

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	2
ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ	3
1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА	4
2. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ.....	7
2.1 ВЫБОР ИСХОДНОЙ ЗАГОТОВКИ.....	8
4. РАЗРАБОТКА МАРШРУТА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБОЙМЫ.....	9
5. РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ И ДИАМЕТРАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ	16
6. РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ В ОСЕВОМ НАПРАВЛЕНИИ.....	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА. 4
7. ВЫБОР СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ	399
8. РАСЧЁТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ	52
9. РАСЧЁТ ОСНОВНОГО ВРЕМЕНИ.....	56
10.	КОНСТРУКТОРСКАЯ
ЧАСТЬ.....	58
11. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	61
12. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	79
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ	
ИСТОЧНИКОВ.....	98

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность производства, его технический прогресс, качество выпускаемой продукции во многом зависят от опережающего развития производства нового оборудования, машин, станков и аппаратов, от всемерного внедрения методов технико-экономического анализа, обеспечивающего решение технических вопросов и экономическую эффективность технологических и конструкторских разработок.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка эффективного технологического процесса изготовления детали втулка. Это позволит получить навыки разработки технологии изготовления детали и закрепит теоретические знания по дисциплине «Технология машиностроения». Технологический процесс разрабатывается для условий среднесерийного производства.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Разработать технологический процесс изготовления оси. Чертёж детали представлен на рисунке 1. Годовая программа выпуска: 4000 шт.

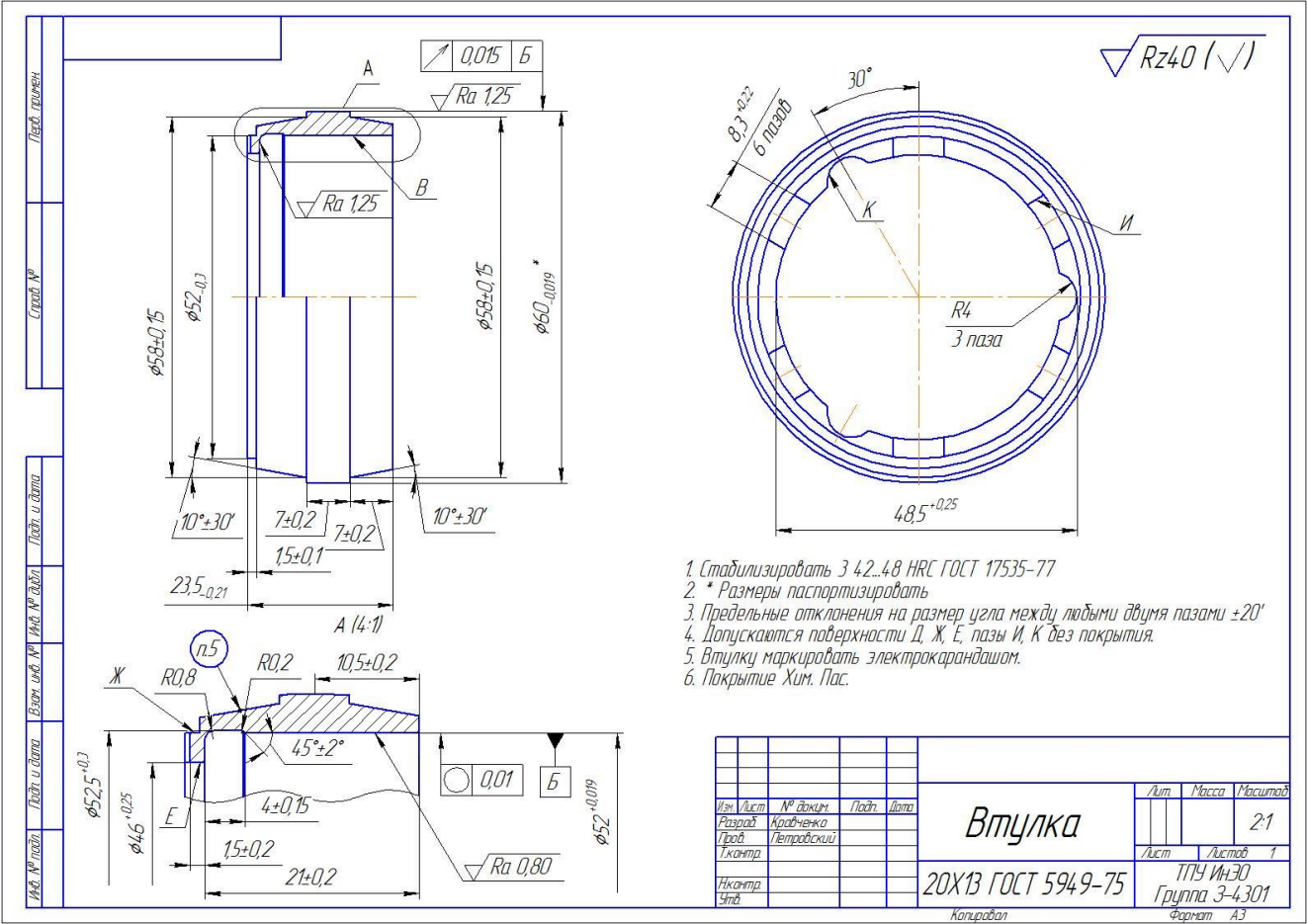


Рисунок 1 - Втулка

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА

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

$$K_{з.о} = \frac{t_6}{T_{cp}}, \quad (1)$$

где t_6 – такт выпуска детали, мин.;

T_{cp} – среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса, мин.

Такт выпуска детали определяем по формуле:

$$t_6 = \frac{F_r}{N_r}, \quad (2)$$

где F_r – годовой фонд времени работы оборудования, мин.;

N_r – годовая программа выпуска деталей.

Годовой фонд времени работы оборудования при двухсменном режиме работы: $F_r = 10300$ ч.

Тогда

$$t_6 = \frac{F_r}{N_r} = \frac{10300 \cdot 60}{4000} = 154,5 \text{ мин};$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса:

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к i}}{n}, \quad (3)$$

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

n – количество основных операций.

В качестве основных операций выберем 3-и операции ($n=3$).

Штучно – калькуляционное время i - ой основной операции определяем по рекомендациям приложения 1 [1, с.147]:

$$T_{ш.к i} = \varphi_{к i} \cdot T_{oi} \quad (4)$$

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

$T_{о.і}$ – основное технологическое время і- ой операции, мин.

В качестве основных операций выберем 3 операции (n=3): токарную, токарную с ЧПУ и круглошлифовальную операции (см операционную карту).

Для первой операции (токарной) $\varphi_{к.1} = \varphi_{к.3} = 2.14$;

для шлифовальной $\varphi_{к.3} = 1.84$.

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

Основное технологическое время первой токарно-фрезерной операции определяем только для наиболее продолжительных по времени переходов (подрезка торца, точение поверхности начерно, расточка отверстия начерно, сверление отверстия и его расточка (см. операционную карту)):

$$T_{о.1} = (0,037(D^2 - d^2) + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,18 \cdot d \cdot l \cdot i + 0,18 \cdot d \cdot l + 0,52 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3},$$

где d – диаметр, мм;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Значения вышеперечисленных переменных определяем приближенно, по рисунку 1.

Тогда

$$T_{о.1} = (0,037(65 - 40) \cdot (65 + 40) + 0,17 \cdot 40 \cdot 24 + 0,18 \cdot 40 \cdot 24 + 0,18 \cdot 40 \cdot 24 + 0,52 \cdot 40 \cdot 24) \cdot 10^{-3} = 8,4 \text{ мин}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции определяем по формуле (4):

$$T_{шк1} = \varphi_{к.1} \cdot T_{о.1} = 2,14 \cdot 8,4 = 18 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время второй токарно-фрезерной операции определяем для следующих переходов: подрезка торцов, расточка отверстия, фрезерование пазов) (см. операционную карту)):

$$T_{о.5} = (0,037(D^2 - d^2) + 0,037(D^2 - d^2) + 0,17 \cdot d \cdot l + 7 \cdot l + 0,52 \cdot l + 7 \cdot l) \cdot 10^{-3},$$

тогда

$$T_{о.5} = (0,037 \cdot 2 \cdot (63 - 49) \cdot (63 + 49) + 0,17 \cdot 49 \cdot 24 + 7 \cdot 24 + 0,52 \cdot 8,3 \cdot 1,5 + 3 \cdot 8) \cdot 10^{-3} = 4,6 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции, формула (4):

$$T_{ш.к2} = \varphi_{к2} \cdot T_{о.2} = 2,14 \cdot 4,6 = 10 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время для девятой операции круглошлифовальная (см. операционную карту):

$$T_{о.9} = (0,15 \cdot d \cdot l + 0,15 \cdot d \cdot l + 6 \cdot l + 4 \cdot l + 0,52 \cdot d \cdot l + 0,4 \cdot d \cdot l + 6 \cdot 0,52 \cdot d \cdot l + 6 \cdot 0,4 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3},$$

Тогда

$$T_{о.9} = (0,15 \cdot 50 \cdot 60 + 0,15 \cdot 40 \cdot 15 + 6 \cdot 23,5 + 4 \cdot 23,5 + 0,52 \cdot 11 \cdot 20 + 0,4 \cdot 10,5 \cdot 15 + 6 \cdot 0,52 \cdot 18 \cdot 50 + 6 \cdot 0,4 \cdot 20 \cdot 45) \cdot 10^{-3} = 7,6 \text{ мин}$$

мин.

Штучно – калькуляционное время данной операции, формула (4):

$$T_{ш.к9} = \varphi_{к3} \cdot T_{о.3} = 1,84 \cdot 7,6 = 14 \text{ мин.}$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса определяем по формуле (3):

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.кi}}{n} = \frac{T_{ш.к1} + T_{ш.к2} + T_{ш.к3}}{3} = \frac{18 + 10 + 14}{3} = 14,6 \text{ мин.}$$

Тип производства определяем по формуле (1):

$$K_{з.о} = \frac{t_e}{T_{cp}} = \frac{154,5}{14} = 11$$

Так как $K_{з.о} = 11 > 10..20$, то тип производства среднесерийный.

2. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ

Деталь втулка представляет собой тело вращения, изготавливаемое из стали 20Х13. Химический состав стали 20Х13

C	Cr	Fe	P	S	Si	Mn
			Не более			
0,16-0,25	12-14,0	Осн.	≤0,030	≤0,025	≤0,8	≤0,8

Деталь имеет достаточно простую конструкцию. Обеспечивается свободный доступ инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям, так же деталь имеет совокупность поверхностей, которые могут быть использованы в качестве технологических баз. Деталь изготовлена из материала сталь 20Х13, которая хорошо обрабатывается резанием. Это позволяет считать деталь технологичной.

Но так же присутствуют и нетехнологичные элементы: тонкие стенки, требования к шероховатости, отклонениям от формы и расположения поверхностей, допускам некоторых поверхностей детали. Так же нетехнологичной является сферическая поверхность, на которую предъявлены достаточно жёсткие требования, что принуждает обрабатывать её после термической обработки с помощью лезвийного инструмента со специальным инструментальным сплавом..

2.1 ВЫБОР ИСХОДНОЙ ЗАГОТОВКИ

С учетом технологических свойств материала детали (материал детали сталь 20Х13), её габаритов и массы, требований к механическим свойствам (особых требований нет), а также типом производства (среднесерийное) выбираем в качестве исходной заготовки – горячий прокат.

3. РАЗРАБОТКА МАРШРУТА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВТУЛКИ

Маршрут технологии изготовления втулки представлен в виде таблицы 1, где также обозначены технологические базы.

Согласно п1 требованиям чертежа по ГОСТ 17535-77 разработаем маршрут изготовления детали.

Стр. 12 ГОСТ 17535—77

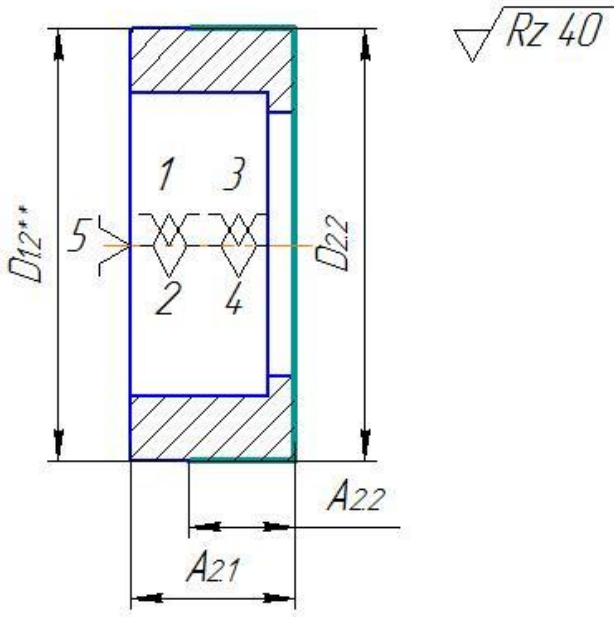
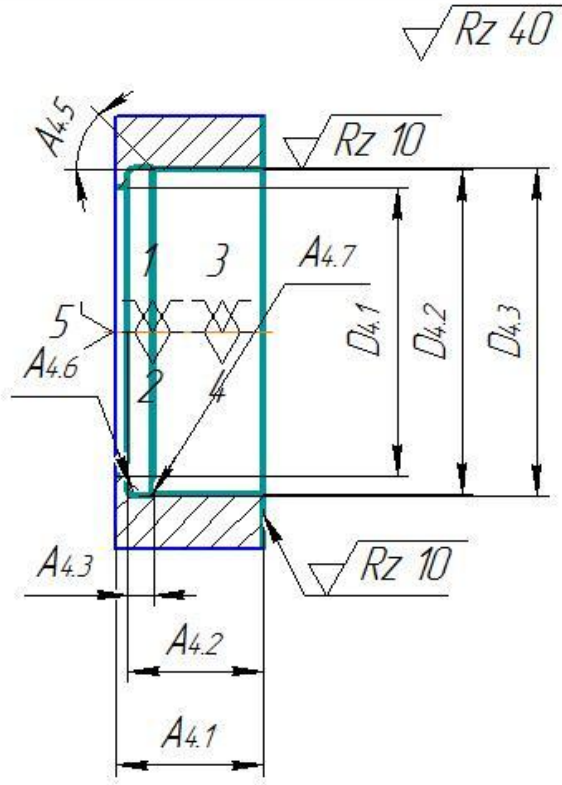
Таблица 3			
Последовательность операций	Категория деталей		
	1	2	3
1	Получение заготовки		
2	Предварительная механическая обработка резанием с оставлением припуска до 2,0 мм на сторону		
3	Термическая обработка по режиму 1		
4	Механическая обработка с оставлением припуска до 0,5 мм на сторону для наиболее точных размеров		
5	Отделочная операция (нанесение гальванического или лакокрасочного покрытия)	Термическая обработка по режиму 2	
6	Окончательная механическая обработка резанием	Отделочная операция (нанесение гальванического или лакокрасочного покрытия)	

Продолжение табл. 3

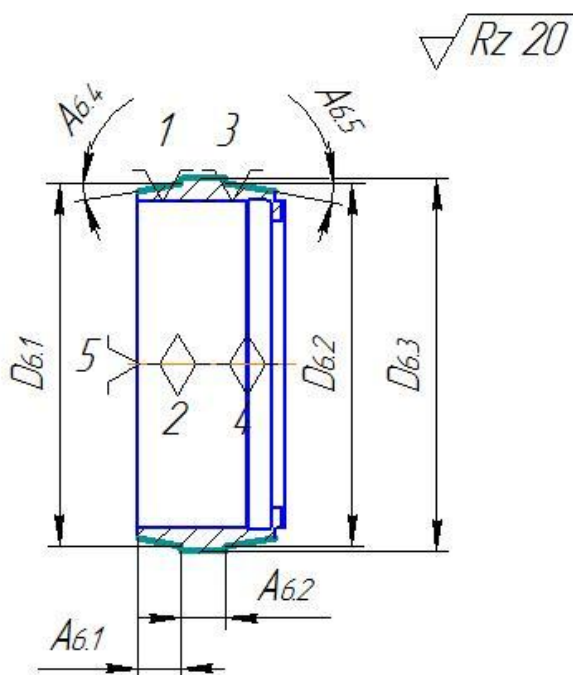
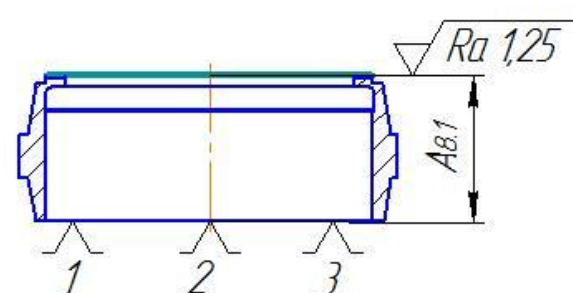
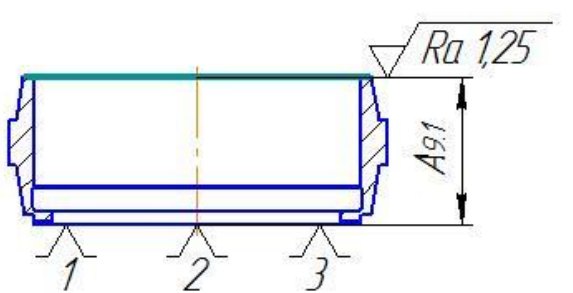
Последовательность операций	Категория деталей		
	1	2	3
7	—	Окончательная механическая обработка резанием	
8	—	—	Термическая обработка по режиму 3

Таблица 1 – Маршрут изготовления детали

Номер		Наименование и содержание операции и переходов	Операционный эскиз
Операции	Перехода		
1	2	3	4
0	1	<u>Заготовительная</u> Резать пруток на заготовки в размер A_{01}^* * Размер для справок ** Размер инструмента	
1		<u>Токарная</u> 1 Подрезать торец в размер A_{11} 2 Точить поверхность в размер D_{12} на длине A_{12}^* 3 Сверлить сквозное отверстие в размер D^* 4 Расточить отверстие D^* до диаметра D_{14} 5 Расточить отверстие D_{14} до диаметра D_{13} на длине A_{13} * Размеры, не участвующие в расчёте размерных цепей; ** Размер для справок	

1	2	3	4
2	<u>Токарная</u> 1 Подрезать торец в размер A_{21} 2 Точить поверхность в размер D_{22} на длине A_{22} ** Размер для справок		
3	<u>Термическая (Отжиг)</u>		
4	<u>Токарно-фрезерная с ЧПУ</u> Установ 1 1 Подрезать торец в размер $A_{4.1}$ 2 Точить по контуру, выдержав размеры $D_{4.2}$, $A_{4.2}$, $D_{4.3}$, $A_{4.3}$, $D_{4.4}$, $A_{4.5}$, $A_{4.6}$, $A_{4.7}$		

1	2	3	4
5		Установ 2 Перехват в контр-шпиндель Токарно-фрезерная с ЧПУ 1 Подрезать торец в размер A5.1 2 Точить поверхность в размер D5.2 на длине A5.2 3 Фрезеровать пазы, выдержав размеры A5.3, A5.4, A5.5, A5.6	Technical drawing of a cylindrical part. The top view shows a circular cross-section with a central hole. Dimensions include A5.5 for the outer diameter, A5.4 for the inner diameter, and A5.3 for the total length. A section line A-A is indicated. The surface finish is specified as Rz 40. The side view shows a rectangular cross-section with dimensions A5.1, A5.2, A5.3, A5.4, A5.5, and A5.6. The surface finish is specified as Rz 10.

