text{ мм};$$



$$z_{1.3 \max} = z_{1.3 \min} + TA_{1.3} + TA_{1.1} + TA_{0.1} + TA_{0.3};$$

$$z_{1.3 \max} = 0,475 + 0,12 + 0,68 + 1,4 + 1,2 = 3,875 \text{ мм};$$

$$z_{1.3}^{cp} = \frac{z_{1.3 \max} + z_{1.3 \min}}{2} = \frac{3,875 + 0,475}{2} = 2,175 \text{ мм};$$

Определим минимальный припуск $z_{1.5 \min}$ на обработку:

$$z_{1.5 \min} = R_z + h + \rho_i;$$

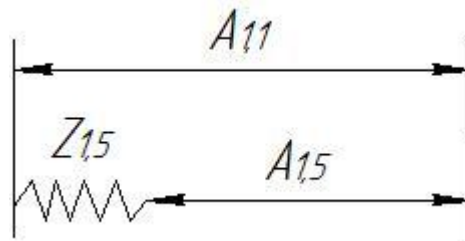
Принимаем $R=150$; $h=200$;

$$\rho_i = \rho_\phi + \rho_n;$$

Принимаем: $\rho_\phi = 25$; $\rho_n = 100$;

$$\rho_i = \rho_\phi + \rho_n = 100 + 25 = 125 \text{ мкм};$$

$$z_{1.5 \min} = R_z + h + \rho_i = 175 + 300 + 125 = 475 \text{ мкм} = 0,475 \text{ мм};$$



$$z_{1.5 \max} = z_{1.5 \min} + TA_{1.1} + TA_{1.5} = 0,475 + 0,68 + 0,18 = 1,335 \text{ мм};$$

$$z_{1.5}^{cp} = \frac{z_{1.5 \max} + z_{1.5 \min}}{2} = \frac{1,335 + 0,475}{2} = 0,905 = 0,9 \text{ мм}.$$

Расчет минимальных значений для диаметральных припусков производим, пользуясь формулой:

$$z_i^{D \min} = 2 \cdot \left(R_{z \ i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (1.9)$$

где $z_i^{D \min}$ – минимальный припуск на диаметр для обработки, мкм;

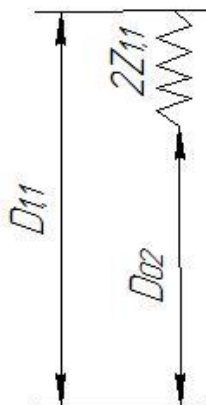
$R_{z \ i-1}$ – шероховатость поверхности после предыдущей обработки, мкм;

h_{i-1} – толщина дефектного слоя после предыдущей обработки, мкм;

ρ_{i-1} – суммарное пространственное отклонение формы и расположение поверхности, полученное на предыдущем переходе, мкм;

ε_i – погрешность установки и закрепления перед рассматриваемой обработкой (во время рассматриваемой обработки).

Определим минимальный припуск $2z_{1.1 \min}$ на обработку в диаметральном направлении:



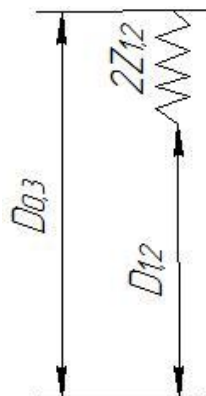
$$2z_{1.1 \min} = 2 \left(Rz + h + \sqrt{\rho^2 + \varepsilon^2} \right);$$

$$2z_{1.1 \min} = 2 \left(Rz + h + \sqrt{\rho^2 + \varepsilon^2} \right) = 2 \left(150 + 200 + \sqrt{250^2 + 420^2} \right) = 839 \text{ мкм} = 0,839 \text{ мм}$$

$$2z_{1.1 \max} = TD_{1.1} + TD_{0.2} + 2z_{1.1 \min} = 0,16 + 1,4 + 0,839 = 2,399 = 2,4 \text{ мм}$$

$$2z_{1.1}^{cp} = \frac{2z_{1.1 \max} + 2z_{1.1 \min}}{2} = \frac{2,4 + 0,839}{2} = 1,6195 = 1,62 \text{ мм}$$

Определяем минимальный припуск $2z_{1.2 \min}$ на обработку в диаметральном направлении:



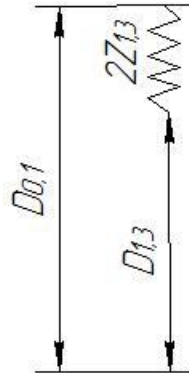
$$2z_{1.2 \min} = 2 \left(Rz + h + \sqrt{\rho^2 + \varepsilon^2} \right);$$

$$2z_{1.2 \min} = 2 \left(Rz + h + \sqrt{\rho^2 + \varepsilon^2} \right) = 2 \left(150 + 200 + \sqrt{150^2 + 420^2} \right) = 796 \text{ мкм} = 0,796 \text{ мм}$$

$$2z_{1.2 \max} = TD_{0.3} + TD_{1.2} + 2z_{1.2 \min} = 1,2 + 0,16 + 0,796 = 2,156 \text{ мм}$$

$$2z_{1.2}^{cp} = \frac{2z_{1.2 \max} + 2z_{1.2 \min}}{2} = \frac{2,156 + 0,796}{2} = 1,476 \text{ мм}$$

Определяем минимальный припуск $2z_{1.3 \min}$ на обработку в диаметральном направлении:



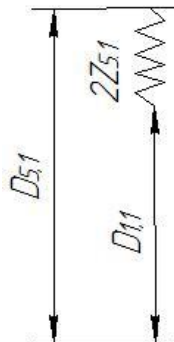
$$2z_{1.3 \min} = 2 \left(Rz + h + \sqrt{\rho^2 + \varepsilon^2} \right);$$

$$2z_{1.3 \min} = 2 \left(Rz + h + \sqrt{\rho^2 + \varepsilon^2} \right) = 2 \left(150 + 200 + \sqrt{250^2 + 420^2} \right) = \\ = 839 \text{ мкм} = 0,839 \text{ мм}$$

$$2z_{1.3 \max} = TD_{0.1} + TD_{1.3} + 2z_{1.3 \min} = 1,6 + 0,21 + 0,839 = 2,65 \text{ мм}$$

$$2z_{1.3}^{cp} = \frac{2z_{1.3 \max} + 2z_{1.3 \min}}{2} = \frac{2,65 + 0,839}{2} = 1,745 \text{ мм}$$

Определяем минимальный припуск $2z_{5.1 \min}$ на обработку в диаметральном направлении:



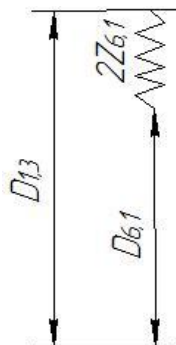
$$2z_{5.1 \min} = 2 \left(Rz + h + \sqrt{\rho^2 + \varepsilon^2} \right);$$

$$2z_{5.1 \min} = 2 \left(Rz + h + \sqrt{\rho^2 + \varepsilon^2} \right) = 2 \left(40 + 50 + \sqrt{26^2 + 40^2} \right) = \\ = 137,7 \text{ мкм} = 0,1377 \text{ мм}$$

$$2z_{5.1 \max} = TD_{5.1} + TD_{1.1} + 2z_{5.1 \min} = 0,03 + 0,16 + 0,1377 = 0,3277 \text{ мм}$$

$$2z_{5.1}^{cp} = \frac{2z_{5.1 \max} + 2z_{5.1 \min}}{2} = \frac{0,3277 + 0,1377}{2} = 0,2327 \text{ мм}$$

Определяем минимальный припуск $2z_{6.1 \min}$ на обработку в диаметральном направлении:



$$2z_{6.1 \min} = 2 \left(Rz + h + \sqrt{\rho^2 + \varepsilon^2} \right);$$

$$2z_{6.1 \min} = 2 \left(Rz + h + \sqrt{\rho^2 + \varepsilon^2} \right) = 2 \left(40 + 50 + \sqrt{26^2 + 40^2} \right) =$$

$$= 137,7 \text{ мкм} = 0,1377 \text{ мм}$$

$$2z_{6.1 \max} = TD_{1.3} + TD_{6.1} + 2z_{6.1 \min} = 0,21 + 0,03 + 0,1377 = 0,4777 \text{ мм}$$

$$2z_{6.1}^{cp} = \frac{2z_{6.1 \max} + 2z_{6.1 \min}}{2} = \frac{0,4777 + 0,1377}{2} = 0,3077 \text{ мм}$$

1.7.1 Определение технологических размеров

Рассматриваем размерные цепи с одним неизвестным технологическим размером и используем способ средних значений, в итоге определяем его номинальное значение и предельные отклонения.

1. Найдем технологический размер $A_{1.1}$



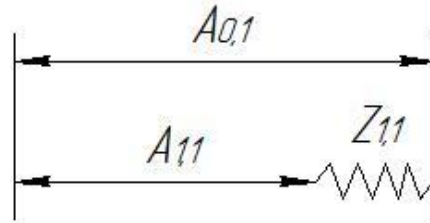
Из цепи составляем уравнение для замыкающего звена. Далее находим среднее значение размера $A_{1.5}$.

$$A_{1.5} = K_1 = 50 \pm 0,37; \quad A_{1.5}^{cp} = 50; \quad z_{1.5}^{cp} = 0,9;$$

$$A_{1.1}^{cp} = z_{1.5}^{cp} + A_{1.5}^{cp} = 0,9 + 50 = 50,9$$

Принимаем $A_{1.1} = 50,9_{-0,68}$

2. Найдем технологический размер $A_{0,1}$

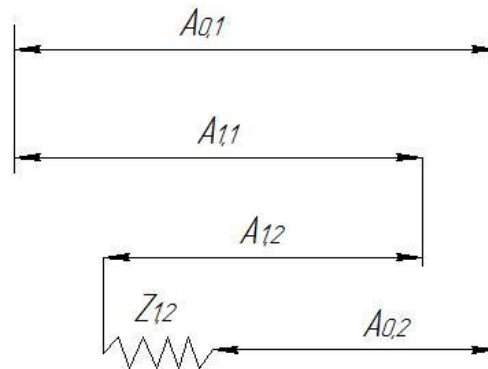


$$A_{1,1}=50,9_{-0,68} ; A_{1,1}^{cp} = 50,56; z_{1,1}^{cp} = 1,51$$

$$A_{0,1}^{cp} = z_{1,1}^{cp} + A_{1,1}^{cp} = 1,51 + 50,56 = 52,1$$

Принимаем $A_{0,1}=51,9_{-0,5}^{+0,9}$

3. Найдем технологический размер $A_{0,2}$

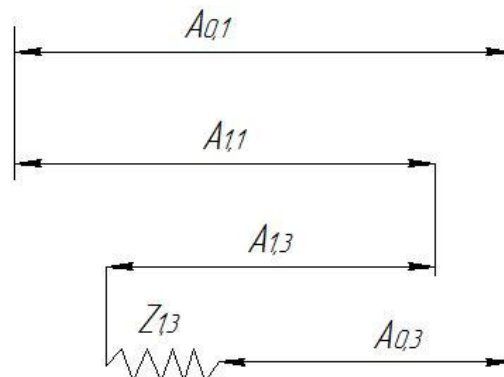


$$A_{1,1}^{cp} = 50,56 ; A_{0,1}^{cp} = 52,1 ; A_{1,2}^{cp} = 40; z_{1,2}^{cp} = 2,175;$$

$$A_{0,2}^{cp} = A_{0,1}^{cp} - A_{1,1}^{cp} + A_{1,2}^{cp} - z_{1,2}^{cp} = 39,365$$

