

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	2
1. Основная часть	
1.1. Выбор методов и этапов обработки поверхностей	3
1.2. Выбор типа производства	4
1.3. Выбор заготовки	7
1.4. Возможные варианты маршрутов изготовления детали	11
1.4.1. Первый маршрут изготовления детали	11
1.4.2. Второй маршрут изготовления детали	23
1.5. Схемы базирования	35
1.6. Расчет диаметральных припусков и размеров	38
1.7. Выбор моделей станков	45
1.8. Расчет режимов резания	46
1.9. Нормирование операций и переходов	65
1.10. Расчет погрешности закрепления заготовки в приспособление	78
1.11. Расчет силы зажима	79
1.12. Безопасность жизнедеятельности	80
1.13. Техническое задание на проектирование специального приспособления	84
Заключение	85
Список использованных источников	86
Приложение А – Чертеж детали	87
Приложение Б. Комплект документов на ТП	88
Приложение В. Спецификация	102

0 .010.00.00 ПЗ									
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разработка ЕТП изготовления втулки	Литер	Лист	Листов	
		Королев С.В.	<i>[Signature]</i>	25.06.15		У	-	1	102
		Солер Я.И.	<i>[Signature]</i>	25.06.15					
		Солер Я.И.	<i>[Signature]</i>	25.06.15					
Утв.		Солер Я.И.	<i>[Signature]</i>			группа КТ6-11-1			

Введение

Основой технологии машиностроения является учение процессах и способах промышленного производства продукции заданного качества. Развитие технологии машиностроения представляет собой совокупность процессов, прежде всего методов обработки материалов, технологического оборудования обрабатывающего и измерительного инструментов, а также теоретических и практических основ процессов обработки. Оно повышением требований к качеству их изготовления и стремлением снизить себестоимость продукции, а также частой сменой объектов производства. Использование многоинструментальных станков с ЧПУ, оснащенных средствами механизации и автоматизации, позволяет проектировать технологические процессы обработки деталей с укрупненными насыщенными переходами операциями, уменьшить трудоемкость их изготовления и существенно сократить время технологической подготовки производства при частой смене номенклатуры выпускаемых изделий.

В производстве достаточно высока доля технологических процессов, не в полной мере удовлетворяющих выше перечисленным требованиям. Поэтому внедрение прогрессивных методов размерной обработки деталей, экономически обоснованное применение высокопроизводительного оборудования, износостойкого комбинированного режущего инструмента, механизированной оснастки и средств автоматизации производственных процессов в механических цехах современных машиностроительных заводов становится весьма актуальным.

Эффективность технологических систем определяют три фактора: качество выпускаемой продукции, производительность, число рабочих занятых в производстве. Повышения эффективности производства открылись в связи с внедрением в машиностроении станков с ЧПУ.

Основными преимуществами станков с ЧПУ, по сравнению с универсальными станками с ручным управлением, являются: повышение точности обработки, сокращение или полная ликвидация разметочных и слесарно-припиловочных работ, простота и малое время переналадки, концентрация переходов обработки на одном станке. Все это приводит к сокращению затрат времени на установку заготовки, транспортирование и контроль деталей, сокращению числа операций; обеспечивает высокую точность обработки детали, так как процесс обработки не зависит от навыков оператора. Брак по вине рабочего сводится к минимуму, повышается производительность станка в результате оптимизации технологических параметров, автоматизации всех помещений, использование станков с ЧПУ дает возможность использовать менее квалифицированную рабочую силу, уменьшить количество станков, так как один станок с ЧПУ заменяет несколько станков с ручным управлением.

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		2

№ поверхности	1	2	3	4
Ra Rz	Ra 0,16	Rz 20	Ra 1,25	Ra 1,25

A1	A2	A3	A4	A5	A6
$80_{-0,30}^{h12}$	$50_{-0,25}^{h12}$	$30_{-0,52}^{h14}$	$60^{+0,19} h11$	$100^{+0,35} h12$	$10_{-0,36}^{h14}$

