Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
Институт новых материалов и технологий
Кафедра / департамент Технологии машиностроения / Департамент машиностроения

Оценка _____

Руководитель
проектирования _____

Члены комиссии _____

_____

Дата защиты _____

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к проекту по модулю
по теме: Проектирование технологического процесса механической обработки детали типа «Крышка»

Студент: Мутагиров Рустем Айратович _____
(ФИО) (Подпись)

Группа: НМТ-452516

Екатеринбург
2019

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
Институт новых материалов и технологий
Кафедра / департамент Технологии машиностроения / Департамент машиностроения

Задание
на проект по модулю

Студент Мутагиров Рустем Айратович

Группа НМТ–452516

Специальность / направление подготовки Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

1. Тема проекта по модулю

Проектирование технологического процесса механической обработки детали типа «Крышка»

2. Содержание проекта, в том числе состав графических работ и расчетов

Расчет заготовки, разработка структуры технологического процесса, расчет размерных связей, расчет режимов резания, трудовое нормирование, расчет наладочных размеров, точностной и силовой расчет приспособления. Чертеж детали (А2), чертеж заготовки (А2), лист наладки ТРС (А1) и чертеж сборочного чертежа приспособления (А1)

3. Дополнительные сведения

К проекту по модулю должен быть приложен комплект технологической документации (МК, КЭ, ОК) и спецификация на сборочный чертеж.

4. План выполнения проекта по модулю

№	Наименование работ	Сроки	Приме-чания	Отметка о выполнении
1	Проектирование исходной заготовки	13.09.18		
2	Проектирование структуры ТП	25.10.18		
3	Выбор оборудования и схем базирования	25.10.18		
4	Расчет диаметральных размеров	03.11.18		
5	Линейный размерный анализ	05.11.18		
6	Расчет режимов резания и выбор инструментов	24.11.18		
7	Трудовое нормирование	04.12.18		
8	Расчет наладочных размеров и проектирование листа наладки ТРС	10.12.18		

9	Оформление технологической документации	14.12.18		
10	Точностный расчет приспособления	17.12.18		
11	Силовой расчет приспособления	20.12.18		
12	Проектирование сборочного чертежа приспособления	27.12.18		

Руководитель_____/М.Г. Галкин/

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

РЕЦЕНЗИЯ

на проект по модулю

Студента Мутагирова Рустема группы НМТ-452516

Тема проекта по модулю: Проектирование технологического процесса механической обработки детали типа «Крышка»

Модуль/дисциплина Технология механообрабатывающего производства / Технология производства машин

1. Соответствие результатов выполнения работы целям и задачам проекта по модулю / результатам обучения по модулю _____
Выполненная работа соответствует целям и задачам проекта по модулю, а также результатам обучения по модулю
2. Оригинальность и самостоятельность выполнения работы_____
Работа выполнялась в самостоятельном режиме с использованием методики проектирования
3. Полнота и глубина проработки разделов _____
Разделы работы проработаны в полном объеме, в соответствии с заданием
4. Общая грамотность и качество оформления текстового документа и графических материалов _____
Качество оформления текстового документа и иллюстраций на должном уровне
5. Вопросы и замечания _____
_____
_____
_____

6. Общая оценка работы _____
_____

Сведения о рецензенте:
Ф.И.О. ___Галкин Михаил Геннадьевич _____
Должность _____Доцент_____
Место работы ___УрФУ_____
Уч. звание _____Доцент_____Уч. степень Кандидат технических наук
Подпись _____ Дата _____

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....7
1 Анализ исходных данных.....8
2 Определение типа производства.....8
3 Нумерация поверхностей.....10
4 Формирование исходной заготовки.....11
4.1 Выбор способа получения заготовки.....11
4.2 Определение исходного индекса.....12
4.3 Определение основных припусков.....13
4.4 Определение дополнительных общих припусков и размеров заготовки 13
4.5 Назначение допусков, предельных отклонений и определение размеров исходной заготовки.....14
4.6 Простановка размеров, отклонений и припусков на исходной заготовке 15
5 Определение этапов и методов обработки поверхностей.....15
Определение этапов обработки.....16
6 формирование операций и разработка операционных эскизов.....16
6.1 Формирование маршрутного описания.....16
6.2 Обоснование выбора оборудования.....29
6.3 Обоснование выбранных схем базирования по операциям.....31
7 определение припусков и диаметральных размеров.....35
8 Линейный размерный анализ.....42
8.1 Размерная схема технологического процесса.....42
8.2 Назначение предварительных допусков.....43
8.3 Построение графов.....43
8.4 Канонические уравнения размерных цепей.....45
8.5 Проверка обеспечения точности конструкторских размеров.....46

8.6 Проверка поля рассеивания припусков.....47
8.7 Определение технологических размеров.....48
9 Выбор режимов резания.....50
9.1 Выбор режимов резания для операции 005 и 010.....51
9.2 Выбор режима резания для операции 015.....53
9.3 Выбор режима резания на операции 020.....54
9.4 Выбор режима резания на операции 025.....56
9.5 Выбор режима резания на операции 030.....58
10 определение технической нормы времени.....63
11 настройка на размер режущих инструментов.....72
11.1 Наладка заднего резцедержателя.....73
11.2 Наладка переднего резцедержателя.....74
11.3 Наладка револьверной головки.....76
12 проектирование приспособления.....79
12.1 Выбор аналога приспособления.....79
12.2 Точностной расчет приспособления.....80
12.3 Силовой расчет приспособления.....82
12.3.1 Выбор режущего инструмента.....82
12.3.2 Расчёт составляющих силы резания.....82
12.3.3 Расчёт силы зажима заготовки в приспособлении.....83
12.4. Расчёт привода приспособления.....84
Заключение.....86
Список использованных источников.....87
Приложение 1.....89
Приложение 2.....89
Приложение 3.....89
Приложение 4.....89

Приложение 5.....89
Приложение 6.....89
Приложение 7.....89

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 данного проекта является проектирование технологического процесса изготовления детали Крышка. Для этого необходимо сформировать заготовку, рассчитать припуски, режимы резания, выбрать оборудование, инструмент, с помощью которого будет производиться обработка, спроектировать приспособление. Кроме того, необходимо рассчитать время, требуемое для изготовления детали.

Проект по модулю содержит пояснительную записку и графическую часть. Пояснительная записка содержит информацию и расчеты по технологической и конструкторской части.

Курсовой проект выполнен с использованием методической, учебной, технической справочной литературы и нормативной документации.

1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Деталь (см. приложение 1) имеет ступенчатые наружные и внутренние поверхности. Одна из наружных ступеней изготавливается с точностью по 8-му квалитету диаметром 46 мм и одна их внутренних с точностью по 6-му квалитету диаметром 26 мм. Также имеются наружная и внутренняя поверхности с резьбой.

Для осевой фиксации в «крышке» предусмотрены два симметричных относительно оси паза.

В конструкции детали присутствуют такие элементы как фаски, канавки и несоосные отверстия.

Для правильного положения детали в сборочном узле требуется обеспечить соосность наружной и внутренней цилиндрических поверхностей.

На первом этапе необходимо подготовить технологические базы для дальнейшей обработки заготовки, а следовательно, обработать наружную цилиндрическую поверхность и торец, которые позволят при их использовании в качестве баз за один установ обработать большинство оставшихся поверхностей и обеспечить их соосность. Далее, используя подготовленные технологические базы, производится обработка других поверхностей и прилегающих к ним торцов.

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА

На начальной стадии проектирования необходимо установить тип производства данной детали, учитывая её массу и размер годового выпуска, так как технология изготовления деталей в значительной степени зависит от типа производства.

Для определения массы детали её необходимо разбить на элементарные фигуры, в данном случае это будут цилиндры I, II, III, IV, V, VI, VII, IX и параллелепипед VIII (рис 1). Размерами фасок, канавок можно пренебречь.

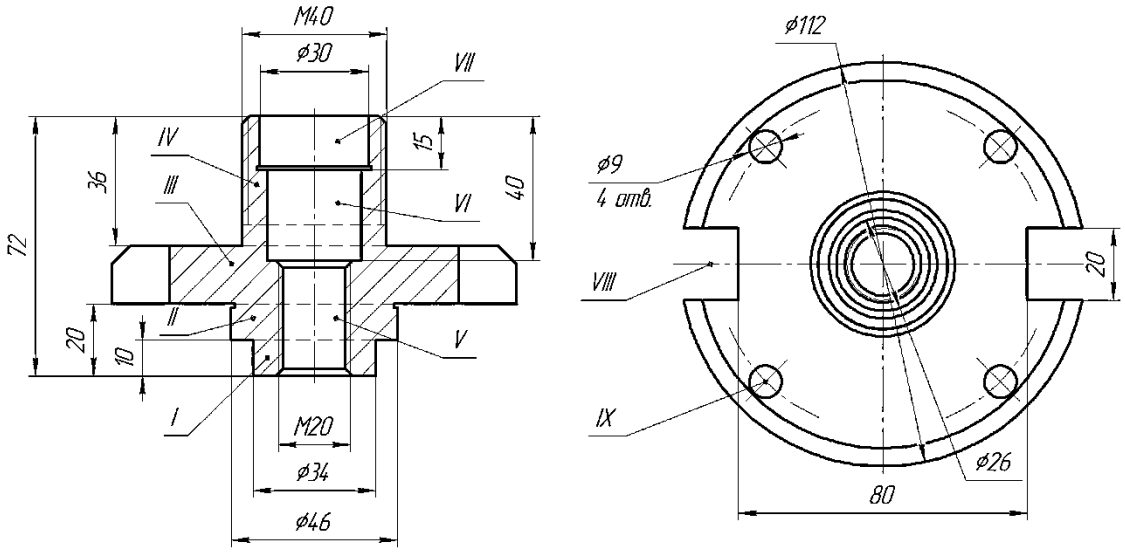


Рисунок 1 – Определение объема детали

Масса детали определяется по формуле:

$$m = V * \rho$$

где m – масса детали, кг;

V – объем детали, м^3;

ρ – плотность материала, для стали 10 $\rho = 7856 \ \ кг / м^3$.

Определим объём детали по формуле:

$$V = \left(V_I + V_{II} + V_{III} + V_{IV}\right) - \left(V_V + V_{VI} + V_{VII} + V_{VIII} + V_{IX}\right)$$

Объемы элементарных фигур будут иметь следующие значения:

$$V_I = \pi * 17^2 * 10 = 9079 \ \ мм^3;$$

$$V_{II} = \pi * 23^2 * (20 - 10) = 16619 \ \ мм^3;$$

$$V_{III} = \pi * 56^2 * (72 - 20 - 36) = 157633 \ \ мм^3;$$

$$V_{IV} = \pi * 20^2 * 36 = 45239 \ \ мм^3;$$

$$V_V = \pi * 10^2 * (72 - 40) = 10053 \ \ мм^3;$$

$$V_{VI} = \pi * 13^2 * (40 - 15) = 13273 \ мм^3;$$

$$V_{VII} = \pi * 15^2 * 15 = 10603 \ мм^3;$$

$$V_{VIII} = 20 * 16 * 16 = 10240 \ мм^3;$$

$$V_{IX} = \pi * 4{,}5^2 * 16 * 4 = 4072 \ мм^3.$$

Окончательный параметр V будет иметь следующее значение:

$$V = (9079 + 16619 + 157633 + 45239) -$$

$$-(10053 + 13273 + 10603 + 10240 * 2 + 4072 * 4) = \ 1800149 \ \ м\,м^3.$$

Подставив полученные значения, получим массу детали:

$$m = 180149 * 10^{-9} * 7856 = 1{,}42 \ \ кг.$$

В соответствии с заданием годовая программа выпуска равна 20 000 шт. С учетом годовой программы и массы детали определяется тип производства в соответствии с табл. 2.1[1]. Производство является среднесерийным.

Партия детали:

$$n = \frac{\alpha * N}{260} \qquad (1.3)$$

N – годовой объём производства;

α – число дней, на которое необходимо иметь запас деталей для бесперебойной работы сборочного цеха; согласно табл. 2.2 [1,с.5] $\alpha = 5$;

260 – число рабочих дней в году при пятидневной рабочей неделе.

Тогда объём партии составит:

$$n = \frac{5 * 20000}{260} = 385 \ \ (деталей).$$

3 НУМЕРАЦИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Для того, чтобы начать, непосредственно, формирование исходной заготовки, нам необходимо пронумеровать все поверхности, имеющиеся на готовой детали.

Необходимо придерживаться определенных правил. Торцовые поверхности обозначаются нечётными номерами слева направо по оси детали. Цилиндрические поверхности, фаски, а также несоосные отверстия обозначаются чётными номерами в направлении слева направо по часовой стрелке. Канавки, а также отверстия, которые имеют зенковку, резьбу и фаски, нумеруются одним числом.

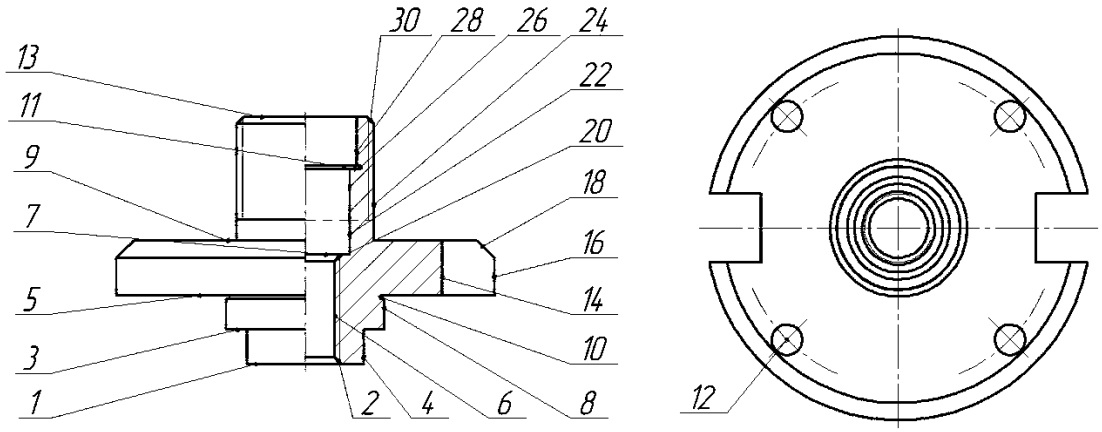


Рисунок 2 – нумерация поверхностей детали

4 ФОРМИРОВАНИЕ ИСХОДНОЙ ЗАГОТОВКИ

4.1 Выбор способа получения заготовки

При выборе метода получения заготовки учитывают следующие факторы:

1. назначение изделия и условия его эксплуатации;
2. материал заготовки;
3. форма и размеры изделия;
4. тип производства.

Учитывая эти факторы, для детали типа «Крышка» выбран метод получения заготовки в виде штамповки в закрытом штампе на кривошипном горячештамповочном прессе (КГШП).

Заготовка располагается в двух половинах штампа. Плоскость разъема проходит через плоскость, перпендикулярную оси заготовки (рис.3).

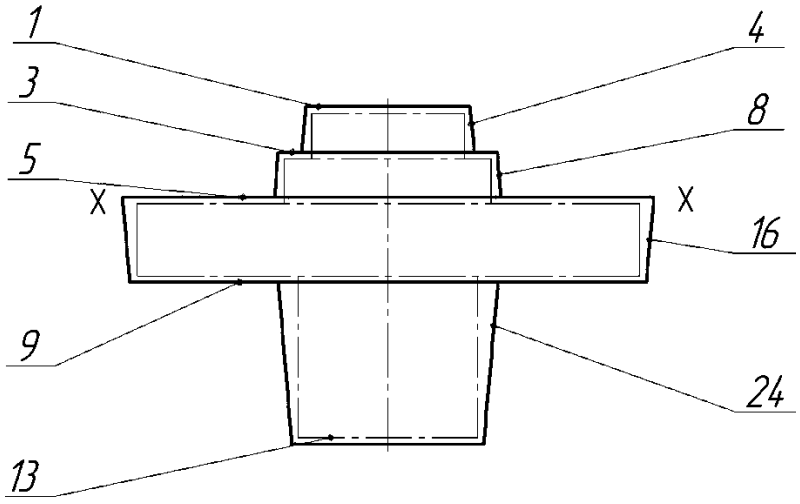


Рисунок 3 – Расположение поковки в штампе

4.2 Определение исходного индекса

Исходный индекс определяется в зависимости от массы, марки стали, степени сложности и класса точности поковки по ГОСТ 7505-89.

Расчетная масса паковки определяется по формуле:

$$M_{п.р.} = M_д * K_р$$

где $M_{п.р}$ – расчетная масса поковки, кг;

$M_д$ – масса детали, кг;

$K_р$ – расчетный коэффициент, устанавливаемый в соответствии с табл. П.3.1. [1, с.134].

Тогда масса поковки будет иметь следующее значение:

$$M_{п.р.} = 1{,}42 * 1{,}6 = 2{,}2 \quad кг.$$

Класс точности поковки устанавливается в зависимости от технологического процесса и оборудования для ее изготовления, а также исходя из предъявляемых требований к точности размеров поковки (П.3.2), [1, с.135].

Для принятого метода штамповки можно принять класс точности равный Т3.

При назначении группы стали, определяющим является среднее массовое содержание углерода и легирующих элементов. По таблице П.3.4, [1, с.135] принимаем группу стали М1.

Степень сложности определяют путем вычисления отношения массы (объема) $G_п$ поковки к массе (объему) $G_ф$ геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки.

В рассматриваемом случае штамповку описывает фигура в виде цилиндра. Его диаметральный размер $D_ф = 112 * 1{,}05 = 118$ мм, а линейный размер $L_ф = 72 * 1{,}05 = 76$ мм.

Тогда объем цилиндра определится как $V_ф = \pi * \frac{118^2}{4} * 76 = 931127$ мм^3, а его масса $m_ф = 931127 * 7{,}8 * 10^{-6} = 7{,}26$ кг.

Соотношение массы поковки и массы описывающей фигуры будет иметь следующее значение:

$$\frac{M_n}{M_\phi} = \frac{2,3}{7,26} = 0,32.$$

В соответствии с полученными параметром по табл. П.3.3 [1,с.135] принимаем степень сложности поковки С3.

Исходный индекс по известным группе стали, степени сложности и классу точности поковки определяем по таблице П.3.5[1,с.136] и в данном случае он равен 10.

4.3 Определение основных припусков

В соответствии с таблицей П.3.6[1. С.135] по определенному ранее исходному индексу и шероховатостей поверхностей детали определяются припуски на поверхности исходной заготовки.

Результаты выбора оформляются в виде табл. 1

Таблица 1 – Основные припуски на поверхности исходной заготовки

Номер поверхности	Толщина, мм	Диаметр высота, мм	Шероховатость Ra, мкм	Припуск на сторону Z, мм
1	72	X	6,3	1,2
13			3,2	1,2
1	X	10	6,3	1,2*
3			6,3	1,1
1	X	20	6,3	1,2*
5			3,2	1,1
13	X	36	6,3	1,2*
9			6,3	1,1
4–4	X	Ø34	3,2	1,1
8–8	X	Ø46	2,5	1,2
16–16	X	Ø112	6,3	1,3
24–24	X	Ø40	6,3	1,1

4.4 Определение дополнительных общих припусков и размеров заготовки

В зависимости от массы и класса точности поковки назначаются следующие дополнительные припуски на поверхности заготовки. Общие припуски и конечные размеры заготовки представлены в табл.2.

Таблица 2 – Общие припуски и размеры исходной заготовки

Номер поверхности	Размер детали	Припуск			Размер заготовки
		Основной	Дополнительный	Общий	
1	2	3	4	5	6
1–3	10	1,2/1,1	0,3	1,5/1,4	10,1
1–5	20	1,2/1,1	0,3	1,5/1,4	20,1
1–13	72	1,2/1,2	0,3	1,5/1,5	75
9–13	36	1,1/1,2	0,3	1,4/1,5	36,1
4–4	Ø34	1,1	0,2	1,3	Ø36,6
8–8	Ø46	1,2	0,2	1,4	Ø48,8
16–16	Ø112	1,3	0,2	1,5	Ø115
24–24	Ø40	1,1	0,2	1,3	Ø42,6

Примечание: дополнительный припуск учитывает смещение поверхности разъема штампа и коробление заготовки.

4.5 Назначение допусков, предельных отклонений и определение размеров исходной заготовки

Для определения допуска на размеры исходной заготовки, которые представлены в табл. 2, необходимо воспользоваться табл. П.3.9. [1] при этом правила выбора допусков размеров соответствует правилам назначения припусков.

В таблице 3 представлены результаты выбора допусков.

Таблица 3 – Допуски, предельные отклонения и размеры исходной заготовки

Расчетный размер	Допуск	Отклонение		Размер
		Верхнее	Нижнее	
10,1	1,4	+0,9	–0,5	$10{,}1^{+0{,}9}_{-0{,}5}$
20,1	1,4	+0,9	–0,5	$20{,}1^{+0{,}9}_{-0{,}5}$
75	2,0	+1,3	–0,7	$75^{+1{,}3}_{-0{,}7}$
36,1	1,4	+0,9	–0,5	$36{,}1^{+0{,}9}_{-0{,}5}$
Ø36,6	1,4	+0,9	–0,5	$Ø36{,}6^{+0{,}9}_{-0{,}5}$
Ø48,8	1,6	+1,1	–0,5	$Ø48{,}8^{+1{,}1}_{-0{,}5}$
Ø115	2,0	+1,3	–0,7	$Ø115^{+1{,}3}_{-0{,}7}$
Ø42,6	1,6	+1,1	–0,5	$Ø42{,}6^{+1{,}1}_{-0{,}5}$

4.6 Простановка размеров, отклонений и припусков на исходной заготовке

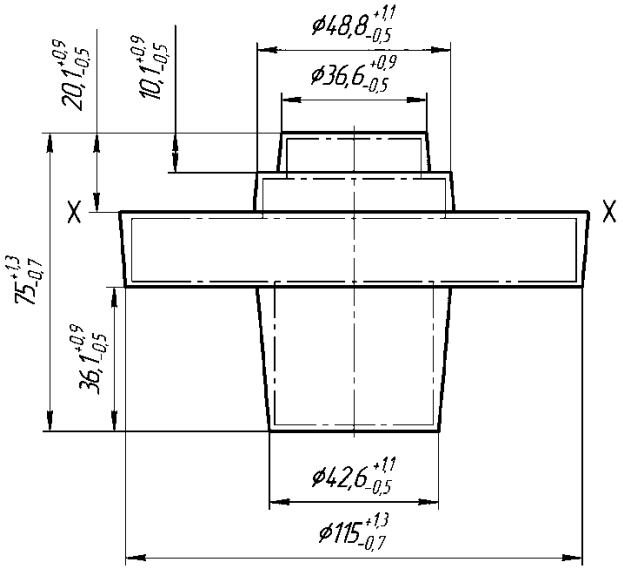


Рисунок 4 – Поковка с размерами

5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭТАПОВ И МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

При выборе этапов обработки ориентируются на его технологические возможности:

1) обеспечение точности и качества поверхности;
2) величины снимаемого припуска;
3) времени обработки исходя из производительности.