1	2	3	4
6	1	Токарная с ЧПУ Точить поверхность по контуру в размеры $D_{6.1}$, $A_{6.1}$, $D_{6.2}$, $A_{6.2}$, $D_{6.3}$, $A_{6.4}$, $A_{6.5}$	 Technical drawing of a stepped shaft. The drawing shows a cross-section with three main diameters: $D_{6.1}$ (outer), $D_{6.2}$ (middle), and $D_{6.3}$ (inner). The corresponding axial dimensions are $A_{6.1}$, $A_{6.2}$, $A_{6.4}$, and $A_{6.5}$. There are also labels 1, 2, 3, 4, and 5 pointing to specific features. A surface texture symbol $\sqrt{Rz\ 20}$ is indicated.
7		Термическая (42...48 HRC)	
8	1	Плоскошлифовальная Шлифовать торец в размер $A_{8.1}$	 Technical drawing of a shaft end. The drawing shows a cross-section with a dimension $A_{8.1}$ indicating the width of the end face. A surface texture symbol $\sqrt{Ra\ 1,25}$ is indicated. The drawing is divided into three sections labeled 1, 2, and 3.
9	1	Плоскошлифовальная Шлифовать торец в размер $A_{9.1}$	 Technical drawing of a shaft end. The drawing shows a cross-section with a dimension $A_{9.1}$ indicating the width of the end face. A surface texture symbol $\sqrt{Ra\ 1,25}$ is indicated. The drawing is divided into three sections labeled 1, 2, and 3.

1	2	3	4
10	1	<u>Кругло-шлифовальная</u> <u>(внутришлифовальная)</u> Шлифовать поверхность в размер $D_{10.1}$	
11	1	<u>Токарная с ЧПУ</u> Точить сферу выдержав размеры $D_{11.1}$ $A_{11.2}$	
12	1	<u>Макировка</u> Маркировать согласно п.6	

1	2	3	4
13		Промывка	
15		Термическая (старение стабилизирующее)	
14		Гальваническая Покрывание Хим.Пос	

4. РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ И ДИАМЕТРАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ

5.1 Расчет припусков и технологических размеров

Минимальный припуск на обработку поверхностей вращения и обработки плоскостей определяется по формулам:

$$2 \cdot z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (5)$$

$$Z_{\min} = R_{z_0} + h_0 + \rho$$

где Rz_{i-1} – шероховатость поверхности на предшествующем переходе или операции, мкм;

h_{i-1} – толщина дефектного поверхностного слоя, полученного на предшествующем переходе или операции, мкм;

ρ_{i-1} – суммарное пространственное отклонение обрабатываемой поверхности, полученное на предшествующем переходе или операции, мкм;

ε_i – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе, мкм.

Таблица 2 – Расчет припусков на обработку поверхности сферы Ø60

Переходы обработки сферы Ø60	Элементы минимального припуска, мкм				Минимальный припуск $2 \cdot Z_{\min}$, мкм
	Rz	h	ρ	ε	
Токарная: Черновая	160	250	335,4	-	$2Z_{1.2}^{\min} = 2Z_{2.2}^{\min} = 1409,8$
Токарно-фрезерная с ЧПУ: Получистовая	80	100	223,6	-	$2Z_{6.3}^{\min} = 807,2$
Токарная с ЧПУ: Чистовая	20	30	128,1	-	$2Z_{11.1}^{\min} = 356,2$

Шероховатость поверхности и толщину дефектного поверхностного слоя после механической обработки определяем по таблице 4.5 [1, с. 64]:

$$Rz=160\text{мкм}, h=250\text{мкм}. \rho_i = \sqrt{\rho_{\text{ф.прокат}}^2 + \rho_{\text{р.прокат}}^2} = \sqrt{150^2 + 300^2} = 335,4\text{мкм}.$$

Минимальный припуск на черновое точение, формула (5):

$$2Z_{1.2\min} = 2(R_{\text{зн}} + h_{\text{нр}} + \sqrt{\rho_{\text{ф.прокат}}^2 + \rho_{\text{р.прокат}}^2}) = 2(160 + 250 + \sqrt{150^2 + 300^2}) = 1490,8\text{мкм}.$$

Остальные припуски рассчитаем аналогично.

Таблица 3 – Расчет припусков на обработку поверхности Ø52

Переходы обработки отверстия Ø52	Элементы минимального припуска, мкм				Минимальный припуск $2 \cdot Z_{\min}$, мкм
	Rz	h	ρ	ε	
Токарно-фрезерная с ЧПУ: Чистовая	80	80	223,6	-	$2Z_{4,2}^{\min}=767,2$
Шлифование	10	10	20	6	$2Z_{10,1+}^{\min}=92$

Таблица 4, – Расчет припусков на обработку отверстия Ø46

Переходы обработки отверстия Ø46	Элементы минимального припуска, мкм				Минимальный припуск $2 \cdot Z_{\min}$, мкм
	Rz	h	ρ	ε	
Токарно-фрезерная с ЧПУ Чистовая	40	40	128,1	-	$Z_{4,1}^{\min}=416,2$

Определим допуски на переходы [1, 65], [2, 192].

$$TD_{01} = 1,6 = 1600 \text{ мкм}$$

$$TD_{11.1} = TDK_1 = 0,019 = 19 \text{ мкм}$$

$$TD_{6.1} = TD_{6.2} = TDK_2 = TDK_3 = 0,3 = 300 \text{ мкм}$$

$$TD_{4.3} = TDK_4 = 0,3 = 300 \text{ мкм}$$

$$TD_{4.1} = TDK_6 = 0,25 = 250 \text{ мкм}$$

$$TD_{10.1} = TDK_5 = 0,019 = 19 \text{ мкм}$$

$$TD_{5.2} = TDK_7 = 0,3 = 300 \text{ мкм}$$

$$TD_{1.4} = 0,35 = 350 \text{ мкм}$$

$$TD_{1.3} = 0,35 = 350 \text{ мкм}$$

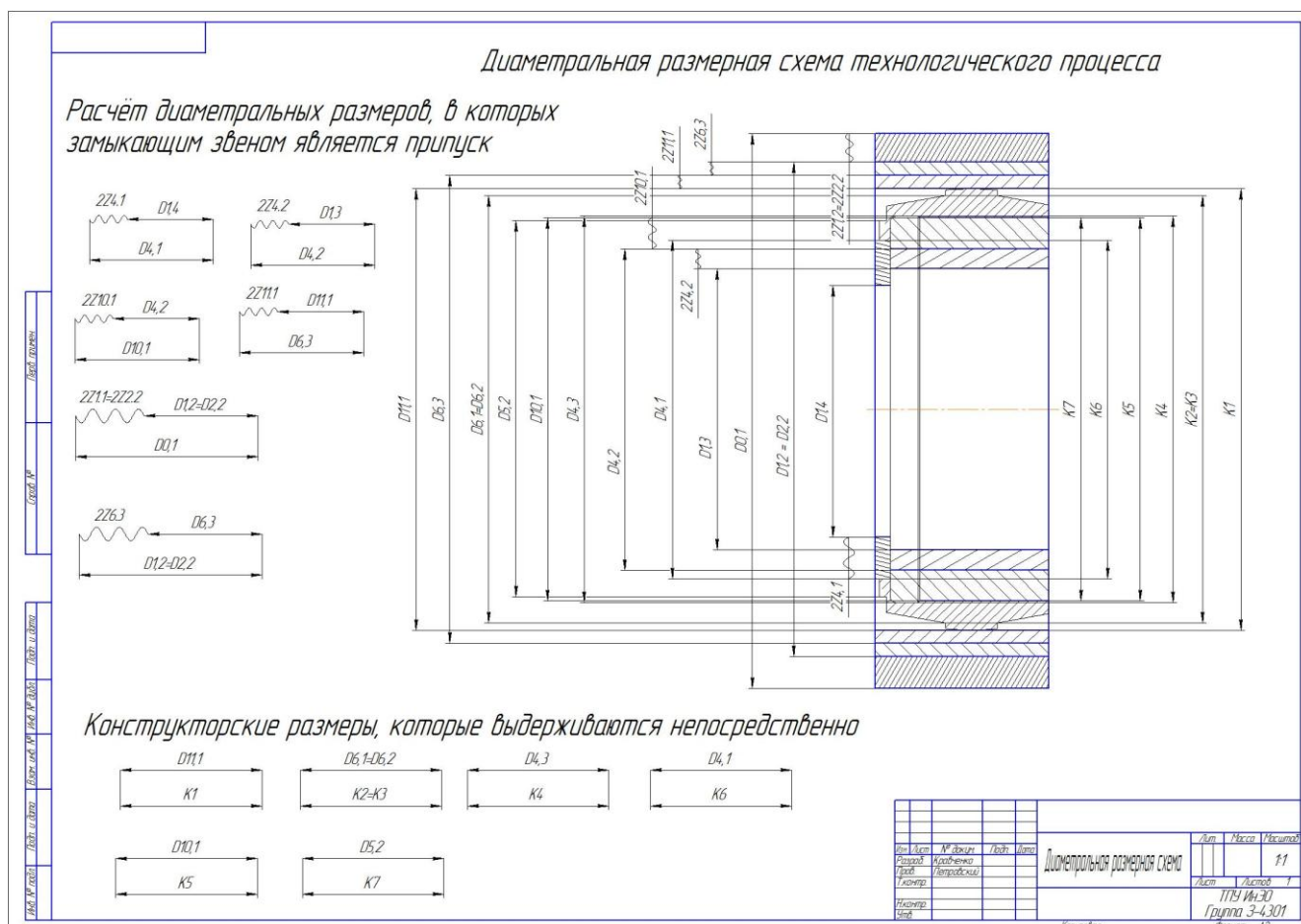
$$TD_{4,2}=0,04 = 40\text{мкм}$$

$$TD_{6,3}= 0,09 = 90 \text{ мкм}$$

$$TD_{1,1}= TD_{2,2}=0,4 = 400\text{мкм}$$

Расчёт диаметральных технологических размеров

Диаметральная размерная схема



Расчет диаметральных технологических размеров выполняем из условия обеспечения минимальных припусков на обработку. При этом расчете будем использовать размерную схему, представленную на рисунке 3.

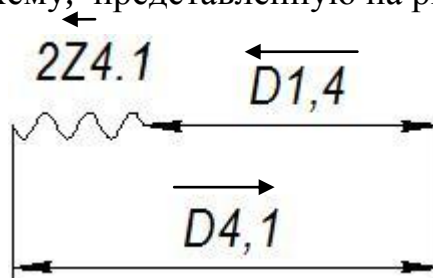


Рисунок 3 – Размерная схема обработки отверстия Ø46 мм.

$$2*Z_{4,1}^{\min}=416,2 \text{ мм}$$

Так как звеньев в размерной цепи не более 3, то $TZ_{4,1}$ рассчитаем по формуле:

$$TZ_{4.1} = TD_{4.1} + TD_{1.4} = 250 + 300 = 550 \text{ мкм} = 0,55 \text{ мм}$$

Определим среднее значение припуска для дальнейшего расчёта размерной цепи:

$$2 \cdot Z_{4.1}^c = 2 \cdot Z_{4.1}^{\min} + \frac{TDZ_{4.1}}{2} = 2416,2 + \frac{550}{2} = 691,2 \text{ мкм} = 0,6912 \text{ мм}$$

$$D_{4.1} = K_6 = 46^{+0,25} \text{ мм}$$

$$D_{4.1}^c = D_{4.1} + \frac{TD_{4.1}}{2} = 46,125 \text{ мм}$$

Определим значение размера $D_{4.1}$ из размерной цепи, где замыкающим звеном является припуск $Z_{4.1}$. Для составления уравнения необходимо определить увеличивающие и уменьшающие звенья. Присваиваем условно замыкающему звену направление уменьшающего (короткая стрелка) на рис.3, далее определяем увеличивающие и уменьшающие звенья, согласно направлению стрелок. Далее составляем уравнение:

$$2Z_{4.1}^{cp} = D_{4.1}^{cp} - D_{1.4}^{cp} \text{ из которого выражаем неизвестный размер и рассчитываем его значение.}$$

$$D_{1.4}^{cp} = D_{4.1}^{cp} - 2Z_{4.1}^{cp} = 46,125 - 0,6912 = 45,4338 \text{ мм}$$

Определим номинальное значение размера $D_{1.4}$

$$D_{1.4}^{cp} = D_{1.4} - \frac{TD_{1.4}}{2} = 45,4338 - \frac{0,25}{2} = 45,3088 \text{ мм}$$

При округлении значения размера руководствуемся следующим правилом: увеличивающие звенья округляем в большую сторону, а уменьшающие в меньшую. Так как размер $D_{1.4}$ является уменьшающим, то принимаем $D_{1.4} = 45,3 \text{ мм}$

$$\text{уточняем значение } 2Z_{4.1} = D_{4.1} - D_{1.4} = 46^{+0,25} - 45,3^{+0,35} = 0,7^{+0,25}_{-0,35} \text{ мм}$$

$$D_{1.4} = 45,3^{+0,35} \text{ мм}$$

Аналогично рассчитаем другие технологические размеры.

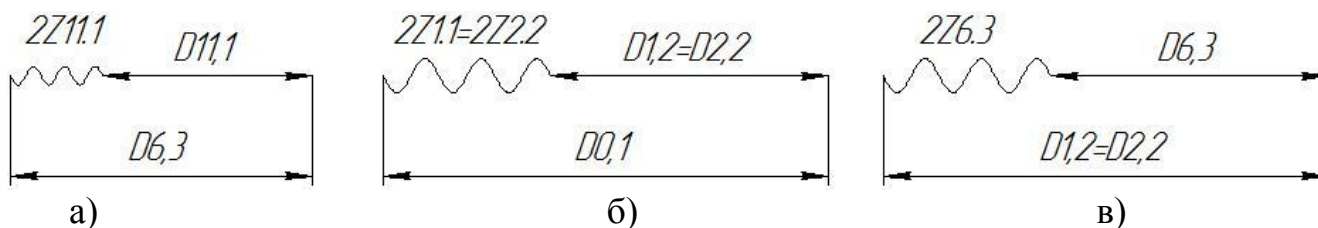


Рисунок 5 – Размерная схема обработки сферы ф60 мм.

Определим технологический размер $D_{6.3}$ и припуск $2Z_{11.1}$ (рис. 5а)

$$D_{11.1} = K_1 = 60_{-0,019} \text{ мм}$$

$$2Z_{11.1}^{\min} = 356,2 \text{ мкм} = 0,3562 \text{ мм}$$

$$TD_{6.3} = 90 \text{ мкм} = 0,090$$

$$TDZ_{11.1} = 0,109 \text{ мм}$$

$$D_{11.1}^c = 59,9905 \text{ мм}$$

$$2Z_{11.1}^{cp} = 0,4107 \text{ мм}$$

$$D_{6.3}^c = 59,9905 + 0,4107 = 60,4012 \text{ мм}$$

$$D_{6.3} = 60,4012 + 0,045 = 60,4462 \text{ мм}$$

$$\text{Принимаем: } D_{6.3} = 60,4_{-0,09} \text{ мм}$$

$$\text{Уточняем значение } 2Z_{11.1} = D_{6.3} - D_{11.1} = 60,4_{-0,09} - 60_{-0,019} = 0,4_{-0,09}^{+0,019}$$

$$D_{6.3} = 60,4_{-0,09} \text{ мм}$$

Определим технологический размер $D_{1.2}=D_{1.1}$ и припуск $2Z_{11.1}$ (рис. 5в)

$$D_{6.3} = 60,4_{-0,09} \text{ мм}$$

$$2Z_{6.3}^{\min} = 807,2 \text{ мкм} = 0,8072 \text{ мм}$$

$$TD_{1.1} = TD_{2.2} = 400 \text{ мкм} = 0,4 \text{ мм}$$

$$TDZ_{6.3} = 0,49 \text{ мм}$$

$$D_{6.3}^c = 60,355 \text{ мм}$$

$$2Z_{6.3}^{cp} = 1,0522 \text{ мм}$$

$$D_{1.1}^c = D_{2.2}^c = 60,355 + 1,0522 = 61,4072 \text{ мм}$$

$$D_{1.1} = D_{2.2} = 61,4072 + 0,2 = 61,6072 \text{ мм}$$

$$\text{Принимаем: } D_{1.1} = D_{2.2} = 61,6_{-0,4} \text{ мм}$$

$$\text{Уточняем значение } 2Z_{6.3} = D_{1.1} - D_{6.3} = 61,6_{-0,4} - 60,4_{-0,09} = 1,2_{-0,4}^{+0,09}$$

$$D_{1.1} = D_{2.2} = 61,6_{-0,4} \text{ мм}$$

Определим технологический размер $D_{0.1}$ и припуск $2Z_{1.1} = 2Z_{2.2}$ (рис. 5б)

$$D_{1.1} = D_{2.2} = 61,6_{-0,4} \text{ мм}$$

$$2Z_{1.1}^{\min} = 2Z_{2.2}^{\min} = 1409,8 \text{ мкм} = 1,4098 \text{ мм}$$

$$TD_{0.1} = 1600 \text{ мкм} = 1,6 \text{ мм}$$

$$TDZ_{1.1} = TDZ_{2.2} = 2 \text{ мм}$$

$$D_{1.1}^c = D_{2.2}^c = 61,4 \text{ мм}$$

$$2Z_{6.3}^{cp} = 2,4098 \text{ мм}$$

$$D_{0.1}^c = 61,4 + 2,4098 = 63,8098 \text{ мм}$$

$$D_{0.1} = 63,8098 + 0,8 = 64,6098 \text{ мм}$$

Согласно ГОСТ 2590-2006, принимаем: $D_{0.1} = 65_{-1,1}^{+0,5} \text{ мм}$, [2, стр.3]

Уточняем значение $2Z_{1.1} = 2Z_{2.2} = D_{0.1} - D_{1.1} = 65_{-1,1}^{+0,5} - 61,6_{-0,4} = 3,4_{-1,1}^{+0,9}$

$$D_{0.1} = 65_{-1,1}^{+0,5} \text{ мм}$$

Далее, представим размеры, которые выдерживаются непосредственно:

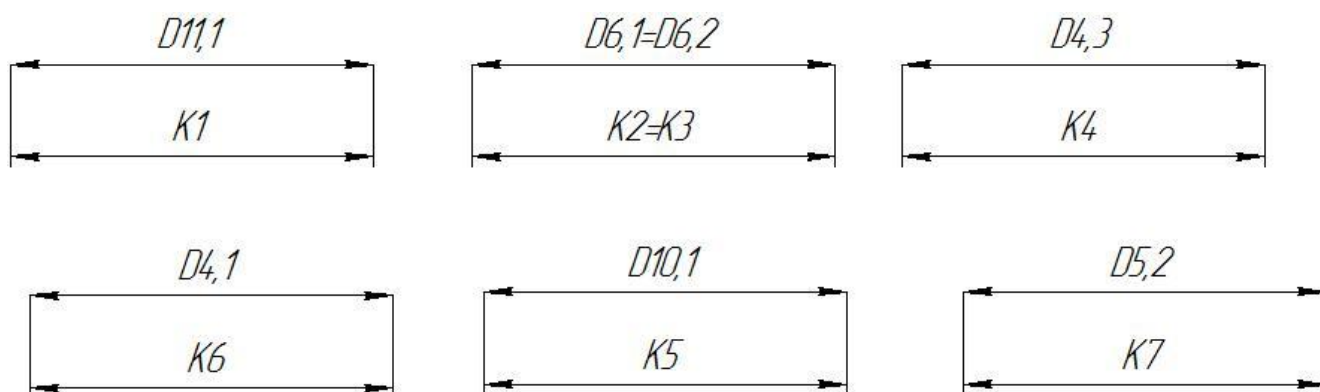


Рисунок 6

Сведём все значения припусков и диаметральных размеров в таблицу:

Таблица 5, Таблица рассчитанных припусков и технологических размеров

Технологические размеры, мм	Припуски, мм
$D_{1.4} = 45,3_{-0,35}^{+0,35}$	$2Z_{4.1} = 0,7_{-0,35}^{+0,25}$
$D_{4.1} = 46_{-0,35}^{+0,25}$	$2Z_{4.2} = 1,1_{-0,35}^{+0,04}$

$D_{4.2}=51,8^{+0,04}$	$2Z_{10,1} = 0,2^{+0,019}_{-0,03}$
$D_{1.3}=50^{+0,35}$	$2Z_{11,1} = 0,4^{+0,019}_{-0,09}$
$D_{11,1}=60_{-0,019}$	$2Z_{6,3} = 1,2^{+0,09}_{-0,4}$
$D_{6,3}=60,4_{-0,09}$	$2Z_{1,1} = 2Z_{2,2} = 3,4^{+0,9}_{-1,1}$
$D_{1,1}=D_{2,2}=61,6_{-0,4}$	
$D_{0,1} = 65^{+0,5}_{-1,1}$	
$D_{6,1}=58\pm 0,15$	
$D_{4,3}=52,5^{+0,3}$	
$D_{5,2}=52_{-0,3}$	

5. РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ В ОСЕВОМ НАПРАВЛЕНИИ

Формула для расчета минимальных припусков на обработку:

$$2Z_{\min} = 2(R_{z_1} + h_1 + \rho) \quad (6)$$

По смысловому содержанию переменные данной формулы совпадают с переменными формулы (5).