Принимаем $A_{0,2}=39,165_{-0,8}^{+0,4}$

4. Найдем технологический размер $A_{0,3}$

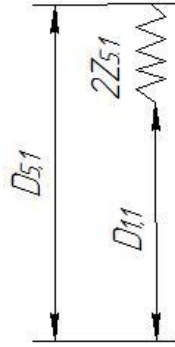


$$A_{1,1}^{cp} = 50,56 ; A_{0,1}^{cp} = 52,1 ; A_{1,3}^{cp} = 30; z_{1,3}^{cp} = 2,175;$$

$$A_{0,3}^{cp} = A_{0,1}^{cp} - A_{1,1}^{cp} + A_{1,3}^{cp} - z_{1,3}^{cp} = 29,365$$

Принимаем $A_{0,3}=29,165_{-0,8}^{+0,4}$

5. Найдем технологический размер $D_{1.1}$



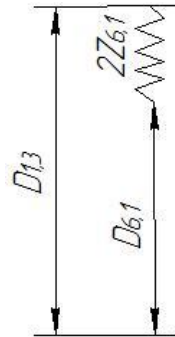
Из цепи составляем уравнение для замыкающего звена. Далее находим среднее значение размера $D_{5.1}$.

$$D_{5.1} = 80^{+0,035}; D_{5.1}^{cp} = 80,0175; 2z_{5.1}^{cp} = 0,9;$$

$$D_{1.1}^{cp} = D_{5.1}^{cp} - 2z_{5.1}^{cp} = 80,0175 - 0,2327 = 79,785$$

Принимаем $D_{1.1} = 79,777^{+0,16}$

6. Найдем технологический размер $D_{1.3}$

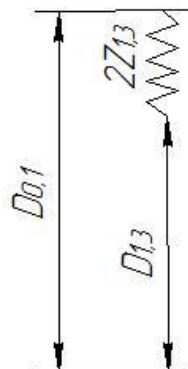


$$D_{6.1} = 100_{-0,035}; D_{6.1}^{cp} = 99,9825; 2z_{6.1}^{cp} = 0,3077;$$

$$D_{1.3}^{cp} = D_{6.1}^{cp} + 2z_{6.1}^{cp} = 99,9825 + 0,3077 = 100,29$$

Принимаем $D_{1.3} = 100,39_{-0,21}$

7. Найдем технологический размер $D_{0.1}$

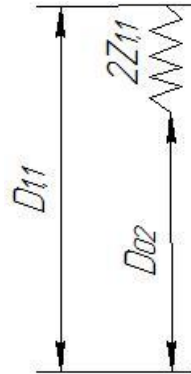


$$D_{1.3}^{cp} = 100,29 ; 2z_{1.3}^{cp} = 1,745$$

$$D_{0.1}^{cp} = D_{1.3}^{cp} + 2z_{1.3}^{cp} = 100,29 + 1,745 = 102,03$$

Принимаем $D_{1.3}=101,7^{+1,1}_{-0,5}$

8. Найдем технологический размер $D_{0,2}$

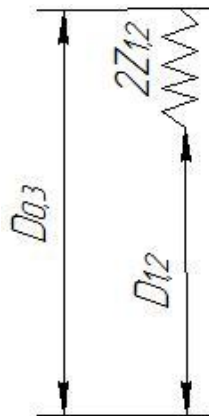


$$D_{1.1}^{cp} = 79,785 ; 2z_{1.1}^{cp} = 1,62;$$

$$D_{0.2}^{cp} = D_{1.1}^{cp} - 2z_{1.1}^{cp} = 79,785 - 1,62 = 78,165$$

Принимаем $D_{0.2}=78,365^{+0,5}_{-0,9}$

9. Найдем технологический размер $D_{0,3}$



$$D_{1.2}=26_{-0,52} ; D_{1.2}^{cp} = 25,74 ; 2z_{1.2}^{cp} = 1,476;$$

$$D_{0.3}^{cp} = D_{1.2}^{cp} + 2z_{1.2}^{cp} = 25,74 + 1,476 = 27,216$$

Принимаем $D_{0.3}=27,416^{+0,4}_{-0,8}$

1.8 Выбор оборудования и технологической оснастки

Токарно-винторезный станок с ЧПУ 16К20Ф3

Технические характеристики в таблице 1.6.

Таблица 1.6 - Технические характеристики 16К20Ф3

Наименование параметра	16К20Ф3 С32	16К20Ф3 С5	16К20Ф3 С8
Обозначение системы ЧПУ	2Р22	Н22-1М	1Н22-61
Основные параметры станка			
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над станиной, мм	400	400	400
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над суппортом, мм	220	220	220
Диаметр отверстия в шпинделе, мм	53	53	53
Наибольшая длина обрабатываемого изделия, мм	1000	1000	1000
Предельный диаметр сверления в стали, мм	25	25	25
Шпиндель			
Мощность двигателя главного движения, кВт	11	11	11
Количество рабочих скоростей шпинделя	22	22	22
Пределы чисел оборотов шпинделя, об/мин	12,5...2000	12,5...2000	12,5...2000
Подачи			
Наибольшее перемещение суппорта: продольное / поперечное, мм	900/250	900/250	900/250
Максимальная скорость продольной подачи при нарезании резьбы, мм/мин	2000	1200	2000
Суммарная мощность станка, кВт	22	22	22
Габариты и масса станка			
Масса станка с ЧПУ, кг	5000	5000	5000

Вертикально сверлильный станок 2Н118

Технические характеристики в таблице 1.7.