Распределение этапов необходимо, так как каждый этап обеспечивает свою точность и качество обработки и для достижения определенных характеристик может потребоваться несколько этапов.

Определение этапов обработки

Для удобства и наглядности этапы представлены в виде таблицы 4.

Таблица 4 – Выбор этапов и методов обработки

Номер поверх-ности	I этап		II этап		III этап		IV этап	
	14–12 кв	Ra (≥6,3)	11–10 кв	Ra(6,3–3,2)	9–8 кв	Ra(3,2–1,6)	7-6 кв	Ra(1,6–0,8)
1	Подрезать однократно							
2	Зенковать фаску							
3	Подрезать однократно							
4	Точить предварительно		Точить окончательно					
5	Подрезать предварительно		Подрезать окончательно					
6	Сверлить отверстие		Нарезать резьбу					
7	Подрезать однократно							
8	Точить предварительно		Точить окончательно		Шлифовать однократно			
9	Подрезать однократно							
10	Точить канавку							
11	Подрезать однократно							
12	Сверлить							
13	Подрезать предварительно		Подрезать окончательно					
14	Фрезеровать однократно							
16	Точить однократно							
18	Точить фаску							
20	Зенковать фаску							
22	Расточить однократно							
24	Точить однократно		Нарезать резьбу					
26	Расточить канавку							
28	Расточить предварительно		Расточить окончательно		Шлифовать предварительно		Шлифовать окончательно	
30	Точить фаску							

6 ФОРМИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ И РАЗРАБОТКА ОПЕРАЦИОННЫХ ЭСКИЗОВ

6.1 Формирование маршрутного описания

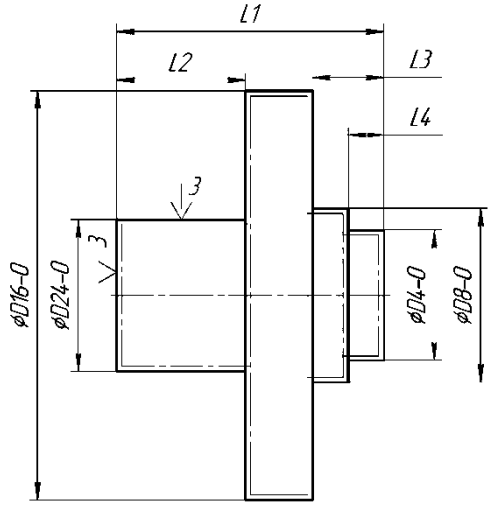
Каждый этап обработки поверхностей может рассматриваться в виде одной операции, а можно несколько этапов объединить в одну операцию или этап разбить на несколько операций. В соответствии с принятыми этапами обработки поверхностей в табл. 4 маршрутное описание будет состоять из 6 операций, представленных в табл. 5.

Таблица 5 – Маршрутное описание технологического процесса

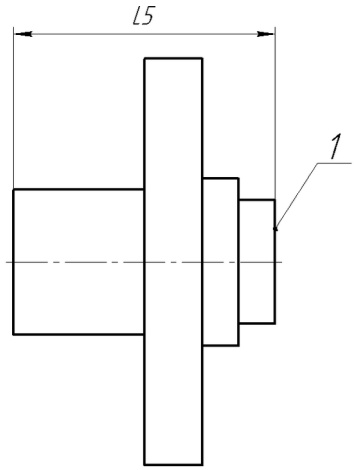
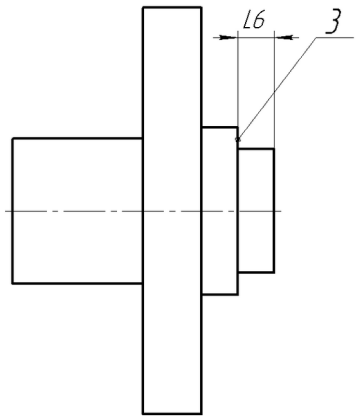
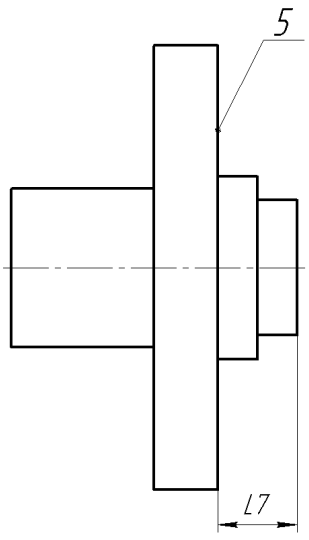
Номер операции	Наименование операции	Станок	Номер обрабатываемой поверхности	Номер базирующих поверхностей
005	Токарно-револьверная	Токарно-револьверный	Установ А 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 16	13, 24
010	Токарно-револьверная	Токарно-револьверный	Установ Б 7, 9, 11, 13, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30	1, 8
015	Кругло-шлифовальная	Кругло-шлифовальный	8	13, 28
020	Внутри-шлифовальная	Внутри-шлифовальный	28	1, 8
025	Вертикально-сверлильная	Вертикально-сверлильный	12	5, 8
030	Горизонтально-фрезерная	Горизонтально-фрезерный	14	9, 28

На эскизах необходимо указать схему установа и размеры в буквенном обозначении. Эскизное описание технологического процесса оформим в виде таблицы 6.

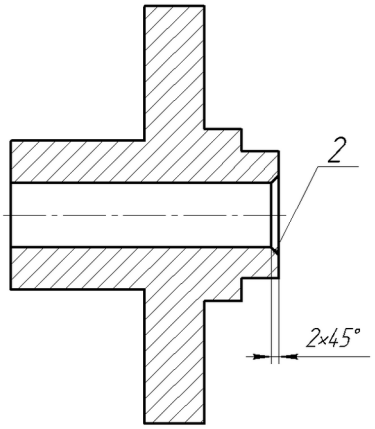
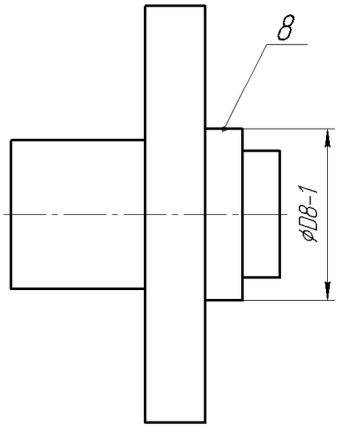
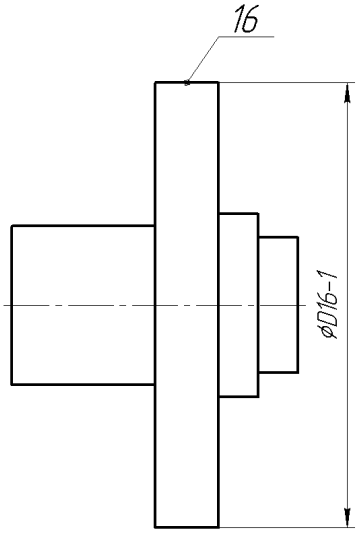
Таблица 6 – Эскизные планы обработки поверхностей

Номер поверхности	Эскиз	Наименование переходов
1	2	3
Операция 005 Токарно–револьверная		
		1. Установить и снять заготовку ПР: патрон трехкулачковый

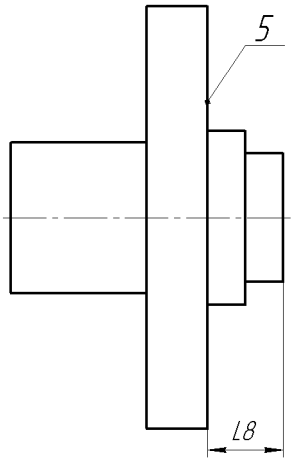
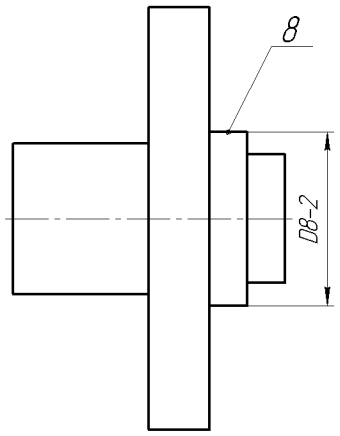
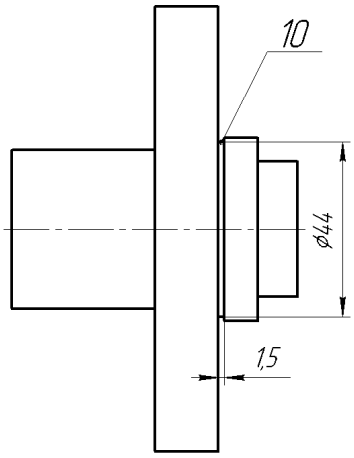
Продолжение таблицы 6

1	2	3
1		2. Позиция ПР–1 Подрезать торец 1 однократно
3		3. Позиция ПР–2 Подрезать торец 3 однократно
		4. Позиция ПР–3 Подрезать торец 5 предварительно

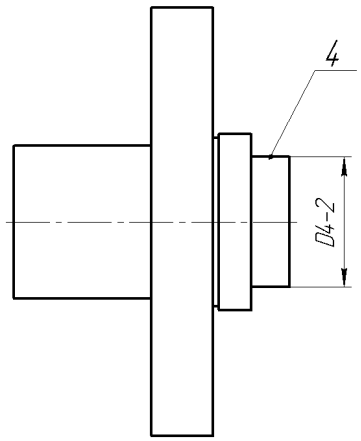
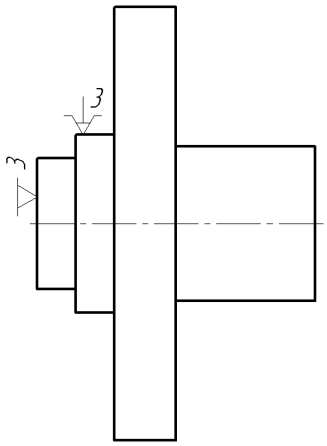
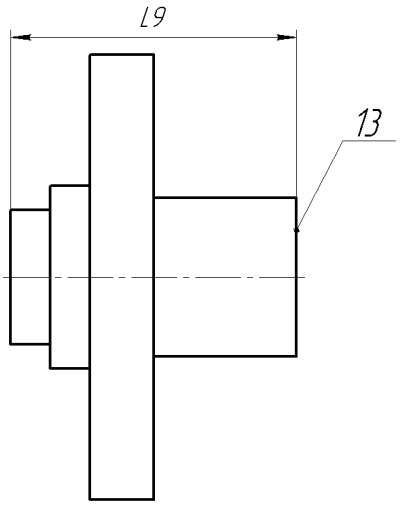
Продолжение таблицы 6

1	2	3
		5. Позиция РГ–2 Зенковать фаску
		6. Позиция РГ–3 Точить поверхность 8 предварительно
		7. Позиция РГ–4 Точить поверхность 16 однократно

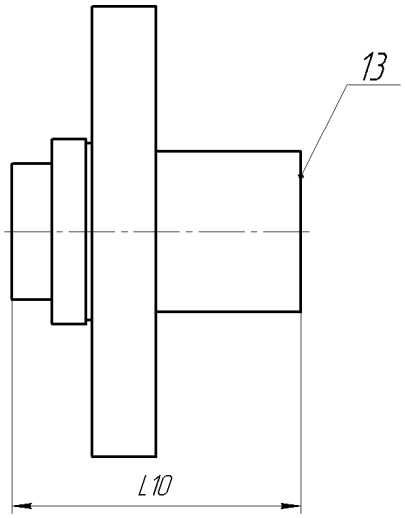
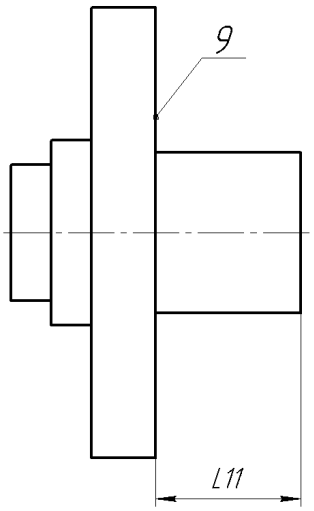
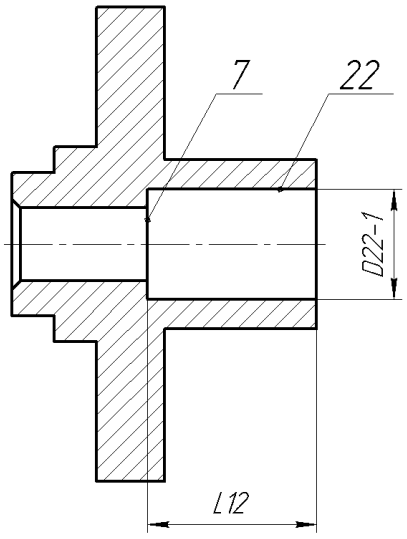
Продолжение таблицы 6

1	2	3
		8. Позиция ПР–4 Подрезать торец 5 окончательно
		9. Позиция РГ–5 Точить поверхность 8 окончательно
		10. Позиция 3Р Точить канавку

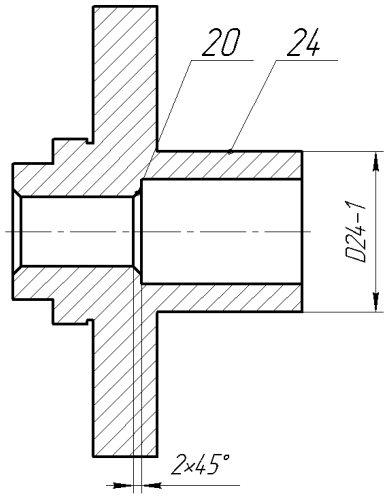
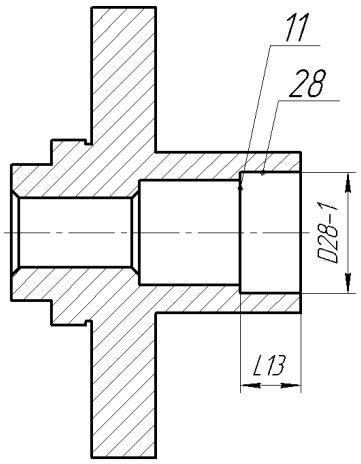
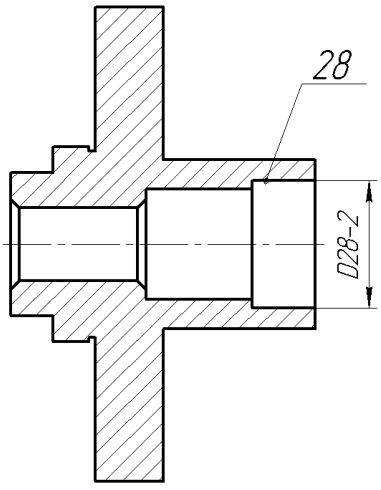
Продолжение таблицы 6

1	2	3
		11. Позиция РГ–6 Точить поверхность 4 окончательно
Операция 010 Токарно-револьверная		
		1. Установить и снять заготовку ПР: патрон трехкулачковый
		2. Позиция ПР–1 Подрезать торец 13 предварительно

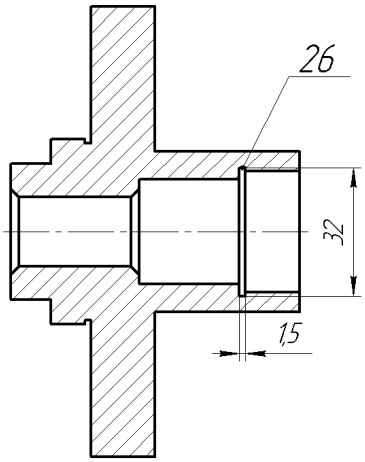
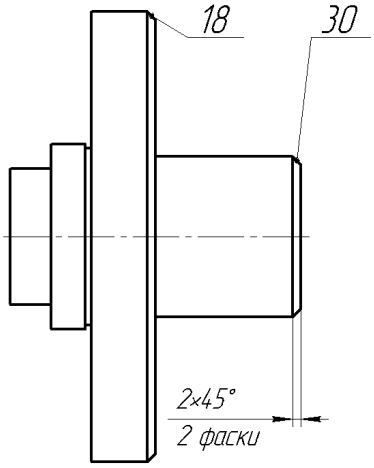
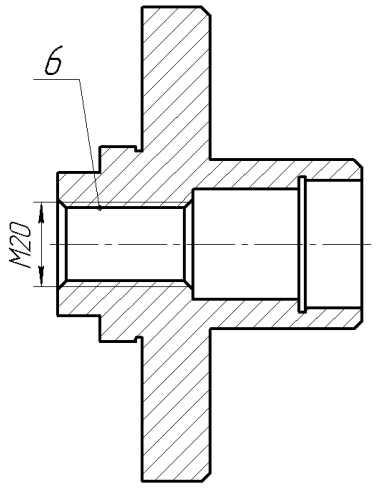
Продолжение таблицы 6

1	2	3
		3. Позиция ПР–2 Подрезать торец 13 окончательно
		4. Позиция ПР–3 Подрезать торец 9 однократно
		5. Позиция РГ–1 Расточить поверхность 22 однократно, подрезать торец 7 однократно последовательно

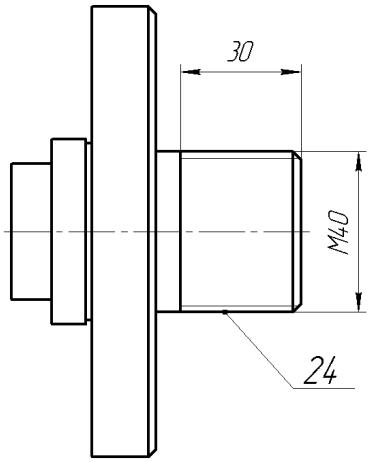
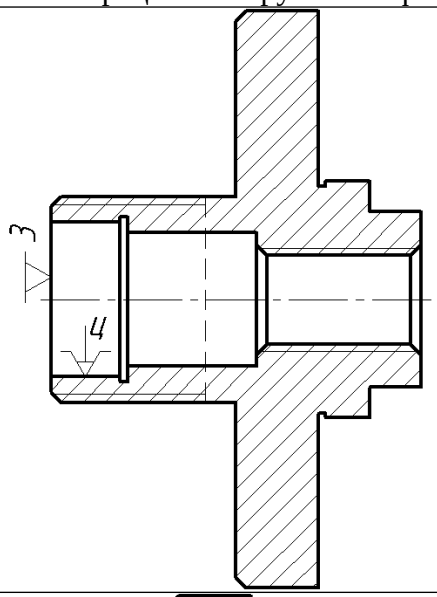
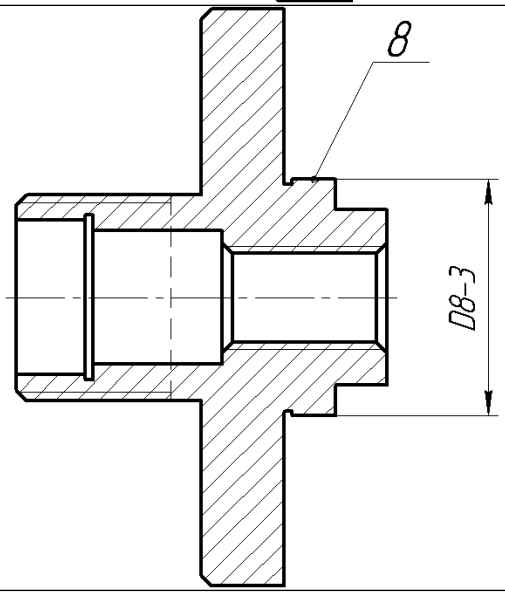
Продолжение таблицы 6

1	2	3
		6. Позиция РГ–2 Точить поверхность 24 однократно, зенковать фаску одновременно
		7. Позиция РГ–3 Расточить поверхность 28 предварительно, подрезать торец 11 однократно последовательно
		8. Позиция РГ–4 Расточить поверхность 28 предварительно, подрезать торец 11 окончательно последовательно

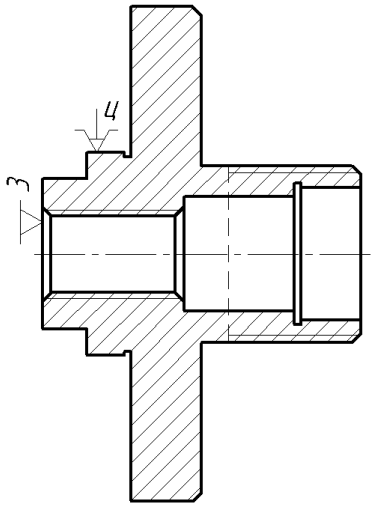
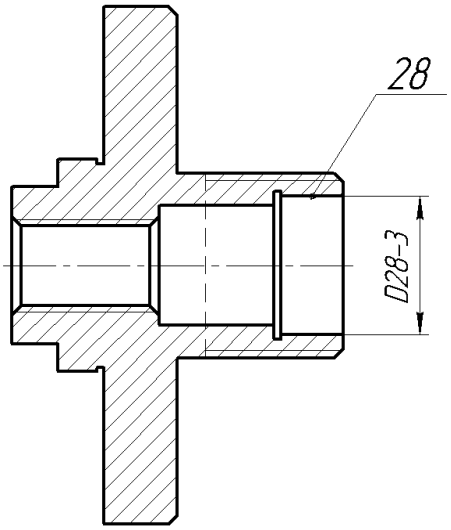
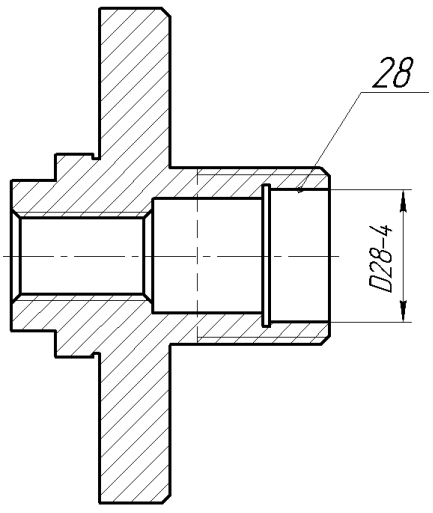
Продолжение таблицы 6