Таблица 7 – Расчет припусков на обработку торца

Переходы обработки торца Ø52 _{-0,3}	Элементы минимального припуска, мкм			Минимальный припуск $Z^{\min}$, мкм
	Rz	h	ρ	
Подрезка торца: Черновая	100	100	200	$Z_{2,1}^{\min} = 400$
Подрезка торца: Чистовая	80	80	110	$Z_{5,1}^{\min} = 270$
Шлифование	10	10	20	$Z_{8,1}^{\min} = 40$

Шероховатость поверхности и толщину дефектного поверхностного слоя заготовки определяем по таблице 4.4 [1, с.64]: $Rz + h = 100 + 100 = 200$ мкм.

Суммарное пространственное отклонение находим по формуле:

$$\rho_i = \sqrt{\rho_{\Phi_{i-1}}^2 + \rho_{P_{i-1}}^2}, \quad (7)$$

где $\rho_{\Phi_{i-1}}$ – погрешность формы обрабатываемой поверхности;

$\rho_{P_{i-1}}$ – погрешность расположения обрабатываемой поверхности.

$$\rho_{\Phi_{i-1}} = \Delta_{i-1} \cdot l$$

l – Длина вылета заготовки из патрона;

Рассчитаем $\rho_{\Phi_{i-1}}$ для подрезки торца.

$$\rho_{P_{i-1}} = 500 \text{ мкм} [3, 72]$$

$$\rho_{\Phi_{i-1}} = \Delta_{i-1} \cdot l = 0,1 \text{ мкм/мм} \cdot 15 \text{ мм} = 1,5 \text{ мкм}$$

$$\Delta_{i-1} = 0,1 [1, 186]$$

$$\rho_i = \sqrt{1,5^2 + 200^2} = 200 \text{ мкм}$$

Минимальный припуск на подрезку торца, по формуле (6):

$Z_{2.1\min}=(100+100+200)=400 \text{ мкм}=0,4 \text{ мм}$, для остальных припусков расчёт аналогичен.

Таблица 8

Переходы обработки торца	Элементы минимального припуска, мкм			Минимальный припуск $Z^{\min}$, мкм
	Rz	h	ρ	
Подрезка торца: Черновая	100	100	200	$Z_{1.1}^{\min}=400$
Подрезка торца: Чистовая	80	80	110	$Z_{4.1}^{\min}=270$
Шлифование	10	10	20	$Z_{9.1}^{\min}=40$

Таблица 9

Переходы Расточка отверстия	Элементы минимального припуска, мкм			Минимальный припуск $Z^{\min}$, мкм
	Rz	h	ρ	
Чистовая	80	80	110	$Z_{4.2}^{\min}=270$

Технологические размеры в осевом направлении определяем, используя размерную схему на рисунке 6.

Назначим допуски на технологические размеры:

$$TA_{0.1}=800\text{мкм}=0,8\text{мм}$$

$$TA_{1.1}=400\text{мкм}=0,4\text{мм}$$

$$TA_{2.1}=400\text{мкм}=0,4\text{мм}$$

$$TA_{4.1}=300\text{мкм}=0,3\text{мм}$$

$$TA_{5.1}=150\text{мкм}=0,15\text{мм}$$

$$TA_{4.2}=300\text{мкм}=0,3\text{мм}$$

$$TA_{1.3}=400\text{мкм}=0,4\text{мм}$$

$$TA_{8.1} = 80\text{мкм}=0,08\text{мм}$$

$$TA_{9.1} = 70\text{мкм}=0,07\text{мм}$$

$$TA_{6.1} = 200\text{мкм}=0,2\text{мм}$$

$$TA_{5.2} = 100\text{мкм}=0,1\text{мм}$$

$$TA_{5.6} = 100\text{мкм}=0,1\text{мм}$$

$$TA_{6.2} = TK_4 = 0,4\text{мм}=400\text{мкм}$$

$$TA_{4.3} = TK_5 = 0,3\text{мм}=300\text{мкм}$$

$$TA_{11.2} = TK_9 = 0,4\text{мм}=400\text{мкм}$$

Определяем технологический размер $A_{8.1}$ из размерной цепи, представленной на рисунке 8. Для определения этого размера воспользуемся методом максимума-минимума, так как имеем три звена в размерной цепи.

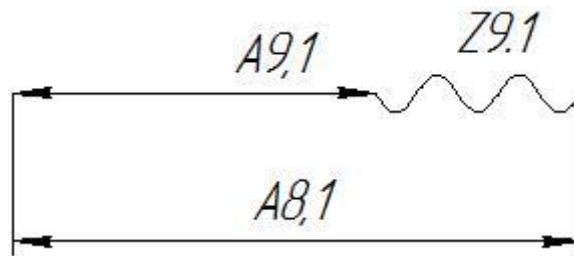


Рисунок 8— Размерная схема для расчёта $A_{8.1}$

$$A_{9.1} = K_1 = 23,5_{-0,21}\text{мм}$$

Так как при шлифовании, можно выдержать размер с точностью выше, чем она задана конструктором, назначим допуск на размер $TA_{9.1} = 0,05$.

$$TZ_i = \sum TA_i$$

$$TA_{8.1} = 80\text{мкм}=0,08\text{мм}$$

$$TZ_{9.1} = 0,08 + 0,07 = 0,15\text{мм}$$

Далее проведём расчёт через среднее значение припуска. Расчёт аналогичен расчёту диаметральных размеров.

$$A_{9.1}^c = \frac{A_{9.1}^{\max} + A_{9.1}^{\min}}{2} = \frac{23,5 + 23,43}{2} = 23,465\text{мм}$$

$$Z_{9.1}^{\min} = 0,04\text{мм}$$

$$Z_{9.1}^c = Z_{9.1}^{\min} + \frac{TZ_{9.1}}{2} = 0,04 + \frac{0,15}{2} = 0,115\text{мм}$$

$$Z_{9.1}^c = A_{8.1}^c - A_{9.1}^c$$

Преобразуем данное уравнение

$$A_{8.1}^c = A_{9.1}^c + Z_{9.1}^c$$

$$A_{8.1}^c = 23,465 + 0,115 = 23,58 \text{ мм}$$

$$A_{8.1} = A_{8.1}^c + \frac{TA_{8.1}}{2} = 23,58 + \frac{0,08}{2} = 23,62 \text{ мм}$$

Округляем значение размера в большую сторону, так как определяемый размер является увеличивающим звеном в размерной цепи.

$$A_{8.1} = 23,6_{-0,08}$$

Фактическое значение припуска:

$$Z_{9.1} = A_{8.1} - A_{9.1} = 23,6_{-0,08} - 23,5_{-0,07} = 0,1_{-0,08}^{+0,07} \text{ мм}$$

Далее расчёт размерных цепей производится аналогично.

Определяем технологический размер $A_{5.1}$ из размерной цепи, представленной на рисунке 9

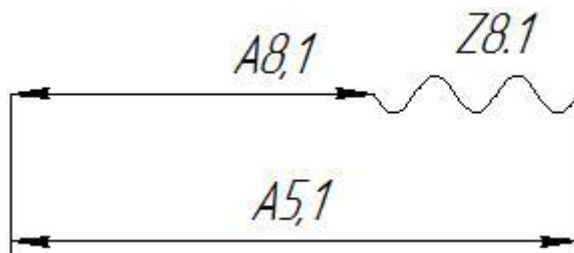


Рисунок 9– Размерная схема для расчёта $A_{5.1}$

$$TA_{8.1} = 80 \text{ мкм} = 0,08 \text{ мм}$$

$$TA_{5.1} = 150 \text{ мкм} = 0,15 \text{ мм}$$

$$TZ_{8.1} = 0,08 + 0,15 = 0,23 \text{ мм}$$

$$Z_{8.1}^{\min} = 0,04 \text{ мм}$$

$$A_{8.1}^c = 23,56 \text{ мм}$$

$$Z_{8.1}^c = 0,04 + 0,115 = 0,155 \text{ мм}$$

$$A_{5.1}^c = 23,56 + 0,155 = 23,715 \text{ мм}$$

$$A_{5.1} = 23,715 + 0,075 = 23,79 \text{ мм}$$

Принимаем:

$$A_{5.1} = 23,8_{-0,15} \text{ мм}$$

Фактическое значение припуска:

$$Z_{8.1} = A_{5.1} - A_{8.1} = 23,8_{-0,15} - 23,6_{-0,08} = 0,2_{-0,15}^{+0,08} \text{ мм}$$

Определяем технологический размер $A_{5.1}$ из размерной цепи, представленной на рисунке 10

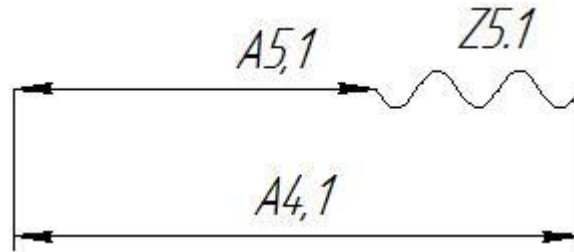


Рисунок 10– Размерная схема для расчёта $A_{4.1}$

$$TA_{4.1} = 300 \text{ мкм} = 0,3 \text{ мм}$$

$$TA_{5.1} = 150 \text{ мкм} = 0,15 \text{ мм}$$

$$TZ_{5.1} = 0,3 + 0,15 = 0,45 \text{ мм}$$

$$Z_{5.1}^{\min} = 0,27 \text{ мм}$$

$$A_{5.1}^c = 23,725 \text{ мм}$$

$$Z_{5.1}^c = 0,27 + 0,225 = 0,495 \text{ мм}$$

$$A_{4.1}^c = 23,725 + 0,495 = 24,22 \text{ мм}$$

$$A_{4.1} = 24,22 + 0,15 = 24,37 \text{ мм}$$

Принимаем:

$$A_{4.1} = 24,4_{-0,3} \text{ мм}$$

Фактическое значение припуска:

$$Z_{5.1} = A_{4.1} - A_{5.1} = 24,4_{-0,3} - 23,8_{-0,15} = 0,6_{-0,3}^{+0,15} \text{ мм}$$

Определяем технологический размер $A_{2.1}$ из размерной цепи, представленной на рисунке 11

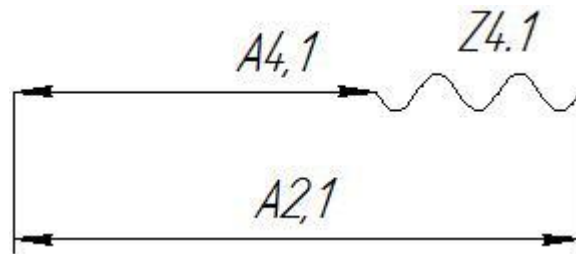


Рисунок 11– Размерная схема для расчёта $A_{2,1}$

$$TA_{4,1} = 300 \text{ мкм} = 0,3 \text{ мм}$$

$$TA_{2,1} = 400 \text{ мкм} = 0,4 \text{ мм}$$

$$TZ_{4,1} = 0,3 + 0,4 = 0,7 \text{ мм}$$

$$Z_{4,1}^{\min} = 0,27 \text{ мм}$$

$$A_{4,1}^c = 24,25 \text{ мм}$$

$$Z_{4,1}^c = 0,27 + 0,35 = 0,62 \text{ мм}$$

$$A_{2,1}^c = 24,25 + 0,62 = 24,87 \text{ мм}$$

$$A_{2,1} = 24,87 + 0,2 = 25,07 \text{ мм}$$

Принимаем:

$$A_{2,1} = 25,1_{-0,4} \text{ мм}$$

Фактическое значение припуска:

$$Z_{4,1} = A_{2,1} - A_{4,1} = 25,1_{-0,4} - 24,4_{-0,3} = 0,7_{-0,4}^{+0,3} \text{ мм}$$

Определяем технологический размер $A_{1,1}$ из размерной цепи, представленной на рисунке 12

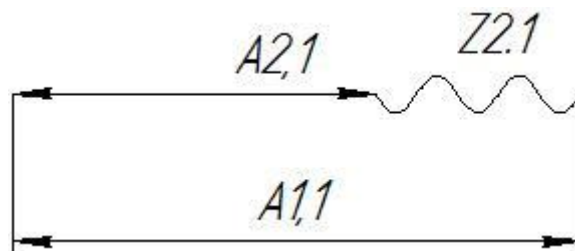


Рисунок 12– Размерная схема для расчёта $A_{1,1}$

$$TA_{1,1} = 400 \text{ мкм} = 0,4 \text{ мм}$$

$$TA_{2,1} = 400 \text{ мкм} = 0,4 \text{ мм}$$

$$TZ_{2,1} = 0,4 + 0,4 = 0,8 \text{ мм}$$

$$Z_{2.1}^{\min}=0,4\text{мм}$$

$$A_{2.1}^c = 24,9\text{мм}$$

$$Z_{2.1}^c = 0,4 + 0,4 = 0,8\text{мм}$$

$$A_{1.1}^c = 24,9 + 0,8 = 25,7\text{мм}$$

$$A_{1.1} = 25,7 + 0,2 = 25,9\text{мм}$$

Принимаем:

$$A_{1.1} = 25,9_{-0,4}\text{мм}$$

Фактическое значение припуска:

$$Z_{2.1} = A_{1.1} - A_{2.1} = 25,9_{-0,4} - 25,1_{-0,4} = 0,8_{-0,4}^{+0,4}\text{мм}$$

Определяем технологический размер $A_{0.1}$ из размерной цепи, представленной на рисунке 13

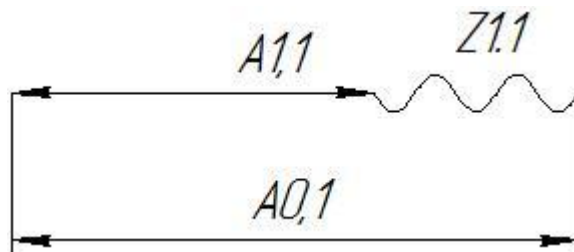


Рисунок 13– Размерная схема для расчёта $A_{0.1}$

$$TA_{1.1}=400\text{ мкм}=0,4\text{мм}$$

$$TA_{0.1}=800\text{мкм} = 0,8\text{мм}$$

$$TZ_{1.1} = 0,4+0,8=1,2\text{мм}$$

$$Z_{1.1}^{\min}=0,4\text{мм}$$

$$A_{1.1}^c = 25,7\text{мм}$$

$$Z_{1.1}^c = 0,4 + 0,6 = 1\text{мм}$$

$$A_{0.1}^c = 25,7 + 1 = 26,7\text{мм}$$

$$A_{0.1} = 26,7 + 0,4 = 27,1\text{мм}$$

Принимаем:

$$A_{0.1} = 28_{-0,8}\text{мм}$$

Фактическое значение припуска:

$$Z_{1.1} = A_{0.1} - A_{1.1} = 28_{-0,8} - 25,9_{-0,4} = 2,1_{-0,8}^{+0,4} \text{ мм}$$

Рассчитаем цепи, в которых замыкающими звеньями являются конструкторские размеры. Так как звеньев в цепи больше трёх, то расчёт производится вероятностным методом [1, стр.35]. Определим размер $A_{4.2}$

Расчёт начинаем с проверки условия:

$$TK_i \geq \sqrt{\sum (TA_i)^2} \quad (8)$$

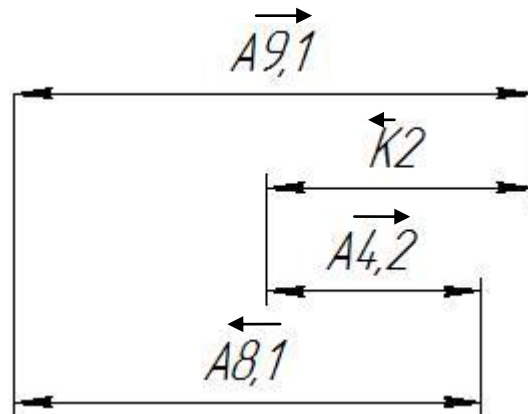


Рисунок 14 – Размерная схема для расчёта $A_{4.2}$

$$TK_2 = 0,4$$

$$TK_2 \geq \sqrt{\sum (TA_{9.1})^2 + (TA_{4.2})^2 + (TA_{8.1})^2} = \sqrt{\sum (0,05)^2 + (0,3)^2 + (0,08)^2}$$

$0,4 \geq 0,31$ - условие выполнено.

$$A_{9.1} = 23,5_{-0,07}$$

$$A_{8.1} = 23,6_{-0,08}$$

$$K_2 = 21 \pm 0,2$$

$$TA_{4.2} = 300 \text{ мкм} = 0,3 \text{ мм}$$

$$K_2^c = A_{9.1}^c + A_{4.2}^c - A_{8.1}^c$$

Определим размер $A_{4.2}$

$$A_{4.2}^c = K_2^c - A_{9.1}^c + A_{8.1}^c$$

$$A_{4.2}^c = 21 - 23,465 + 23,56 = 21,095$$

$$\Delta_0 K_2 = \Delta_0 A_{9.1} + \Delta_0 A_{4.2} - \Delta_0 A_{8.1}$$

$$\Delta_0 K_2 - \Delta_0 A_{9.1} + \Delta_0 A_{8.1} = \Delta_0 A_{4.2}$$

$$\Delta_0 A_{4.2} = 0 - (-0,035) - 0,04 = -0,005$$

$$\Delta^e A_{4,2} = \Delta_0 A_{4,2} + \frac{TA_{4,2}}{2} = -0,005 + \frac{0,3}{2} = 0,145$$

$$\Delta^H A_{4,2} = \Delta_0 A_{4,2} - \frac{TA_{4,2}}{2} = -0,005 - \frac{0,3}{2} = -0,155$$

$$A_{4,2} = 21,1^{+0,145}_{-0,155}$$

Далее расчёт производится аналогично.