Таблица 1.7 - Технические характеристики 2Н118

Наименование параметра	2Н118
Основные параметры станка	
Наибольший диаметр сверления, мм	18
Наименьшее и наибольшее расстояние от торца шпинделя до стола	0...650
Расстояние от оси вертикального шпинделя до направляющих стойки (вылет), мм	200
Шпиндель	
Наибольшее перемещение шпиндельной головки, мм	300
Перемещение шпинделя на одно деление лимба, мм	1
Перемещение шпинделя на один оборот маховичка-рукоятки, мм	110
Частота вращения шпинделя, об/мин	180 - 2800
Количество скоростей шпинделя	9
Наибольший допустимый крутящий момент, кг*см	880
Конус шпинделя	Морзе 2
Габарит и масса станка	
Габариты станка (длина ширина высота), мм	870 x 590 x 2080
Масса станка, кг	450

Фрезерный станок DMU 50

Технические характеристики в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Технические характеристики DMU 50

Тип станка		DMU 50
Поперечный ход по осям X/Y/Z	mm	500 / 450 / 400
Главный привод (стандартное исполнение)		
Диапазон скорости	об/мин	20 – 10 000
Мощность привода (100/40% цикла нагрузки)	kW	9 / 13
Момент (40 % цикла нагрузки)	Nm	83
Главный привод (опция)		
Диапазон скорости	об/мин	20 – 14 000
Мощность привода (100/40% цикла нагрузки)	kW	25 / 35
Момент (40 % цикла нагрузки)	Nm	100
Диапазон скорости	об/мин	20 – 18 000
Подача		
Быстрый ход по осям X/Y/Z	m/min	24
Стационарный стол		
Рабочая поверхность поддона	mm	700 × 500
Максимальная нагрузка	kg	500
Интегрированный поворотный/вращающийся стол с ЧПУ*		
Рабочая поверхность поддона	mm	ø 630 × 500
Диапазон наклона	degrees	–5 / +110
Вес станка/подключенная нагрузка		
Масса	kg	4480
Выходная мощность	kW	21
Максимальный номинальный ток	A	31
Система управления		
Панель управления DMG MORI ERGOline® с Siemens 840D solutionline		
Панель управления DMG MORI ERGOline® с Heidenhain iTNC 530		
Панель управления DMG MORI ERGOline® с Heidenhain MillPlus iT V600		

Внутришлифовальный станок 3К229В

Технические характеристики в таблице 1.9.

Таблица 1.9 – Технические характеристики 3К229В

Класс точности станка по ГОСТ 8-82, (Н,П,В,А,С)	В
Наибольший диаметр устанавливаемого изделия базовый в люнетах, мм	630
Наибольший диаметр устанавливаемого изделия в кожухе, мм	320
Пределы частоты вращения шпинделя, об/мин.	3000, 4500,6000
Мощность двигателя кВт	7.5
Габариты станка Длинна Ширина Высота (мм)	4165x1780x2000
Масса, кг	8600

Круглошлифовальный станок 3М163В

Технические характеристики в таблице 1.10.

Таблица 1.10 – Технические характеристики 3М163В

Наименование параметров	Ед.изм.	Величины
Класс точности станка по ГОСТ 8-82		П
Наибольший диаметр изделия	мм	280
Наибольшая длинна изделия	мм	1400
Наибольший диаметр шлифования	мм	280
Рекомендуемый наименьший диаметр шлифования	мм	10
Наибольшая длина шлифования	мм	1400
Частота вращения шпинделя задней бабки	об/мин	1260
Частота вращения изделия	об/мин	40...400
Габаритные размеры станка (ДхШхВ)	мм	5370x2930x2170
Масса станка	кг	9220

1.9 Расчет режимов резания

Токарная операция с ЧПУ:

Выполняется на токарно-винторезном станке с ЧПУ 16к20Ф3

Установ А

1) Подрезка торца в размер 50,9_{-0,68}

Припуск $z_{11}=1,5$ мм; делим на два прохода $t_1 = 1$ мм; $t_2 = 0,5$ мм;

Назначаем подачу на подрезку торца по (табл.11) [3,стр.266]: $S_1=0,8$ мм/об.

и $S_2=0,35$ мм/об. по (табл.14) [3,стр.268];

Определяем скорость резания V по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m * t^x * S^y} * K_v, \quad (1.10)$$

где C_v -коэффициент (табл.17) [3,стр.269];

m, x, y – показатели степени (табл.17) [3,стр.269];

T – среднее значение стойкости 30-60 мин;

K_v – коэффициент является произведением коэффициентов, учитывающих влияние материала заготовки $K_{mv} = 1,25$ (табл. 1-4) [3. с.261], состояние поверхности $K_{nv} = 0,8$ (табл. 5) [3. с.263], материал инструмента $K_{uv} = 1$ (табл. 6) [3. 263].