D1	D2
$\varnothing 200_{-1,15}^{h14}$	$\varnothing 100^{+0,022} H6$

1.1. Выбор методов и этапов обработки элементарных поверхностей деталей

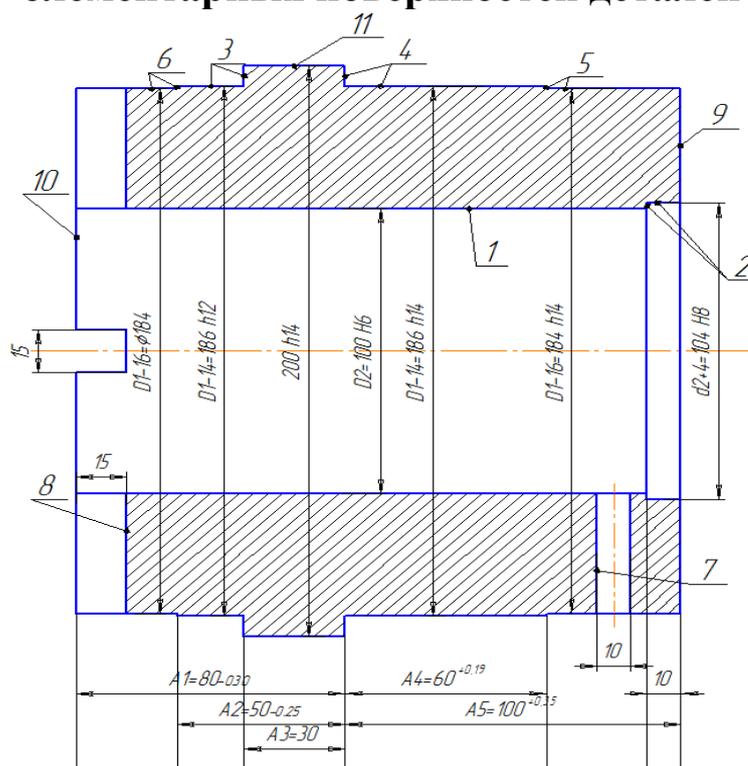


Рисунок 1 – Чертеж детали

На все поверхности детали в соответствии с требованиями чертежа назначим этапы их обработки по таблицам экономической точности обработки. Все результаты сведем в таблицу 1.

Таблица 1- Выбор методов обработки элементарных поверхностей подсчёт основного технологического времени

№ пов.	IT	Ra (Rz)	Методы обработки
1	6	Ra 0,16	1. Черновое растачивание 2. Получистовое растачивание 3. Черновое шлифование 4. Чистовое шлифование 5. Хонингование
2	8	Rz 20	1. Черновое растачивание

			2. Получистовое растачивание 3. Черновое шлифование 4. Чистовое шлифование
3	12	Ra 1,25	1. Черновое точение 2. Получистовое точение 3. Черновое шлифование 4. Однократное шлифование
4	8	Ra 1,25	1. Черновое точение 2. Получистовое точение 3. Однократное шлифование 4. Чистовое шлифование
5	14	Rz20	1. Черновое точение 2. Получистовое точение
6	14	Rz20	1. Черновое точение 2. Получистовое точение
7	14	Rz20	1. Сверление
8	14	Rz20	1. Черновое фрезерование
9	12	Rz20	1. Черновое точение 2. Получистовое точение
10	12	Rz20	1. Черновое точение 2. Получистовое точение
11	14	Rz20	1. Черновое точение 2. Получистовое точение

1.2. Выбор типа производства

Исходные данные:

Годовая программа изделий $N = 800$ шт.

Количество деталей на изделие $m = 1$ шт.

Основное технологическое время[1, с.146]

Поверхность №1

1. Сверление $T_o = \frac{0.52dl}{1000} = \frac{0.52 \cdot 100 \cdot 170}{1000} = 8.84 \text{ мин}$
2. Рассверливание $T_o = \frac{0.31dl}{1000} = \frac{0.31 \cdot 100 \cdot 170}{1000} = 5.27 \text{ мин}$
3. Получистовое растачивание $T_o = \frac{0.2dl}{1000} = \frac{0.2 \cdot 100 \cdot 170}{1000} = 3.4 \text{ мин}$
4. Черновое шлифование $T_o = \frac{0.07dl}{1000} = \frac{0.07 \cdot 100 \cdot 170}{1000} = 1.19 \text{ мин}$
5. Чистовое шлифование $T_o = \frac{0.15dl}{1000} = \frac{0.15 \cdot 100 \cdot 170}{1000} = 1.7 \text{ мин}$
6. Тонкое шлифование $T_o = \frac{0.15dl}{1000} = \frac{0.15 \cdot 100 \cdot 170}{1000} = 2.35 \text{ мин}$

Поверхность №2

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		4

1. Черновое растачивание $T_o = \frac{0.2dl}{1000} = \frac{0.2 \cdot 104 \cdot 10}{1000} = 0.26 \text{ мин}$
2. Получистовое растачивание $T_o = \frac{0.15dl}{1000} = \frac{0.15 \cdot 104 \cdot 10}{1000} = 0.156 \text{ мин}$
3. Черновое шлифование $T_o = \frac{0.07dl}{1000} = \frac{0.07 \cdot 104 \cdot 10}{1000} = 0.07 \text{ мин}$
4. Чистовое шлифование $T_o = \frac{0.1dl}{1000} = \frac{0.1 \cdot 104 \cdot 10}{1000} = 0.104 \text{ мин}$