Определим размер $A_{6,1}$ (рис.14)

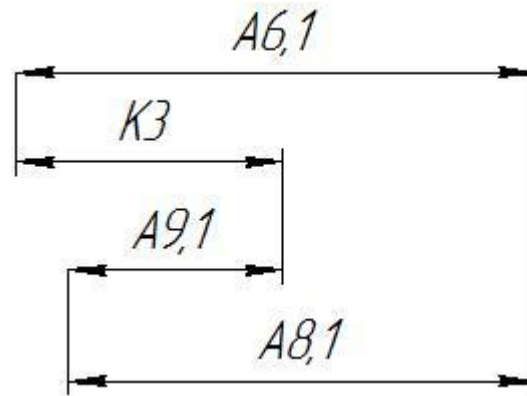


Рисунок 15 – Размерная схема для расчёта $A_{6,1}$

$$TK_3 = 0,4$$

$$TK_3 \geq \sqrt{\sum (TA_{9,1})^2 + (TA_{8,1})^2 + (TA_{6,1})^2} = \sqrt{\sum (0,05)^2 + (0,2)^2 + (0,08)^2}$$

$$0,4 \geq 0,22 - \text{условие выполнено.}$$

$$A_{9,1} = 23,5_{-0,07}$$

$$A_{8,1} = 23,6_{-0,08}$$

$$K_3 = 7 \pm 0,2$$

$$TA_{6,1} = 200 \text{ мкм} = 0,2 \text{ мм}$$

$$K_3^c = A_{9,1}^c + A_{6,1}^c - A_{8,1}^c$$

Определим размер $A_{6,1}$

$$A_{6,1}^c = K_3^c - A_{9,1}^c + A_{8,1}^c$$

$$A_{6,1}^c = 7 - 23,465 + 23,56 = 7,095$$

$$\Delta_0 K_3 = \Delta_0 A_{9,1} + \Delta_0 A_{6,1} - \Delta_0 A_{8,1}$$

$$\Delta_0 K_3 - \Delta_0 A_{9,1} + \Delta_0 A_{8,1} = \Delta_0 A_{6,1}$$

$$\Delta_0 A_{6,1} = 0 - (-0,035) - 0,04 = -0,005$$

$$\Delta^e A_{6.1} = \Delta_0 A_{6.1} + \frac{TA_{6.1}}{2} = -0,005 + \frac{0,2}{2} = 0,095$$

$$\Delta^H A_{6.1} = \Delta_0 A_{4.2} - \frac{TA_{4.2}}{2} = -0,005 - \frac{0,2}{2} = -0,105$$

$$A_{6.1} = 7,1^{+0,095}_{-0,105}$$

Определим размер $A_{5.2}$ (рис.16)

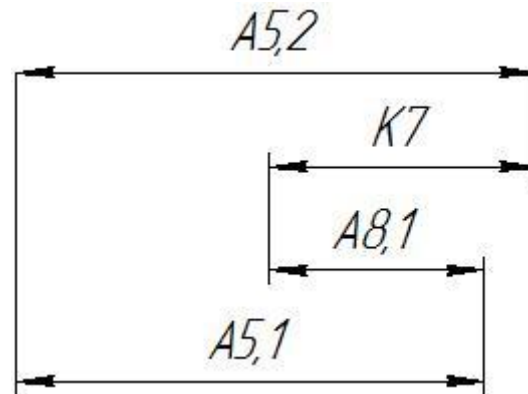


Рисунок 16 – Размерная схема для расчёта $A_{5.2}$

$$TK_7 = 0,2$$

$$TK_7 \geq \sqrt{\sum (TA_{5.1})^2 + (TA_{8.1})^2 + (TA_{5.2})^2} = \sqrt{\sum (0,15)^2 + (0,1)^2 + (0,08)^2}$$

$$0,2 \geq 0,19 - \text{условие выполнено.}$$

$$A_{8.1} = 23,6_{-0,08}$$

$$A_{5.1} = 23,8_{-0,15}$$

$$K_7 = 1,5 \pm 0,1$$

$$TA_{5.2} = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм}$$

$$K_7^c = A_{5.2}^c + A_{8.1}^c - A_{5.1}^c$$

Определим размер $A_{5.2}$

$$A_{5.2}^c = K_7^c - A_{8.1}^c + A_{5.1}^c$$

$$A_{5.2}^c = 1,5 - 23,56 + 23,725 = 1,665$$

$$\Delta_0 K_7 = \Delta_0 A_{5.2} + \Delta_0 A_{8.1} - \Delta_0 A_{5.1}$$

$$\Delta_0 K_7 - \Delta_0 A_{8.1} + \Delta_0 A_{5.1} = \Delta_0 A_{5.2}$$

$$\Delta_0 A_{5.2} = 0 - (-0,04) + (-0,075) = -0,035$$

$$\Delta^e A_{5,2} = \Delta_0 A_{5,2} + \frac{TA_{5,2}}{2} = -0,035 + \frac{0,1}{2} = 0,015$$

$$\Delta^H A_{5,2} = \Delta_0 A_{5,2} - \frac{TA_{5,2}}{2} = -0,035 - \frac{0,1}{2} = -0,085$$

$$A_{5,2} = 1,66^{+0,015}_{-0,085}$$

Определим размер $A_{5,6}$ (рис.17)



Рисунок 17 – Размерная схема для расчёта $A_{5,6}$

$$TK_6 = 0,4$$

$$TK_6 \geq \sqrt{\sum (TA_{5,1})^2 + (TA_{4,2})^2 + (TA_{5,6})^2} = \sqrt{\sum (0,15)^2 + (0,3)^2 + (0,1)^2}$$

$$0,4 \geq 0,35 - \text{условие выполнено.}$$

$$A_{4,2} = 21,1^{+0,145}_{-0,155}$$

$$A_{5,1} = 23,8_{-0,15}$$

$$K_6 = 1,5 \pm 0,2$$

$$TA_{5,6} = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм}$$

$$K_6^c = A_{5,1}^c - A_{4,2}^c - A_{5,6}^c$$

Определим размер $A_{5,6}$

$$A_{5,6}^c = -K_6^c + A_{5,1}^c - A_{4,2}^c$$

$$A_{5,6}^c = -1,5 + 23,725 - 21,09 = 1,135$$

$$\Delta_0 K_6 = \Delta_0 A_{5,1} - \Delta_0 A_{4,2} - \Delta_0 A_{5,6}$$

$$-\Delta_0 K_6 - \Delta_0 A_{4,2} + \Delta_0 A_{5,1} = \Delta_0 A_{5,6}$$

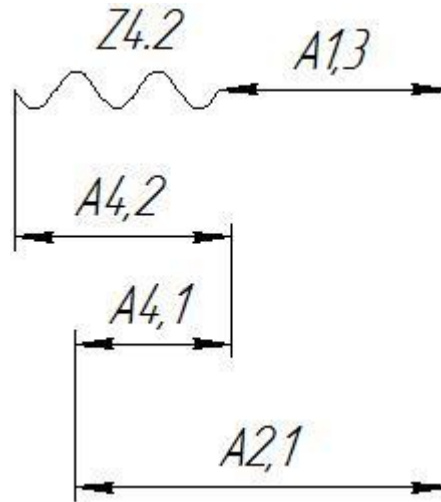
$$\Delta_0 A_{5,6} = -0 - (-0,01) + (-0,075) = -0,065$$

$$\Delta^e A_{5,6} = \Delta_0 A_{5,6} + \frac{TA_{5,6}}{2} = -0,065 + \frac{0,1}{2} = -0,015$$

$$\Delta^H A_{5,6} = \Delta_0 A_{5,6} - \frac{TA_{5,6}}{2} = -0,065 - \frac{0,1}{2} = -0,115$$

$$A_{5,6} = 1,13_{-0,115}^{-0,015}$$

Определим размер $A_{1,3}$ (рис.18), в этой цепи замыкающим звеном является припуск. Так как звеньев в цепи больше чем 3, то расчёт проведём вероятностным



методом.

Рисунок 18 – Размерная схема для расчёта $A_{1,3}$

$$TZ_{4,2} \geq \sqrt{\sum (TA_{4,1})^2 + (TA_{4,2})^2 + (TA_{2,1})^2 + (TA_{1,3})^2} = \sqrt{\sum (0,3)^2 + (0,3)^2 + (0,4)^2 + (0,4)^2}$$

$$TZ_{4,2} = 0,7$$

$$A_{4,2} = 21,1_{-0,155}^{+0,145}$$

$$A_{4,1} = 24,4_{-0,3}$$

$$A_{2,1} = 25,1_{-0,4}$$

$$TA_{1,3} = 400 \text{ мкм} = 0,4 \text{ мм}$$

$$Z_{4,2}^{\min} = 270 \text{ мкм} = 0,27 \text{ мм}$$

$$Z_{4,2}^c = 0,62 \text{ мм}$$

$$Z_{4,2}^c = A_{4,2}^c + A_{2,1}^c - A_{1,3}^c - A_{4,1}^c$$

Определим размер $A_{1,3}$

$$A_{1,3}^c = -Z_{4,2}^c + A_{2,1}^c + A_{4,2}^c - A_{4,1}^c$$

$$A_{1,3}^c = -0,62 + 24,9 + 21,09 - 24,25$$

$$A_{1,3}^c = 21,12 \text{ мм}$$

Принимаем

$$A_{1.3} = 21,1 \pm 0,2 \text{ мм}$$

Уточняем значение припуска $Z_{4.2}$

$$\Delta_0 Z_{4.2} = \Delta_0 A_{4.2}^c + \Delta_0 A_{2.1}^c - \Delta_0 A_{1.3}^c - \Delta_0 A_{4.1}^c$$

$$\Delta_0 Z_{4.2} = -0,01 - 0,2 - 0 + 0,15 = -0,06$$

$$\Delta^e Z_{4.2} = -0,06 + \frac{0,7}{2} = 0,29 \text{ мм}$$

$$\Delta^H Z_{4.2} = -0,06 - \frac{0,7}{2} = -0,41 \text{ мм}$$

$$Z_{4.2} = 0,7^{+0,29}_{-0,41} \text{ мм}$$

Конструкторские размеры, которые выдерживаются непосредственно, представлены на рисунке 19

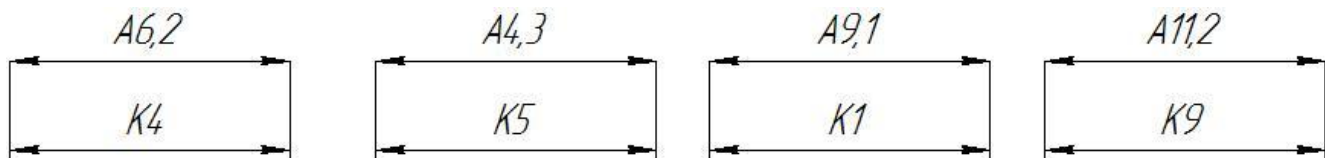


Рис.19 Конструкторские размеры, выдерживающиеся непосредственно

$$A_{6.2} = 7 \pm 0,2; A_{4.3} = 4 \pm 0,15; A_{11.2} = 10,5 \pm 0,2;$$

Все значения линейных размеров и припусков сведём в таблицу 10

Таблица 10

Линейные размеры	Припуски
$A_{0.1} = 28_{-0,8}$	$Z_{4.2} = 0,7^{+0,29}_{-0,41} \text{ мм}$
$A_{1.1} = 25,9_{-0,4}$	$Z_{1.1} = 2,1^{+0,4}_{-0,8} \text{ мм}$
$A_{2.1} = 25,1_{-0,4}$	$Z_{2.1} = 0,8^{+0,4}_{-0,4} \text{ мм}$
$A_{1.3} = 21,1 \pm 0,2$	$Z_{4.1} = 0,7^{+0,3}_{-0,4} \text{ мм}$
$A_{4.1} = 24,4_{-0,3}$	$Z_{5.1} = 0,6^{+0,15}_{-0,3} \text{ мм}$
$A_{5.6} = 1,13^{+0,015}_{-0,115}$	$Z_{8.1} = 0,2^{+0,08}_{-0,15} \text{ мм}$
$A_{5.2} = 1,66^{+0,015}_{-0,085}$	$Z_{9.1} = 0,1^{+0,08}_{-0,07} \text{ мм}$

$A_{6.1} = 7,1_{-0,105}^{-0,095}$	
$A_{5.1} = 23,8_{-0,15}$	
$A_{8.1} = 23,6_{-0,08}$	
$A_{9.1} = 23,5_{-0,07}$	
$A_{6.2} = 7 \pm 0,2$	
$A_{4.3} = 4 \pm 0,15$	
$A_{11.2} = 10,5 \pm 0,2$	

6. ВЫБОР СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ

ABS 280 В - Автоматическая ленточная пила

Технические характеристики:

Размеры отрезаемого сечения	
размер отрезаемого сечения под 90° (плоск.)	250x280 мм
размер отрезаемого сечения под 90° (круг)	280 мм
размер отрезаемого сечения под 90° (квадрат)	270 мм
длина упора	500 мм
скорость резания	20 - 100 м/мин
Рабочая зона	
длина рольганга	1200 мм
подводящие ролики	4 шт
Мощность	
мощность двигателя гл. привода	1,5 кВт
напряжение в сети	400 В
мощность двигателя гидравл. насоса	0,37 кВт
мощность двигателя подачи	0,25 кВт
мощность двигателя насоса СОЖ	0,12 кВт
Размеры и масса	

размеры ленты	27x0,9x3400 мм
габариты	1800x850x1200 мм
масса	600 кг

Токарный универсальный станок Basic Plus

Технические характеристики:

Рабочая зона	
расстояние между центрами	810 мм
макс. Ø установки заготовки над станиной	300 мм
макс. Ø установки заготовки над суппортом	178 мм
макс. Ø установки заготовки над мостком	430 мм
технол. ход, ось X	175 мм
технол. ход, ось Z1	95 мм
ширина станины	180 мм
диапазон поворота верхних салазок	± 60 °
Главный шпиндель	
частота вращения шпинделя	(9) 60 - 1500 об/мин

внутренний диаметр шпинделя	38 мм
зажим шпинделя	Camlock D1-4
конус шпинделя	МК 4
Подача	
скорость подачи по оси X	0,014 - 0,38 мм/об
скорость подачи по оси Z	0,052 - 1,392 мм/об
Нарезание резьбы	
нарезание резьбы, метрическая	(26) 0,4-7 mm
нарезание резьбы, витворта	(34) 4-56 GPZ
Задняя бабка	
диаметр пиноли задней бабки	32 мм
конус задней бабки	МК 3
ход пиноли задней бабки	100 мм
поперечная регулировка задней бабки	± 10 mm / ± 0,5"
Мощность	
мощность двигателя гл. шпинделя	1,5кВт
напряжение в сети	400 В
Размеры и масса	
габариты	1600x750x1270 мм
масса	520 кг

Многоцелевой токарно- фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ
SMT2045F3

Технические характеристики:

Рабочая зона	
---------------------	--

Максимальный оборотный диаметр над станиной	430 мм
Максимальный оборотный диаметр над суппортом	300 мм
Расстояние между торцами шпинделей	720 мм
Макс.обрабатываемый диаметр	300 мм
Макс.длина детали	480 мм
Макс.диаметр прутка (опционально)	45 (51) мм
Перемещение	
Перемещение по оси X / Z	160 / 510 мм
Перемещение по оси Y	+40/-30 мм
Главный шпиндель	
Частота вращения	0...6300 (5000) об/мин
Крутящий момент (опционально)	78 (100) Нм
Размер передней части шпинделя DIN 55026	A 2-4
Внутренний диаметр переднего	
подшипника шпинделя	80 мм
Отверстие шпинделя	53 мм
Контр-шпиндель	
Частота вращения	0...6300 об/мин
Крутящий момент	42 Нм
Размер передней части шпинделя DIN 55026	A 2-4
Внутренний диаметр переднего подшипника шпинделя	70 мм
Ось C	
Разрешение	0.001°
Частота вращения	1000 об/мин
Дискретность (дисковый тормоз)	0.01
Задняя бабка	
Ход задней бабки	510 мм
Максимальное усилие давления	6000 Н
Максимальный скорость перемещения	20 м/мин

Внутренний конус отверстия	MT 4
Мощность привода	
Главный шпиндель	13 кВт
Контр-шпиндель	10 кВт
Инструментальная головка	
Количество позиций инструмента	12
Диаметр отверстия под держатель инструментов (DIN 69880)	VDI25
Сечение резца	16 x 16 мм
Диаметр отверстия под расточные резцы	25 мм
Время поворота головки на 1 позицию	0.2 сек
Приводные инструменты	
Частота вращения	0...6000 об/мин
Макс.крутящий момент	16 Нм
Макс. мощность привода	4 кВт (5.4 л.с.)
Количество приводных инструментов	12
Приводы подачи	
Макс.скорость перемещения X / Y / Z	24 / 10 / 30 м/мин
Усилие подачи по осям X / Y	4000 / 4000 Н
Усилие подачи по осям Z	6000 Н
Ускорение от 0 до быстрого X / Z	0.1 с
Точность позиционирования по осям X / Y / Z по VDI 3441	3 / 3 / 3 мкм
Система охлаждения	
Объем бака	250 л
Стандартная мощность насоса	0.57 кВт (2.2 л.с.)
Мощность насоса при 3.5 бар/1 бар	15 / 65 л/мин
Мощность насоса при 10 бар/5 бар (опционально)	5 / 50 л/мин
Потребляемая мощность	
Подключенная нагрузка	25 кВА
Сжатый воздух	6 бар
Габариты и вес станка	

Высота центра шпинделя над уровнем пола	1100 мм
Высота станка	1958 мм
Длина x Ширина (без транспортера стружки)	2575 x 1790 мм
Общий вес станка	4000 кг
Степень защиты	соответствие ЕС

Гидравлический плоскошлифовальный станок HFS 3063 Advance

Технические характеристики:

Рабочая зона	
масса заготовки (макс.)	450 кг
расстояние торец шпинделя/стол	520 мм
размеры стола	300x600 мм
деление шкалы, ось Y	0,005 мм
деление шкалы, ось Z	0,02 мм
автом. поперечная подача	0,5 - 12 мм
частота вращения	1450 об/мин
Технологический ход	
технологический ход, ось X	660 мм
технологический ход, ось Y	340 мм
Подача	
гидравл. подача по оси X	5 - 25 м/мин
Мощность	
мощность двигателя гл. привода	4 кВт
мощность двигателя гидравл. насоса	1,5 кВт
Размеры и масса	
размер шлифов. диска	355x40x127 мм

площадь установки	2.600x2.500 мм
габариты (длина x ширина x высота)	2.080x1.870x2.195 мм
масса	2.210 кг

RSM 500 - Механический круглошлифовальный станок

Технические характеристики:

Рабочая зона	
высота центров	100 мм
расстояние между центрами	520 мм
макс. длина шлифования	500 мм
диаметр шлифования	125 мм
масса заготовки (макс.)	10 кг
диаметр внутр. шлифования	10 - 40 мм
глубина внутр. шлифования	50 мм
подача стола, бесступенчато	0,05 - 4,5 м/мин
диапазон поворота стола право/лево	9 °
Шпиндельная бабка	
диапазон частоты вращения	(6) 300 - 1040 об/мин
диапазон поворота	R + L $\pm$ 45°
конус шпинделя	МК 4
Шлифов. шпиндельная бабка	
частота вращ. шлифов. шпинделя	1800 об/мин
частота вращ. внутр. шлифов. шпинделя	17000 об/мин
диапазон поворота шлифов. шпиндельной бабки	$\pm$ 180 °
Подача	
подача за оборот маховичка по X	0,5 мм

подача за ед. деления шкалы по X	0,0025 мм
Задняя бабка	
конус задней бабки	МК 2
Точность	
точность обработки патрона, снаружи	0,005 мм
точность обработки патрона, внутр.	0,005 мм
точность обработки между центрами	0,003 mm / 0,00012"
микрошероховатость, снаружи	ra ≤0,32 мкм Ra
микрошероховатость, внутри	ra ≤0,64 мкм Ra
Мощность	
мощность привода	3,475 кВт
Размеры и масса	
размер шлифов. диска	300x40x127 мм
габариты	2240x1160x1600 мм
масса	1800 кг

Прецизионный токарный станок с ЧПУ Schaublin 250 R-TM A1-5

Технические характеристики

Функциональные возможности:	
Наибольший диаметр обработки, мм	270
Наибольший просвет над кареткой, мм	160
Наибольший просвет над станиной, мм	360
Высота центров над кареткой, мм	86
Высота центров над станиной, мм	180
Максимальная длина обработки при использовании цанги типа F48, мм	608
Максимальная длина обработки при использовании цанги типа B32, мм	607
Максимальная длина обработки при использовании	607