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv} \quad (1.11)$$

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv} = 1,25 * 0,8 * 1 = 1;$$

Принимаем: $C_v = 340$; $x = 0,15$; $y = 0,45$; $m = 0,2$;

$$V_1 = \frac{C_v}{T^m * t^x * S^y} * K_v = \frac{340}{60^{0,2} * 1^{0,15} * 0,8^{0,45}} * 1 = 165,8 \text{ м/мин};$$

Принимаем: $C_v = 420$; $x = 0,15$; $y = 0,2$; $m = 0,2$;

$$V_2 = \frac{C_v}{T^m * t^x * S^y} * K_v = \frac{420}{60^{0,2} * 0,5^{0,15} * 0,35^{0,2}} * 1 = 254 \text{ м/мин};$$

Определяем частоту вращения шпинделя;

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * d}, \quad (1.12)$$

где d – диаметр заготовки.

$$n_1 = \frac{1000 * V}{\pi * d} = \frac{1000 * 165,8}{3,14 * 102} = 518 \frac{об}{мин};$$

$$n_2 = \frac{1000 * V}{\pi * d} = \frac{1000 * 254}{3,14 * 102} = 793 \frac{об}{мин};$$

Принимаем частоту вращения $n_1 = 500 \frac{об}{мин}$; $n_2 800 \frac{об}{мин}$;

Тогда действительная скорость V_d равна:

$$V_1 = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 * 102 * 500}{1000} = 160,1 \frac{м}{мин};$$

$$V_2 = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 * 102 * 800}{1000} = 256,2 \frac{м}{мин};$$

Минутная подача будет равна:

$$S_m = S * n \tag{1.13}$$

$$S_{m1} = 0,8 * 500 = 400 \frac{мм}{мин};$$

$$S_{m2} = 0,35 * 800 = 280 \frac{мм}{мин};$$

Остальные расчеты заносим в таблицу 1.11.

Таблица 1.11 – Таблица режимов резания

Номер операции	Наименование операции, перехода	Глубина резания t , мм.	Длина резания l , мм.	Подача S_0 мм./об.		Скорость V , м/мин.		Частота вращения мин. ⁻¹		Минутная подача S_m , мм./мин.	Основное время t_0 , мин.
				расчётная	принятая	расчётная	принятая	расчётная	принятая		
1	Токарная с ЧПУ.										
А	1. Подрезка торца:										
	-черновая	1,0	14,9	0,8	0,8	166	160	518	500	400	0,04
	-чистовая	0,5	14,4	0,35	0,35	254	256	793	800	280	0,05
	2. Расточить по контуру:										
	-черновая	4,49	102,4	0,8	0,8	155	160	479	500	400	0,26
	-чистовая	1,4	99,3	0,35	0,35	262	256	811	800	280	0,34
Б	3. Точить фаску	1	4	0,35	0,35	287	256	887	800	280	0,01
	4. Подрезать торец:										
	-чистовая	0,9	53,9	0,35	0,35	240	256	754	800	280	0,19
	5. Точить наружный Ø: -чистовая	0,87	52,9	0,35	0,35	233	256	742	800	280	0,19
В	6. Скруглить торец	1,5	5	0,35	0,35	269	251	857	800	280	0,02
	7. Скруглить торец	1,5	5	0,35	0,35	269	251	857	800	280	0,02
2	Сверлильная										
	1. Сверлить отв. Ø6,7	16	21,35	0,2	0,2	29,7	29,9	1411	1420	284	0,07
	2. Нарезать резьбу М8-7G	11	13	1	1	2,9	4,5	116	180	180	0,07
3	Фрезерная с ЧПУ										
	1. Фрезеровать паз	2	350	0,02	0,02	17,4	18,8	923	1000	40	8,75
	2. Фрезеровать второй паз	2	350	0,02	0,02	17,4	18,8	923	1000	40	8,75
5	Внутришлифовальная										
	1. Шлифовать внутренний Ø	0,23	2300	0,01 2,5	0,01 2,5		2100		3500	8750	0,26
6	Круглошлифовальная										
	1. Шлифовать наружный Ø	0,31	4092	0,01 3,2	0,01 3,2		1800		1260	4032	1,01

1.10 Нормирование технологических операций

1.10.1 Расчет основного времени

Основное время для токарных операций определяем по формуле:

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n}, \text{ мин;} \quad (1.14)$$

где L – расчётная длина обработки, мм;

i – число рабочих ходов;

n – частота вращения шпинделя, об/мин;

S – подача, мм/об (мм/мин).

Расчетную длину обработки определяют как:

$$L = l + l_b + l_{cx} + l_{нд}, \quad (1.15)$$

где l – размер детали на данном переходе, мм;

l_b – величина врезания инструмента, мм;

l_{cx} – величина схода инструмента, мм;

$l_{нд}$ – величина подвода инструмента, мм.

Величины подвода и перебега для токарной, сверлильной и фрезерной принимаем равной 1 мм, для шлифовальной операции данный параметр принимаем равным 0.

Величина врезания инструмента в каждом конкретном случае определяется так:

$$l_2 = \frac{t}{\operatorname{tg} \varphi}; \quad (1.16)$$

где t – глубина резания, мм;

φ – угол в плане.

Тогда окончательная формула для определения основного времени:

$$T_o = \frac{(l + \frac{t}{\operatorname{tg} \varphi} + l_{cx} + l_{нд}) \cdot i}{n \cdot S} \quad (1.17)$$

1. Токарная операция с ЧПУ установ В.

Скругление:

$$T_o = \frac{(l + \frac{t}{\operatorname{tg} \varphi} + l_{cx} + l_{нд}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(1,5 + \frac{1,5}{\operatorname{tg} 45^\circ} + 1 + 1) \cdot 1}{800 \cdot 0,35} = 0,018 \text{ мин.}$$

1.10.2 Расчет вспомогательного времени

Вспомогательное время для операции будет складываться из времени на установку и снятие детали, управление станком, измерение детали [4].

$$t_{\text{в}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{изм}}; \quad (1.18)$$

где $t_{\text{уст}}$ - время на установку и снятие детали;

$t_{\text{упр}}$ - время на управление станком;

$t_{\text{изм}}$ - время измерения детали.

1. Токарная операция с ЧПУ установ В.