1	2	3
		9. Позиция ПР–4 Расточить канавку 26
		10. Позиция ЗР Точить фаску 18, точить фаску 30 одновременно
		11. Позиция РГ–5 Нарезать резьбу в отверстии 6

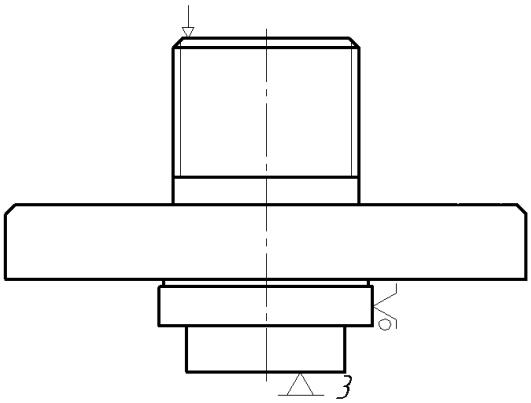
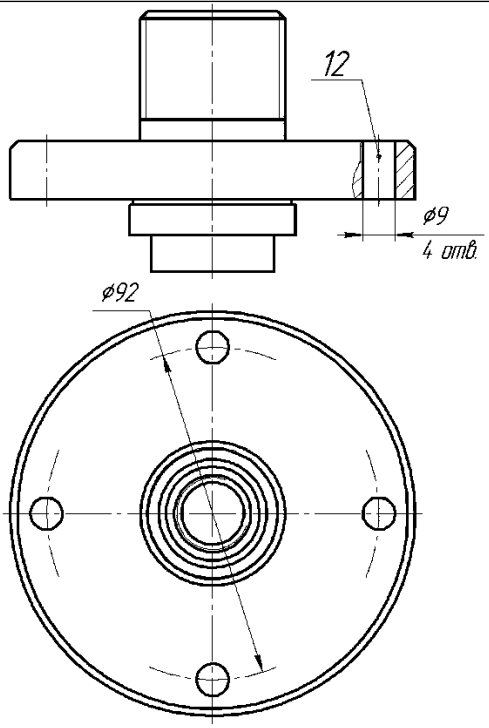
Продолжение таблицы 6

1	2	3
		12. Позиция РГ–6 Нарезать резьбу на поверхности 24
Операция 015 круглошлифовальная		
		1. Установить и снять заготовку ПР: патрон цанговый
8		2. Шлифовать поверхность 8 однократно

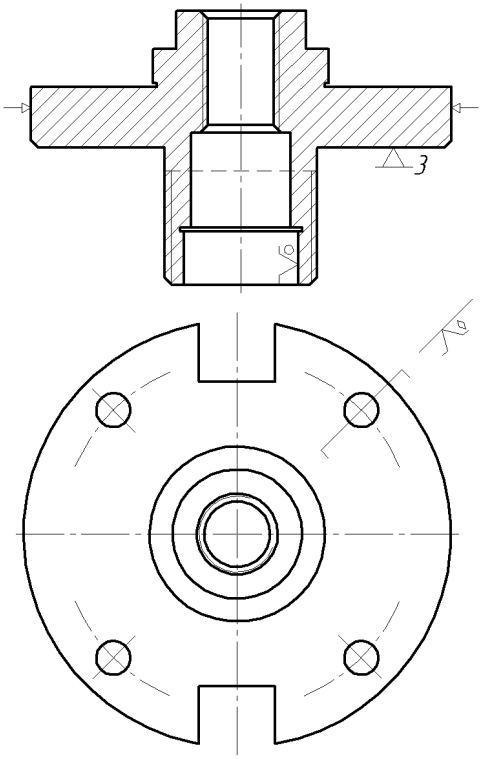
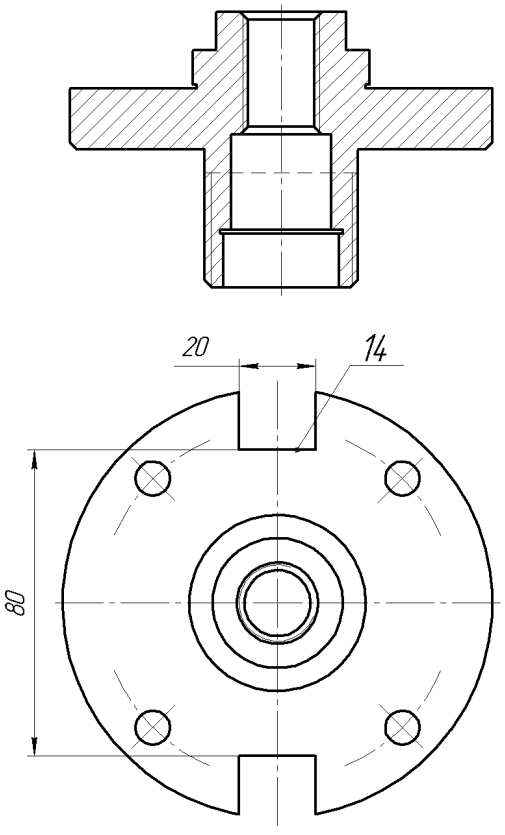
Продолжение таблицы 6

1	2	3
Операция 020 внутришлифовальная		
		1. Установить и снять заготовку ПР: патрон цанговый
28		2. Шлифовать поверхность 28 предварительно
28		3. Шлифовать поверхность 28 окончательно

Продолжение таблицы 6

1	2	3
Операция 025 вертикально-сверлильная		
		1. Установить и снять заготовку ПР: специальное
12		2. Сверлить 4 отверстия 12 последовательно

Продолжение таблицы 6

1	2	3
Операция 030 Горизонтально-фрезерная		
		1. Установить и снять заготовку ПР: специальное
14		2. Фрезеровать 2 паза 14 последовательно

6.2 Обоснование выбора оборудования

Оборудование для каждой операции необходимо подбирать с учетом следующих факторов:

1) выбранный станок должен обеспечить выполнение технологических требований, предъявляемых к обрабатываемой детали – необходимые точность, шероховатость и размеры обработки;

2) рабочая зона станка должна соответствовать габаритным размерам обрабатываемой детали;

3) производительность станка должна соответствовать заданной программе выпуска деталей;

4) мощность, жесткость и кинематические возможности станка должны позволять вести обработку на оптимальных режимах резания с наименьшими затратами времени и себестоимости.

Операции 005 и 010 Токарно-револьверные

На данных операциях используется токарно-револьверный станок модели 1Е340П. Краткая техническая характеристика содержится в таблице 7.

Таблица 7 – Технические характеристики ТРС модели 1Е340П

Параметр										Значение	
Наибольший диаметр прутка, мм										40	
Наибольший диаметр заготовки, закрепляемой в патроне над поперечным суппортом, мм										200	
Максимальная рекомендуемая длина обработки, мм										160	
Максимальный ход поперечного суппорта, мм: продольный поперечный										 340 260	
Частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$										48–2000	
48	67	95	130	190	260	380	530	750	1050	1500	2000
Рабочая подача револьверного суппорта, мм/об										0,05–1,6	
0,05	0,071	0,10	0,14	0,20	0,28	0,40	0,56	0,80		1,10	1,60
Быстрый ход револьверного суппорта, мм/мин										2500	
Рабочая подача поперечного суппорта, мм/об продольная										 0,05–1,6	
0,05	0,071	0,10	0,14	0,20	0,28	0,40	0,56	0,80		1,10	1,60
поперечная										0,025–0,8	

0,025	0,036	0,05	0,071	0,10	0,14	0,20	0,28	0,40	0,56	0,80
Мощность электродвигателя главного движения, кВт									6,3	

Операции 015 Круглошлифовальная и 020 Внутришлифовальная

На данных операциях используется круглошлифовальный станок модели 3К12. Краткая техническая характеристика содержится в таблице 8.

Таблица 8 – Краткая техническая характеристика станка 3К12

Параметр	Значение
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм	200
Наибольшая длина обрабатываемого изделия (РМЦ), мм	500
Наибольшая длина шлифования, мм	450
Наибольший диаметр круглого шлифования, мм	200
Рекомендуемый диаметр круглого шлифования, мм	8..60
Рекомендуемый диаметр внутреннего шлифования, мм	25..100
Наибольшее продольное перемещение стола от руки/автомат, мм	550/ 500
Перемещение шлифовальной бабки относительно верхних салазок, мм	230
Поворот шлифовальной бабки, град	90
Шлифовальный круг по ГОСТ 2424-67	350х40х127
Частота вращения шпинделя наружного шлифования, об/мин	2720
Диаметр внутришлифовальной головки, мм	17х20х6 30х25х10 40х32х16
Число оборотов внутришлифовального шпинделя	16750
Электродвигатель шпинделя шлифовальной бабки 2М, кВт	5,5
Электродвигатель внутришлифовального шпинделя 7М, кВт	1,1
Габаритные размеры станка (длина х ширина х высота), м	2,6х1,9х2

Операция 025 Вертикально-сверлильная

На данной операции используется вертикально-сверлильный станок 2Н125Л. Краткая техническая характеристика станка указана в таблице 9.

Таблица 9 – Краткая техническая характеристика станка 2Н125Л

Параметр	Значение
Наибольший диаметр сверления, мм	25
Рабочая поверхность стола, мм	Ø400
Наибольшее осевое перемещение шпинделя, мм	150
Вылет шпинделя от колонки, мм	250
Расстояние от торца шпинделя до стола, мм	700
Число скоростей шпинделя	9
Частота вращения шпинделя, мм/мин	90–1420
Число подач шпинделя	3
Подача, мм/об	0,1–0,3
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	1,5

Операция 030 Горизонтально-фрезерная

На данной операции выбран горизонтально-фрезерный станок модели 6Р81Ш. Краткая техническая характеристика станка указана в таблице 9.

Таблица 9 – Краткая техническая характеристика станка 6Р81Ш

Параметра	Значение
Размеры рабочей поверхности стола (длина х ширина), мм	1000 х 250
Наименьшее и наибольшее расстояние от оси шпинделя до стола	50..400
Наибольшее перемещение стола продольное (ось X), мм	630
Наибольшее перемещение стола поперечное (ось Y), мм	200
Наибольшее перемещение стола вертикальное (ось Z), мм	350
Частота вращения шпинделя, об/мин	31,5..1600
Количество скоростей шпинделя	18
Число ступеней рабочих подач стола	16
Пределы продольных и поперечных рабочих подач, мм/мин	25..800
Пределы рабочих подач. Вертикальных, мм/мин	8,3..266,7
Электродвигатель привода главного движения, кВт	5,5

6.3 Обоснование выбранных схем базирования по операциям

Выбора баз является одним из важнейших вопросов при разработке технологического процесса деталей, т.к. правильным выбором баз в значительной степени обеспечивется точность обработки. Особенно важно выбрать базовую поверхность для выполнения первой операции – черновую базу.

Операция 005 Токарно-револьверная

Установ А

На рассматриваемом установе требуется обработать поверхности 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 и 16. Для ориентации (базирования) заготовки в качестве черновых баз выбраны необработанные цилиндрическая поверхность 24 и торец 13.

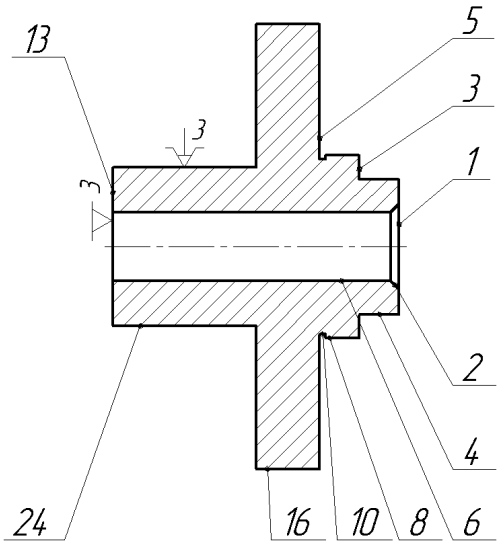


Рисунок 5 – Схема базирования при установе А операции 005

Поверхность 24, исходя из ее протяженности, принята в качестве двойной направляющей базы. Она лишает заготовку четырех степеней свободы (перемещения вдоль двух осей и поворота относительно этих же осей).

Поверхность 13 принята в качестве опорной базы. Она лишает заготовку одной из трех степеней свободы (перемещения вдоль одной оси).

Основания, послужившие для выбора черновых баз:

1) поверхности черновых баз обеспечивают достаточно устойчивое положение заготовки в приспособлении;

2) на данном установе ведется обработка поверхностей, высокие требования к точности не предъявляются.

Эта схема установки обеспечивает неполную ориентацию заготовки в системе координат станка, т. к. заготовка оказывается лишенной пяти степеней свободы (три перемещения и два поворота относительно координатных осей). Данная ориентация достаточна для обеспечения точности всех обрабатываемых на операции поверхностей.

Операция 010 Токарно-револьверная

Установ Б

На рассматриваемом установе требуется обработать поверхности 7, 9, 11, 13, 18, 20, 22, 24, 26, 28 и 30. Для ориентации (базирования) заготовки в

качестве чистовых баз выбраны обработанные на предыдущем установе цилиндрическая поверхность 8 и торец 1.

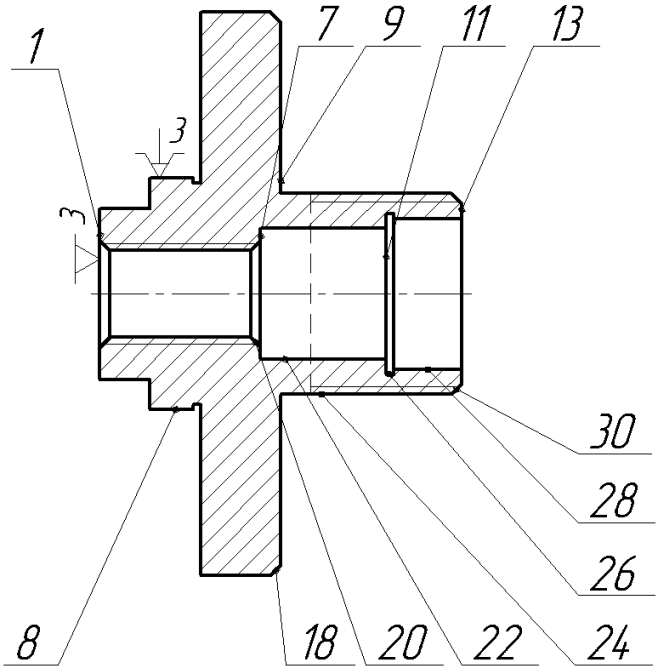


Рисунок 6 – Схема базирования при установе Б операции 010

Поверхность 1 выбрана в качестве установочной базы, которая лишает заготовку трёх степеней свободы (перемещения вдоль одной оси и поворота относительно двух других осей).

Поверхность 8 принята в качестве двойной опорной базы. Она лишает заготовку двух степеней свободы (перемещения вдоль двух координатных осей).

Такая схема установки обеспечивает неполную ориентацию заготовки в системе координат станка, т. к. заготовка оказывается лишенной пяти степеней свободы (три перемещения и два поворота относительно координатных осей). Данная ориентация достаточна для обеспечения точности всех обрабатываемых на операции поверхностей.

Операция 015 Круглошлифовальная

На рассматриваемой операции требуется обработать цилиндрическую поверхность 8. Для обеспечения соосности обрабатываемой поверхности общей оси детали в качестве двойной опорной базы принимается поверхность 28. Торец 13 рассматривается в качестве установочной базы.

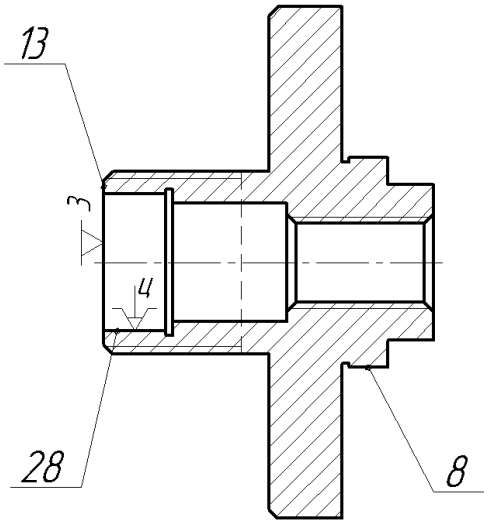


Рисунок 7 – Схема базирования для операции 015

Операция 020 Внутришлифовальная

На рассматриваемой операции требуется обработать отверстие 28. Для обеспечения соосности обрабатываемой поверхности общей оси детали в качестве двойной опорной базы принимается поверхность 8. Торец 1 рассматривается в качестве установочной базы.

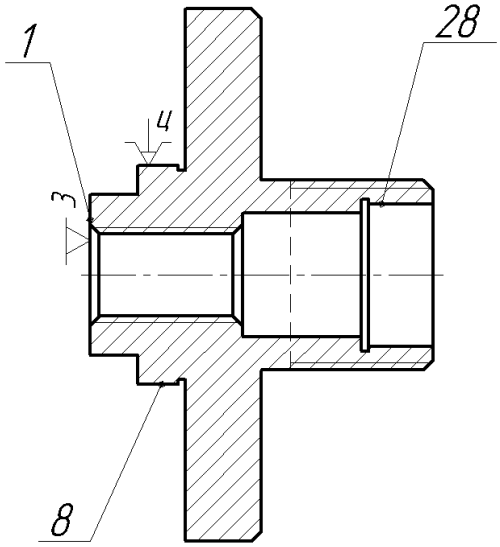


Рисунок 8 – Схема базирования для операции 020

Операция 025 Вертикально-сверлильная

На рассматриваемой операции требуется обработать четыре отверстия 12. Для ориентации (базирования) заготовки в качестве чистовых баз выбраны обработанные цилиндрическая поверхность 8 и торец 1.

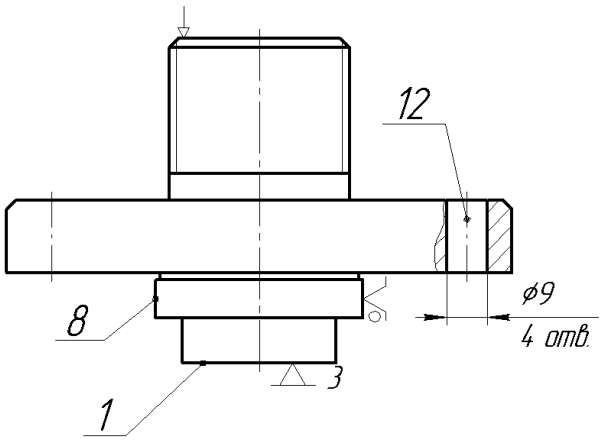


Рисунок 9 – Схема базирования для операции 020

Поверхность 1 является установочной базой, поверхность 8 – двойной опорной базой. В результате заготовка лишена 5 степеней свободы.

Операция 030 Горизонтально-фрезерная

На рассматриваемой операции требуется обработать два паза 14.

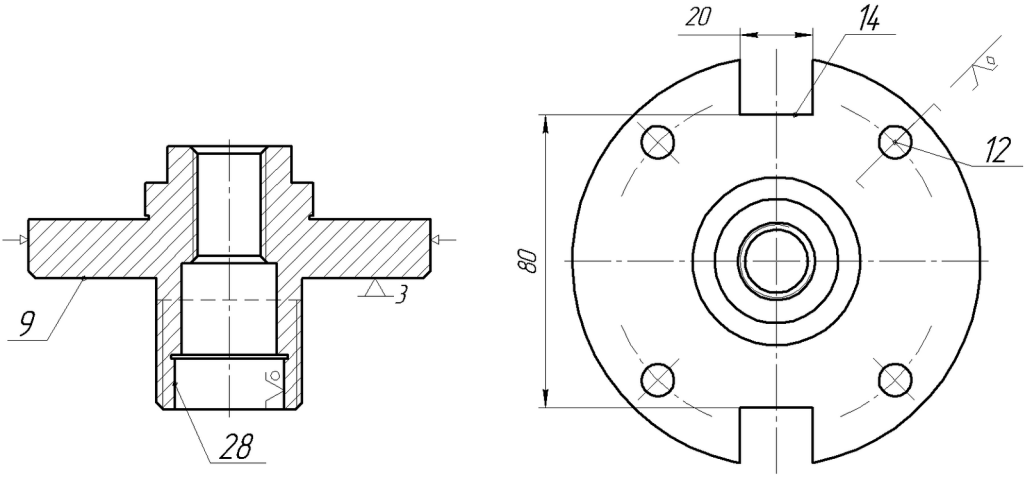


Рисунок 10 – Схема базирования для операции 030

Поверхность 9 является установочной базой, поверхность 28 служит двойной опорной базой, а отверстие 12 – одинарной опорной базой.

7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИПУСКОВ И ДИАМЕТРАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ

Поверхность №4. Данная наружная поверхность диаметром Ø34h14 ($Ø34_{-0,62}$) включает два этапа обработки: «Точить предварительно», «Точить окончательно».

Допуск размера на каждом переходе назначается по таблице экономической точности.

Для рассматриваемой поверхности для перехода «Точить окончательно» в зависимости от длины и диаметра обработки назначается номинальный припуск на диаметр $2Z_2 = 1,4$ мм.

Номинальный припуск для перехода «Точить предварительно» определяется как разность между общим припуском и припуском для чистового перехода:

$2Z_1 = Z_{об} – 2Z_2$,

$2Z_1 = 2,6 – 1,4 = 1,2$ мм.

Размер на втором (последнем) переходе известен из чертежа детали. Размер исходной заготовки определен в главе 2.

Определение номинального размера после первого перехода:

$D_1 = D_2 + 2Z_2$,

$D_2 = 34 + 1,4 = 35,4$ мм.

Максимальный припуск на диаметр на втором переходе Z_{2max}:

$2Z_{2max} = 2Z_2 + Td_2$,

$2Z_{2max} = 1,4 + 0,62 = 2,02$ мм.

Максимальный припуск на диаметр на первом переходе Z_{1max}:

$2Z_{1max} = 2Z_1 + Td_1 + ES_0$,

$2Z_{1max} = 1,2 + 0,62 + 0,9 = 2,92$ мм

Поверхность №8. Данная поверхность диаметром Ø46h8 ($Ø46_{-0,039}$) включает три этапа обработки: «Точить предварительно», «Точить окончательно», «Шлифовать однократно».