цанги типа B45, мм	
Максимальная длина обработки прутка при использовании зажимной цанги для обработки прутка типа «HAINBUCH Gr.42», мм	548
Параметры мощности и крутящего момента электродвигателя главного привода:	
Мощность привода главного движения (номинальная/максимальная), кВт	5,5/7,5
Крутящий момент (номинальный/максимальный), Н·м	53/73
Шпиндель A1-5 (ISO 702/I/ DIN 55026):	
Цанги SHAUBLIN для шпинделя	F48/B32/B45
Число оборотов шпинделя, об/мин	50-5 000
Диаметр отверстия шпинделя (без тяги), мм	60
Наибольший диаметр прутка, обрабатываемого в цанге B32, мм	24
Наибольший диаметр прутка, обрабатываемого в цанге B45, мм	36
Наибольший диаметр прутка, обрабатываемого в цанге F48, мм	42
Наибольший диаметр прутка при использовании зажимной цанги для обработки прутка типа «HAINBUCH Gr.42», мм	42
Наибольший диаметр прутка при использовании 3-х кулачкового автоматического патрона, мм	42
Пневматический патрон:	
Максимальное усилие зажима пневматического патрона при давлении 5 бар, даН	2 160
Блокировка шпинделя:	
Пневматическая блокировка шпинделя с усилием зажима 5 бар, Н·м	69
Ось С:	
Программируемое приращение, °	0,001
Интерполяция	X-Z-C
Каретка:	

Перемещение по оси X, мм	192
Разрешающая способность по оси X (радиус), мм	0,0005
Максимальный крутящий момент двигателя постоянного тока по оси X (номинальный/максимальный), Н·м	8/32
Шариковая винтовая пара, Ø x шаг, мм	20x5
Перемещение по оси Z, мм	680
Разрешающая способность по оси Z, мм	0,001
Максимальный крутящий момент двигателя постоянного тока по оси Z (номинальный/максимальный), Н·м	8/32
Шариковая винтовая пара, Ø x шаг, мм	32x5
Скорость подачи:	
Рабочая скорость подачи X/Z, м/мин	0-5
Ускоренная подача по осям X/Z, м/мин	10
Усилия подачи по осям X/Z (номинальные), даН	500
Инструментальная система: револьверная головка «DIPLOMATIC» с возможностью работы с приводным инструментом:	
Количество позиций инструмента в револьверной головке, шт.	8
Количество позиций приводного инструмента в револьверной головке, шт.	8
Стандарт хвостовика инструментальных блоков револьверной головки	VDI 20 DIN 69880
Приводной инструмент	DIN 1809
Максимальный размер инструмента, устанавливаемого в инструментальных блоках, мм	16x16
Скорость шпинделя, об/мин	30-6 000
Мощность привода (номинальная/максимальная), кВт	1,5/2,2
Крутящий момент (номинальный/максимальный), Н·м	4,8/7
Встроенная система охлаждения и индексирования в обе стороны вращения	Есть
Подача СОЖ:	
Емкость бака СОЖ, л	110

Мощность насоса подачи СОЖ, кВт	1,1
Производительность насоса подачи СОЖ, л/мин	8
Давление, создаваемое насосом подачи СОЖ, бар	5
Параметры пневматической системы:	
Минимальное/максимальное давление пневматической системы, бар	5-6
Присоединительная резьба, дюймы	3/8"
Качество воздуха	чистый, сухой
Средний расход воздуха, м ³ /ч	4-6
Параметры системы электропитания:	
Напряжение, В	400
Частота, Гц	50
Номинальный ток, А	22
Допустимые отклонения, %	±5
Потребляемая станком мощность, кВА	15
Габариты и вес станка:	
Габаритные размеры: - длина, мм - глубина, мм - высота, мм	2 200 1 190 1 570
Приблизительный вес НЕТТО станка, кг	1 620
Смазка направляющих и ШВП:	
Способ смазки направляющих	Автоматически
Вид смазочного материала	Масло Mobil Vactra Nr 2
Способ смазки ШВП оси X	Закладывается на весь срок службы, замены не требует.
Способ смазки ШВП оси Z	Ручной
Вид смазочного материала	Пластичная смазка Kluber Isoflex NB 52
Прочее:	
Цвет станка (2 стандартных цвета)	RAL 7 035/ RAL 5 013
Уровень шума не более, дБ	75

Числовое программное управление:	
Тип ЧПУ	Fanuc 0i-TC
Цветной LCD-монитор	10,4"
Память, Кб	256
Количество программ	400
Таблица корректирующих устройств инструмента	64
Программируемое приращение	0,001
Механическая обработка подачи выходит за границу, %	0-120
Шпиндель подачи выходит за границу, %	50-150
Интерфейс RS232-C	да
Интерфейс PCMCIA	да
Интерфейс для интернета	опция

Токарный станок с ЧПУ

Технические характеристики станка	модель 16Б16Т1
Класс точности станка по ГОСТ 8-82	П
Наибольший диаметр устанавливаемого изделия над станиной, мм	400
Наибольший диаметр устанавливаемого изделия над суппортом, мм	135
Тип устройства ЧПУ	FANUC18i
Длина устанавливаемого изделия, мм	750
Диаметр отверстия в шпинделе, мм	45
Высота резца в резцедержателе, мм	25
Количество позиций инструментальной головки, шт	8
Коническое отверстие в шпинделе	Морзе 6
Коническое отверстие пиноли задней бабки	Морзе 5
Пределы частот вращения шпинделя, об/мин	20-3200
Наибольший крутящий момент на шпинделе, Нм	460
Пределы величин оборотных подач, мм/об: - продольных - поперечных	0,01-20,00 0,005-10
Скорость быстрых ходов, мм/мин: - продольных - поперечных	10000 5000
Пределы шагов нарезаемых резьб, мм	0,05-40
Дискретность перемещений, мм: - продольных - поперечных	0,0010,0005
Мощность привода главного движения, кВт	7,5/11*
Габаритные размеры станка, не более, мм: - длина - ширина - высота	2900 1370 1740
Масса станка, кг	2620

7. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

Инструментальный материал выбираем в соответствии с рекомендациями по обработке конкретного материала обработки.

Для ленточной пилы материал быстрорежущая сталь с содержанием 8% кобальта HSSCo, для токарных резцов, выбираем сплав IC908, для окончательной обработки сферы после термообработки выбираем сплав IB10HC, для фрезерования пазов сплав IC900, для внутреннего шлифования электрокорунд белый.

Приведём пример расчёта режимов резания для трёх операций: токарной черновой (точение наружной поверхности), токарно-фрезерной с ЧПУ (фрезерование пазов), плоскошлифовальной. Для остальных операций расчёт производится аналогично.

8.1 Токарная

1. Глубина резания: $t = Z^C = 3,3$ мм.

2. Подача для данной глубины резания, рекомендуемая по каталогу:

$$s = 0,25 \text{ мм/об}$$

3. Скорость резания определяется по рекомендациям каталога $V=100\text{м/мин}$:

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 150}{3,14 \cdot 61,6} = 775 \text{ об / мин.}$$

Принимаем фактическое число оборотов:

$$n_{\text{ст}} = 770 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 61,6 \cdot 770}{1000} = 148 \text{ м / мин.}$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (11)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 100$; $n = -0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ – определены по таблице 22 [4, с.273].

Глубина резания в формуле: $t = 3,3\text{мм}$.

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{фP} \cdot K_{γP} \cdot K_{λP} \cdot K_{гP} \quad (12)$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По таблице 9, 23 [4, с.264]:

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

$$K_{MP} = 0,85; K_{фP} = 0,89; K_{γP} = 1,0; K_{λP} = 1,0; K_{гP} = 0,93.$$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{фP} \cdot K_{γP} \cdot K_{λP} \cdot K_{гP} = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,7.$$

Главная составляющая силы резания, формула (11):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 100 \cdot 3,3^{0,15} \cdot 0,25^{0,35} \cdot 148^{-0,15} \cdot 0,7 = 235 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{235 \cdot 148}{1020 \cdot 60} = 0,56 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,56}{0,75} = 0,74 \text{ кВт.}$$

Так как значение к.п.д. привода нам неизвестно, то принимаем худший вариант $\eta = 0,75$.

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{ст} \cdot \eta;$$

$$0,75 \leq 1,5 \cdot 0,75$$

$$0,75 < 1,125$$

где $N_{ст}$ – мощность электродвигателя главного привода станка.

8.2 Токарно-фрезерная с ЧПУ

Характеристика режущего инструмента:

Концевая фреза D_ϕ 8мм, $z = 4$, материал фрезы сплав IC900

1. Определяем длину и ширину фрезерования:

$$L = 4 \text{ мм.}$$

$$B = 3 \text{ мм}$$

Для фрезерования в заготовке с предварительно расточенным отверстием, принимаем глубину резания $t=4\text{мм}$, за один проход.

2. Определяем подачу на зуб фрезы по таблице 33 [4, с.283]:

$$S_z = 0,06 \text{ мм/зуб.}$$

3. Рекомендуемая скорость резания: $V=120\text{м/мин}$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 120}{3,14 \cdot 8} = 4777 \text{ об / мин}$$

Принимаем фактическое число оборотов:

$$n_{\text{ст}} = 4700 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 4700}{1000} = 118 \text{ м / мин}$$

6. Определяем минутную подачу:

$$S_m = S_z \cdot Z \cdot n_{\text{ст}} = 0,06 \cdot 4 \cdot 4700 = 1128 \text{ мм / мин}$$

6. Главная составляющая силы резания, окружная сила:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}} \quad (21)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 180$; $x = 0,9$; $y = 0,8$; $u = 1,1$; $q = 1,1$; $w = 0,3$ – определены по таблице 41 [4, с.291].

По табл. 9 [4, с.264]:

$$K_{\text{мп}} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,3} = 0,94.$$

Окружная сила, формула (21):

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}} = \frac{10 \cdot 18 \cdot 0,04^{0,9} \cdot 0,06^{0,8} \cdot 3^{0,8} \cdot 4}{8^{1,1} \cdot 4700^{0,3}} = 29 \text{ Н.}$$

8. Крутящий момент:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D_{\phi}}{2 \cdot 100} = \frac{29 \cdot 8}{2 \cdot 100} = 1,16 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

9. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{29 \cdot 118}{1020 \cdot 60} = 0,05 \text{ кВт}$$

Мощность привода контршпинделя станка 10 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Остальные режимы резания выбираем по рекомендациям, приведенным в [5].

8.3 Круглошлифовальная (внутришлифовальная)

1. Выбор шлифовального круга [3]:

Маркировка

1	50x16x25	25А	F46	L	6	V	35	A	3
---	----------	-----	-----	---	---	---	----	---	---

1(ПП) – Прямой профиль;

25А – Абразив электрокорунд белый;

F46 – Зернистость (размер зерна 400-315 мкм);

L – Твёрдость среднемягкий;

6 - Структура средняя;

V – Связка керамическая;

35 – скорость 35м/с;

A – класс точности;

3 – класс неуравновешенности круга;

$$Z_{10,1}^c = 0,211 \text{ мм}$$

2. Принимаем $V=35\text{м/с}$

$$3. \quad n = \frac{1000 \cdot V \cdot 60}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3,14 \cdot 50} = 13375 \text{ об / мин}$$

Принимаем $n=13300\text{об/мин}$,

4. Расчёт фактической скорости резания шлифовального круга

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 13300}{1000 \cdot 60} = 34 \text{ м / мин}$$

5. Окружная скорость заготовки $V=30\text{м/мин}$,

Частота вращения шпинделя передней бабки

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 52} = 183 \text{ об / мин}$$

6. Глубина шлифования $t=0,003\text{мм}$

7. Продольная подача: $0,4V=10\text{мм/об}$

$$8. \text{ Скорость продольного хода стола } V_c = \frac{S \cdot n}{1000} = \frac{10 \cdot 183}{1000} = 1,83 \text{ м / мин}$$

Принимаем $V_c = 1,8 \text{ м / мин}$

Расчёт тангенсальной силы резания

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot V_{\text{заг}}^u \cdot S_{\text{пр}}^y \cdot t^x$$

$$C_p = 2,2; U=0,5; x=0,55, y=0,5$$

$$P_z = 10 \cdot 2,2 \cdot 5,47 \cdot 1,39 \cdot 0,055 = 9 \text{ Н}$$

8. Проверка достаточности мощности станка

Мощность, затрачиваемая на резание

$$N_p = C_N \times V_3^z \times t^x \times S^y \times d^q, \text{ кВт [2], [3],}$$

где C_N – коэффициент, учитывающий условия шлифования;

x, y, z, q – показатели степени;

V, t, S – элементы режима резания;

d – диаметр шлифования, мм.

$$C_N = 2,65; z=0,5; x=0,5; y=0,55; q=0,$$

$$\text{тогда } N_p = 2,65 \times 30^{0,5} \times 0,01^{0,5} \times 10^{0,55} \times 0,211 = 2,65 \times 5,47 \times 0,1 \times 3,54 \times 0,211 = 1 \text{ кВт.}$$

Мощность главного привода станка

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{1}{0,75} = 1,33 \text{ кВт.}$$

Так как значение к.п.д. привода нам неизвестно, то принимаем худший вариант $\eta = 0,75$.

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{\text{ст}} \cdot \eta;$$

$$1,33 \leq 3,475 \cdot 0,75$$

$$1,33 < 2,6$$

9. РАСЧЕТ ОСНОВНОГО ВРЕМЕНИ

9.1 Токарная операция

Обтачивание поверхности Ø61,6:

$$t_o = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S_m},$$

где l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_{вр} = t \cdot tg\varphi$ – длина врезания инструмента в заготовку, мм;

$l_{пер}$ – длина перебега инструмента, мм;

$l_{подв}$ – длина подвода инструмента к заготовке, мм ($1 \div 3$ мм);

i – число рабочих ходов;

S_m – минутная подача, мм/мин.

$$l_{вр} = 3 \cdot tg 95^\circ = 38 \text{ мм}$$

$$S_{мин} = 0,25 \cdot 770 = 192,5 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_m} = \frac{(20 + 38 + 2 + 2) \cdot 2}{192,5} = 0,6 \text{ мин}$$

9.2 Токарно-фрезерная операция (фрезерование пазов)

$$t_o = \left(\frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_m} + t_n \right) \cdot n + \left(\frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_m} + t_n \right) \cdot n_1 = \left(\frac{(2 + 2 + 2 + 2) \cdot 1}{1128} + 0,04 \right) \cdot 3 + \left(\frac{(3 + 4 + 4 + 3) \cdot 1}{1128} + 0,02 \right) \cdot 6 = 0,13 + 0,17 = 0,3 \text{ мин}$$

n – количество пазов;

t_n – время, затраченное на поворот заготовки

$$t_n = \frac{2\pi R}{n \cdot S_{мин}} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 23}{3 \cdot 1128} = 0,04 \text{ мин}$$

$$t_n = \frac{2\pi R}{n \cdot S_{мин}} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 23}{6 \cdot 1128} = 0,02 \text{ мин}$$

9.3 Плоскошлифовальная

Основное время для плоскошлифовальной операции определяется по формуле:

$$T_o = \frac{H \cdot L \cdot h}{1000 \cdot V_c \cdot S \cdot t \cdot g} \cdot K, \text{ мин}$$

Где H – перемещение шлифовального круга в направлении поперечной подачи, мм;

L – величина хода стола, мм;

h – припуск на сторону;

V_c – скорость движения стола, м/мин;

g – число одновременно шлифуемых заготовок.

$$H = B_3 + B_k + 5, \text{ мм}$$

где B_3 – суммарная ширина заготовок, установленных на столе, мм.

B_k – величина шлифовального круга, мм.

$$L = l + (10, 15), \text{ мм}$$

где l – суммарная длина заготовок, установленных на столе, мм.

K – коэффициент выхаживания;

$K = 1,4$ – при чистовом шлифовании;

$K = 1,1$ – при предварительном шлифовании;

$g = 8$ шт.

$$V_c = 15 \text{ м/мин}$$

$$Z_{9,1} = 0,2 \text{ мм}$$

$$H = 240 + 40 + 5 = 285, \text{ мм}$$

$$L = 480 + 15 = 495, \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{285 \cdot 495 \cdot 0,2}{1000 \cdot 15 \cdot 12 \cdot 0,015 \cdot 8} \cdot 1,4 = 2 \text{ мин}$$

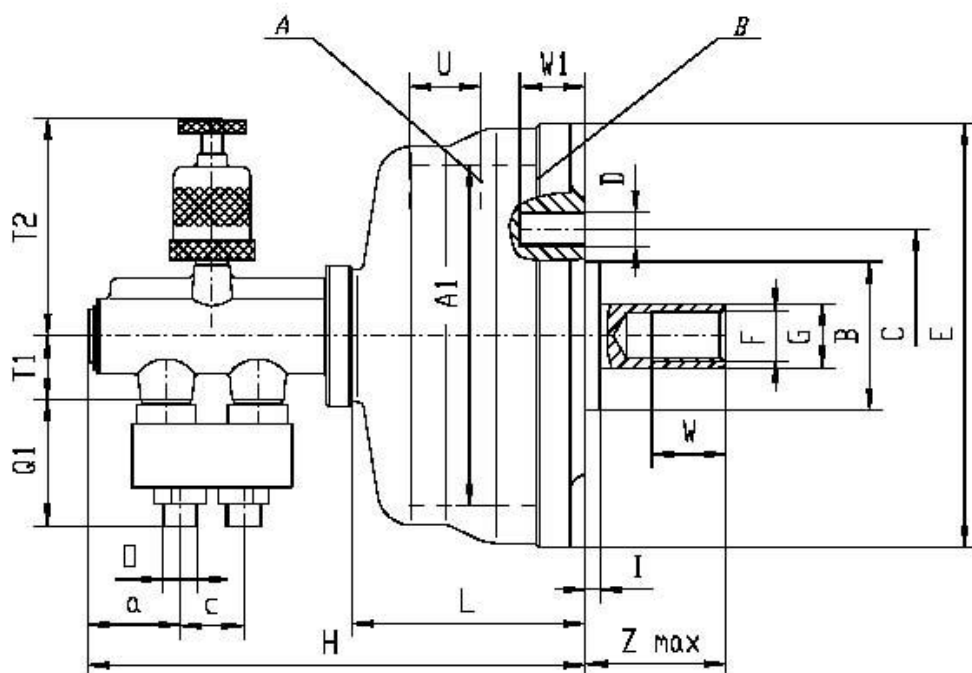
$$S = 0,3B = 12 \text{ мм/об}$$

10. Конструкторская часть

При выполнении операции 060 необходимо использовать оправку. Так как производство, на котором изготавливается данная деталь, является серийным, то целесообразно применить оправку с пневмозажимом. Операция, на которой обрабатывается сфера, токарная. Выполняется на прецизионном токарном станке Schaublin 250 R-ТМ А1-5, для него и спроектировано приспособление (рис.11).

В качестве привода для оправки использован зажимной вращающийся пневмоцилиндр тип 1202. Пневмоцилиндр предназначен для установки в металлорежущих станках в качестве привода механизированных патронов. Для предотвращения падения давления в полостях цилиндра, при внезапном падении давления в подводящей системе, в пневмоцилиндр встроены пневматические клапаны, автоматически отключающие полости цилиндра от подводящей системы и обеспечивающие поддержание силы зажима детали в патроне до остановки

вращения шпинделя станка. Схема привода и его типоразмеры представлены ниже. С использованием этого привода спроектирована оправка для обработки сферы ф60.