На станке с ЧПУ время измерений перекрывается временем управления станком.

$$t_{\text{в}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} = 0,17 + 0,12 = 0,29 \text{ мин},$$

1.10.3 Расчет оперативного времени

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{очн}} + t_{\text{в}} \quad (1.19)$$

1. Токарная операция с ЧПУ.

Установ В.

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{очн}} + t_{\text{в}} = 0,018 + 0,29 = 0,31 \text{ мин};$$

1.10.4 Расчет времени на обслуживание рабочего места

$$t_{\text{обс}} = \alpha * t_{\text{оп}} \quad (1.20)$$

1. Токарная операция с ЧПУ.

Установ В.

$$t_{\text{обс}} = \alpha * t_{\text{оп}} = 0,03 * 0,31 = 0,01 \text{ мин}$$

1.10.5 Расчет времени на отдых

$$t_{\text{отд}} = \beta * t_{\text{оп}} \quad (1.21)$$

1. Токарная операция с ЧПУ.

Установ А.

$$t_{\text{отд}} = \beta * t_{\text{оп}} = 0,04 * 0,31 = 0,012 \text{ мин};$$

1.10.6 Определение подготовительно-заключительного времени.

1. Токарная операция с ЧПУ.

Установ В.

$$t_{пз} = 12 \text{ мин}$$

1.10.7 Расчет штучного времени

$$t_{шт} = t_{осн} + t_{в} + t_{обс} + t_{отд} \quad (1.22)$$

1. Токарная операция с ЧПУ.

Установ В.

$$t_{шт} = t_{осн} + t_{в} + t_{обс} + t_{отд} = 0,018 + 0,29 + 0,01 + 0,012 = 0,33 \text{ мин};$$

1.10.8 Расчет штучно-калькуляционного времени

$$t_{шт.к} = \sum t_{шт} + \frac{\sum t_{пз}}{N}, \quad (1.23)$$

где N – объем партии деталей.

$$t_{шт.к} = 28,25 + \frac{74}{25000} = 28,25 \text{ мин.}$$

Расчет времени для остальных операций заносим в таблицу 1.12

Таблица 1.12 – Нормирование технологических операций

Номер операции	Наименование операции	Основное время	Вспомогательное время	Оперативное время	Время на обслуживание	Время на отдых	Штучное время	Подготовительно-заключительное время	Величина партии	Штучно - калькуляционное время
1 А	Токарная с ЧПУ	0,7	0,4	1,1	0,03	0,04	1,17	12	25000	1,17
1 Б	Токарная с ЧПУ	0,4	0,29	0,69	0,02	0,03	0,74	12	25000	0,74
1 В	Токарная с ЧПУ	0,02	0,4	0,42	0,01	0,02	0,45	12	25000	0,45
2	Сверлильная	0,14	0,58	0,72	0,01	0,03	0,76	9	25000	0,76
3	Фрезерная	17,5	1,11	18,61	1,12	0,74	20,47	12	25000	20,24
5	Внутришлифовальная	0,26	1,64	1,9	0,04	0,11	2,05	9	25000	2,05
6	Круглошлифовальная	1,01	1,28	2,29	0,18	0,14	2,61	8	25000	2,61

2. Проектирование станочного приспособления

2.1 Расчет силы закрепления

Деталь находится под воздействием момента $M_{кр}$ и осевой силы P_0 (рис. 2.1).