Номинальные припуски на диаметр на втором и третьем переходах $2Z_2 = 1,5$; $2Z_3 = 0,3$ мм.

Номинальный припуск для перехода «Точить предварительно» определяется как разность между общим припуском и суммой припусков на переходах «Точить окончательно», «Шлифовать однократно»:

$2Z_1 = Z_{об} – (2Z_2 + 2Z_3)$,

$2Z_1 = 2,8 – (1,4 + 0,3) = 1,1$ мм.

Определения номинальных размеров:

$D_2 = D_3 + 2Z_3$,

$D_2 = 46 + 0,3 = 46,3$ мм,

$D_1 = D_2 + 2Z_2$,

$D_1 = 46,3+1,4 = 47,7$ мм.

Максимальные припуски на каждом из переходов:

$2Z_{3max} = 2Z_3+Td_3$,

$2Z_{3max} = 0,3+0,039 = 0,339$ мм,

$2Z_{2max} = 2Z_2+Td_2$,

$2Z_{2max} = 1,4+0,1 = 1,5$ мм.

Максимальный припуск на диаметр на первом переходе Z_{1max}:

$2Z_{1max} = 2Z_1+Td_1+ ES_0$,

$2Z_{1max} = 1,1+0,25+1,1 = 2,45$ мм.

Поверхность №16. Данная поверхность диаметром Ø112h14 ($Ø112_{-0,87}$) включает один этап обработки «Точить однократно».

Номинальный припуск на первом переходе будет равен общему припуску заготовки: $2Z_1 = 2Z_{об} = 3,0$ мм.

Операционный размер на первом переходе равен размеру на чертеже детали: $D_{16-1} = Ø112_{-0,87}$.

Поверхность №22. Данная поверхность диаметром Ø26h14 ($Ø26^{+0,52}$) включает один этап обработки, который называется «Расточить однократно».

Припуск на первом переходе будет равен остаточному напуску заготовки после сверления: $2Z_{нап} = D_{22-1}-D_{свер} = 26 – 17,4 = 8,6$ мм.

Операционный размер на первом переходе равен размеру на чертеже детали: $D_{22-1} = 26^{+0,52}$.

Поверхность №24. Данная поверхность диаметром Ø40h14 ($Ø40_{-0,62}$) включает один этап обработки «Точить однократно».

Номинальный припуск на первом переходе будет равен общему припуску заготовки: $2Z_1 = 2Z_{об} = 2,6$ мм.

Операционный размер на первом переходе равен размеру на чертеже детали: $D_{24-1} = 40_{-0,62}$.

Поверхность №28. Данная внутренняя поверхность диаметром Ø30H6 ($Ø30^{+0,013}$) включает четыре этапа обработки: «Расточить предварительно», «Расточить окончательно», «Шлифовать предварительно», «Шлифовать окончательно».

Номинальные припуски на диаметр на втором, третьем и четвертом переходах $2Z_2 = 0,8$; $2Z_3 = 0,3$; $2Z_4 = 0,2$ мм.

Номинальный припуск для перехода «Расточить предварительно» определяется как разность между общим припуском и суммой припусков на переходах «Расточить окончательно», «Шлифовать предварительно», «Шлифовать окончательно»:

$2Z_1 = Z_{об}–(2Z_2+2Z_3+2Z_4)$,

$2Z_1 = 4,2–(0,8+0,3+0,2) = 2,7$ мм.

Определение номинальных размеров:

$D_3 = D_4 – 2Z_4$,

$D_3 = 30 – 0,2 = 29,8$ мм,

$D_2 = D_3 – 2Z_3$,

$D_2 = 29,8 – 0,3 = 29,5$ мм,

$D_1 = D_2 – 2Z_2$,

$D_1 = 29,5–0,8 = 28,7$ мм.

Максимальные припуски на каждом из переходов:

$2Z_{4max} = 2Z_4+Td_4$,

$2Z_{4max} = 0,2+0,013 = 0,213$ мм,

$2Z_{3max} = 2Z_3+Td_3$,

$2Z_{3max} = 0,3+0,033 = 0,333$ мм,

$2Z_{2max} = 2Z_2+Td_2$,

$2Z_{2max} = 0,8+0,084 = 0,884$ мм.

Максимальный припуск на диаметр на первом переходе Z_{1max}:

$2Z_{1max} = 2Z_1+Td_1+ EI_0$,

$2Z_{1max} = 2,7+0,21+0 = 2,91$ мм.

Все полученные операционные размеры занесены в таблицу 10.

Таблица 10 – Определение промежуточных припусков и операционных диаметральных размеров

Номер перехода	Содержание перехода	Td, мм	$Z_{ном}$, мм	Z_{max}, мм	D_i, мм	ES, мм	EI, мм
Поверхность № 4							
0	Заготовка	1,4	1,3 2,6		Ø36,6	+0,9	-0,5
1	Точить предварительно	0,62	0,6 1,2	1,46 2,92	Ø35,4	0	-0,62
2	Точить окончательно	0,62	0,7 1,4	1,01 2,02	Ø34	0	-0,62
Поверхность №8							
0	Заготовка	1,6	1,4 2,8		Ø48,8	+1,1	-0,5
1	Точить предварительно	0,25	0,65 1,1	1,225 2,45	Ø47,7	0	-0,25
2	Точить окончательно	0,1	0,7 1,4	0,75 1,5	Ø46,3	0	-0,1
3	Шлифовать однократно	0,039	0,15 0,3	0,1695 0,339	Ø46	0	-0,039
Поверхность №16							
0	Заготовка	2,0	1,5 3		Ø115	+1,3	-0,7
1	Точить однократно	0,87	1,5 3	2,585 5,17	Ø112	0	-0,87
Поверхность №22							
0	Заготовка (сверление)	0,53	4,3 8,6		Ø17,4	+0,53	0
1	Расточить однократно	0,52	4,3 8,6	4,3 8,6	Ø26	+0,52	0
Поверхность №24							
0	Заготовка	1,6	1,3 2,6		Ø42,6	+1,1	-0,5
1	Точить однократно	0,62	1,3 2,6	2,16 4,32	Ø40	0	-0,62
Поверхность №28							
0	Заготовка (растачивание)	0,52	2 4		Ø26	+0,52	0
1	Расточить предварительно	0,21	1,35 2,7	1,455 2,91	Ø28,7	+0,21	0
2	Расточить окончательно	0,084	0,4 0,8	0,442 0,884	Ø29,5	+0,084	0
3	Шлифовать предварительно	0,033	0,15 0,3	0,1655 0,333	Ø29,8	+0,033	0
4	Шлифовать окончательно	0,013	0,1 0,2	0,1065 0,213	Ø30	+0,013	0

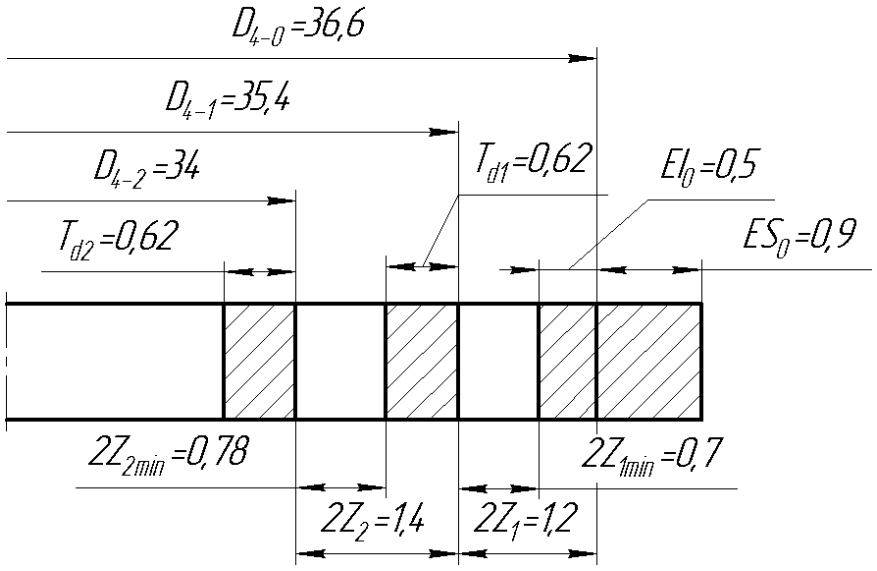


Рисунок 11 – Схема расположения операционных припусков для поверхности 4

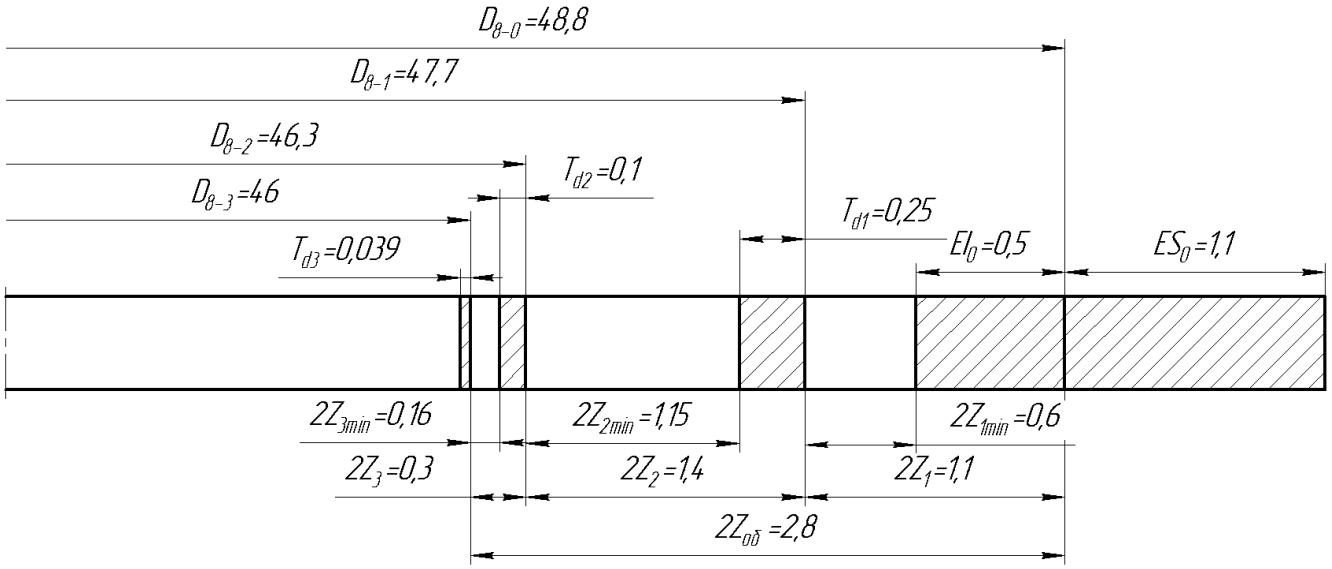


Рисунок 12 – Схема расположения операционных припусков для поверхности 8

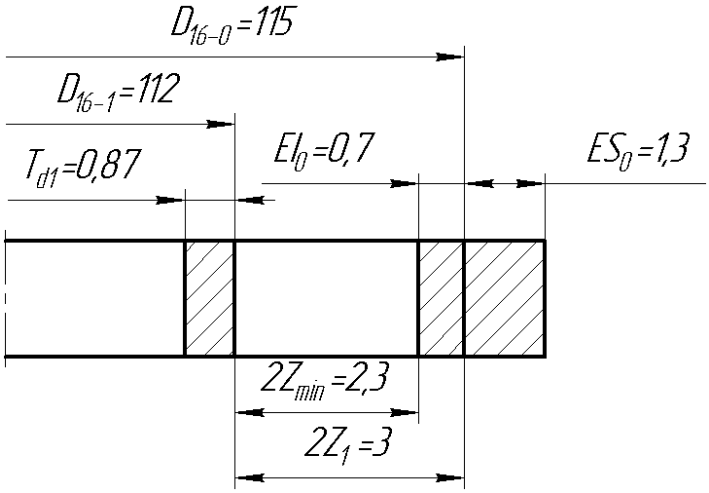


Рисунок 13 – Схема расположения операционных припусков для поверхности 16

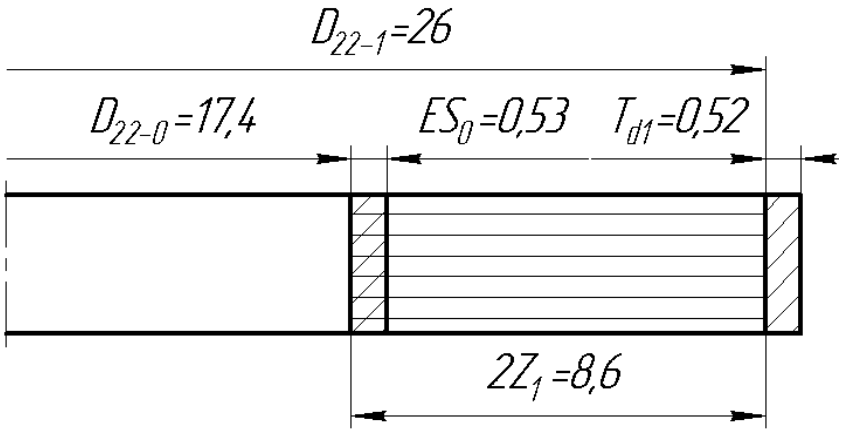


Рисунок 14 – Схема расположения операционных припусков для поверхности 22

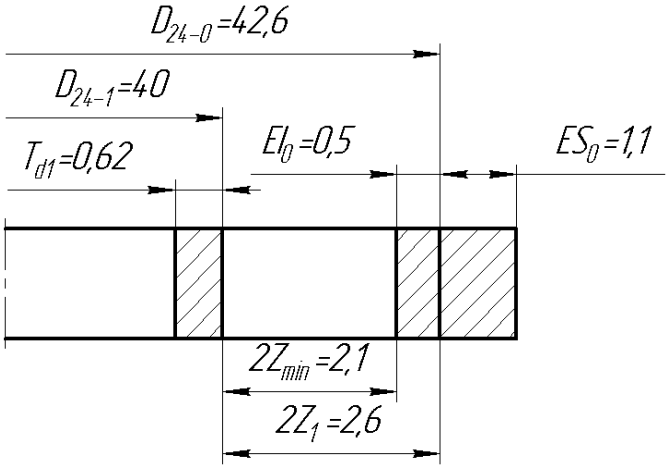


Рисунок 15 – Схема расположения операционных припусков для поверхности 24

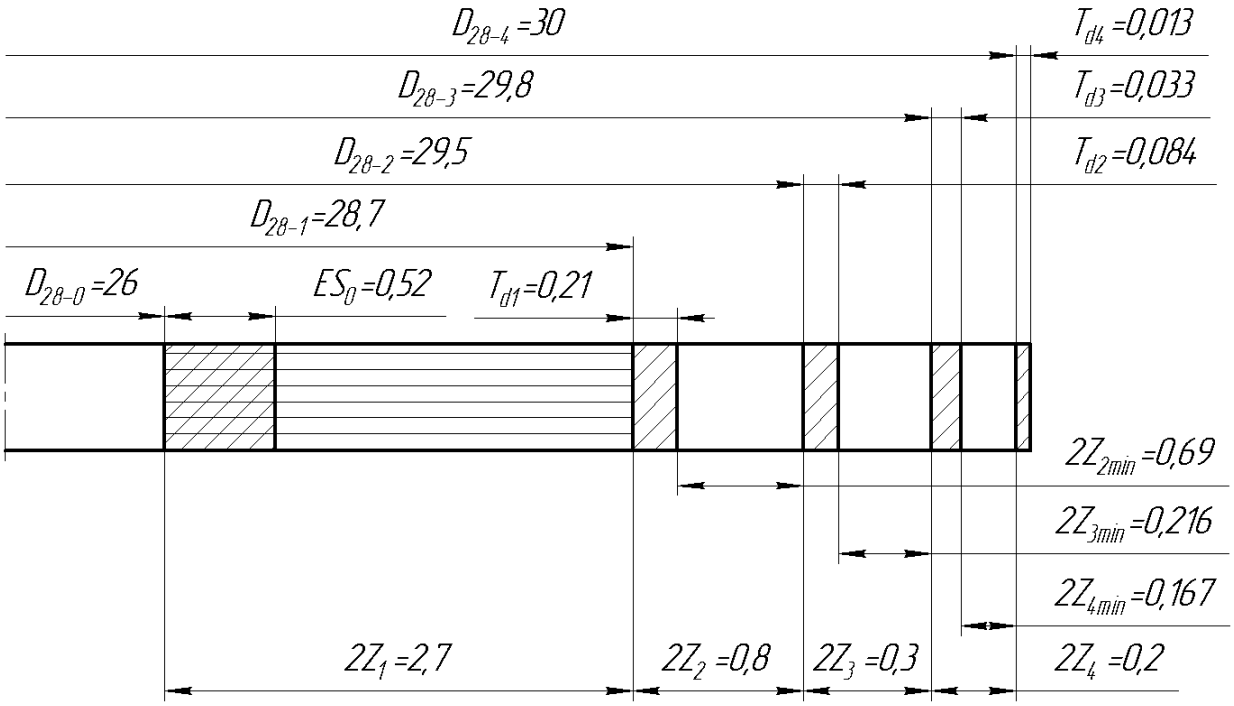


Рисунок 16 – Схема расположения операционных припусков для поверхности 28

8 ЛИНЕЙНЫЙ РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ

8.1 Размерная схема технологического процесса

В соответствии с эскизными планами обработки поверхностей разработана размерная схема технологического процесса для обработки торцовых поверхностей (см. рис. 13). Схема строится в следующей последовательности: размеры исходной заготовки, затем технологические размеры по операциям с минимальными припусками по маршруту обработки и в конце обозначаются конструкторские размеры с рабочего чертежа.

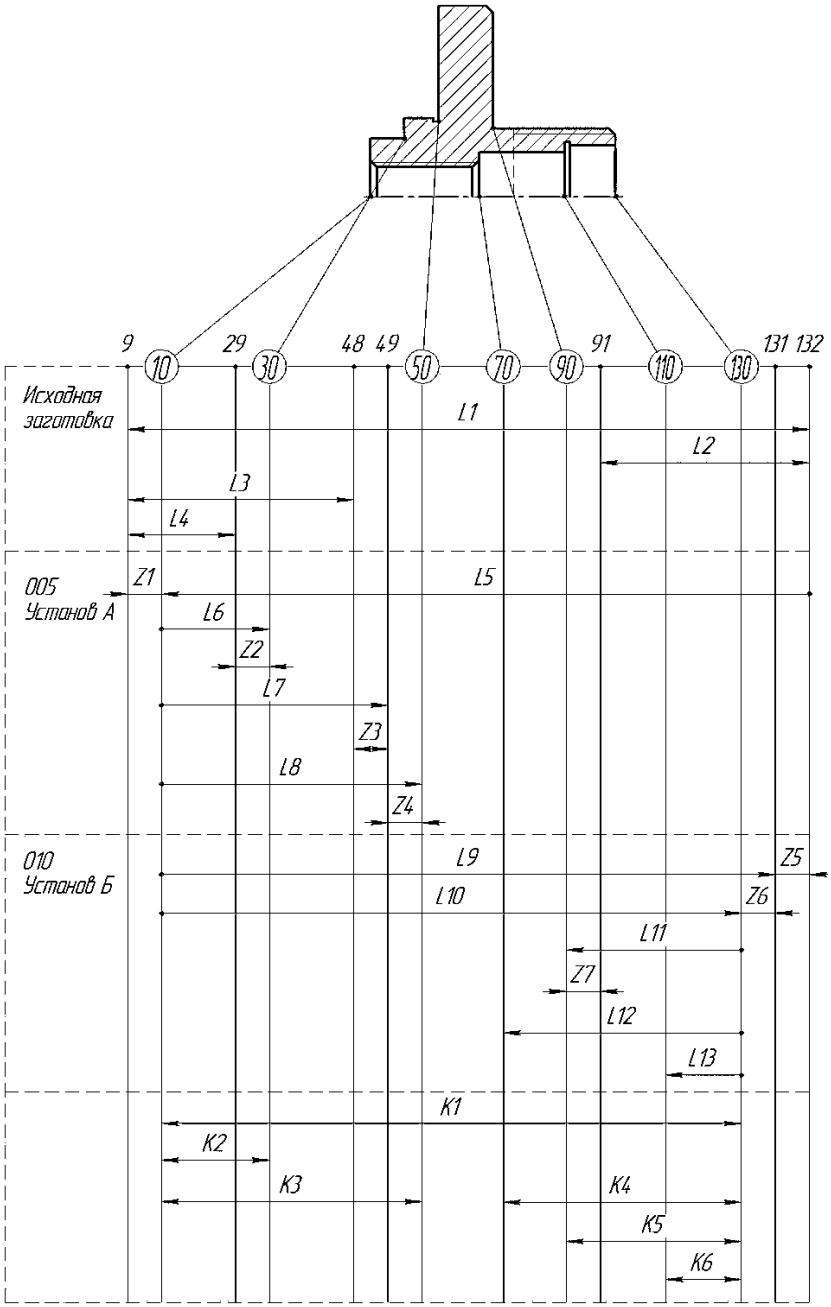


Рисунок 17 – Размерная схема технологического процесса

8.2 Назначение предварительных допусков

Допуски выбираются по ЕСТД [1, стр 145, табл. П.5.1] в соответствии с точностью того или иного этапа обработки. Руководствуясь размерной схемой, назначаются допуски на операционные размеры и размеры исходной заготовки, представленные в табл. 11.

Таблица 11 – Назначение допусков на технологические размеры

Технологические размеры	Этап обработки	Точность до корректировки		Точность после корректировки	
		Квалитет	Допуск	Квалитет	Допуск
L_1	Заготовка	–	2,0		
L_2	Заготовка	–	1,4		
L_3	Заготовка	–	1,4		
L_4	Заготовка	–	1,4		
L_5	I	14	0,74		
L_6	I	14	0,36		
L_7	I	14	0,52		
L_8	II	11	0,13		
L_9	I	14	0,74	12	0,3
L_{10}	II	11	0,19		
L_{11}	I	14	0,62		
L_{12}	I	14	0,62		
L_{13}	I	14	0,43		

В соответствии с таблицей экономической точности механообработки [1, с 144, табл. П5.7] назначаются минимальные припуски на подрезку торцов, которые представлены в виде таблицы 12.

Таблица 12 – Припуски на технологические размеры

Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7
1,2	0,9	1,3	0,45	0,9	0,35	1,3

8.3 Построение графов

В соответствии с размерной схемой формируется исходный и производный графы. Вершинами на исходном графе являются номера поверхностей, а ребрами конструкторские размеры и припуски (рис. 18).