Привод тип 1201

Размер	160
A1	160
B2 h6	70
C	100
D	4xM16
E	199
F	M24
G	30
H	234
I	7
L	110
O	G 3/8"
Q1	59
T1	30
T2 max	120
U	34
W	35
W1	31
Z max	66
a	45
c	27
Площадь поршня, А см2	199,8
Площадь поршня, В см2	193,8
Усилие штока сжатие (P=0,63 МПа), кгс	980
Усилие штока тяга (P=0,63 МПа), кгс	950
Объем полного двойного хода (p=0,1МПа, dm3	3,0
Макс. скорость, rpm	3000
Момент инерции, кгм2	0,1
Вес, кг	9,2

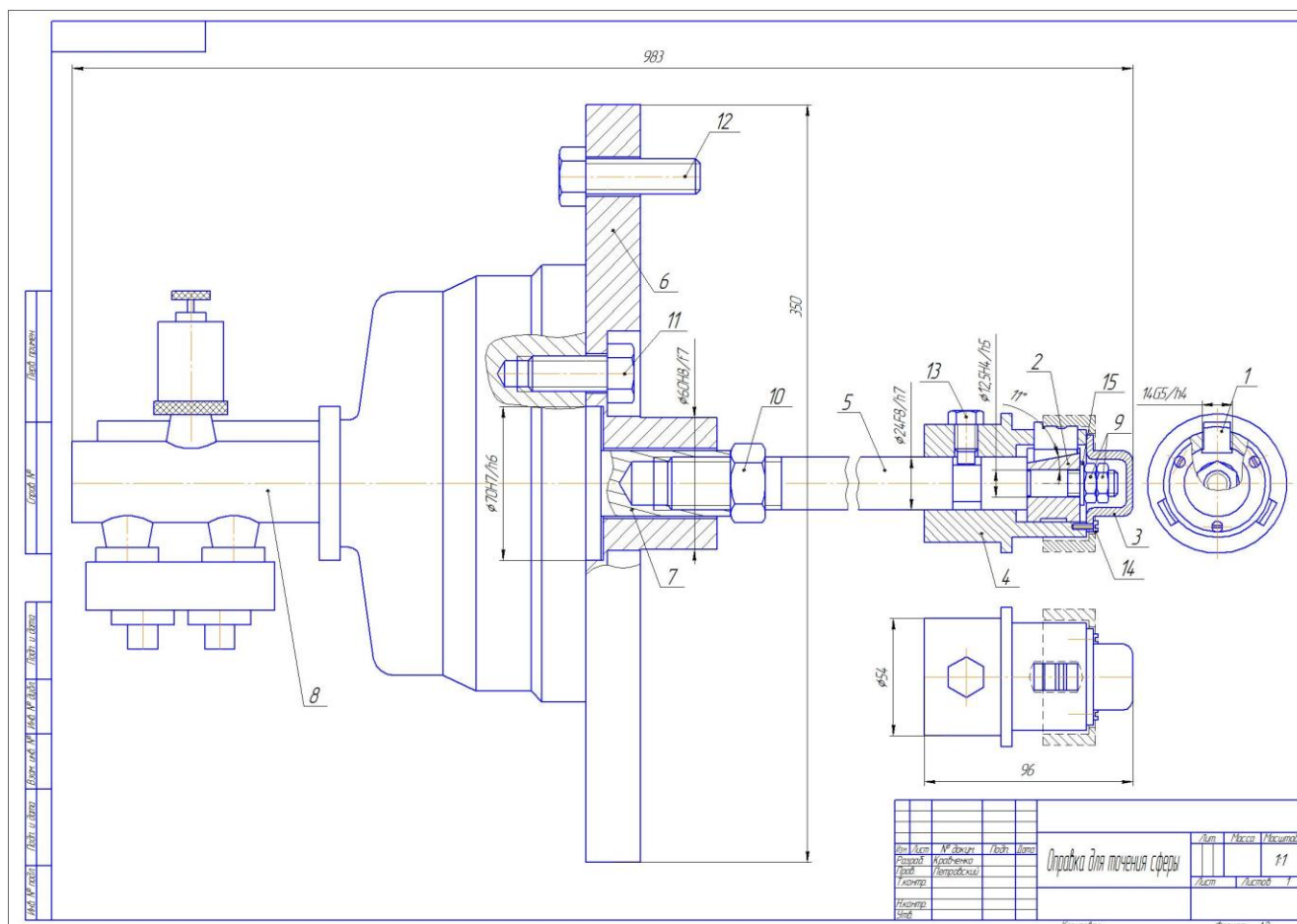


Рис.11 Оправка для наружного точения сферы

10.1 Описание приспособления

Пневоцилиндр 8 соединён с планшайбой 6 с помощью шпилек 11, цилиндрический конец планшайбы 9 установлен в отверстие шпинделя станка, сама планшайба прикреплена к кожуху станка с помощью шпилек 12. Резьбовой конец стержня 5 соединён с отверстием штока 7. Контргайка 10 служит для фиксации при регулировании положения стержня 5. Стопорный винт 13 необходим для фиксации стержня 5 в требуемом положении. Кулачки 1 установлены в пазах клина 2. Клин 2 установлен на стержень 5 и зафиксирован гайкой и контргайкой 9. Корпус 4, в котором размещены стержень, клин и кулачки имеет защитный кожух 3, который прикреплён к корпусу винтами 14.

10.2 Принцип работы приспособления

Деталь установлена с упором в торец кулачка 1. После подачи воздуха, шток 7 вместе со стержнем 5 перемещаются вправо. Кулачки 1 перемещаются в пазах клина 2 и происходит зажим заготовки. При обратном ходе штока вместе со

стержнем, Кулачки 1 перемещаются в пазах клина 2 и происходит разжим. Стопорный винт 13 фиксирует положение стержня 6 в требуемом положении.

10.3 Расчёт усилия зажима

Для надежного закрепления обрабатываемой заготовки в приспособлении клин должен быть самотормозящим, т.е. зажимать заготовку после прекращения действия на клин исходной силы P (рис. 12, а).

Самоторможение клина обеспечивается малыми углами α наклона его поверхности и получается при $\alpha < \varphi_1 + \varphi_2$:

- φ_1 – угол трения на наклонной поверхности клина;
- φ_2 – угол трения на горизонтальной поверхности клина.

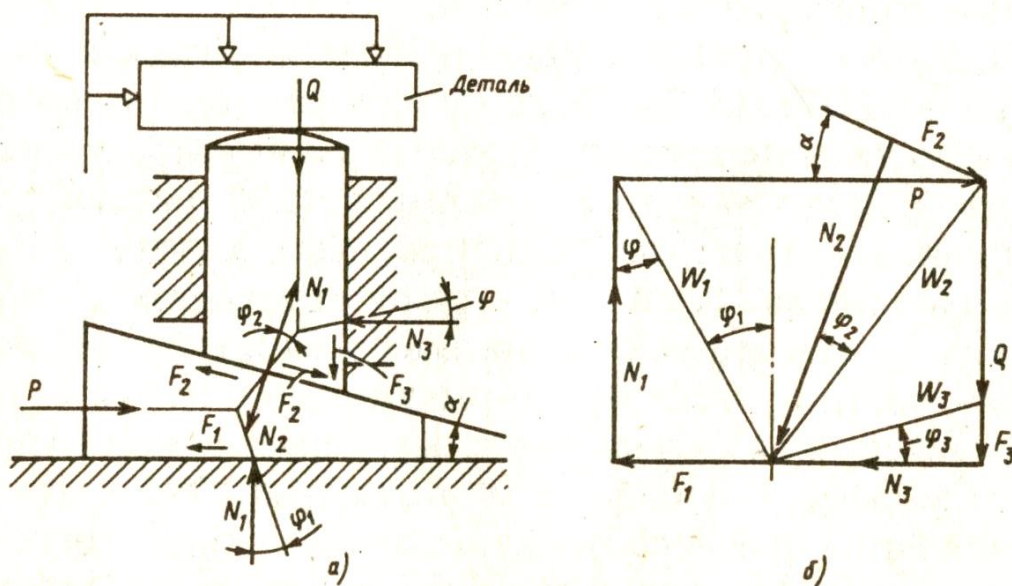


Рис. 12

Кроме исходной силы P на клин действуют нормальные силы N_1 и N_2 и силы трения F_1 и F_2 по его боковым поверхностям. Если $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi$, то для односкосного клина при расположении передаваемой силы под прямым углом зависимость между P и Q выражается формулой:

$$P = Q \cdot \operatorname{tg}(\alpha \pm 2\varphi).$$

Сила, необходимая для разжима клина примерно в 2,5...3 раза меньше силы зажима.

Условия самоторможения клина:

- с трением на двух поверхностях $\alpha < \varphi_1 + \varphi_2$;

Клин и сопряженные с ним детали обычно выполняют из стали, с чисто обработанными (шлифованными) поверхностями. Для этих поверхностей, в зависимости от условий работы клина принимают:

$$f = \operatorname{tg}\varphi_1 = 0,1; \quad \varphi_1 = 5^\circ 43' \quad \text{или} \quad f = \operatorname{tg}\varphi_1 = 0,15; \quad \varphi_1 = 8^\circ 30'.$$

Тогда условия самоторможения будут:

- для клина с трением на двух поверхностях: $\alpha < 11^\circ$ (при $f = 0,1$), $\alpha < 17^\circ$ (при $f = 0,15$);

При обработке деталей самотормозящие механизмы подвергаются расшатывающему действию от сил резания. В результате чего клиновой зажим может ослабнуть (превратиться в несамотормозящий) и как следствие возникнет аварийный случай. Поэтому в механизмах, подвергающихся сотрясениям и не имеющих предохранительных устройств от саморасклинивания или постоянного поджима, рекомендуется брать $K > 3$:

- у клина с трением на двух поверхностях $K = \frac{\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2}{\operatorname{tg} \alpha}$;

$$Q = P_z = 18 \text{ Н}$$

$$P_{\text{зж}} = 18 \cdot \tan(2\varphi - \alpha)$$

$$f = 0,1$$

$$\varphi = 5,7^\circ$$

$$P_{\text{зж}} = 18 \cdot \tan(11,4 - 11) = 0,1 \text{ Н}$$

$$P_{\text{разж}} = \frac{P_{\text{зж}}}{2,5} = 0,04 \text{ Н}$$

11. Социальная ответственность

Объектом исследования в данной работе является участок механического цеха, на котором изготавливается деталь втулка. В изготовлении детали участвуют металлорежущие станки, предусмотрены термические операции.

В результате автоматизации и механизации промышленных предприятий, большинство тяжёлых и опасных профессий ликвидировано. В связи с этим резко снизился производственный травматизм. Улучшение условий труда и его безопасность приводят к снижению профессиональных заболеваний и производственного травматизма. Это помогает сохранить здоровье трудящихся и одновременно приводит к уменьшению затрат на оплату льгот и компенсаций за работу в неблагоприятных условиях труда, на оплату последствий такой работы (временной или постоянной нетрудоспособности), на лечение, переподготовку кадров по причинам, связанным с условиями труда.

12.1 Производственная безопасность

11.1.1 Анализ вредных производственных факторов при изготовлении втулки.

С точки зрения санитарно-гигиенических норм можно выделить следующие вредные факторы, связанные с работой на станках данного технологического процесса:

1. Загрязненность рабочей зоны мелкой стружкой и пылью обрабатываемого материала.

Следствием этого может быть травма глаз и лёгочные заболевания (пневмокониозы), вызванные длительным воздействием пыли на органы дыхания.

2. Плохая освещённость. При работе на станках недостаточная освещённость рабочего места и производственного помещения в целом приводит к ослаблению зрения и общей утомляемости рабочего.

3. Монотонный шум, который вызван работой станков.

При обработке детали на токарных и токарно-фрезерных станках раздражающее действие на станочника оказывает шум, который обусловлен трением инструмента об обрабатываемые материалы, а так же шум, возникающий при работе станков. Воздействие шума на организм может проявляться в виде специфического поражения органа слуха в сочетании с нарушениями со стороны различных органов и систем. Также монотонный шум может привести к ослаблению внимания станочника. Следствием этого могут быть ошибочные переключения станочного оборудования. А это приводит к различным тяжёлым травмам.

Использование СОЖ приводит к различным заболеваниям кожи, а также раздражающе действует на слизистые оболочки верхних дыхательных путей.

11.1.2 Анализ опасных производственных факторов при изготовлении втулки.

Выявлены следующие возможные факторы и причины травматизма рабочих, обслуживающих участок:

1. В процессе работы на металлорежущих станках используется СОЖ.
2. При работе на станках, используемых в данном технологическом процессе, таких как токарный с ЧПУ, токарно-фрезерные с ЧПУ, шлифовальные), возможен захват волос или элементов одежды вращающимися частями станков. Следствием этого может быть тяжёлая травма, и даже смертельный исход.
3. При фрезерных и токарных работах существует вероятность отлёта стружки в сторону рабочего места, на котором находится человек. В этом случае есть вероятность получить травмы глаз и открытых частей тела.
4. При таком процессе как шлифование, возможен разрыв шлифовального круга, а также выкрашивание круга может привести к травмам у шлифовщика.
5. Наличие разветвлённой цепи электропроводки, некачественная изоляция, неправильная эксплуатация электрооборудования могут привести к электротравмам или травмам со смертельным исходом.
6. Слабое крепление режущего инструмента может явиться причиной травм рук (ушибов, переломов) станочника.

7. Ненадёжное складирование заготовок так же может привести к травме.

11.1.3 Меры по технике безопасности и производственной санитарии, направленные на снижение либо устранение возможных опасных и вредных факторов.

Производственная санитария – это система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих воздействие на рабочих вредных производственных факторов [4]. Для производства втулки вредными факторами являются:

1. Загрязнение рабочей зоны мелкой стружкой и пылью. Как способ борьбы с этим фактора применяют вентиляцию вытяжную и СИЗ.
2. Производственный шум. Допустимый уровень шума 80 дБА в соответствии с ГОСТ 12.1.003-76 [7].

Станки и инструменты режущие, на производстве, создают в процессе работы шум, который необходимо купировать. Следуя требованиям стандарта, необходимо снабжать паспортом с указанием спектра излучаемой звуковой мощности, определяемой по ГОСТ 8055-73.

На практике, основными методами по борьбе с шумами на рабочих местах являются:

1. Своевременное устранения неисправности технологического оборудования;
2. Проведение облицовки стен, пола шумопоглощим материалом;
3. Применение звукопоглощающих материалов в конструкциях шумящих механизмов и оборудования; облицовка помещений (потолка и стен в небольших помещениях) звукоизолирующими и звукопоглощающими материалами;
4. Применение СИЗ органов слуха – наушников, вкладышей, шлемов (ГОСТ 12.4.051-78).

Следующей проблемой можно рассмотреть недостаточную освещённость зоны рабочей и производственных помещений.

Система освещения в цехе должна включать в себя общее и местное освещение. Величина минимальной освещённости должна составлять 400лк согласно СНиП II-4-95.[3]

Освещение нормируется по показателям яркости рабочей поверхности. Поверхности, которые свет отражают, не должны производить слепящего действия на человека. Естественное освещение является наиболее благоприятным для человека.

Физиологами установлено, что при естественном освещении производительность труда на 10% выше, чем при искусственном.

3. Для устранения вредного воздействия на здоровье станочников продуктов горения и испарения СОЖ необходимо в цехе устанавливают систему вентиляции, которая поддерживает необходимый состав атмосферы в рабочем помещении. Так же, для устранения влияния СОЖ на кожу рук станочников, необходимо выдавать им мыло и «биологические перчатки».

11.1.3.2 Электробезопасность

Согласно ПУЭ помещение производственное участка относится к категории помещений с повышенной опасностью, так как в нём присутствуют следующие факторы:

1. Сырость (относительная влажность более 75%).
2. Наличие токопроводящего пола.
3. Токопроводящая пыль. [2]

Чтобы решить проблема токопроводящих полов решается оборудование рабочих мест деревянными плитами (решётками). А токопроводящая пыль устраняется с помощью устройств местной вытяжной вентиляции.

В данном случае производство втулки осуществляется на металлорежущих станках. А так как каждый металлорежущий станок имеет электропривод, все вышеперечисленные меры защиты от поражения электрическим током должны применяться на каждом рабочем месте.

Для снижения влияния опасных производственных факторов на рабочих необходимо провести ряд организационных и технических мер:

Так как существует опасность травматизма при использовании подъёмно-транспортных механизмов проводят аттестацию обязательную для работающих людей с этим оборудованием, выдавать аттестаты после проведения проверок. Если решать эту проблему с технической, необходимо проводить контрольные испытания подъёмно-транспортного оборудования для проверки их пригодность к эксплуатации. Такие испытания проводятся один раз в полгода, а сведения о результатах испытания должны заноситься в специальный журнал.

Чтобы обеспечить безопасность при транспортировке деталей с помощью электрокара необходимо, применять скоростной режим 5 км/час и допускать на работу с электрокаром только специально обученных людей, которые имеют аттестат. Проезд для электрокаров не должен быть загромождён, должны быть предусмотрены специальные проезды. Так же водители должны использовать специальные сигналы.

При работе на токарных станках во избежание попадания стружки в глаза необходимо установить защитные ограждения, использовать станки, предусматривающие в своей конструкции защитные кожуха или выдать защитные очки рабочему.

С целью предотвращения захвата волос или элементов одежды, вращающимися частями станков или режущим инструментом, необходимо выдавать рабочим специальные береты.

Во избежание травм рабочего при шлифовальных работах, необходимо использовать защитные очки и респираторы. Чтобы предотвратить травмирование рук рабочего об острые кромки детали, необходимо использовать специальные перчатки.

Основными мерами защиты от поражения электрическим током являются:

1. Обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением, путём надёжной изоляции, вывешивание плакатов и знаков т.д.
2. Электрическое разделение сети.
3. Применение специальных электрозащитных средств.

4. Правильная эксплуатация электроустановок.
5. Устранение опасности поражения электрическим током при появлении напряжения на корпусах, кожухах и других частях электрооборудования достигается применением малых напряжений, использованием двойной изоляции, выравниванием потенциала, защитным занулением, заземлением и др.

11.1.3.2.1 Расчёт защитного заземления.

При эксплуатации оборудования большое значение имеет соблюдение мер электробезопасности, исключающих возможность поражения человека электрическим током. Распространённое средство защиты от поражения электрическим током - защитное заземление. Оно заключается в соединении нетоковедущих частей электроустановок с землёй.

Используемое оборудование относится к установкам с напряжением до 1000В. При линейном напряжении - 380В и фазовым – 220В, по справочным данным выбираем $r_3 \leq 4$ Ом. [2]

Электроды заземления расположены в ряд (Рис. 6.1). Электроды погружаются в предварительно вырытой траншее глубиной $h=0,8$ м. Электроды соединяет шина, закладываемая в траншею. Ширину соединительной шины по справочным данным принимаем $b=0,04$ м, тогда глубину заложения шины определим по формуле:

$$h_n = h - b \quad (1);$$

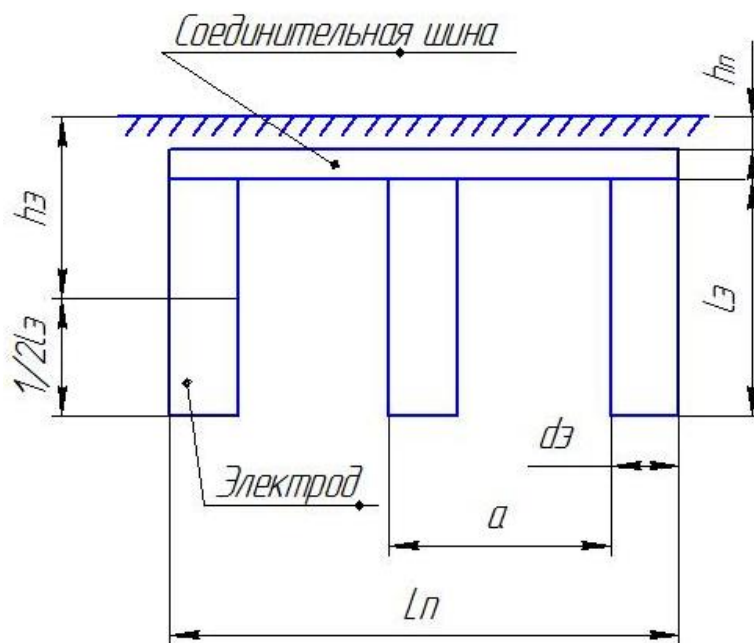


Рис. 6.1. Расположение электродов в заземлении

$$h_n = 0,8 - 0,04 = 0,76 \text{ м.}$$

В качестве электродов выбираем прутки диаметром $d_э = 0,012$ м и длиной $l_э = 5,5$ м.