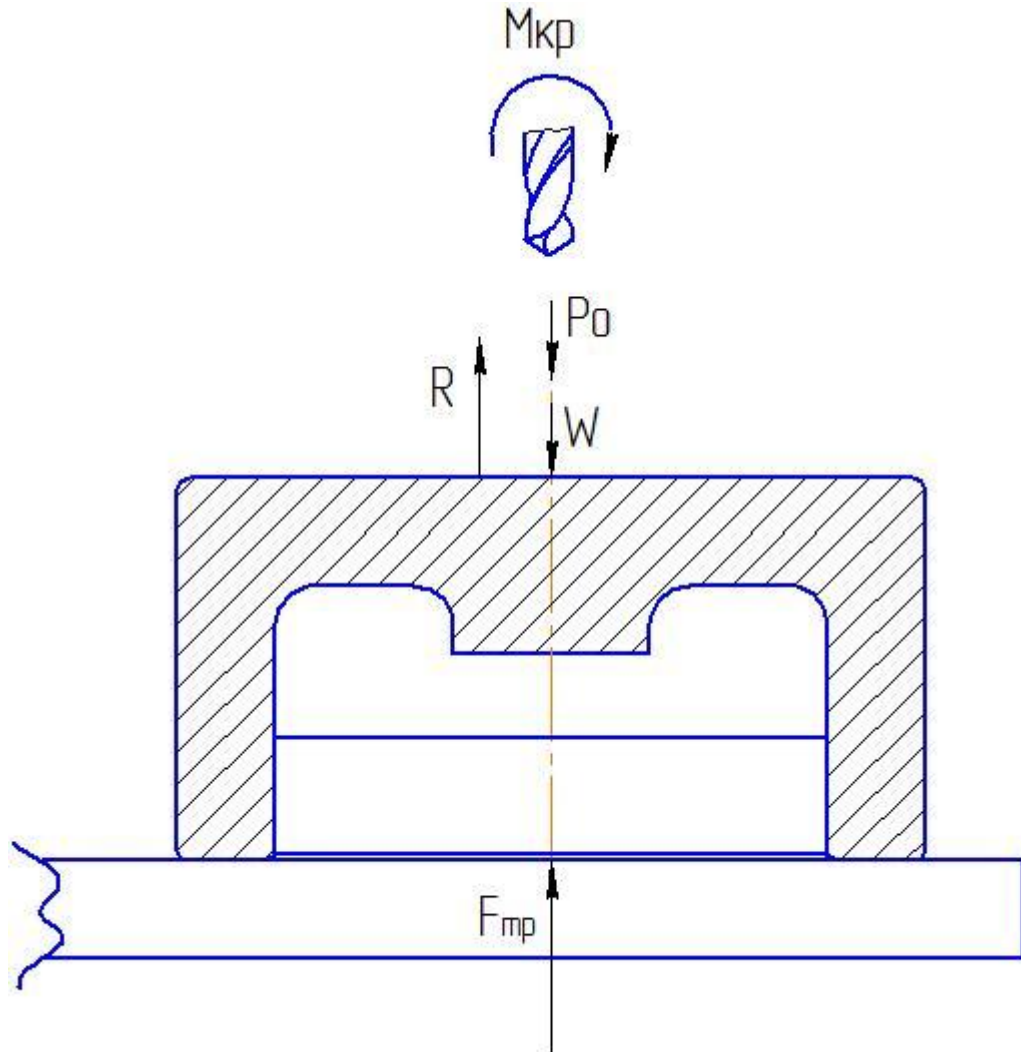


Рис. 2.1- Расчетная схема приспособления

Определим силы резания для операции 2 Сверление.

Выполняется на вертикально-сверлильном станке 2Н118.

Подачу принимаем по (табл. 25) [3. с. 277] $s = 0,2 \text{ мм/об}$;

Определяем скорость резания м/мин, при сверлении:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m s^y} * K_v,$$

где C_v – коэффициент равный $C_v = 7$ (табл.28) [3. с. 278];

q, y, m – показатели степеней $q=0,4$; $y=0,7$; $m=0,2$ по (табл.28) [3. с. 278];

T – среднее значение стойкости сверл, (табл.30) [3. с. 279]; $T = 25 \text{ мин.}$

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактическое условия резания: K_{mv} - коэффициент на обрабатываемость материала, (табл. 1-4), [3. с. 261];

K_{uv} -коэффициент, учитывающий инструментальный материал, (табл. 6), [3. с. 263];

K_{lv} - коэффициент, учитывающий глубину сверления, (табл. 31), [3. с. 280].

$$K_v = K_{mv} * K_{uv} * K_{lv} = 1,22 * 1 * 1 = 1,22$$

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} * K_v = \frac{7 * 6,7^{0,4}}{25^{0,2} * 0,2^{0,7}} * 1,22 = 29,69 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

Определяем частоту вращения инструмента:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * D} = \frac{1000 * 29,69}{3,14 * 6,7} = 1411,2 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

Принимаем $n = 1420 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$

Тогда:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 * 6,7 * 1420}{1000} = 29,87 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

Расчет крутящего момента:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{0,75} = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,85$$

$C_M = 0,0345$; $y = 0,8$; $q = 2$; $K_p = K_{MP} = 0,85$; (табл. 32) [3. с. 281].

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 6,7^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 0,85 = 3,63 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Расчет осевой силы:

$$P_o = 10 \cdot C_P \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p,$$

$C_P = 68$, , $y = 0,7$, $q = 1$, $K_p = K_{MP} = 0,85$, (табл. 32) [3. с. 281].

$$P_o = 10 \cdot C_P \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 6,7 \cdot 0,2^{0,7} \cdot 0,85 = 1254,7 \text{ Н}$$

Силовой расчет учитывает коэффициент запаса - K , поскольку при обработке заготовки возникают неизбежные колебания сил и моментов резания. В общем случае величина этого коэффициента находится в пределах от 2...3,5, в зависимости от конкретных условий обработки.

$$\text{Величина } K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$$

Значение коэффициента надежности K следует выбирать дифференцированно в зависимости от конкретных условий выполнения операции и способа закрепления заготовки. Его величину можно представить как произведение частных коэффициентов, каждый из которых отражает влияние определенного фактора: [4. с. 119].

$K_0=1,5$ – коэффициент гарантированного запаса;

$K_1=1$ – учитывает увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемой поверхности;

$K_2=1,4$ – коэффициент затупления;

$K_3=1,2$ – учитывает увеличение сил резания;

$K_4=1$ – коэффициент, учитывающий изменение зажимного усилия прикладываемого к заготовке;

$K_5=1$ – характеризует эргономику зажимного механизма;

$K_6=1$ – характеризует моменты, стремящиеся повернуть заготовку.

Выполним расчет:

$$K=1,5*1*1,4*1,2*1*1*1=2,52$$

$$W = \frac{(K * M_{kp}) - (F_{tp} * P_o)}{F_{tp} * D},$$

где F_{tp} – коэффициент силы трения, (табл. 4.2) [4. с. 121];

D – диаметр заготовки

$$W = \frac{(2,52 * 3,63 * 10^3) - (0,15 * 1254,7)}{0,15 * 100} = 597,3 \text{ Н}$$

2.2 Выбор и расчет привода зажимного устройства

В качестве силового механизма выступает кондукторная плита и пневмоцилиндр.

Фактическая сила зажима, развиваемая пневмоцилиндром определяется по формуле:

$$Q = \frac{\pi(d_n^2 - d_{um}^2)}{4} P \eta, \quad (2.1)$$

где P - давление в пневмосистеме предприятия, $P=0,4-1,6$ МПа.

η - КПД пневмоцилиндра, $\eta=0,9$.

Тогда:

$$Q = \frac{3,14(65^2 - 20^2)}{4} * 1 * 0,9 = 2702 \text{ Н}$$

Данный зажим вполне удовлетворяет всем требованиям и обеспечивает необходимую зажимную силу, которая превосходит силы резания.