На производном графе вершины также образуют номера поверхностей, а в качестве ребер выступают технологические размеры и размеры исходной заготовки (см. рис. 19).

Совмещенный граф является математической моделью всего технологического процесса (см. рис 20).

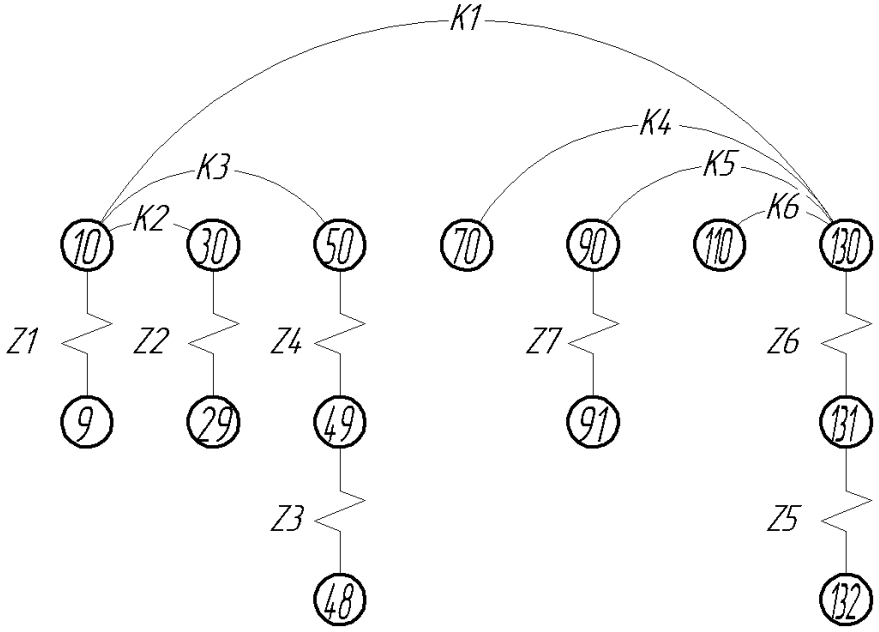


Рисунок 18 – Исходный граф

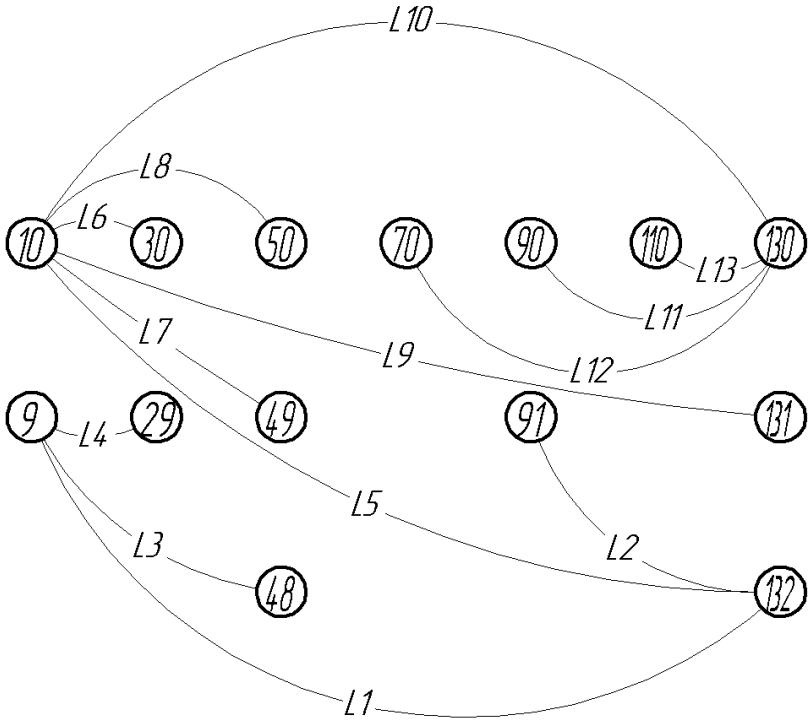


Рисунок 19 – Производный граф

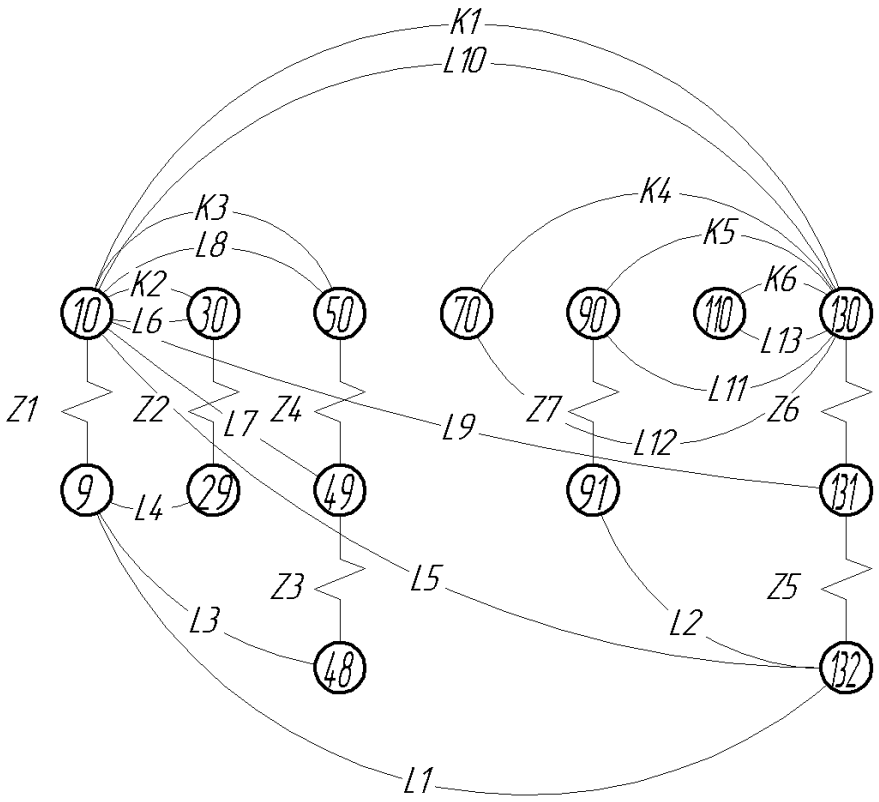


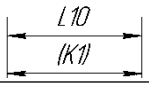
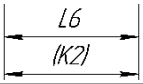
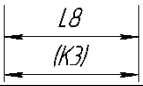
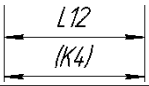
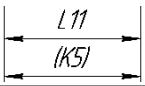
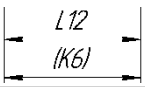
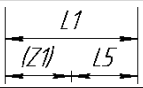
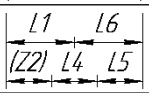
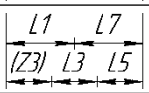
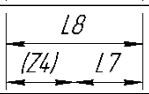
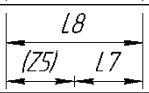
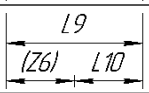
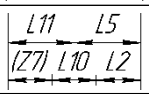
Рисунок 20 – Совмещенный граф

8.4 Канонические уравнения размерных цепей

На основании полученных графов составляются канонические уравнения размерных цепей. Для записи уравнения необходимо на исходном графе определить, какие вершины связывает замыкающее звено. Далее на производном графе нужно осуществить перемещение из вершины с меньшим номером к вершине с большим номером. При этом нужно учитывать то обстоятельство, что если вершины возрастают в направлении обхода, то очередное звено записывается в уравнение со знаком "плюс" и считается увеличивающим, а если наоборот, то запись звена в уравнение осуществляется со знаком "минус", и звено считается уменьшающим.

В соответствии с описанным правилом канонические уравнения для рассматриваемого примера будут иметь вид, представленный в табл. 13.

Таблица 13 – Канонические уравнения размерных цепей

№ п/п	Канонические уравнения	Уравнения замыкающего звена	Размерная цепь
1	$-K_1+L_{10}=0$	$K_1=L_{10}$	
2	$-K_2+L_6=0$	$K_2=L_6$	
3	$-K_3+L_8=0$	$K_3=L_8$	
4	$-K_4+L_{12}=0$	$K_4=L_{12}$	
5	$-K_5+L_{11}=0$	$K_5=L_{11}$	
6	$-K_6+L_{13}=0$	$K_6=L_{13}$	
7	$-Z_{1min}+L_1-L_5=0$	$Z_{1min}=L_1-L_5$	
8	$-Z_{2min}-L_4+L_1-L_5+L_6=0$	$Z_{2min}=-L_4+L_1-L_5+L_6$	
9	$-Z_{3min}-L_3+L_1-L_5+L_7=0$	$Z_{3min}=-L_3+L_1-L_5+L_7$	
10	$-Z_{4min}-L_7+L_8=0$	$Z_{4min}=-L_7+L_8$	
11	$-Z_{5min}-L_9+L_5=0$	$Z_{5min}=-L_9+L_5$	
12	$-Z_{6min}-L_{10}+L_9=0$	$Z_{6min}=-L_{10}+L_9$	
13	$-Z_{7min}+L_{11}-L_{10}+L_5-L_2=0$	$Z_{7min}=+L_{11}-L_{10}+L_5-L_2$	

8.5 Проверка обеспечения точности конструкторских размеров

Условие обеспечения точности:

$$IT(K_i)\geq\sum IT(L_i)$$

В данном случае нам необходимо выполнить проверку шести конструкторских размеров:

1) $IT(K_1) \geq IT(L_{10})$

0,74 > 0,22 Условие выполнено

2) $IT(K_2) \geq IT(L_6)$

0,36 = 0,36 Условие выполнено

3) $IT(K_3) \geq IT(L_8)$

0,52 > 0,13 Условие выполнено

4) $IT(K_4) \geq IT(L_{12})$

0,62 = 0,62 Условие выполнено

5) $IT(K_5) \geq IT(L_{11})$

0,62 = 0,62 Условие выполнено

6) $IT(K_6) \geq IT(L_{13})$

0,43 = 0,43 Условие выполнено

Результаты проверки занесены в таблицу 14.

Таблица 14 – Учет полученных запасов точности

№	Конструкторский размер по чертежу	Запас точности	Конструкторский размер при расчетах
K_1	$72_{-0,74}$	0,52	$72_{-0,22}$
K_2	$10_{-0,36}$	0	$10_{-0,36}$
K_3	$20_{-0,52}$	0,39	$20_{-0,13}$
K_4	$40_{-0,62}$	0	$40_{-0,62}$
K_5	$36_{-0,62}$	0	$36_{-0,62}$
K_6	$15_{-0,43}$	0	$15_{-0,43}$

8.6 Проверка поля рассеивания припусков

Условие проверки формулируется следующим образом: отношение максимального припуска к минимальному на окончательных чистовых переходах не должно быть более трех:

$$\frac{Z_{imax}}{Z_{imin}} \leq 3$$

Максимальный припуск определяется следующим образом:

$$Z_{max} = Z_{min} + wZ$$

Диапазон колебания припуска или допуск припуска рассчитывается по формуле:

$$wZ = \sum IT(L_i)$$

Для данного варианта диапазоны колебаний припусков:

1)$wZ_1 = IT(L_1) + IT(L_5) = 2,0 + 0,74 = 2,74$ мм

2)$wZ_2 = IT(L_4) + IT(L_1) + IT(L_5) + IT(L_6) = 1,4 + 2,0 + 0,74 + 0,36 = 4,5$мм

3)$wZ_3 = IT(L_3) + IT(L_1) + IT(L_5) + IT(L_7) = 1,4 + 2,0 + 0,74 + 0,52 = 4,66$мм

4)$wZ_4 = IT(L_7) + IT(L_8) = 0,52 + 0,13 = 0,65$ мм

5)$wZ_5 = IT(L_9) + IT(L_5) = 0,74 + 0,74 = 1,48$ мм

6)wZ_6 = IT(L_{10}) + IT(L_9) = 0,19 + 0,74 = 0,93 мм

7)wZ_7 = IT(L_{11}) + IT(L_{10}) + IT(L_5) + IT(L_2) = 0,62 + 0,19 + 0,74 + 1,4=3мм

Определение максимальных значений припусков:

Z_{1max} = 1,2 + 2,74 = 3,94 мм

Z_{2max} = 0,9 + 4,5 = 5,4 мм

Z_{3max} = 1,2 + 4,66 = 5,86 мм

Z_{4max} = 0,45 + 0,65 = 1,1 мм

Z_{5max} = 0,9 + 1,48 = 2,38 мм

Z_{6max} = 0,35 + 0,93 = 1,28 мм

Z_{7max} = 1,3 + 2,95 = 4,25 мм

Далее рассчитывается отношение:

1) $\frac{Z_{1max}}{Z_{1min}} = \frac{3,94}{1,2} = 3,28$

2) $\frac{Z_{2max}}{Z_{2min}} = \frac{5,4}{0,9} = 6$

3) $\frac{Z_{3max}}{Z_{3min}} = \frac{5,96}{1,3} = 4,51$

4) $\frac{Z_{4max}}{Z_{4min}} = \frac{1,1}{0,45} = 2,44$ Условие выполнено

5) $\frac{Z_{5max}}{Z_{5min}} = \frac{2,38}{0,9} = 2,64$

6) $\frac{Z_{6max}}{Z_{6min}} = \frac{1,28}{0,35} = 3,66$ Условие не выполнено

Для выполнения 6 условия необходимо ужесточить точность технологического размера L_9 до 12 квалитета. В этом случае:

$$\frac{Z_{6max}}{Z_{6min}} = \frac{0,84}{0,35} = 2,4$$

7) $\frac{Z_{7max}}{Z_{7min}} = \frac{4,25}{1,3} = 3,27$

8.7 Определение технологических размеров

Расчет начинается с уравнения с замыкающим конструкторским звеном, где присутствует один неизвестный технологический размер. Это двухзвенная

цепь. Параметры неизвестного технологического размера будут равны аналогичным параметрам конструкторского размера.

$L_6 = K_2 = 10_{-0,36}$

$L_8 = K_3 = 20_{-0,13}$

$L_{10} = K_1 = 72_{-0,22}$

$L_{11} = K_5 = 36_{-0,62}$

$L_{12} = K_4 = 40_{-0,62}$

$L_{13} = K_6 = 15_{-0,43}$

Найденный технологический размер вычеркивается во всех размерных цепях, и находится следующая цепь, в которой неизвестным окажется один технологический размер, и т. д.

Если замыкающим звеном цепи является минимальный припуск, то уравнение эффективнее решать способом предельных значений.

$Z_{6min} = L_{9min} - L_{10max}$

$L_{9min} = Z_{6min} + L_{10max} = 0,35 + 72 = 72,35$

$L_{9max} = L_{9min} + IT(L_9) = 72,35 + 0,3 = 72,65$

$L_9 = 72,65_{-0,3}$

$Z_{5min} = L_{5min} - L_{9max}$

$L_{5min} = Z_{5min} + L_{9max} = 0,9 + 72,65 = 73,55$

$L_{5max} = L_{5min} + IT(L_5) = 73,55 + 0,74 = 74,29$

$L_5 = 74,29_{-0,74}$

$Z_{1min} = L_{1min} - L_{5max}$

$L_{1min} = Z_{1min} + L_{5max} = 1,2 + 74,29 = 75,49$

$L_{1max} = L_{1min} + IT(L_1) = 75,49 + 2,0 = 77,49$

$L_1 = 77,49^{+1,3}_{-0,7}$

$Z_{4min} = L_{8min} - L_{7max}$

$L_{7max} = L_{8min} - Z_{4min} = 19,87 + 0,45 = 19,42$

$L_{7min} = L_{7max} - IT(L_7) = 19,42 + 0,52 = 18,9$

$L_7 = 19,42_{-0,52}$

$Z_{7min} = L_{11min} + L_{5min} - (L_{10max} + L_{2max})$

$L_{2max} = L_{11min} + L_{5min} – L_{10max} – Z_{7min} = 35,38 + 73,55 – 72 – 1,3 = 35,63$

$L_{2min} = L_{2max} – IT(L_2) = 35,63 – 1,4 = 34,23$

$L_2 = 34,73^{+0,9}_{-0,5}$

$Z_{3min} = L_{1min} + L_{7min} – (L_{5max} + L_{3max})$

$L_{3max} = L_{1min} + L_{7min} – L_{5max} – Z_{3min} = 75,49 + 18,9 – 74,29 – 1,3 = 18,8$

$L_{3min} = L_{3max} – IT(L_3) = 18,8 – 1,4 = 17,3$

$L_3 = 17,9^{+0,9}_{-0,5}$

$Z_{2min} = L_{1min} + L_{6min} – (L_{5max} + L_{4max})$

$L_{4max} = L_{1min} + L_{6min} – L_{5max} – Z_{2min} = 75,49 + 9,64 – 74,29 – 0,9 = 9,94$

$L_{4min} = L_{4max} – IT(L_4) = 9,94 – 1,4 = 8,54$

$L_4 = 9,04^{+0,9}_{-0,5}$

Результаты расчетов занесены в таблицу 15.

Таблица 15 – Расчетная таблица

Уравнение замыкающего звена	Определя-емое звено	Порядок расчета	L_{max}, мм	L_{min}, мм	Операцион-ный размер
$K_1 = L_{10}$	L_{10}	1	72	71,68	$72_{-0,22}$
$K_2 = L_6$	L_6	2	10	9,64	$10_{-0,36}$
$K_3 = L_8$	L_8	3	20	19,87	20_{-13}
$K_4 = L_{12}$	L_{12}	4	40	39,38	$40_{-0,62}$
$K_5 = L_{11}$	L_{11}	5	36	35,38	$36_{-0,62}$
$K_6 = L_{13}$	L_{13}	6	15	14,57	$15_{-0,43}$
$Z_{1min} = L_1 - L_5$	L_1	9	77,55	75,55	$76,25^{+1,3}_{-0,7}$
$Z_{2min} = -L_4 + L_1 - L_5 + L_6$	L_4	13	9,94	8,54	$9,04^{+0,9}_{-0,5}$
$Z_{3min} = -L_3 + L_1 - L_5 + L_7$	L_3	12	18,8	17,4	$17,9^{+0,9}_{-0,5}$
$Z_{4min} = -L_7 + L_8$	L_7	10	19,42	18,9	$19,42_{-0,52}$
$Z_{5min} = -L_9 + L_5$	L_5	8	74,35	73,61	$74,35_{-0,74}$
$Z_{6min} = -L_{10} + L_9$	L_9	7	72,71	72,35	$72,71_{-0,36}$
$Z_{7min} = +L_{11} - L_{10} + L_5 - L_2$	L_2	11	35,69	34,29	$34,79^{+0,9}_{-0,5}$

9 ВЫБОР РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

Определение режимов резания на всех операциях необходимо вести в соответствии с нижеследующим алгоритмом: − назначение инструмента и

материала режущей части; − назначение глубины резания. В качестве глубины резания на каждом переходе принимается максимальный припуск.

- выбор подачи по таблице. В соответствии с паспортными данными станка принимается подача, меньшая по значению; − выбор скорости резания по таблице;

- определение частоты вращения шпинделя. В соответствии с паспортными данными принимается ближайшая частота вращения, меньшая по значению;

- уточнение скорости резания в соответствии с принятым значением частоты вращения шпинделя;

-определение силы резания и эффективной мощности резания. Сравнение полученных величин с допустимыми по паспорту станка.

9.1 Выбор режимов резания для операции 005 и 010

Токарно-револьверная

В качестве примера рассмотрен переход «Точить поверхность 4 окончательно».

Обработка выполняется резцом, установленным в резцедержателе револьверной головки. Материал режущей части резца выбран в соответствии с рекомендациями в табл. П.6.1 [1] – Т15К6.

Глубина резания t = 1,01 мм.

Подача при точении назначается в зависимости от качества обрабатываемой поверхности и радиуса при вершине резца.

В рассматриваемом примере

$$S = 0{,}25 \cdot 0{,}45 = 0{,}11 \text{ мм/об.}$$

В соответствии с паспортом станка принимаем подачу S = 0,1 мм/об.

Значение скорости резания $V_{табл}$ определяется по табл. П.6.4 [1], которое корректируется с помощью поправочных коэффициентов, учитывающих конкретные условия обработки:

$V = V_{табл} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_И \cdot K_b \cdot K_q \cdot K_\varphi \cdot K_{\varphi 1} \cdot K_D$, где

$K_Т$ – коэффициент, зависящий от периода стойкости;

$K_М$ – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

$K_С$ – коэффициент, зависящий от состояния металла;

$K_И$ – коэффициент, зависящий от материала режущей части инструмента;

K_b – коэффициент, зависящий от наличия корки или окалины;

K_q – коэффициент, зависящий от поперечного сечения резца;

$K_φ$ – коэффициент, зависящий от главного угла в плане;

$K_{φ1}$ – коэффициент, зависящий от вспомогательного угла в плане;

K_D – коэффициент, зависящий от вида работ.

В рассматриваемом примере $V_{табл}$ = 270 м/мин, $K_Т$ = 1,0; $K_М$ = 1,6; $K_С$ = 1,0; $K_И$ = 1,0; K_b = 1,0; K_q = 1,0; $K_φ$ = 0,81; $K_{φ1}$ = 1,0; K_D = 1,0.

В соответствии с принятыми коэффициентами скорость резания

$$V = 248 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}6 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}81 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 = 321 \text{ м/мин}.$$

Частота вращения шпинделя может быть определена по формуле

$$N = 1000V/\pi D_Д,$$

где $D_Д$ – диаметр обрабатываемой поверхности.

В рассматриваемом примере n=1000·321/π· 304=3005 об/мин.

Величина частоты вращения уточняется по паспорту станка: n = 2000 об/мин.

Далее необходимо уточнить скорость резания в соответствии с принятым значением частоты вращения:

$$V = \pi \cdot 34 \cdot 2000/1000 = 214 \text{ м/мин}.$$

Сила резания при точении определяется по формуле

$$P_z = P_{z\,табл} \cdot t,$$

где $P_{zтабл}$ – главная составляющая силы резания, кН.