Глубину заложения электродов определим по формуле:

$$h_3 = h_n + 1/2 \cdot l_3, \text{ м (2)}$$

$$h_3 = 0,76 \cdot 0,5 \cdot 5,5 = 3,51 \text{ м.}$$

Расстояние между электродами принимаем $a=2,0$ м.

Определим сопротивление электрода по формуле:

$$r_3 = \frac{\rho \cdot K_3}{2\pi \cdot l_3} \left(\ln \frac{2l_3}{d_3} + \frac{1}{2} \ln \frac{4h_3 + l_3}{4h_3 - l_3} \right) \text{ (3)},$$

Где: $\rho = 60 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ (грунт-глина) – удельное сопротивление грунта;

$K_3 = 1,5$ – коэффициент замерзания грунта для вертикальных электродов;

$$r_3 = \frac{60 \cdot 1,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 5,5} \left(\ln \frac{2 \cdot 5,5}{0,012} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 3,51 + 5,5}{4 \cdot 3,51 - 5,5} \right) = 18,85 \text{ Ом}$$

Определим предварительное число электродов по формуле:

$$n' = \frac{r_3}{r_3} \text{ (4)},$$

$$n' = \frac{18,85}{4} = 4,71 \text{ шт.}$$

Коэффициент использования электродов, расположенных в ряд:

$$\eta_3 = \frac{a}{l_3} = \frac{1,5}{5,5} = 0,27 < 1, \text{ (5)}$$

Тогда по рекомендациям принимаем $\eta_3 = 0,67$

Определим окончательное необходимое количество электродов:

$$n = \frac{r_3}{r_3 \cdot \eta_3} = \frac{18,85}{4 \cdot 0,67} = 7,3 \text{ шт. (6)}$$

Принимаем окончательно число электродов $n = 8$ шт.

Определим длину соединительной шины по формуле:

$$L_n = a \cdot (n-1), \text{ (7)}$$

Где a – расстояние между электродами, мм

n – число электродов, шт.

$$L_n = 2,0 \cdot (8-1) = 14 \text{ м.}$$

Определим сопротивление соединительной шины по формуле:

$$r_n = \frac{\rho \cdot K_r}{2\pi \cdot L_n} \ln \frac{2 \cdot L_n^2}{h_n \cdot b} \text{ (8)}$$

K_r – коэффициент замерзания грунта горизонтальной полосы;

L_n – длина соединительной шины, м

h_n – глубина заложения шины, м

b – ширина соединительной шины, м

$$r_n = \frac{60 \cdot 4,2}{2 \cdot 3,14 \cdot 14} \ln \frac{2 \cdot 14^2}{0,76 \cdot 0,04} = 27,13 \text{ Ом}$$

По таблице определим коэффициент использования полосы $\eta_n = 0,76$

Определим общее сопротивление всего контура защитного заземления:

$$r_\Sigma = \frac{r_3 \cdot r_n}{r_3 \cdot \eta_n + r_n \cdot \eta_3 \cdot n}, \text{ где}$$

r_3 - сопротивление электрода,

r_n - сопротивление соединительной полосы,

- n - потребное количество электродов,
- η_n - коэффициент использования соединительной полосы,
- $\eta_э$ - коэффициент использования электродов.

Получим:

$$r_{\Sigma} = \frac{18,85 \cdot 27,13}{18,85 \cdot 0,76 + 27,13 \cdot 0,67 \cdot 8} = 3,2 \text{ Ом}$$

Условие $r_{\Sigma} \leq r_3$ выполнено ($3,2 \leq 4$), следовательно, рассчитанное заземление удовлетворяет нормам.

11.2 Экологическая безопасность

В современных условиях одной из важнейших задач является защита окружающей среды. Выбросы промышленных предприятий, энергетических систем и транспорта в атмосферу, водоёмы и недра земли на данном этапе развития достигли таких размеров, что в ряде крупных промышленных центров уровни загрязнения существенно превышают допустимые санитарные нормы. Основными источниками выделения загрязняющих веществ являются основные и вспомогательные цеха:

1. Литейный цех;
2. Механосборочный цех;
3. Вспомогательные цеха: а) инструментальный цех;
б) автотранспортный цех;
в) электромеханический цех;

Металлообрабатывающие участки должны быть оснащены пылеуловителями типа «Циклон» и барботажно-вихревыми пылеуловителями.

Существует множество мероприятий по защите окружающей среды:

1. Механизация и автоматизация производственных процессов, сопряжённых с опасностью для здоровья.
2. Применение технологических процессов и оборудования, исключающих появление вредных факторов;
3. Защита работающих от источников тепловых излучений;
4. Устройство и оборудование вентиляции и отопления;
5. Применение средств для очистки воздуха;
6. Предотвращение выброса вредных веществ в окружающую среду;
7. Вывоз отходов не подвергающихся вторичному использованию в специальные места захоронения;
8. Применение средств индивидуальной защиты работающих;

В охране окружающей среды важную роль играют службы контроля качества окружающей среды, призванные вести систематизированные наблюдения за состоянием атмосферы, воды и почв для получения фактических уровней загрязнения окружающей среды.

11.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – состояние, при котором в результате возникновения источника ЧС на объекте, определённой территории или

акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

Под источником ЧС понимают опасное природное явление, аварию или опасное техногенное происшествие, широко распространённую инфекционную болезнь людей, а так же применение современных средств поражения, в результате чего произошла или может возникнуть ЧС.

В настоящее время существует два основных направления минимизации вероятности возникновения последствий ЧС на промышленных объектах. Первое направление заключается в разработке технических и организационных мероприятиях, уменьшающих вероятность реализации опасного поражающего потенциала в современных технологических системах. В рамках этого направления на заводе технические системы снабжают защитными устройствами – средствами взрыво- и пожарозащиты технологического оборудования, электро- и молниезащиты, локализации и тушения пожаров и т.д.

Второе направление заключается в подготовке объекта и обслуживающего персонала к действиям в условиях ЧС. Основой второго направления является формирование планов действий в ЧС. Для этого на заводе прогнозируют размеры и степень поражения объектов при воздействии на него поражающих факторов различных видов (взрывы, пожары, отключение электроэнергии, наводнения, землетрясения, террористические акты, нападение вероятного противника и др.), опираясь на экспериментальные и статистические данные о физических и химических явлениях, составляющих возможную аварию.[2]

Повышение устойчивости технических систем и объектов достигается главным образом организационно-техническими мероприятиями. Для этого сначала исследуется устойчивость и уязвимость предприятия в условиях ЧС. Исследования включает в себя анализ:

- Надёжность установок и технологических комплексов;
- Последствие аварий отдельных систем производства;
- Распространение ударной волны по территории предприятия при взрывах коммуникаций;
- Распространение огня при пожарах различных видов;
- Рассеивание веществ, высвобождающихся при ЧС;
- Возможности вторичного образования токсичных, пожаро- и взрывоопасных смесей и т.п.

Затем разрабатываются мероприятия по повышению устойчивости и подготовке объекта к восстановлению после ЧС. К таким мероприятиям относятся правильная планировка наземных и подземных зданий и сооружений основного и вспомогательного производства, складских помещений и зданий административно-бытового назначения; внутренняя планировка помещений; расстановка сил и состояния пунктов управления, и надёжность узлов связи; безопасное хранение горючих и токсичных веществ.

В соответствии со СНиП II-2-80 [5] все производства делят на категории по пожарной, взрывной и взрывопожарной опасности. Цех, в котором

изготавливается втулка, относится к категории Д. На данном производстве обрабатываются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Ликвидация чрезвычайных ситуаций осуществляется силами и средствами самого предприятия или с привлечением Вооружённых сил РФ и других войск и воинских формирований в соответствии с законодательством Российской Федерации. [6]

11.3.1 Пожары

Большую опасность на машиностроительных предприятиях для работников представляют пожары, которые могут причинить огромный материальный ущерб. Вопросы обеспечения пожарной безопасности производственных зданий и сооружений имеют большое значение и регламентируются государственными постановлениями и указами.

Опасными факторами пожара это: открытый огонь, искры, повышение температуры воздуха и окружающих предметов, токсичные продукты горения, дым, вероятность обрушения и повреждения зданий и сооружений.

Пожары в производственном помещении могут возникать из-за пользования открытым огнём, курения в не отведённых для этого местах, возгорания промасленной ветоши, появления искры при авариях в электроустановке, неправильная работа с воспламеняющимися веществами.

Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами профилактики и активной защиты. Профилактика это комплекс мероприятий, необходимых для предупреждения возникновения пожара или уменьшения его последствий, таких как предотвращение образования горючей среды, предотвращение образования в горючей среде источников воспламенения, поддержание температуры и давления горючей среды ниже максимального допустимого по горючести и т.д. Под активной пожарной защитой понимаются меры, обеспечивающие успешную борьбу с возникающими пожарами – это применение средств пожаротушения, эвакуация людей, применение средств пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре и др.

На заводе осуществляются те и другие меры пожарной защиты. В качестве профилактики два раза в год проводится инструктаж по пожарной безопасности. Данные инструктажа заносятся в специальный журнал.

В случае возникновения очага возгорания эвакуация людей и оборудования должна проводиться по специальным эвакуационным путям, обозначенных на планах эвакуации в случае пожара, которые должны быть вывешены в наиболее видных местах. Эвакуационными выходами служат двери и ворота, ведущие из помещения наружу.

11.3 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:

На предприятиях, связанных с обработкой металла, бывают несчастные случаи, связанные, зачастую с несоблюдением техники безопасности (захват волос и элементов одежды вращающимися частями станка, курение в

неположенных местах, работе на станке без СИЗ), невнимательным отношением к работе (ненадёжное закрепление заготовки в приспособлении, неправильное хранение и складирование заготовок), неисправностью оборудования. При происшествии несчастного случая необходимо выяснить что явилось его причиной. Для этого и существуют такие документы, как правовые нормы и акты.

Согласно ТК РФ, статья 229.2 определён порядок для расследования несчастных случаев на производствах.

Создаётся специальная комиссия.

1. Созданная комиссия определяет очевидцев несчастного случая и самих нарушителей охраны труда, с целью получения необходимой информации. У очевидцев выясняют, при каких обстоятельствах произошло событие, в результате которых произошёл несчастный случай. После того, как закончился опрос, то каждый участник составляет протокол по форме 6, утв. Постановлением Минтруда России от 24.10.2002 N 73.
2. Затем комиссия осматривает место (абз. 3 ч. 3 ст. 229.2 ТК РФ). При осмотре составляется протокол по форме 7 (утв. Постановлением Минтруда России от 24.10.2002 N 73).
3. Производится фотосъёмка или видеосъёмка того места, на котором произошёл несчастный случай, так же составляются схемы (абз. 3 ч. 2, абз. 3 ч. 3 ст. 229.2 ТК РФ).
4. Обо всех действиях и полученных материалах заполняется форма 7. Так же это уместно, если событие зафиксировано очевидцем происшествия до того, как приехала комиссия. Согласно (абз. 2 ч. 2 ст. 229.2 ТК РФ) комиссия вправе пригласить экспертов, которые будут независимыми. Все действия имеет право совершать за счёт работодателя. Это делается за тем, чтобы экспертиза была независимой. В составе самой комиссии присутствует эксперт, который и занимается расследованием. Согласно (абз. 7 ч. 3 ст. 229.2 ТК РФ) весь ход расследования фиксирует эксперт.
5. Комиссия должна собирать следующие документы, чтобы произвести оценку несчастного случая (ч. 3 ст. 229.2 ТК РФ):
 - а) Необходимые выписки из специальных журналов где регистрируют то, что работник прошёл в обязательном порядке инструктаж по охране труда ;
 - б) документы, характеризующие рабочее место и его оборудование на соответствие с техникой безопасности и соблюдения всех правил работ;
 - в) Копии документов о том, что предприятие предоставило работнику все средства защиты и средства для ведения работ, чтобы максимально обезопасить рабочего от несчастных случаев;

г) Если лицо, которое пострадало, состоит в профсоюзе, то предоставляется профсоюзный документ, в котором сказано, что вредные и угрожающие жизни факторы устранены или их не было;

д) Так же необходимо предоставить специальные выписки о том, что рабочее место ранее аттестовывалось, не было признано опасным, проходит регулярные проверки в соответствии с необходимыми требованиями.

В данном разделе оговорены все возможные аспекты при расследовании несчастных случаев. Комиссия проводит беседу с пострадавшим, фиксирует его показания и доказательства в качестве фотосъёмки или видеосъёмки, если такие присутствуют. После того как необходимые документы заполнены, комиссия выявляет виновника, при каких обстоятельствах и почему произошёл инцидент, выдаются рекомендации по устранению и предотвращению последующих возможных возникновения подобных ситуаций.

Так же следует отметить, что работодатель оставляет за собой право не информировать пострадавшего или его представителей о том, что они могут участвовать в расследовании (ч. 10 ст. 229 ТК РФ). Так же работодатель оставляет за собой право известить пострадавшего по телефону о результатах расследования.

СИСТЕМА СТАНДАРТОВ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ОБОРУДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЩИЕ ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ ГОСТ 12.2.049-80

В этом правовом документе рассказано существующих требованиях, которые предъявляются к производственному оборудованию. Общее положение включает в себя представление о эргономических требованиях, что они должны быть установлены к тем элементам оборудования, с которыми контактирует человек при выполнении своей трудовой деятельности.

Уровни вредных физических, биологических и химических факторов должно быть зафиксировано. Вспомогательные конструкторские элементы станков или другого оборудования. Которые предотвращают воздействие на работника вредных факторов, не должны способствовать затруднению выполнения работника основных работ, а наоборот применение средств индивидуальной защиты должно облегчать выполнение работы и способствовать её улучшению. Конструкция оборудования на производстве должна быть спроектирована таким образом, чтобы энергозатраты организма в течение рабочей смены не превышали бы 1046,7 кДж/ч (250 ккал/ч). Это необходимо для поддержания работников в нормальном состоянии для выполнения заданий в течении рабочей смены, не способствует переутомлению работника и не сказывается ни на его здоровье, ни на качестве операции, которую он выполняет. При работе человека на оборудовании типа конвейерных линий необходимо, чтобы скорость выполнения работы, а в данном случае скорость движения конвейера, могла регулироваться в течении рабочей смены. Если у работника будет возможность регулирования скорости производственного процесса в течение рабочей смены, то его производительность вырастет, а утомляемость, наоборот, снизится. Так же производственное оборудование должно

соответствовать требованиям технической эстетики. Знаки безопасности и цвета по ГОСТ 12.4.026 – 76.

Так же в этом правовом документе описано не только требования к производственному оборудованию в целом, но и к конкретно каждому рабочему месту самого работника. Рабочее место должно обеспечивать возможность удобного выполнения работ сидя или стоя. Так же необходимо учитывать ряд факторов, такие как физическая тяжесть, само положение рабочей зоны и возможность, и необходимость передвижения по ней работника в процессе трудового рабочего дня. Например, на рабочем месте оператора станков с ПУ должна быть деревянная решётка, тумбочка с инструментом, возможность подхода к станку со всех сторон, с целью его обслуживания и уборки, стол для хранения заготовок, стол для выполнения контрольных работ, место для подъезда тележек с заготовками или кран-балки. Деревянные решётки на полу защищают работника не только от токопроводящего пола, а ещё способствуют меньшей утомляемости, так как большую часть трудового дня оператор должен находиться на ногах возле своего станка.

Так же существуют требования, предъявленные к рабочим местам при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям [ГОСТ 12.2.032-78](#), в положении стоя - [ГОСТ 12.2.033-78](#). Если выполнение технологического процесса не требует постоянного нахождения человека в вертикальном положении, то необходимо оборудовать рабочее место таким стульями.

Таким образом, в данном разделе были рассмотрены вредные и опасные факторы, вынесены предложения по их минимизации. Рассмотрены чрезвычайные ситуации и предложены варианты действий, в случае их возникновения. Рассмотрен правовой документ, в котором рассказывается о несчастных случаях на производстве и методах их расследования, требованиям к оборудованию и рабочему месту работников. Приведён расчёт заземления электродов, рассмотрена экологическая безопасность. Все эти факторы представлены для производства АО «НПЦ Полус», конкретно для участка механического цеха, на котором изготавливается деталь втулка.

12. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В экономическом разделе определим себестоимость изготовления втулки согласно существующему и предлагаемому технологическому процессу, а также определим экономическую эффективность предлагаемого варианта технологического процесса относительно существующего, при годовом объеме выпуска 4000шт.

12.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

12.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

12.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, который приведен в табл. 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ конкурентоспособности технологического процесса

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Безопасность	0,05	5	3	2	5	3	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,05	5	3	3	5	1	2
3. Энергоэкономичность	0,03	4	3	3	4	3	3
4. Помехоустойчивость	0,03	5	2	4	5	2	4
5. Надежность	0,05	5	1	4	5	1	4
6. Уровень шума	0,05	3	3	3	3	3	3
7. Повышение производительности труда пользователя	0,05	5	1	4	5	1	4
8. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,05	5	2	4	5	2	4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	5	4	4	5	4	4
2. Сроки выхода	0,25	3	3	3	3	3	3
3. Цена разработки	0,3	4	3	2	4	3	2

4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	4	3	4	4	3
5. Послепродажное обслуживание	0,03	3	2	2	4	2	2
6. Финансирование научной разработки	0,05	4	3	3	4	3	3
7. Уровень проникновения на рынок ²	0,03	4	3	3	5	3	3
8. Наличие сертификации разработки	0,07	5	3	4	5	4	3
Итого	1	74	51	66	80	50	57

$$K = \sum B_i \cdot F_i$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Новый технологический процесс более совершенен, чем старый за счёт внедрения нового оборудования, режущего и мерительного инструмента, оснастки. Так же, в связи с возможностью новых станков, в новом технологическом процессе объединены несколько универсальных операций в одну. Внедрение нового технологического процесса позволяет экономить ресурсы, материалы, трудоёмкость, электроэнергию. Анализ существующего процесса позволяет сказать, что он является высокопроизводительным и эффективным.

Новый технологический процесс обладает несомненными преимуществами перед конкурентами. Детали, выпущенные на предприятии по новому технологическому процессу способны конкурировать на рынке, так как в связи с уменьшением затрат на изготовление данной детали, соответственно, снизится её себестоимость. Причем нужно учесть, что со временем такие качества как известность, качество дополнительных услуг и ряд других преимуществ будут только возрастать.

12.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны:	Слабые стороны:
1. Выпускаемая продукция высокого качества 2. Цена продукции способна конкурировать на рынке 3. Высокий уровень оплаты труда 4. Возможность обучить сотрудников 5. Налаженные отношения с поставщиком сырья	1. Компания малоопытная 2. Торговая марка широко не известна 3. Узкий ассортимент (стимул для возможности расшириться) 4. Необходимы высокие финансовые вложения в рекламу и маркетинг
Возможности:	Угрозы риски:
1. Увеличение уровня жизни населения, вследствие стабилизации экономической ситуации за последний год. 2. Сравнительно невысокая конкуренция на рынке 3. Наличие каналов сбыта в г. Томске 4. Наличие в г. Томске профильных учебных заведений	1. Наличие конкурентов на местном рынке 2. Занижение цены за счёт снижения качества продукции 3. Низкие барьеры входа новых компаний на рынок

SWOT вывод:

Исходя из сильных сторон swot-анализа, можно выявить, что высококачественную продукцию получают за счёт квалифицированных работников;

Так же выявлено, что близкое расположение к поставщикам сырья, материалов оборудования не так очевидны для покупателей;

новые здания и оборудования нуждаются в более эффективной коммуникации.

Минимизировать влияние слабых сторон: отсутствие опыта работы компании, неизвестность торговой марки, отсутствие бренда путём периодического обучения персонала, заблаговременное создание рекламы производимой продукции. [4]

Одну из самых слабых сторон можно скрыть, такую как Отсутствие финансовых вложений в рекламу и маркетинг – одна из путём создания собственного постоянно обновляющего сайта.

Нейтрализовать риски угроз необходимо путём выпуска высококачественной продукции.