2.3 Расчет точности приспособления

Особенностью обработки отверстий на сверлильных станках является наличие в конструкции приспособлений элементов для направления режущих элементов (кондукторных втулок) направление и ориентация инструментов осуществляется непосредственно по режущей части.

На точность обработки влияет ряд технологических факторов, вызывающих общую погрешность обработки ε_o , которая не должна превышать допуск δ выполняемого размера при обработке заготовки, т.е. $\varepsilon_o \leq \delta$.

Определим необходимую точность приспособления, исходя из формулы, изложенной в [4, с. 85]:

$$\varepsilon_{np} \leq \delta - k_T \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_o)^2 + \varepsilon_s^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_u^2 + (k_{T2} \cdot \omega)^2}, \quad (2.2)$$

где - $\delta = 0,26 \text{ мм}$ – допуск выполняемого размера;

$k_T = 1,2$ – коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения, [4, с. 85];

$k_{T1} = 0,8$ – коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках, [4, с. 85];

$k_{T2} = 0,6$ – коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, не зависящими от приспособления, [4, с. 85];

$\varepsilon_{\bar{o}} = 0$ погрешность базирования заготовки в приспособлении;

$\varepsilon_z = 0,07 \text{ мм}$ – погрешность закрепления заготовки, возникающая в результате действия сил зажима, (табл. П4.) [4, с. 210];

$\varepsilon_y = 0 \text{ мм}$ – погрешность установки приспособления на станке;

$\varepsilon_n = 0,01 \text{ мм}$ – погрешность положения заготовки, возникающая в результате износа установочных элементов приспособления;

$\varepsilon_u = 0,005 \text{ мм}$ – погрешность от перекоса (смещения) инструмента;

$\omega = 0,12$ – экономическая точность обработки $\omega = 0,12$ для сверления по кондуктору по 4 классу точности.

$$\varepsilon_{np} \leq 0,26 - 1,2\sqrt{(0,8 \times 0)^2 + 0,07^2 + 0,01^2 + 0,005^2 + (0,6 \times 0,12)^2} = 0,14 \text{ мм}$$

Расчет точности показывает, что данное приспособление обеспечивает заданную точность при обработке заготовки.

2.4 Описание работы приспособления

В корпус 1 встроен пневмоцилиндр 6, шток 8 которого служит средней скалкой кондуктора и связан с плитой 2. Две другие скалки 9 служат для направления плиты 2 относительно корпуса 1 при ее вертикальных перемещениях. Сжатый воздух поступает в верхнюю(зажим) или в нижнюю(разжим) полости цилиндра 6 через штуцеры 7 и кран управления 10. В плите 2 монтируется кондукторная втулка 3. Деталь 4 устанавливается на палец 5 и прижимается плитой 2.

Заключение

При разработке технологического процесса изготовления детали «поршень» я ознакомился с ее конструкцией, назначением и условиями работы в узле, а также провел анализ особо ответственных технологических требований.

В ходе ВКР был проведен анализ исходных данных, определен тип производства, составлен технологический маршрут обработки детали. Выбраны средства технологического оснащения процесса обработки.

Также были проведены технологические и технико-экономические расчеты, в результате которых установлен наиболее рациональный метод получения заготовки, а также наиболее экономичный способ механической обработки детали, обеспечивающий выполнение требований, предъявляемых к точности и чистоте обрабатываемых поверхностей.

Экономия материала была достигнута применением эффективного метода получения заготовок, такого как штамповка на ГKM.

В конструкторской части работы было спроектировано станочное приспособление для сверления отверстия и сделаны все необходимые расчеты.

Таким образом, в ходе ВКР разработан технологический процесс механической обработки детали, при осуществлении которого, обеспечивается выполнение требований, обуславливающих нормальную работу собранной машины.

Приложение

		Перв. примен.			Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
		Формат	Зона	Паз					
Стр. №		A1				Документация			
						Сборочный чертеж			
						Детали			
				1		Корпус	1		
				2		Плита	1		
				3		Кондукторная втулка	1		
				4		Деталь	1		
				5		Установочный палец	1		
				6		Пневмоцилиндр	1		
				7		Штуцер	4		
Подп. и дата				8		Шток	1		
				9		Скалка	2		
				10		Кран управления	1		
						Стандартные изделия			
				11		Гайка М12х1,25-6Н.05.05			
						ГОСТ 5927-70	1		
				12		Гайка М16х1,5-6Н.05.05			
						ГОСТ 11871-88	6		
				13		Шайба 12.05.05			
						ГОСТ 11371-89	1		
Взам. инв. №				14		Шайба 16.05.05			
						ГОСТ 11371-89	3		
				15		Винт М10 ГОСТ 11738-72	2		
Инв. № подл.			Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит. Лист Листов Т 1	
			Разраб.	Маржаков НМ					Спецификация НИТПУ ИнЭО группа 3-8/11
			Пров.	Алферова Е.А.					
			Н.контр.						
	Утв.								

Копировал

Формат А4

Список литературы

1. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Мн.: Выш. Школа, 1983. – 256 с.
2. Скворцов В.Ф. – Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. – 100с.
3. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х томах. Том 2. Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова- 5-е изд., исправл. – М.: «Машиностроение», 1986.
4. Горохов В.А. Проектирование и расчёт приспособлений: Учебное пособие для студентов вузов машиностроительных спец. – Мн.: Выш. шк., 1986.
5. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. Изд-е 4-е, исправл. и доп. Л., Машиностроение(Ленингр. отд-ние), 1975 – 656с.
6. Михеевич Е.П. - Технология машиностроения: Учебно-методическое пособие. - Томск: Изд. ТПУ, 2010. – 100с.