Мощность резания определяется по формуле

$$N_р = P_z \cdot V/60.$$

В рассматриваемом примере сила резания и мощность

$$P_z = 0{,}3 \cdot 1{,}01 = 0{,}3 \text{ кН},$$

$$N_р = 0,3 \cdot 214/60 = 1,1 \text{ кВт}.$$

На последнем шаге необходимо сравнить полученное значение мощности резания с мощностью станка, которая рассчитывается по следующей формуле:

$$N_{ст} = \eta \cdot N_{дв}, \text{ где}$$

$N_{дв}$ – мощность электродвигателя главного привода станка, кВт;

η – КПД станка.

В рассматриваемом примере

$$N_{ст} = 0,9 \cdot 6,3 = 5,7 \text{ кВт}.$$

Эффективная мощность резания не превышает мощность станка, следовательно, принятые режимы резания являются допустимыми.

9.2 Выбор режима резания для операции 015

Круглошлифовальная

На данной операции производится шлифование наружной цилиндрической поверхности 8.

Выбор характеристик шлифовального круга. В соответствии с табл. П.6.29 [1] 14А 40 СМ-2 7 К.

Диаметр шлифовального круга $d_{кр}$ выбирается из ряда диаметров в соответствии с табл. П.6.35 [1] и затем согласуется с возможностями выбранного круглошлифовального станка.

Высота шлифовального круга T и диаметр его посадочного участка $d_п$ также выбираются в соответствии с табл. П.6.35 [1].

Выбираем $d_{кр}$ = 200 и Т = 10 мм.

Скорость круга $V_{кр}$ в [м/с] определяется по формуле

$$V_{кр} = \pi \cdot d_{кр} \cdot n_{кр}/1000 \cdot 60,$$

где $n_{кр}$ – частота вращения шлифовального круга, определяется по паспорту станка.

$$V_{кр} = \pi \cdot 200 \cdot 2000/1000 \cdot 60 = 7 \text{ м/с}.$$

Скорость вращения детали $V_Д$ в [м/мин] выбирается по табл. П.6.36 [1].

$$V_д = 20 \text{ м/мин}.$$

Частота вращения детали рассчитывается по формуле

$$n_Д = 1000V_Д/\pi \cdot D_д.$$

В рассматриваемом примере

$$n_Д = 1000 \cdot 20/\pi \cdot 46 = 139 \text{ об/мин}.$$

Полученное значение уточняется с возможностями выбранного ранее внутришлифовального станка 3К12: станок имеет бесступенчатое регулирование скорости вращения изделия с диапазоном 72 – 780 об/мин, соответственно он сможет обеспечить рассчитанную величину. Уточнение скорости резания не нужно.

Величина продольной подачи заготовки в долях ширины шлифовального круга $s_В$ на оборот заготовки для продольного шлифования выбирается в соответствии с табл. П.6.37 [1]: $s_В = 0,5$.

Далее рассчитывается величина этой подачи в [мм/об] с учётом ширины шлифовального круга (T) по формуле

$$s_о = s_В \cdot T.$$

$$s_о = 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ мм/об}.$$

Табличная подача на глубину шлифования $S_{тх0}$ в конце каждого хода заготовки для продольного шлифования выбирается в соответствии с табл. П.6.38 [1]: $S_{тх0} = 0,003$

Далее определяются четыре поправочных коэффициента K_1, K_2, K_3 и K_4 по табл. П.6.39, П.6.40, П.6.41, П.6.42 [1] для уточнения величины $S_{тх0}$ и выбора окончательного значения поперечной подачи $S_{тх}$ по следующей зависимости:

$$S_{тх} = S_{тх0} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4.$$

$$S_{тх} = 0,003 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,3 = 0,003$$

9.3 Выбор режима резания на операции 020

Внутришлифовальная

На данной операции производится предварительное и окончательное шлифование отверстия 12 при реализации ручного цикла обработки.

Выбор характеристик шлифовального круга. В соответствии с табл. П.6.29 [1] выбран круг для 14А 40 СМ2–7–К.

Диаметр шлифовального круга выбирается согласно зависимости

$$d_{кр} = (0{,}8 \div 0{,}9)D,$$

где D – диаметр отверстия.

Для рассматриваемого примера в соответствии с формулой значение диаметра круга

$$d_{кр} = (0{,}8 \div 0{,}9) \cdot 30 = (24 \div 27) \text{ мм}.$$

Параметры шлифовального круга уточняются в соответствии с ГОСТ 2424-83. Окончательно принят круг с параметрами $d_{кр}$=25 мм, T=16 мм.

Глубина шлифования на предварительном этапе t_1 = 0,17 мм, на окончательном – t_2 = 0,11 мм.

Скорость круга определяется по формуле

$$V_{кр} = \pi \cdot d_{кр} \cdot n_{кр}/1000 \cdot 60,$$

где $n_{кр}$ – частота вращения шлифовального круга, определяется по паспорту станка.

$$V_{кр} = \pi \cdot 25 \cdot 16750/1000 \cdot 60 = 22 \text{ м/с}.$$

Скорость вращения детали определится по табл.П.6.28[1]: $V_Д$ = 40 м/мин.

Частота вращения детали рассчитывается по формуле

$$n_Д = 1000V_Д/\pi \cdot D_д.$$

В рассматриваемом примере

$n_Д = 1000 \cdot 40/\pi \cdot 30 = 425$ об/мин. Полученное значение уточняется с возможностями выбранного ранее внутришлифовального станка 3К12: станок имеет бесступенчатое регулирование скорости вращения изделия с диапазоном 72 – 780 об/мин, соответственно он сможет обеспечить рассчитанную величину. Уточнение скорости резания не нужно.

Продольная подача круга s_o в [мм/об] назначается по табл. П.6.34 [1] в зависимости от высоты круга и величины подачи в долях высоты круга s_d.

Для рассматриваемого примера s_d = 0,45, а s_o = 0,45 · 16 = 7 мм/об.

Число двойных ходов круга в минуту определяется по формуле

$$n_{д.х} = s_о \cdot n/2 \cdot l_{р.х},$$

где n – частота вращения детали, об/мин;

$l_{р.х}$ – длина рабочего хода круга, мм

Для глухих отверстий $l_{р.х}$ определяется по следующей формуле:

$$l_{р.х.} = L_ш – 2/3 \cdot T,$$

где $L_ш$ – длина шлифуемой поверхности по чертежу, мм. Для рассматриваемого примера величина

$$l_{р.х.} = 13,5 – 2/3 \cdot 16 = 2,8 \text{ мм};$$

$$n_д = 7 \cdot 425/2 \cdot 2,8 = 531.$$

Величина поперечной подачи на двойной ход стола определяется по формуле

$$S_р = S_{р. табл} \cdot K_1 \cdot K_2,$$

где $S_{р. табл}$ – подача, в зависимости от $s_о$ и $D_д$;

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и скорости круга;

K_2 – коэффициент, зависящий от точности обработки, шероховатости поверхности, припуска на сторону и характера отверстия.

Для рассматриваемого примера $S_{р\,табл} = 0,004$ мм/д.х. $K_1 = 0,9$, $K_2 = 0,7$ для предварительной обработки и $K_2 = 0,5$ для чистовой обработки. Окончательно для поперечной подачи можно записать $S_р = 0,004 \cdot 0,9 \cdot 0,7 = 0,003$ мм/д.х. (предварительная обработка); $S_р = 0,004 \cdot 0,9 \cdot 0,5 = 0,002$ мм/д.х. (окончательная обработка).

9.4 Выбор режима резания на операции 025

Вертикально-сверлильная

На данной операции производится последовательная обработка четырех отверстий диаметром 9 мм.

В соответствии с ГОСТ 10903-77 принимается спиральное сверло 2301-0023 средней серии с цилиндрическим хвостовиком. Материал режущей части – быстрорежущая сталь Р6М5.

Глубина резания при сверлении определяется как половина диаметра сверления. В рассматриваемом примере глубина резания t = 9/2 = 4,5 мм. Величина подачи S_0 назначается в зависимости от группы подачи по табл. П.6.15 [1]. Группа подачи определяется по табл. П.6.16 [1] в соответствии со стойкостью сверла.

В рассматриваемом примере по стойкости сверла 90 мин выбирается номер группы подач – III. В соответствии с группой подач и диаметром сверления определяется подача S_0 = 0,11 мм/об.

В соответствии с паспортом станка окончательно назначается подача

$$S_0 = 0{,}1 \text{ мм/об.}$$

4. При сверлении, зенкеровании, цековании, зенковании и центровании стальных деталей скорость резания определяется по формуле

$$V = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \text{ где}$$

$V_{табл}$ – скорость резания;

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от отношения принятой подачи к подаче из таблицы;

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

Для рассматриваемого примера $V_{табл}$ = 19 м/мин; $K1$ = 1,1; K_2 = 1,1; K_3 = 1,0.

Тогда в соответствии с формулой скорость резания

$$V = 19 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}05 \cdot 1{,}0 = 22 \text{ м/мин.}$$

При сверлении частота вращения шпинделя определяется по формуле

$$n = 1000V/\pi \cdot D_{св},$$

где $D_{св}$ – диаметр сверла, мм.

В рассматриваемом примере частота вращения шпинделя

$$n = 1000 \cdot 22/\pi \cdot 9 = 778 \text{ об/мин}$$

На основании паспортных данных станка принимается ближайшая, меньшая по значению, частота вращения: n = 720 об/мин.

Далее необходимо уточнить скорость резания в соответствии с принятым значением частоты вращения шпинделя.

Фактическая скорость резания

$$V = \pi \cdot 9 \cdot 720/1000 = 20 \text{ м/мин.}$$

При сверлении мощность резания определяется по формуле

$$N_{\text{р}} = N_{\text{р табл}} \cdot K_{\text{N}} \cdot n/1000, \text{ где}$$

$N_{\text{ртабл}}$ – мощность резания, кВт;

K_{N} – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала.

В рассматриваемом примере $N_{\text{р табл}}$ = 0,66 кВт, K_{N} = 0,95.

$$N_{\text{р}} = 0{,}66 \cdot 0{,}95 \cdot 720/1000 = 0{,}45 \text{ кВт.}$$

На последнем шаге необходимо сравнить полученное значение мощности резания с мощностью станка.

$$N_{\text{ст}} = 0{,}85 \cdot 1{,}5 = 1{,}3 \text{ кВт.}$$

Эффективная мощность резания не превышает мощность станка, следовательно, принятые режимы резания можно считать допустимыми.

9.5 Выбор режима резания на операции 030

Горизонтально-фрезерная

На данной операции производится обработка двух пазов 14.

В соответствии с шириной обрабатываемой поверхности выбирается дисковая трехсторонняя фреза 2240-0165 ГОСТ 28527-90 диаметром $D_{\text{ф}}$ = 100 мм, шириной 20 мм. Материал режущей части – быстрорежущая сталь Р6М5.

Глубина фрезерования определяется по чертежу детали и так как обработка происходит за два прохода, то она равна 8 мм.

Подача на зуб назначается в соответствии с табл. П.6.23 [1]: S_{z} = =0,06÷0,12 мм/зуб.

Расчет подачи на оборот осуществляется в соответствии с формулой

$$S_{\text{o}} = S_{\text{z}} \cdot z,$$

где z – число зубьев фрезы.

В соответствии с формулой подача на оборот

$$S_о = (0{,}06 \div 0{,}12) \cdot 4 = 0{,}24 \div 0{,}48 \text{ мм/об.}$$

Рекомендуемое значение скорости резания определяется по формуле

$$V = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где $V_{табл}$ – скорость резания;

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от инструментального материала;

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

Для рассматриваемого примера $V_{табл}$ = 90 м/мин, $K1$ = 1,25; K_2 = 1,0; K_3 = 0,55.

Тогда в соответствии с формулой скорость резания

$$V = 90 \cdot 1{,}25 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}55 = 62 \text{ м/мин.}$$

Далее рассчитывается величина n, соответствующая рекомендуемому значению V, по формуле

$$n = 1000V/\pi \cdot D_ф,$$

где $D_ф$ – диаметр фрезы, мм.

В рассматриваемом примере

$$n = 1000 \cdot 62/\pi \cdot 100 = 1947 \text{ об/мин.}$$

В соответствии с паспортом станка можно принять n = 1600 об/мин.

На следующем шаге необходимо рассчитать минутную подачу и уточнить ее по паспорту станка.

$$S_м = S_о \cdot n,$$

В рассматриваемом примере

$$S_м = (0{,}24 \div 0{,}48) \cdot 1600 = 384 \div 768 \text{ мм/мин.}$$

По паспорту станка принимаем $S_м$ = 268 мм/мин.

Далее необходимо уточнить скорость резания:

$$V = \pi \cdot 100 \cdot 1600/1000 = 502{,}4 \text{ м/мин.}$$

7. При фрезеровании мощность резания определяется по формуле

$$N_р = N_г \cdot K,$$

где $N_г$ – средняя мощность резания по данным графика, определяемая в зависимости от объема срезаемого слоя в единицу времени Q, кВт;

K – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и его твердости.

Значение Q определяется по формуле

$$Q = t \cdot B \cdot S_м/1000,$$

где t – глубина резания, мм;

B – ширина фрезерования, мм;

$S_м$ – минутная подача, мм/мин.

Для рассматриваемого примера

$$Q = 8 \cdot 20 \cdot 268/1000=43 \text{ см}^3/\text{мин},$$

$$N_г = 3 \text{ кВт}, K = 0,95,$$

$$N_р = 3 \cdot 0,95 = 2,9 \text{ кВт}.$$

На последнем шаге необходимо сравнить полученное значение мощности резания с мощностью станка. Мощность фрезерного станка

$$N_{ст}= 0,85 \cdot 5,5 = 4,7 \text{ кВт}.$$

Эффективная мощность резания не превышает мощность станка, следовательно, принятые режимы резания можно считать допустимыми

Таблица 16 – Режимы резания

Наименование перехода	Материал режущей части инструмента	Размер обрабатываемой поверхности	Элементы режимов резания						
			Глубина резания t, мм	Подача s, мм/об	Табличные		Принятые		Мощность резания N, кВт
					Скорость резания V, м/мин	Частота вращения n, об/мин	Скорость резания V, м/мин	Частота вращения n, об/мин	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Операция 005 Токарно-револьверная									
1. Подрезать торец 1 однокр.	Т5К10	Ø36,6	3,94	0,2	140	1218	121	1050	4,2
2. Подрезать торец 3 однокр.	Т5К10	От Ø48,8 до Ø36,6	5,4	0,2	88	574	81	530	3,9
3. Подрезать торец 5 предв.	Т5К10	От Ø115 до Ø48,8	5,86	0,2	97	268	94	260	4,9
4. Сверлить отверстие 6	Р6М5	Ø17,4	8,7	0,2	18	327	14	260	5,5
5. Точить поверхность 4 предв.	Т5К10	Ø35,4	1,46						
6. Точить фаску 2	Т5К10	Ø20	2	0,28	243	3867	126	2000	3
7. Точить поверхность 8 предв.	Т5К10	Ø47,7	1,225	0,2	182	1215	157	1050	1,7
8. Точить поверхность 16 однокр.	Т5К10	Ø112	2,585	0,2	160	455	134	380	3,1
9. Подрезать торец 5 оконч.	Т15К6	От Ø112 до Ø47,7	1,1	0,1	219	622	186	530	1
10. Точить поверхность 8 оконч.	Т15К6	Ø46,3	0,75	0,1	325	2234	291	2000	1,1
11. Точить канавку 10	Т15К6	Ø44	1	0,1	151	1045	108	750	1,3
12. Точить поверхность 4 оконч.	Т15К6	Ø34	1,01	0,1	321	3005	214	2000	1,1
Операция 010 Токарно-револьверная									
1. Подрезать торец 13 предв.	Т5К10	От Ø42,6 до Ø17,4	2,38	0,2	109	814	100	750	2,1
2. Подрезать торец 13 оконч.	Т15К6	От Ø40 до Ø17,4	0,84	0,1	238	1894	188	1500	0,8
3. Подрезать торец 9 однокр.	Т5К10	От Ø112 до Ø40	4,25	0,2	103	293	91	260	3,4

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4. Расточить поверхность 22 однокр.	Т15К6	Ø26	4,3	0,1	171	1845	139	1500	3
5. Подрезать торец 7 однокр.	Т15К6								
6. Точить поверхность 24 однокр.	Т5К10	Ø40	2,16	0,2	181	1440	132	1050	5,7
7. Зенковать фаску 20	Р6М5	Ø20	2						
8. Расточить поверхность 28 предв.	Т15К6	Ø28,7	1,455	0,1	221	2345	188	2000	1,4
9. Подрезать торец 11 однокр.	Т15К6								
10. Расточить поверхность 28 оконч.	Т15К6	Ø29,5	0,442	0,1	265	2812	188	2000	1,4
11. Расточить канавку 26	Т15К6	Ø32	1	0,1	235	2338	201	2000	1,5
12. Точить фаску 18	Т15К6	Ø112	2	0,28	284	807	264	750	6,2
13. Точить фаску 30	Т15К6	Ø40	2						
14. Нарезать резьбу в отв. 6	Р6М5	М20	–	2,5	6	95	6	95	3,1
15. Нарезать резьбу 24	Р6М5	М40	–	3,0	11	88	8	67	5,6
Операция 015 Круглошлифовальная									
1. Шлифовать поверхность 8 однокр.	14А К	Ø46	0,17	0,003	7/20[1]	2000/ 139	7/20	2000/ 139	–
Операция 020 Внутришлифовальная									
1. Шлифовать поверхность 28 предв.	14А К	Ø29,8	0,166	0,003	22/40[1]	16750/425	22/40	16750/425	–
2. Шлифовать поверхность 28 оконч.	14А К	Ø30	0,107	0,002					–
Операция 025 Вертикально-сверлильная									
1. Сверлить 4 отв. 12	Р6М5	Ø9	4,5	0,1	22	778	20	720	0,45
Операция 030 Горизонтально-фрезерная									
1. Фрезеровать 2 паза 14	Р6М5	20	16	268[2]	62	1947	502	1600	2,9

[1]В числителе дана скорость шлифовального круга в [м/с], в знаменателе – заготовки в [м/мин].

[2]Подача указана в [мм/мин]

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ НОРМЫ ВРЕМЕНИ

Норма времени при выполнении станочных работ состоит из нормы подготовительно-заключительного времени и нормы штучного времени.

Норма штучного времени $t_{шт}$ определяется по формуле

$$t_{шт} = t_о + t_в + t_{обс} + t_{отд},$$

где $t_о$ – основное (технологическое) время, мин;

$t_в$ – вспомогательное время, мин;

$t_{обс}$ – время на обслуживание рабочего места;

$t_{отд}$ – время перерывов на отдых.

Норма подготовительно-заключительного времени $T_{пз}$ дается на партию заготовок объема $n_п$.

Норма штучно-калькуляционного времени определяется как

$$t_{шк} = t_{шт} + T_{пз}/n_п.$$

Сумма основного и вспомогательного времени называется оперативным

$$t_{оп} = t_о + t_в.$$

Основное время определяется по формуле

$$t_о = L \cdot i/S_{мин}.$$

где $L = l + l_{вр} + l_{пер}$ – расчетная длина обработки, включающая длины обрабатываемой поверхности l, на врезание $l_{вр}$ и перебег $l_{пер}$ инструмента;

i – число рабочих ходов (число ходов для снятия слоя припуска);

$S_{мин} = S_{об} \cdot n$ – минутная подача, равная произведению подачи на оборот $S_{об}$ на частоту вращения n.

Вспомогательное время определяется по нормативам вспомогательного времени и включает в общем случае

$$t_в = t_{ус} + t_п + t_{изм},$$

где $t_{ус}$ – время на установку и снятие заготовки;

$t_п$ – время, связанное с переходом для комплекса приемов;

$t_{изм}$ – время на контрольные измерения.

Время на обслуживание рабочего места $t_{обс}$ и время перерывов на отдых $t_{отд}$ определяется в процентах от оперативного времени $t_{оп}$ по нормативам.

Операции 005 и 010 Токарно-револьверные

Состав оперативного времени для операции определяется сочетанием основного времени соответствующего класса и вспомогательного времени соответствующей группы обработки. Для токарно-револьверного станка – это сочетание параллельно последовательного класса и группы 2, т. е.

$$t_{оп} = t_{ус} + t_{п} + \Sigma max t_{oi}$$

Таким образом, при определении нормы времени для токарно-револьверной операции необходимо определить вспомогательное время на установку и снятие заготовки, вспомогательные времена для каждого технологического перехода и основные времена наиболее длительных технологических переходов, выполняемых в каждой отдельной позиции. Все полученные времена нужно сложить. Это будет оперативное время на операцию. Далее следует определить время на обслуживание рабочего места и время перерывов на отдых и сложить их с оперативным временем. В этом случае полученная сумма и составит норму штучного времени.

Значения основного, вспомогательного и оперативного времени, из табл. П.7.1, П.7.6, П.7.7, П.7.8 [1] и рассчитанные, приведены в табл. 17.

Время на отдых и обслуживание рабочего места можно ориентировочно определить по данным из табл. П.7.11 [1] и далее по следующей формуле:

$$t_{отд,\ обс} = 0{,}06 \cdot t_{оп},$$

где 0,06 – коэффициент, выражающий процентное отношение данного вида времени к оперативному.

Штучное время на операцию 005:

$$t_{шт} = 3{,}64 + 3{,}57 + 0{,}43 + 0{,}43 = 8{,}07 \text{ мин};$$

на операцию 010:

$$t_{шт} = 1{,}99 + 4{,}31 + 0{,}43 + 0{,}43 = 7{,}16 \text{ мин}.$$

Норма подготовительно-заключительного времени на партию в соответствии с табл. П.7.14, П.7.15, П.7.16 [1]

$$T_{пз} = (4+2+2)+38+12 = 58 \text{ мин},$$

на единицу продукции:

$$T_{пз}/n_{п} = 58/385 = 0,15 \text{ мин}.$$

Норма штучно-калькуляционного времени для операции 005:

$$t_{шт-к} = 8,07+0,15 = 8,22 \text{ мин};$$

для операции 010:

$$t_{шт-к} = 7,16+0,15 = 7,31 \text{ мин}.$$

Операция 015 Круглошлифовальная

Основное время для круглого шлифования с продольной подачей определяется по следующей формуле:

$$t_o = t_{вр} + \frac{l_{р.х.}}{n * s_o} * \frac{z_{max} - z_{вых}}{s_{t.x} * n_{д.х}} + t_{вых},$$

где $t_{вр}$ – время врезания, равное 0,05 мин;

$l_{р.х}$ – длина продольного хода стола, мм;

n – частота вращения заготовки в [об/мин];

s_o – продольная подача заготовки в [мм/об];

z_{max} – припуск на сторону, мм;

$z_{вых}$ – припуск, удаляемый при выхаживании, определяется по табл. П.7.28[1];

$s_{t.x}$ – поперечная подача на ход стола;

$n_{д.х}$ – число двойных ходов круга в [мин];

$t_{вых}$ – время выхаживания, берется из табл. П.7.27[1].