Поверхность №3

1. Черновое точение $T_o = \frac{0.17dl}{1000} = \frac{0.17 \cdot 186 \cdot 20}{1000} = 0.93 \text{ мин}$
2. Получистовое точение $T_o = \frac{0.135dl}{1000} = \frac{0.135 \cdot 186 \cdot 20}{1000} = 0.558 \text{ мин}$
3. Черновое шлифование $T_o = \frac{0.07dl}{1000} = \frac{0.07 \cdot 186 \cdot 20}{1000} = 0.26 \text{ мин}$
4. Однократное шлифование $T_o = \frac{0.15dl}{1000} = \frac{0.15 \cdot 186 \cdot 20}{1000} = 0.558 \text{ мин}$

Поверхность №4

1. Черновое точение $T_o = \frac{0.17dl}{1000} = \frac{0.17 \cdot 186 \cdot 60}{1000} = 2.8 \text{ мин}$
2. Получистовое точение $T_o = \frac{0.135dl}{1000} = \frac{0.135 \cdot 186 \cdot 60}{1000} = 1.674 \text{ мин}$
3. Однократное шлифование $T_o = \frac{0.15dl}{1000} = \frac{0.15 \cdot 186 \cdot 60}{1000} = 1.674 \text{ мин}$
4. Чистовое шлифование $T_o = \frac{0.1dl}{1000} = \frac{0.1 \cdot 186 \cdot 60}{1000} = 1.116 \text{ мин}$
5. Тонкое шлифование $T_o = \frac{0.15dl}{1000} = \frac{0.15 \cdot 186 \cdot 60}{1000} = 1.674 \text{ мин}$

Поверхность №5

1. Черновое точение $T_o = \frac{0.17dl}{1000} = \frac{0.17 \cdot 184 \cdot 40}{1000} = 1.84 \text{ мин}$
2. Получистовое точение $T_o = \frac{0.135dl}{1000} = \frac{0.135 \cdot 184 \cdot 40}{1000} = 1.104 \text{ мин}$

Поверхность №6

1. Черновое точение $T_o = \frac{0.17dl}{1000} = \frac{0.17 \cdot 184 \cdot 30}{1000} = 1.380 \text{ мин}$
2. Получистовое точение $T_o = \frac{0.135dl}{1000} = \frac{0.135 \cdot 184 \cdot 30}{1000} = 0.828 \text{ мин}$

Поверхность №7

1. Сверление $T_o = \frac{0.52dl}{1000} = \frac{0.52 \cdot 10 \cdot 40}{1000} = 0.208 \text{ мин}$

Поверхность №8

1. Черновое фрезерование $T_o = \frac{7l}{1000} = \frac{7 \cdot 184}{1000} = 1.176 \text{ мин}$

Поверхность №9

1. Черновое точение $T_o = 0.037 \cdot (D^2 - d^2) = 0.037 \cdot (184^2 - 104^2) = 1.84 \text{ мин}$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		5

2. Получистовое точение $T_o = 0.045 \cdot (D^2 - d^2) = 0.045 \cdot (184^2 - 104^2) = 1.96 \text{ мин}$

Поверхность №10

1. Черновое точение $T_o = 0.037 \cdot (D^2 - d^2) = 0.037 \cdot (184^2 - 100^2) = 1.89 \text{ мин}$

2. Получистовое точение $T_o = 0.045 \cdot (D^2 - d^2) = 0.045 \cdot (184^2 - 100^2) = 1.98 \text{ мин}$

Поверхность №11

1. Черновое точение $T_o = \frac{0.17dl}{1000} = \frac{0.17 \cdot 200 \cdot 30}{1000} = 1.91 \text{ мин}$

2. Получистовое точение $T_o = \frac{0.135dl}{1000} = \frac{0.135 \cdot 200 \cdot 30}{1000} = 1.104 \text{ мин}$

Суммарное время $T_{\text{сум}}$, мин.

Штучно-калькуляционное время $T_{\text{ш-к}} = \Sigma T_o \cdot \varphi_k$.

Количество станков $m_p = \frac{N \cdot T_{\text{ш-к}}}{60 \cdot F_g \cdot \eta_{\text{зн}}}$; $\eta_{\text{зн}} = 0,9$.