12.3 Планирование научно-исследовательских работ

12.3. 1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

В рамках работы составлен перечень основных этапов и работ по проведению научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ, представленное в таблице 3.

Таблица 3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Проведение патентных исследований	Инженер
	4	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Обоснование работы, проработка	Инженер, технолог
	7	Проведение размерного анализа	Инженер, технолог
	8	Анализ полученных результатов	Инженер
	9	Выводы	Инженер

Обобщение и оценка результатов	10	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, инженер
	11	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, инженер
Разработка технической документации и проектирование	12	Разработка технологического процесса	Инженер
	13	Выбор и расчет технологического процесса и приспособления	Инженер
	14	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Руководитель, инженер
Изготовление и испытание макета (опытного образца)	15	Изготовление опытного образца (макетной детали)	Инженер
	16	испытания макета в лаборатории	Инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ВКР)	17	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

12.3. 3 Разработка графика проведения научного исследования

Один из удобных и наглядных способов составления графика проведения научного исследования - построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где: T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

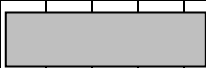
Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 116 - 12} = 237$$

$$T_{ki} = 2,6 \cdot 237 = 616,2 \dots 617$$

Все рассчитанные значения представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр.		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Выбор темы для исследования	Руководитель	4														
2	Просмотр и изучение литературных источников по необходимой теме	Инженер	28														
3	Планирование процесса	Инженер	6														
4	Необходимые этапы для разработки технологического процесса	Руководитель, инженер	4					 									
5	Проверка выполненной работы научным руководителем	Руководитель	34														
6	Исправление ошибок и оформление конечного варианта работы	Инженер	50														
7	Сдача	Комиссия	1														

 - Руководитель

 - Инженер

12.3.4 Анализ технологических процессов существующего и предлагаемого

С целью внедрения нового разработанного технологического процесса в производство необходимо учесть его эффективность и необходимость этого внедрения. Для этого проведём сравнительный анализ двух технологических процессов существующего и вновь разработанного. Основным критерием будет сравнение себестоимости конечной продукции и минимальные текущие затраты. Данные для сравнительного анализа представлены в таблице 5.

Таблица 5

Технологический процесс								
Существующий				Предлагаемый				Изменения, Т _{шт-к}
№	операция	Разряд рабочег о	Т _{шт-к} , мин	№	операция	Разряд рабоче го	Т _{шт-к} , мин	
005	Заготовительная	3	15	005	Заготовительная	3	12	-3
010	Токарная	4	35	010	Токарная	4	20,5	-14,5
015	Токарная	4	8	015	Токарная	4	5	-3
020	Термическая	3	(см. ГОСТ 17353- 77)	020	Термическая	3	(см. ГОСТ 17353- 77)	0
025	Токарная	4	22,6	025	Токарно- фрезерная с ЧПУ	5	25,8	-28,3
030	Токарная	4	10					

035	Фрезерная	4	15,3					
040	Фрезерная	4	6,2					
045	Токарная с ЧПУ	5	8,5	030	Токарная с ЧПУ	5	6,6	-1,9
050	Термическая	3	(см. ГОСТ 17353- 77)	040	Термическая	3	(см. ГОСТ 17353- 77)	0
055	Плоскошлифовальная	6	13,7	045	Плоскошлифовальная	6	11,8	-1,9
060	Плоскошлифовальная	6	13,7	050	Плоскошлифовальная	6	11,8	-1,9
065	Круглошлифовальная (внутришлифовальная)	6	12,7	055	Круглошлифовальная	6	9,8	-2,9
070	Токарная с ЧПУ	6	6,2	060	Токарная с ЧПУ	6	4,1	-2,1
075	Маркировка	3	2	065	Маркировка	3	2	0
080	Термическая	4	(см. ГОСТ 17353- 77)	070	Термическая	4	(см. ГОСТ 17353- 77)	0
085	Промывка	2	(См. ТИ)	075	Промывка	2	(См. ТИ)	0
090	Гальваническая	4	(См. ТИ)	080	Гальваническая	4	(См. ТИ)	0

«-» – экономия штучно-калькуляционного времени, мин.;

«+» - увеличение штучно-калькуляционного времени, мин.

Оборудование, используемое в предлагаемом технологическом процессе, существует на предприятии.

12.3.4 Себестоимость изготовления втулки по действующему технологическому процессу

Сырье и материалы

В процессе производства детали используется материал: нержавеющая сталь 20Х13. Стоимость нержавеющей стали - 205600 руб./тонну, и 2850 руб./тонну отходов. Стоимость взята из планово-экономического отдела.

$$C_{дет} = \frac{m_{заг} \times C_{отх}}{1000} - \frac{m_{отх} \times C_{отх}}{1000}, \text{ руб.}$$

$$m_{отх} = m_{заг} - m_{дет}, \text{ кг}$$

Где $m_{заг}$ – масса заготовки, 0,85 кг;

$C_{мат}$ – стоимость 1 тонны материала, руб;

$m_{отх}$ – масса отходов, кг;

$C_{отх}$ – стоимость 1 тонны отходов;

$m_{дет}$ – масса детали, из данных чертежа 0,22 кг.

$$m_{отх} = 0,85 - 0,22 = 0,63 \text{ кг,}$$

$$C_{дет} = \frac{m_{заг} \times C_{мат}}{1000} - \frac{m_{отх} \times C_{отх}}{1000} = \frac{0,85 \times 205600}{1000} - \frac{0,63 \times 2850}{1000} = \\ = 172,4 \text{ руб.}$$

Транспортно – заготовительные расходы:

составляют 5% от $C_{дет}$

$$C_{т.з.} = 172,4 \times 0,05 = 8,62 \text{ руб.}$$

Тарифная заработная плата

$$C_o = \frac{T_{шт-к} \times C_r}{60},$$

где C_r – тарифная ставка рабочего.

005 Заготовительная

$$C_{o.05} = \frac{T_{шт-к} \times C_r}{60} = \frac{15 \times 35}{60} = 8,75 \text{ руб.}$$

010 Токарная

$$C_{o.010} = \frac{T_{шт-к} \times C_r}{60} = \frac{35 \times 40}{60} = 23,3 \text{ руб.}$$

015 Токарная

$$C_{o.015} = \frac{T_{шт-к} \times C_r}{60} = \frac{8 \times 40}{60} = 5,33 \text{ руб.}$$

020 Термическая

$$C_{o020} = \frac{T_{шт-к} \times C_r}{60} = \frac{1200 \times 8,5}{60} = 170 \text{ руб.}$$

025 Токарная

$$C_{o025} = \frac{T_{шт-к} \times C_r}{60} = \frac{22,6 \times 40}{60} = 15 \text{ руб.}$$

030 Токарная

$$C_{o030} = \frac{T_{шт-к} \times C_r}{60} = \frac{10 \times 40}{60} = 6,66 \text{ руб.}$$

035 Фрезерная

$$C_{o035} = \frac{T_{шт-к} \times C_r}{60} = \frac{15,3 \times 31}{60} = 7,905 \text{ руб.}$$

040 Фрезерная

$$C_{o040} = \frac{T_{шт-к} \times C_r}{60} = \frac{6,2 \times 31}{60} = 3,2 \text{ руб.}$$

045 Токарная с ЧПУ

$$C_{o045} = \frac{T_{шт-к} \times C_r}{60} = \frac{8,5 \times 35}{60} = 4,95 \text{ руб.}$$

050 Термическая

$$Co50 = \frac{T_{\text{шт-к}} \times C_r}{60} = \frac{1200 \times 8,5}{60} = 170 \text{ руб.}$$

055 Плоскошлифовальная

$$Co55 = \frac{T_{\text{шт-к}} \times C_r}{60} = \frac{13,7 \times 60}{60} = 13,7 \text{ руб.}$$

060 Плоскошлифовальная

$$Co60 = \frac{T_{\text{шт-к}} \times C_r}{60} = \frac{13,7 \times 60}{60} = 13,7 \text{ руб.}$$

065 Круглошлифовальная

$$Co65 = \frac{T_{\text{шт-к}} \times C_r}{60} = \frac{12,7 \times 60}{60} = 12,7 \text{ руб.}$$

070 Токарная с ЧПУ

$$Co70 = \frac{T_{\text{шт-к}} \times C_r}{60} = \frac{6,2 \times 58}{60} = 5,9 \text{ руб.}$$

075 Слесарная (маркировка)

$$Co75 = \frac{T_{\text{шт-к}} \times C_r}{60} = \frac{2 \times 50}{60} = 1,66 \text{ руб.}$$

080 Термическая

$$Co80 = \frac{T_{\text{шт-к}} \times C_r}{60} = \frac{1200 \times 8,5}{60} = 170 \text{ руб.}$$

085 Промывка

$$Co85 = \frac{T_{\text{шт-к}} \times C_r}{60} = \frac{2 \times 25}{60} = 0,83 \text{ руб.}$$

090 Гальваническая

$$Co90 = \frac{T_{\text{шт-к}} \times C_r}{60} = \frac{40 \times 6,5}{60} = 4,33 \text{ руб.}$$

$$\sum C_o = (C_{005} + C_{010} + C_{015} + C_{020} + C_{025} + C_{030} + C_{035} + C_{040} + C_{045} + C_{050} + C_{055} + C_{060} + C_{065} + C_{070} + C_{075} + C_{080} + C_{085} + C_{090}) \times K_1 \times K_2,$$

где K_1 – премиальный коэффициент,

K_2 – районный коэффициент.

$$C_o = (8,75 + 23,3 + 5,33 + 170 + 15 + 6,66 + 7,905 + 3,2 + 4,95 + 170 + 13,7 + 13,7 + 12,7 + 5,9 + 1,66 + 170 + 0,83 + 4,33) \times 1,4 \times 1,3 = 1161 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата:

$C_{\text{доп}}$ – берется как 14% от C_0 .

$$C_{\text{доп}} = 1161 \times 0,14 = 162 \text{ руб.}$$

Отчисления во внебюджетные страховые фонды:

составляет 30% от общей з/п.

$$C_{\text{соц.ст.}} = C_{\text{общ}} \times 0,3 = (C_0 + C_{\text{доп}}) \times 0,3 = (1161 + 162) \times 0,3 = 396,9 \text{ руб.}$$

Общехозяйственные расходы:

составляют 270% от C_0 .

$$C_3 = 1161 \times 2,7 = 3134,7 \text{ руб.}$$

Заводская себестоимость

$$C_{\text{себ}} = C_{\text{заг}} + C_{\text{т.з.}} + \sum C_0 + C_{\text{доп}} + C_{\text{соц.ст.}} + C_3 = 172,4 + 8,62 + 1161 + 162 + 396,9 + 3134,7 = 5035,62 \text{ руб.}$$

Все расчетные формулы взяты из планово-экономического отдела.

12.3.5 Себестоимость изготовления втулки по предлагаемому технологическому процессу

$$C_{\text{дет}} = \frac{m_{\text{заг}} \times C_{\text{отх}}}{1000} - \frac{m_{\text{отх}} \times C_{\text{отх}}}{1000}, \text{ руб.}$$

$$m_{\text{отх}} = m_{\text{заг}} - m_{\text{дет}}, \text{ кг}$$

Где $m_{\text{заг}}$ – масса заготовки, 0,85 кг;

$C_{\text{мат}}$ – стоимость 1 тонны материала, руб;

$m_{\text{отх}}$ – масса отходов, кг;

$C_{\text{отх}}$ – стоимость 1 тонны отходов;

$m_{\text{дет}}$ – масса детали, из данных чертежа 0,22 кг.

$$m_{\text{отх}} = 0,85 - 0,22 = 0,63 \text{ кг,}$$

$$C_{\text{дет}} = \frac{m_{\text{заг}} \times C_{\text{мат}}}{1000} - \frac{m_{\text{отх}} \times C_{\text{отх}}}{1000} = \frac{0,85 \times 205600}{1000} - \frac{0,63 \times 2850}{1000} = 172,4 \text{ руб.}$$

Транспортно – заготовительные расходы:

составляют 5% от $C_{\text{дет}}$

$$C_{\text{т.з.}} = 172,4 \times 0,05 = 8,62 \text{ руб.}$$

Тарифная заработная плата

$$C_o = \frac{T_{шт-к} \times C_r}{60},$$

где C_r – тарифная ставка рабочего.

005 Заготовительная

$$C_{o.05} = \frac{T_{шт-к} \times C_r}{60} = \frac{12 \times 35}{60} = 7 \text{ руб.}$$

010 Токарная

$$C_{o.010} = \frac{T_{шт-к} \times C_r}{60} = \frac{20,5 \times 40}{60} = 13,6 \text{ руб.}$$

015 Токарная

$$C_{o.015} = \frac{T_{шт-к} \times C_r}{60} = \frac{5 \times 40}{60} = 3,33 \text{ руб.}$$

020 Термическая

$$C_{o.020} = \frac{T_{шт-к} \times C_r}{60} = \frac{1200 \times 8,5}{60} = 170 \text{ руб.}$$

025 Токарно-фрезерная с ЧПУ

$$C_{o.025} = \frac{T_{шт-к} \times C_r}{60} = \frac{25,8 \times 35}{60} = 15 \text{ руб.}$$

030 Токарная с ЧПУ

$$C_{o.030} = \frac{T_{шт-к} \times C_r}{60} = \frac{6,6 \times 35}{60} = 3,85 \text{ руб.}$$

040 Термическая

$$C_{o.040} = \frac{T_{шт-к} \times C_r}{60} = \frac{1200 \times 8,5}{60} = 170 \text{ руб.}$$

045 Плоскошлифовальная

$$C_{o.045} = \frac{T_{шт-к} \times C_r}{60} = \frac{11,8 \times 60}{60} = 11,8 \text{ руб.}$$

050 Плоскошлифовальная

$$C_{o.050} = \frac{T_{шт-к} \times C_r}{60} = \frac{11,8 \times 60}{60} = 11,8 \text{ руб.}$$

055 Круглошлифовальная

$$C_{055} = \frac{T_{\text{шт-к}} \times C_r}{60} = \frac{9,8 \times 60}{60} = 9,8 \text{ руб.}$$

060 Токарная с ЧПУ

$$C_{060} = \frac{T_{\text{шт-к}} \times C_r}{60} = \frac{4,1 \times 58}{60} = 3,96 \text{ руб.}$$

065 Слесарная (маркировка)

$$C_{065} = \frac{T_{\text{шт-к}} \times C_r}{60} = \frac{2 \times 50}{60} = 1,66 \text{ руб.}$$

070 Термическая

$$C_{070} = \frac{T_{\text{шт-к}} \times C_r}{60} = \frac{1200 \times 8,5}{60} = 170 \text{ руб.}$$

075 Промывка

$$C_{075} = \frac{T_{\text{шт-к}} \times C_r}{60} = \frac{2 \times 25}{60} = 0,83 \text{ руб.}$$

080 Гальваническая

$$C_{085} = \frac{T_{\text{шт-к}} \times C_r}{60} = \frac{40 \times 6,5}{60} = 4,33 \text{ руб.}$$

$$\sum C_o = (C_{005} + C_{010} + C_{015} + C_{020} + C_{025} + C_{030} + C_{035} + C_{040} + C_{045} + C_{050} + C_{055} + C_{060} + C_{065} + C_{070} + C_{075} + C_{080}) \times K_1 \times K_2,$$

где K_1 – премиальный коэффициент,

K_2 – районный коэффициент.

$$C_o = (7 + 13,6 + 3,33 + 170 + 15 + 3,85 + 170 + 11,8 + 11,8 + 9,8 + 3,96 + 1,66 + 170 + 0,83 + 4,33) \times 1,4 \times 1,3 = 1086 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата:

$C_{\text{доп}}$ – берется как 14% от C_o .

$$C_{\text{доп}} = 1086 \times 0,14 = 152 \text{ руб.}$$

Отчисления во внебюджетные страховые фонды:

составляет 30% от общей з/п.

$$C_{\text{соц.ст.}} = C_{\text{общ}} \times 0,3 = (C_o + C_{\text{доп}}) \times 0,3 = (1086 + 152) \times 0,3 = 371,4 \text{ руб.}$$

Общехозяйственные расходы:

составляют 270% от C_o .

$$C_3 = 1086 \times 2,7 = 2932,2 \text{ руб.}$$

Заводская себестоимость

$$C_{\text{сeб}} = C_{\text{зaг}} + C_{\text{т.з.}} + \sum C_o + C_{\text{доп}} + C_{\text{соц.ст.}} + C_z = 172,4 + 8,62 + 1086 + 152 + 371,4 + 2932,2 = 4722,62 \text{ руб.}$$

Сравнение вариантов затрат предлагаемого и существующего технологических процессов сведены в таблицу 2. Будем рассматривать существующий технологический процесс как вариант 1, предлагаемый – 2.

Сравнение вариантов затрат предлагаемого и существующего технологических процессов изготовления детали на совершенствующие операции

Таблица 6.

№	Наименование статей калькуляции	%	Вариант 1, руб.	Вариант 2, руб.	Экономическая эффективность, руб.
1	Сырье и материалы		172,4	172,4	-
2	Транспортно-заготовительные расходы (% от сырья)	5	8,62	8,62	-
3	Основная заработная плата	-	1161	1086	-75
4	Дополнительная з/п (% от основной з/п)	14	162	152	-10
5	Социальное страхование (% от общей з/п)	30	396,9	371,4	-25,5
6	Общехозяйственные расходы (% от основной з/п)	270	3134,7	2932,2	-202,5
7	Заводская себестоимость		5035,62	4722,6	-313,02

«-» – экономия, руб.;

«+» - дополнительные затраты, руб.

12.3.6 Экономическая эффективность

Для определения экономической эффективности предлагаемого технологического процесса над существующим, необходимо воспользоваться формулой:

Экономическая эффективность предлагаемого варианта технологического процесса относительно существующего на годовой объем выпуска.

$$\mathcal{E}_z = (C_c - C_n) \times N = (4722,6 - 5035,62) \times 4000 = 1252080 \text{ руб.}$$

12.4.7 Сроки окупаемости

Для определения сроков окупаемости, необходимо сначала рассчитать затраты на разработку технологического процесса.

Затраты на разработку технологического процесса:

$$Z_{\text{разраб.тп}} = C_T \times T \times K_{\text{прем.}} \times K_{\text{доп.з/п}} \times K_{\text{районный}} \times (K_{\text{ЕСН}} + 1,5),$$

где C_T – тарифная ставка технолога,

T – время на разработку техпроцесса,

$K_{\text{прем.}}$ – премиальный коэффициент,

$K_{\text{доп.з/п}}$ – дополнительная з/п,

$K_{\text{районный}}$ – районный коэффициент,

$K_{\text{ЕСН}}$ – отчисления ЕСН.

$$Z_{\text{разраб.тп}} = 45 \times 40 \times 1,4 \times 1,15 \times 1,3 \times 1,76 = 6630,624 \text{ руб} * \text{ час}$$

$$\text{Срок окупаемости: } \frac{Z_{\text{РАЗРАБ.ТП}}}{\mathcal{E}_z} = \frac{6630,624}{1252080} = 0,00529 \text{ час}$$

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод, что существующий технологический процесс менее ресурсоэффективный, чем предлагаемый. Так как в настоящее время существует более современное оборудование, с помощью которого можно изготовить деталь, затратив при этом меньше времени. Так же, наряду с тем, что существует множество различных инструментальных сплавов, которые могут так же значительно повысить производительность. Сниженная себестоимость детали втулка поможет сделать эту деталь конкурентоспособной на рынке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
2. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. – 100 с.
3. Мягков В.Д., Палей М.А., Романов А.Б., Брагинский В.А. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч. Том 2. – Л.: Машиностроение, 1983. – 448 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова.— 4-е изд., перераб. и доп.— М.: Машиностроение, 1985. 496 с.
5. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник / Баранчиков В.И., Жаринов А.В., Юдина Н.Д., Садыхов А.И. и др.; Под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990.
6. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя: В 3 т. Т. 1. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.: ил.
7. Основной каталог Искар
8. ГОСТ 17535-77