Величина $l_{р.х}$ при шлифовании в упор определяется по следующей формуле:

$$l_{р.х} = l_o – (0,2 \div 0,4) \cdot T = 8,5 – 0,3 \cdot 10 = 5,5 \text{ мм}.$$

Таким образом основное время равно:

$$t_o = 0,05 + \frac{5,5}{139 * 5} * \frac{0,17 - 0,02}{0,003 * 121} + 0,08 = 0,16 \ \textit{мин}.$$

Время на обслуживание рабочего места при круглом шлифовании можно принять по табл. П.7.12 [1] $t_{обс}$ = 1,3 мин.

Время на отдых и естественные надобности:

$$t_{отд} = 0,04 \cdot 0,57 = 0,2 \text{ мин.}$$

Штучное время на операцию:

$$t_{шт} = 0,57 + 1,3 + 0,2 = 2,07 \text{ мин.}$$

Норма подготовительно-заключительного времени на партию в соответствии с табл. П.7.24, П.7.25 [1]:

$$T_{пз} = (4+2+2) + 11 = 19 \text{ мин,}$$

на единицу продукции

$$T_{пз}/n_{п} = 19/385 = 0,05 \text{ мин.}$$

Норма штучно-калькуляционного времени в соответствии с формулой:

$$t_{шт-к} = 2,07+0,05 = 2,12 \text{ мин.}$$

Операция 020 Внутришлифовальная

Особенностью нормирования операции является определение основного времени на обработку при ручном цикле шлифования. При этом основное время шлифования определяется по формуле

$$t_o = t_{вр} + \frac{z_{max} - z_{вых}}{s_p * n_{д.х}} + t_{вых},$$

где $t_{вр}$ – время врезания, равное 0,05 мин;

z_{max} – припуск на сторону, мм;

$z_{вых}$ – припуск, удаляемый при выхаживании по табл. П.7.28 [1];

s_p – поперечная подача на двойной ход стола;

$n_{д.х}$ – число двойных ходов круга, мин;

$t_{вых}$ – время выхаживания, берется из табл. П.7.27 [1].

Величина t_o для предварительного шлифования будет иметь значение

$$t_o = 0,05 + \frac{0,166 - 0,05}{0,003 * 531} + 0,07 = 0,19 \ \ мин.$$

Этот параметр для окончательного шлифования будет

$$t_o = 0,05 + \frac{0,107 - 0,03}{0,002 * 531} + 0,09 = 0,21 \ \ мин.$$

Время на обслуживание рабочего места при шлифовании можно принять по табл. П.7.12 [1] $t_{обс} = 0,9$.

Время на отдых и естественные надобности можно принять по табл. П.7.13 [1] и далее рассчитать:

$$t_{отд} = 0,06 \cdot 1,2 = 0,07 \text{ мин.}$$

При этом штучное время на данную операцию

$$t_{шт} = 1,2 + 0,9 + 0,07 = 2,17 \text{ мин.}$$

Норма подготовительно-заключительного времени на партию в соответствии с табл. П.7.24, П.7.26

$$T_{пз} = (4+2+2) + 7 = 15 \text{ мин,}$$

на единицу продукции

$$T_{пз}/n_{п} = 15/385 = 0,04 \text{ мин.}$$

Норма штучно-калькуляционного времени в соответствии с формулой:

$$t_{шт-к} = 2,17 + 0,04 = 2,21 \text{ мин.}$$

Операция 025 Вертикально-сверлильная

Основное время для сверления определяется по формуле

$$t_{о} = L \cdot i/S_{мин}.$$

где $L = l+l_{вр}+l_{пер}$ – расчетная длина обработки, включающая длину обрабатываемой поверхности l, длину на врезание $l_{вр}$ и перебег $l_{пер}$ инструмента;

i – число рабочих ходов (число ходов для снятия слоя припуска);

$S_{мин} = S_{об} \cdot n$ – минутная подача, равная произведению подачи на оборот Soб на частоту вращения n.

Величина основного времени для последовательного сверления четырёх глухих отверстий равна

$$t_{о} = (16 + 5) \cdot 4/0,1 \cdot 720 = 1,17 \text{ мин.}$$

Время на отдых и обслуживание рабочего места можно ориентировочно определить по данным из табл. П.7.11 [1] и далее по следующей формуле:

$$t_{отд, обс} = 0,055 \cdot 3,12 = 0,17 \text{ мин.}$$

Штучное время на операцию:

$$t_{шт} = 1,17 + 1,95 + 0,17 + 0,17 = 3,46 \text{ мин;}$$

Норма подготовительно-заключительного времени на партию в соответствии с табл. П.7.17, П.7.18, П.7.19 [1]

$$T_{пз} = (4+2+2)+9+2+1 = 20 \text{ мин},$$

на единицу продукции

$$T_{пз}/n_{п} = 20/385 = 0,05 \text{ мин}.$$

Норма штучно-калькуляционного времени:

$$t_{шт-к} = 3,46+0,05 = 3,51 \text{ мин};$$

Операция 030 Горизонтально-фрезерная

При определении нормы времени для этой операции нужно рассчитать основное время для фрезерования двух пазов 14 по формуле:

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_n) * i}{s_z * z * n},$$

где l – длина обработки фрезой, мм;

s – подача на зуб, мм;

z – число зубьев фрезы.

Величину ($l_{вр} + l_{п}$) для дисковой фрезы определяем по справочнику. При диаметре фрезы 100 мм и глубине фрезерования 8 мм ($l_{вр} + l_{п}$) = 30 мм.

Расчет основного времени:

$$t_o = \frac{(16+30)*2}{0,01*14*1600} = 0,41 \ \ мин.$$

Время на отдых и обслуживание рабочего места можно ориентировочно определить по данным из табл. П.7.11 и далее по следующей формуле:

$$t_{отд, обс} = 0,07 \cdot 1,57 = 0,11 \text{ мин}.$$

Штучное время на операцию:

$$t_{шт} = 0,41 + 1,16 + 0,11 + 0,11 = 1,79 \text{ мин}.$$

Норма подготовительно-заключительного времени на партию в соответствии с табл. П.7.20, П.7.21, П.7.22, П.7.23 [1]

$$T_{пз} = (4+2+2)+14+2+1 = 25 \text{ мин},$$

на единицу продукции:

$$T_{пз}/n_{п} = 25/385 = 0,06 \text{ мин}.$$

Норма штучно-калькуляционного времени:

$t_{шт\text{-}к}$ = 1,79+0,06 = 1,85 мин.

Таблица 17 – Определение оперативного времени для операций технологического процесса

Элементы операции	Расчетные размеры, мм				Режим обработки			Основное время, мин	Вспомогательное время, мин				Оперативное время, мин
	Длина обрабатываемой поверхности	Врезание и перебег	Число рабочих ходов	Расчетная длина	Подача на оборот, мм/об	Частота вращения, об/мин	Минутная подача, мм/мин		На установку и снятие	Связанное с переходом	На контрольные измерения	Вспомогательное время в целом	
	l	$l_{вр}+ l_{н}$	i	L	$S_{о}$	n	$S_{мин}$	$t_{о}$	$t_{уст}$	$t_{п}$	$t_{киз}$	$t_{в}$	$t_{оп}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Операция 005 Токарно-револьверная													
1. Установить и снять									0,23			0,23	
2. Подрезать торец 1 однокр.	18,3	5	1	23,3	0,2	1050	210	0,11		0,17	0,13	0,3	
3. Подрезать торец 3 однокр.	6,1	3	1	9,1	0,2	530	106	0,09		0,17	0,12	0,29	
4. Подрезать торец 5 предв.	33,1	3	1	36,1	0,2	260	52	0,69		0,17	0,12	0,29	
5. Сверлить отверстие 6	74,35	8	1	82,35	0,2	260	52	1,58		0,23	0,06	0,29	
Точить пов. 4 предв.	10	1	1	11							0,07	0,07	
6. Точить фаску 2	2		1	2	0,28	2000	560	0,01		0,23	0,07	0,3	
7. Точить пов. 8 предв.	9,42	1	1	10,42	0,2	1050	210	0,05		0,23	0,07	0,3	
8. Точить пов. 16 однокр.	20,13	2	1	22,13	0,2	380	76	0,29		0,23	0,08	0,31	
9. Подрезать торец 5 оконч.	32,15	3	1	35,15	0,1	530	53	0,66		0,17	0,12	0,29	
10. Точить пов. 8 оконч.	10	1	1	11	0,1	2000	200	0,06		0,23	0,07	0,3	
11. Точить канавку 10	1	2	1	3	0,1	750	75	0,04		0,23	0,07	0,3	
12. Точить пов. 4 оконч.	10	1	1	11	0,1	2000	200	0,06		0,23	0,07	0,3	
							Итого	3,64				3,57	7,21
Операция 010 Токарно-револьверная													
1. Установить и снять									0,23			0,23	
2. Подрезать торец 13 предв.	12,6	5	1	17,6	0,2	750	150	0,12		0,17	0,13	0,3	
3. Подрезать торец 13 оконч.	12,6	5	1	17,6	0,1	1500	150	0,12		0,17	0,13	0,3	
4. Подрезать торец 9 однокр.	36	3	1	39	0,2	260	52	0,75		0,17	0,12	0,29	

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
5. Расточить пов. 22 однокр.	40	1	1	41	0,1	1500	150	0,27		0,23	0,07	0,3	
Подрезать торец 7 однокр.											0,12	0,12	
6. Точить пов. 24 однокр.	36	1	1	37	0,2	1050	210	0,18		0,23	0,07	0,3	
Зенковать фаску 20	2		1	2							0,07	0,07	
7. Расточить пов. 28 предв.	15	1	1	16	0,1	2000	200	0,08		0,23	0,07	0,3	
Подрезать торец 11 однокр.											0,12	0,12	
8. Расточить пов. 28 оконч.	15	1	1	16	0,1	2000	200	0,08		0,23	0,11	0,34	
9. Расточить канавку 26	1	1	1	2	0,1	2000	200	0,01		0,23	0,07	0,3	
10. Точить фаску 18	2		1	2	0,28	750	210	0,01		0,17	0,07	0,24	
Точить фаску 30	2		1	2	0,28	750	210	0,01			0,07	0,07	
11. Нарезать резьбу в отв. 6	32	7,5	1	39,5	2,5	95	237,5	0,17		0,23	0,33	0,56	
12. Нарезать резьбу 24	30	9	1	39	3	67	201	0,19		0,23	0,24	0,47	
Итого								1,99				4,31	6,3
Операция 015 Круглошлифовальная													
1. Установить и снять									0,12			0,12	
2. Шлифовать пов. 8 однокр.	8,5	5	1	13,5	0,003	139	0,417	0,16		0,2	0,09	0,29	
Итого								0,16				0,41	0,57
Операция 020 Внутришлифовальная													
1. Установить и снять									0,12			0,12	
2. Шлифовать пов. 28 предв.	13,5	8	1	21,5	0,003	425	1,275	0,19		0,21	0,13	0,34	
3. Шлифовать пов. 28 оконч.	13,5	8	1	21,5	0,002	425	0,85	0,21		0,21	0,13	0,34	
Итого								0,4				0,8	1,2
Операция 025 Вертикально-сверлильная													
1. Установить и снять									0,2			0,2	
2. Сверлить 4 отв. 12	16	5	4	21	0,1	720	72	1,17		0,42	0,07	1,75	
Итого								1,17				1,95	3,12
Операция 030 Горизонтально-фрезерная													
1. Установить и снять									0,2			0,2	

2. Фрезеровать 2 паза 14	16	30	2	46	-	1600	268	0,4		0,36	0,12	0,96	
							Итого	0,41				1,16	1,57

11 НАСТРОЙКА НА РАЗМЕР РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

В данном проекте предполагается использование способа автоматического получения размеров при статической настройке инструмента по эталону на неподвижном станке. Следовательно, оказывается не учтенным влияние упругих деформаций технологической системы, которые существенно изменят размер после обработки изделия по сравнению с его настроечным значением. Погрешность настройки, очевидно, можно отнести к систематической погрешности, а влияние упругих деформаций в процессе обработки к случайным погрешностям.

Для компенсации изменения фактических размеров обрабатываемых заготовок в процессе настройки инструмента вводится поправка. Она учитывает точность обработки, жесткость станка, материал заготовки, а также режимы резания и определяется по следующей зависимости:

$$P = P_T K_M K_T K_C, \text{ где}$$

P_T – табличное значение поправки;

K_M – коэффициент, учитывающий материал заготовки;

K_T – коэффициент, учитывающий режимы резания и точность заготовки;

K_C – коэффициент, учитывающий группу станка.

Исходя из этого за настроечный размер эталона для охватываемых поверхностей (условно “валов”) принимается наименьший предельный размер обрабатываемой поверхности $d_{мин}$, к которому далее прибавляется поправка Р.

За настроечный размер эталона для охватывающих поверхностей (условно “отверстий”) принимается наибольший предельный размер обрабатываемой поверхности $D_{макс}$, из которого вычитается величина поправки Р.

Допуск настроечного размера определяется по формуле

$$T_Н = T_T K_{TC} K_{TM} K_{TP} K_{TO},$$

где T_T − табличное значение допуска;

K_{TC} − коэффициент, учитывающий группу станка;

K_{TM} − коэффициент, учитывающий материал заготовки;

K_{TP} − коэффициент, учитывающий режимы резания и точность заготовки;

K_{TO} − коэффициент, учитывающий жесткость заготовки при обработке наружной поверхности или жесткость оправки при обработке отверстия.

11.1 Наладка заднего резцедержателя

Для обработки канавки канавочным резцом использован задний резцедержатель. В этом случае резец необходимо выставить на размер как в продольном, так и в поперечном направлении относительно настроечной базы резцедержателя.

Вылет канавочного резца в продольном направлении от настроечной базы резцедержателя можно принять конструктивно, ориентируясь на размеры самого резцедержателя L_p = 45мм.

Допуск данного размера

$$TL_p = 200 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 = 200 \text{ мкм}.$$

Далее определяется положение упора относительно установочной базы на торце кулачков патрона L_y в соответствии с размерной схемой (см. рисунок 21).

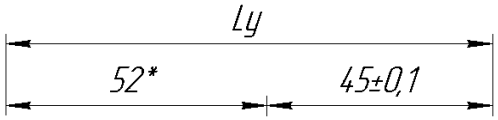


Рисунок 21 – Размерная схема для определения положения упора

Согласно схеме размер, L_y для канавочного резца

$$L_y = 52{,}00 + 45 = 97 \text{ мм}.$$

Допуск этого размера будет иметь следующее значение:

$$TL_y = TL_н – TL_p = (0{,}74/2)–0{,}2 = 0{,}17 \text{ мм}$$

Для настройки канавочного резца в поперечном направлении относительно базы резцедержателя нужно сначала определить значение

эталонного диаметра канавки $D_{мин}$ = 44 - 0,62 = 43,38 мм и поправки P = 40 · 1,22 · 1,0 · 1,0 = 48,8 мкм в соответствии с табличными данными. В итоге номинальный размер эталона будет следующим:

$$D_Н = 43,38 - 0,049 = 43,43 \text{ мм}.$$

Далее настраивается положение режущей кромки резца относительно настроечной базы резцедержателя, которое можно принять также конструктивно $L_р$ = 103±0,1 мм.

Также определяется положение упора относительно оси вращения шпинделя $L_у$ в соответствии с размерной схемой (см. рисунок 22).

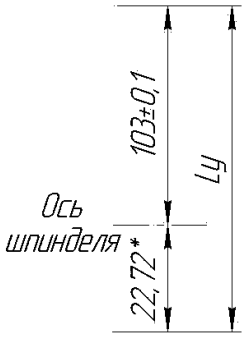


Рисунок 22 – Размерная схема для определения положения упора

Согласно схеме размер, $L_у$ для канавочного резца:

$$L_у = 103,00 + 22,72 = 125,72 \text{ мм}.$$

Допуск этого размера будет иметь следующее значение:

$$TL_у = TL_н – TL_р = (0,62/2)–0,2 = 0,11 \text{ мм}.$$

11.2 Наладка переднего резцедержателя

Для настройки подрезных резцов для обработки торцовых поверхностей рассматривается позиция *ПР1*, где производится предварительная обработка с переднего резцедержателя торца 1. За настроечную базу на самом резцедержателе, контактирующую с упором, выбран его центр.

При выполнении перехода получается размер $74,35_{-0,74}$, полученный в результате выполнения размерного анализа. Далее вычисляется номинальный размер эталона $L_{мин}$ = 74–0,74 = 73,61 мм и поправка P = 40 · 1,1 · 1,7 · 1,0 = 74,8 мкм в соответствии с табличными данными. Окончательно номинальный

размер эталона будет равен следующему значению: $L_{н1}$ = 73,61 + 0,075 = 73,69 мм.

На следующем шаге нужно выставить резец относительно настроечной базы на резцедержателе, исходя из его реальных параметров. В данном случае это будет размер $L_р$ = 65 мм с допуском $TL_р$ = 200·1,0 · 1,0 · 0,9 · 1,0 = 180 мкм.

Далее необходимо выставить упор для резцедержателя, который ограничивает его линейное перемещение относительно *установочной базы* на торце кулачков патрона, в соответствии со схемой на рисунке 23.

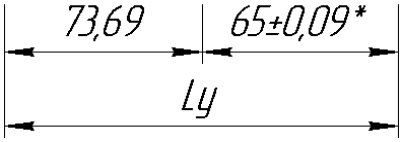


Рисунок 23 – Схема для определения положения упора

Следовательно, численное значение для данного размера переставного упора будет следующее:

$$L_у = L_р + L_{н1} = 73,69 + 65 = 138,69 \text{ мм}.$$

Допуск этого размера можно назначить в соответствии с правилом, что допуск замыкающего звена $L_{н1}$ должен быть больше либо равен сумме допусков, составляющих данную цепь звеньев

$$TL_{н1} \geq TL_р + TL_у.$$

Откуда можно найти, что

$$TL_у = TL_{н1} - TL_р = 0,74 - 0,180 = 0,56 \text{ мм}.$$

На позиции *ПР2* производится однократная обработка поверхности 3. При этом используется *настроечная база* в виде поверхности 1, уже обработанной на предыдущем переходе. Следовательно, в данном случае, достаточно определить положение второго упора резцедержателя относительно первого. Оно будет равно настроечному размеру между поверхностями 1 и 3.

В качестве настроечного размера принимается средняя величина размера уступа, параметры которого определены в ходе размерного анализа.

Этот размер будет иметь значение $L_{н2}$ = 9,82 мм. Следовательно, на такую величину необходимо выставить второй упор относительно первого с допуском, равным 0,36 мм.

На позиции *ПР3* производится предварительная обработка поверхности 5. Данный случай аналогичен предыдущей позиции. Следовательно, необходимо выставить третий упор относительно первого на $L_{н3}$ = 19,16 мм с допуском, равным 0,52 мм.

Для окончательной обработки поверхности 5 используется позиция *ПР4* переднего резцедержателя.

Для получения размера, заданного рабочим чертежом, достаточно увеличить настроечный размер резца в позиции *ПР4* на величину номинального припуска при окончательной подрезке относительно размера резца в позиции *ПР3*. При табличном значении $Z_{ном}$ = 0,78 мм на данном окончательном переходе величина настроечного размера резца будет иметь значение

$$L_р = 65+0,78 = 65,78 \text{ мм}.$$

При этом настроечный размер эталона будет равен $L_{н4}$ = 20 мм.

11.3 Наладка револьверной головки

РГ-1. В первой позиции *РГ* обрабатывается предварительно наружная цилиндрическая поверхность 4 проходным резцом. В результате снятия металла при глубине резания 2 мм получен размер $Ø35,4_{-0,62}$. Его численное значение было определено в результате выполнения размерного анализа. Требуется определить величину настроечного размера резца, формирующего эту поверхность.

Расчётные параметры будут иметь следующие значения диаметра $d_{мин}$ = = 35,4–0,62 = 34,78 мм и поправки P = 40 · 1,1 · 1,3 · 1,0 = 57,2 мкм в соответствии с данными из табл. 11.1,. 11.2, табл. 11.3 и табл. 11.4 [1]. В итоге номинальный размер эталона будет следующим $d_Н$ = 34,78+0,057 = 34,837 мм.

Далее можно определить настроечный размер резца L_p из следующей размерной цепи (см. рисунок 24).

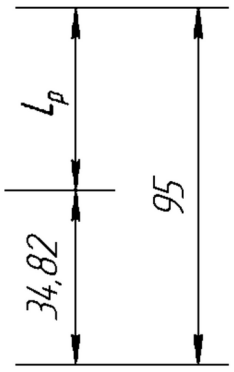


Рисунок – 24. Размерная схема обработки 4-й поверхности

Из схемы следует, что:

$$L_р = 95 – (34{,}837/2) = 77{,}58 \text{ мм}.$$

Это значение будет соответствовать номинальному настроечному размеру для этой позиции *РГ*. Остаётся определить его допуск:

$$T_Н = 200 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}9 \cdot 1{,}0 = 180 \text{ мкм}.$$

Окончательно можно записать:

$$L_р = 77{,}58 \pm 0{,}09 \text{ мм}.$$

Данное значение необходимо проставить на листе наладки токарно-револьверного станка.

РГ-3. В третьей позиции РГ предварительно обрабатывается наружная цилиндрическая поверхность 8 проходным резцом. Получаемый размер $Ø47{,}7_{-0{,}25}$.

Расчётные параметры:

$$d_{мин} = 47{,}7 – 0{,}25 = 47{,}45 \text{ мм}$$

$$P = 40 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}3 \cdot 1{,}0 = 57{,}2 \text{ мкм}$$

$$d_Н = 47{,}45 + 0{,}057 = 47{,}507 \text{ мм}$$

$$L_р = 95 – (47{,}507/2) = 71{,}25 \text{ мм}$$

$$T_Н = 200 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}9 \cdot 1{,}0 = 180 \text{ мкм}.$$

Окончательно:

$$L_р = 71{,}25 \pm 0{,}09 \text{ мм}.$$

РГ-4. В четвертой позиции РГ однократно обрабатывается наружная цилиндрическая поверхность 16 проходным резцом. Получаемый размер $Ø112_{-0,87}$.

Расчётные параметры:

$$d_{мин} = 112 - 0,87 = 111,13 \text{ мм}$$

$$P = 100 \cdot 1,1 \cdot 1,7 \cdot 1,0 = 187 \text{ мкм}$$

$$d_H = 111,13 + 0,187 = 111,317 \text{ мм}$$

$$L_р = 95 - (111,317/2) = 39,34 \text{ мм}$$

$$T_H = 250 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 225 \text{ мкм}.$$

Окончательно:

$$L_р = 39,34 \pm 0,11 \text{ мм}.$$

РГ-5. В пятой позиции РГ окончательно обрабатывается наружная цилиндрическая поверхность 8 проходным резцом. Получаемый размер $Ø46,3_{-0,1}$.

Расчётные параметры:

$$d_{мин} = 46,3 - 0,1 = 46,2 \text{ мм}$$

$$P = 20 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 22 \text{ мкм}$$

$$d_H = 46,2 + 0,022 = 46,222 \text{ мм}$$

$$L_р = 95 - (46,222/2) = 71,89 \text{ мм}$$

$$T_H = 60 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 54 \text{ мкм}.$$

Окончательно:

$$L_р = 71,89 \pm 0,027 \text{ мм}.$$

РГ-6. В шестой позиции РГ окончательно обрабатывается наружная цилиндрическая поверхность 4 проходным резцом. Получаемый размер $Ø34_{-0,62}$.

Расчётные параметры:

$$d_{мин} = 34 - 0,62 = 33,38 \text{ мм}$$

$$P = 40 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 1,0 = 57,2 \text{ мкм}$$

$$d_H = 34 + 0,057 = 34,057 \text{ мм}$$

$$L_р = 95 - (34,057/2) = 77,98 \text{ мм}$$

$$T_{\text{Н}} = 200 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}9 \cdot 1\ ,0 = 180 \text{ мкм}.$$

Окончательно:

$$L_{\text{р}} = 77{,}98 \pm 0{,}09 \text{ мм}.$$

12 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

12.1 Выбор аналога приспособления

При выборе аналога приспособления учитывается форма и расположение базирующих поверхностей детали, форма и расположение поверхностей, соприкасающихся с зажимными элементами приспособления, необходимость использования комбинированного зажима приспособления, а также привод приспособления.

Проект конструкции приспособления для фрезерования пазов на операции 030 представлен на рис.24.

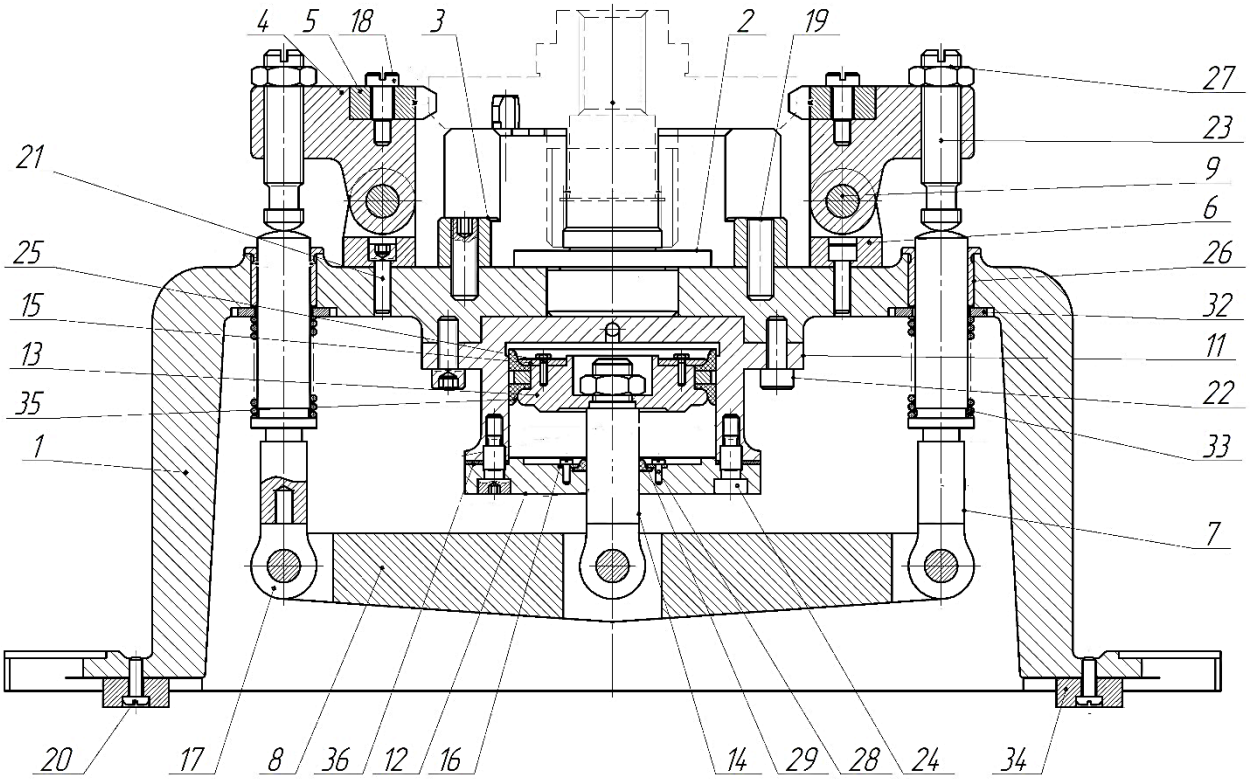


Рисунок 24 – Проект установочно-зажимного приспособления

Обрабатываемая заготовка устанавливается на установочно-зажимное устройство с помощью оправки 2, цилиндрическая часть которой лишает 2

степеней свободы и кольца 3, торец которого лишает 3 степеней свободы. Ромбический палец 31 лишает заготовку одной степени свободы.

Зажим заготовки осуществляется встроенным пневмоцилиндром 11. При перемещении под воздействием сжатого воздуха поршень 13, прикрученный к штоку 14, перемещает вверх коромысло 8 и стойки 7. Эти стойки, сжимая пружины 33 и перемещаясь во втулке 26, давят на пяты винтов 23. В результате рычаги 4 поворачиваются вокруг осей 9 и посредством зажимов 5 поджимают с необходимой силой обрабатываемую заготовку. Зажим обеспечивает заданное положение заготовок при фрезеровании.

12.2 Точностной расчет приспособления

Одно из главных назначений приспособления – обеспечение точности обрабатываемой заготовки.

Точностной расчет приспособления предполагает анализ погрешностей, возникающих при установке заготовки в приспособлении. При этом сравниваются фактическая $\xi_ф$ и допустимая $\xi_{доп}$ погрешности установки заготовки по следующей зависимости:

$$\xi_ф \le \xi_{доп}.$$

Если неравенство выполняется, то принятая схема установки обеспечивает требуемую точность обработки.

Проверяется возможность получения заданной точности при обработке пазов на заготовке в размер 80±0,37 мм. Из анализа операционного эскиза следует, что размер формируется в диаметральном направлении.

Зависимость для расчета $\xi_ф$ будет иметь следующий вид:

$$\xi_ф = \sqrt[2]{\xi_б^2 + \xi_з^2},$$

где $\xi_б$ – погрешность базирования заготовки в приспособлении;

$\xi_з$ – погрешность закрепления заготовки в приспособлении.

При установке заготовки в проектируемом приспособлении конструкторская база не совпадает с технологической базой. В этом случае $\xi_б$ будет равна величине максимального зазора между отверстием в заготовке и посадочным диаметром оправки.

Величина максимального зазора S_{max} определится по следующей зависимости:

$$S_{max} = D_{max} – d_{min},$$

где D_{max} – наибольший предельный размер отверстия в заготовке;

d_{min} – наименьший предельный размер диаметра оправки.

На чертеже размер D_{max} равен 30Н6 ($^{+0,013}$)мм. Диаметр оправки для установки заготовки выполняется, как правило, с полем допуска g6. Значит, будет 30g6 ($^{-0,007}_{-0,02}$) мм. Следовательно,

$$S_{max}=30,013-29,98=0,033 \text{ мм.}$$

Погрешность закрепления $\xi_з$ заготовки в приспособлении в данном случае можно принять равной нулю, так как направление вектора зажима не совпадает с направлением выполняемого размера.

Отсюда фактическую погрешность $\xi_ф$ установки заготовки в приспособление можно принять равной 0,033 мм.

Расчет допустимой погрешности $\xi_{доп}$ установки заготовки в приспособление выполняется по следующей зависимости:

$$\xi_{доп} = \sqrt[2]{(T - \Delta_{пр})^2 - \tau^2}$$

где Т – величина допуска на выполняемый размер;

$\Delta_{пр}$ – погрешность размера, связанная с приспособлением;

τ – погрешность размера, связанная с методом обработки.

Величина $\Delta_{пр}$ определяется следующим образом:

$$\Delta_{пр} = \Delta_{пр1} + \Delta_{пр2}$$

где $\Delta_{пр1}$ – погрешность изготовления приспособления;

$\Delta_{пр2}$ – погрешность установки приспособления на станке.

Известно, что допуск выполняемого размера равен 0,52 мм, а погрешность $\Delta_{пр1}$ можно принять равной 1/3 от допуска на настроечный размер. В данном случае настроечным является размер 40 ± 0,185 мм. Тогда $\Delta_{пр1}$ = 0,12 мм. Погрешность $\Delta_{пр2}$ согласно [13, с.14] для деталей нормальной точности может быть принята равной 0,02 мм.

Погрешность τ, связанная с методом обработки соответствует точности обработки на станке. Для горизонтально-фрезерных станков по ГОСТ 17734-88 допуск на длине продольного перемещения стола до 400 мм для станков класса точности Н составляет 20 мкм. Следовательно, величина τ может быть принята равной 0,02 мм.

После подстановки:

$$\xi_{доп}=\sqrt[2]{(0{,}52-0{,}14)^2-0{,}02^2}=0{,}38 \text{ мм}.$$

Следовательно:

$$\xi_ф = 0{,}033 \leq \xi_{доп} = 0{,}38$$

Заданная точность обработки при фрезеровании пазов 14 будет обеспечена при данной схеме установки на операции 030.

12.3 Силовой расчет приспособления

12.3.1 Выбор режущего инструмента

Для обработки пазов детали «Крышка» выбираем дисковую трехстороннюю фрезу ГОСТ 28527-90 диаметром $D_ф$ = 100 мм, шириной В = 20, типа два, исполнения 2, Z=2*7. Материал режущей части – быстрорежущая сталь Р6М5.

12.3.2 Расчёт составляющих силы резания

Главная составляющая силы резания при фрезеровании – это тангенциальная составляющая P_z, которая определяется по следующей эмпирической зависимости:

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

где t – глубина фрезерования, мм;

S_z – подача на зуб, мм/зуб;

В – ширина фрезерования, мм;

Z – число зубьев фрезы;

D – диаметр фрезы, мм;

n – частота вращения шпинделя, об/мин;

$K_{мр}$ – коэффициент качества обрабатываемого материала.

Для углеродистой стали $K_{мр}$=0,86 и для данного случая Ср=68,2; x = 0,86; y = 0,72; u = 1; q = 0,86; w = 0.

После подстановки:

$$P z = \frac{10 \cdot 68{,}2 \cdot 8^{0{,}86} \cdot 0{,}06^{0{,}72} \cdot 20^{1} \cdot 14}{100^{0{,}86} \cdot n^{0}} \cdot 0{,}86 = 2468 \ \ H .$$

Другие составляющие силы резания при фрезеровании определяются по следующим зависимостям:

$$P_y = 0{,}5 \cdot P_z = 0{,}5 \cdot 4480 = 1234 \text{ Н},$$

$$P_x = 0{,}3 \cdot P_z \cdot tg(w) = 0{,}3 \cdot 2468 \cdot tg(15) = 198 \text{ Н},$$

$$P_v = 1{,}1 \cdot P_z = 1{,}1 \cdot 2468 = 2715 \text{ Н},$$

$$P_h = 0{,}2 \cdot P_z = 0{,}2 \cdot 2468 = 494 \text{ Н}.$$

12.3.3 Расчёт силы зажима заготовки в приспособлении

Поскольку пазы на заготовке обрабатываются дисковой фрезой, то на виде приспособления слева можно видеть главные составляющие силы резания P_z и P_y (рис. 25), которые стремятся опрокинуть заготовку. Препятствует опрокидыванию силы трения.

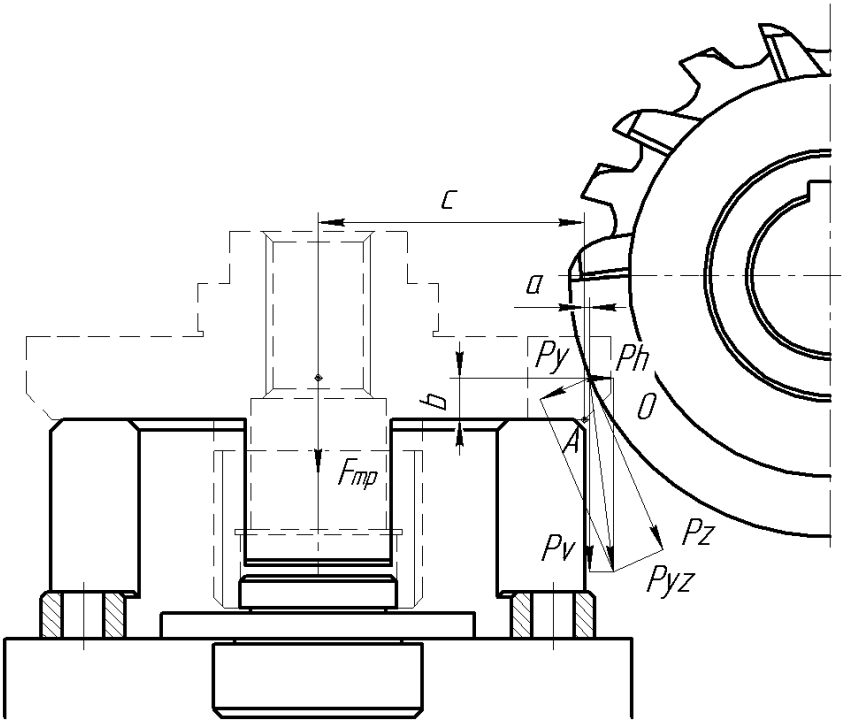


Рисунок 25 – Схема для силы зажима W_1 на виде приспособления слева

Уравнение равновесия сил для данного случая будет иметь следующий вид:

$$k * Pv * a + kPh * b = F mp * c$$

где k – коэффициент запаса для обеспечения надежного закрепления заготовки, принимаем равным 2,5.

Сила зажима будет равна:

$$W_1 = \frac{F_{mp1}}{f_1} = \frac{k * Pv * a + k * Ph * b}{c * f_1} = \frac{2{,}5 * 2715 * 1 + 2{,}5 * 494 * 8}{51 * 0{,}18} = 1815 \ \ H,$$

где ∫ - коэффициент трения, принимаем ∫=0,18.

Поскольку применяется трехсторонняя фреза, то разворот заготовки вокруг собственной оси происходить не будут, так как сила P_x взаимокомпенсируется (см. рис.26).

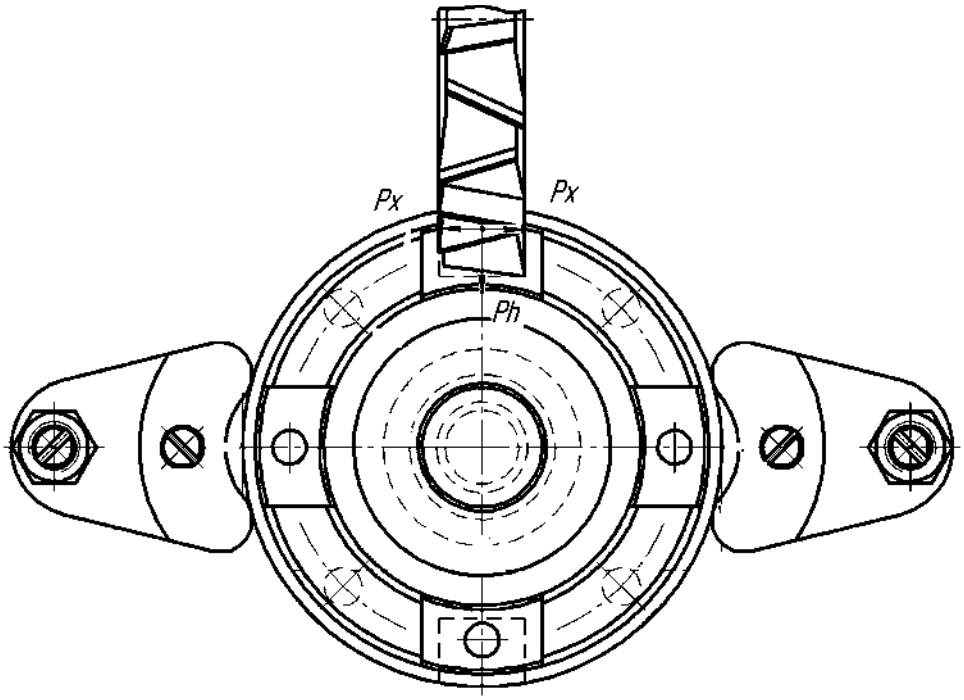


Рисунок 26 – Схема сил на виде приспособления сверху

12.4. Расчёт привода приспособления

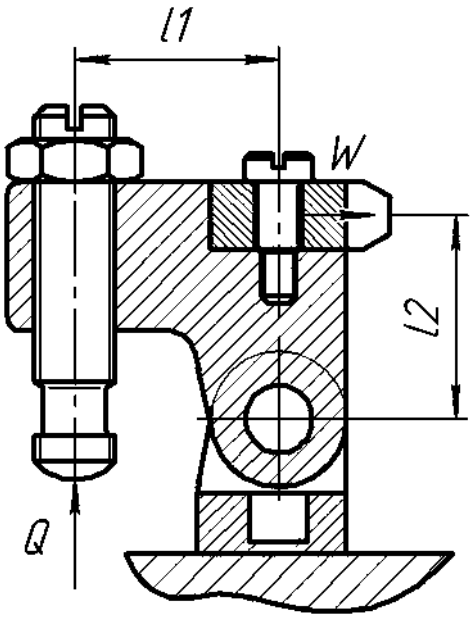
На рис. 26 представлен механизм зажима заготовки. Согласно схеме расчетная зависимость для определения силы Q будет выглядеть следующим образом:

$$W * l_1 = Q * l_2 * \eta,$$

где η– коэффициент потерь от шарнирных соединений;

l1 и l2 – плечи сил Q и W соответственно.

Отсюда



$$Q = \frac{W * l_1}{l_2 * \eta} = \frac{1815 * 30}{30 * 0{,}95} = 1910 \;\; H.$$

Рисунок 26 – Схема для определения силы Q

Расчётные зависимости для определения размерных параметров элементов пневмоцилиндра следующие:

$$Q_{шт} = p * \eta * \frac{\pi * \left(D^2 - d^2\right)}{4} - q, \;\; где$$

p– давление в пневмоцилиндре;

η– механический КПД;

D– диаметр цилиндра;

d– диаметр штока;

q– усилие от пружины, равное q=0,1Q.

Соответственно, диаметр цилиндра будет равен

$$D = \sqrt{\frac{4 * \left(Q_{шт} + Q_{шт} * 0{,}1\right)}{\pi * p * \eta} + d^2} = \sqrt{\frac{4 * (1910 + 191)}{\pi * 0{,}8 * 0{,}9} + 16^2} = 63 \;\; мм.$$

Принимаем диаметр пневмоцилиндра из стандартного ряда:

$$D = 63 \;\; мм.$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В курсовом проекте разработаны технологические процессы на механическую обработку детали «Крышка» в условиях среднесерийного производства. Описаны назначение детали, конструкторские и технологические особенности.

Проанализирован и выбран метод получения заготовки, произведен расчет минимальных припусков под обработку, а также размерный анализ.

На основании расчета предложен технологический маршрут обработки детали. Произведены расчеты режимов резания и норм времени.

В проекте подобрана и спроектирована технологическая оснастка. Описана настройка на размер режущих инструментов и разработана наладка на токарно-револьверные станки. Для установочно-зажимного приспособления на одной из операций были произведены точностной и силовой расчеты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Механическая обработка тел вращения: учебно-методическое пособие / М. Г. Галкин, В. Н. Ашихмин, И. В. Коновалова, А.С. Смагин. – 3-е изд., испр. и доп., - Екатеринбург: УрФУ, 2015. – 222с.
2. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам,1990. 52 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой, А.Г. Суслова, А.М. Дальского, Р.К. Мещерякова. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2001. Т1. 912 с.: ил.
4. Справочник технолога машиностроителя: в 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой, А.Г. Суслова, А.М. Дальского, Р.К. Мещерякова. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2001. Т2. 944 с.: ил.
5. Обработка металлов резанием: справочник технолога / А.А. Панов и [др.]; под общ. ред. А.А. Панова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2004. 784 с.: ил.
6. Проектирование технологии групповой обработки на токарно-револьверных станках: методические указания к курсовому и дипломному проектированию / сост. В. В. Кувшинский, В.Б. Федоров. Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 1994. Ч.1. 36 с.
7. Технология машиностроения. Часть II: Проектирование технологических процессов: учеб. пособие / Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, Б.Я. Розовский, В.В Дегтярев, А.М Соловейчик; под ред. С.Л. Мурашкина. СПб.: СПбГПУ, 2002. 498 с.
8. Технология машиностроения. Часть III: Правила оформления технологической документации: учеб. пособие / Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, Б.Я. Розовский, В.В Дегтярев, А.М. Соловейчик; под ред. С.Л. Мурашкина. СПб.: СПбГПУ, 2002. 59 с.
9. Ашихмин В.Н. Размерный анализ при технологическом проектировании: учеб. пособие/ В.Н. Ашихмин, В.В. Закураев. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2005. 93 с.
10. Режимы резания металлов: справочник / Ю.В. Барановский [и др.]. 4-е изд., перераб. и доп. М.: НИИТавтопром, 1995. 456 с.
11. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. 5-е изд. М.: ООО ИД «Альянс», 2007. 256 с.
12. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места, подготовительно-заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Среднесерийное и крупносерийное производство. М., 1988.
13. Краткий справочник металлиста/ А.Н. Малов [и др.]. 2-е изд. М.: Машиностроение, 1972. 745 с.: ил.
14. Ансёров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. / М.А. Ансёров. 4- е изд., исправл. и доп. – Л.: Машиностроение, 1975. – 65

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

ПРИЛОЖЕНИЕ 7