Устанавливаем принятое значение рабочих мест P , округляя до ближайшего большего целого числа полученные значения m_p .

Фактический коэффициент загрузки рабочего места $\eta_{\text{з.ф}} = \frac{m_p}{P}$.

Количество операций, выполняемых на рабочем месте $O = \frac{\eta_{\text{зн}}}{\eta_{\text{з.ф}}}$.

Коэффициент закрепления операций $k_{\text{з.о}} = \frac{\Sigma O}{\Sigma P} = \frac{3.1 + 672 + 112.5 + 10.8}{4} = 200$.

$k_{\text{з.о}} \geq 40$ - единичное производство.

Таблица 2 - Основное технологическое время.

станок	φ_k	$T_{\text{сум}}$	$T_{\text{ш-к}}$	m_p	P	$\eta_{\text{з.ф}}$	O
Токарный	2,14	35,7	76,4	0,28	1	0,28	4
Сверлильный	1,75	0,208	0,364	0,00134	1	0,00134	672
Фрезерный	1,84	1,176	2,16	0,008	1	0,008	113
Шлифовальный	2,10	10,726	22,5	0,0827	1	0,0827	11

Средняя трудоемкость основных операций $T_{\text{ср}} = \frac{\Sigma T_{\text{ш.и}}}{n} = \frac{16,05}{2} = 8,025$,

где $T_{\text{ш.и}}$ - штучное время, n - количество основных операций.

Количество деталей в партии для одновременного запуска

$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{800 \cdot 24}{254} = 75.6 \approx 76$

Расчетное число смен на обработку всей партии деталей

$$C_{np} = \frac{T_{ш-ксп} \cdot n}{476 \cdot 0.8} = \frac{25.35 \cdot 76}{476 \cdot 0.8} = 5.032,$$

Принимаем 5,5 смен.

Делаем пересчет числа деталей в партии: $n_{np} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot C_{np}}{T_{ш-ксп}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 5,5}{25.35} = 75.108$

принимаем 76 деталей в партии.

1.3. Выбор исходной заготовки

Материал детали: сталь 40

Годовая программа: N=800 шт.

Производство: мелкосерийное.

Выбор заготовки

Рассмотрим два варианта получения заготовки: 1) штамповка; 2) прокат.

1 вариант

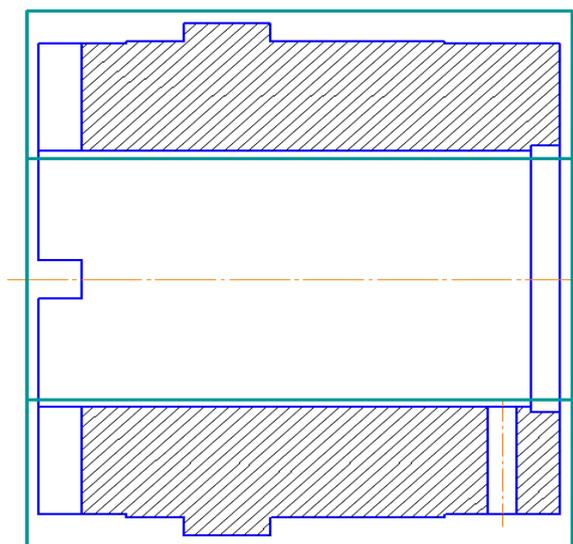


Рис. 3.1 - Эскиз заготовки из штамповки

$$V_{зобщ} = 3.14 \cdot 101.15^2 \cdot 186.4 = 5930524.7 \text{ мм}^3$$

$$V_{добц} = 3524858.4 \text{ мм}^3$$

$$m_z = 5630524.7 \cdot 7.6 \cdot 10^{-9} = 45.072 \text{ кг}$$

$$m_0 = 3524858.4 \cdot 7.6 \cdot 10^{-9} = 0,03524858.6 = 26.788 \text{ кг}$$

Поковка 1 группы сложности.

$$S_{заз} = \left(\frac{C_i}{1000} Q k_T k_C k_B k_M k_{II} \right) - (Q - q) \frac{S_{омх}}{1000}$$

[1, с. 30]

где: $C_i = 3730 \text{ руб}$ - базовая стоимость 1 т заготовок

$k_T = 1$ - коэффициент класса точности

$k_C = 0.75$ - коэффициент группы сложности

$k_B = 0.73$ - коэффициент массы

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		7

$k_M = 1$ - коэффициент марки материала

$k_{II} = 1$ - коэффициент объема производства заготовок

$Q = 45.072 \text{ кг}$ - масса заготовки

$q = 26.788$ - масса готовой детали

$S_{омх} = 2600 \text{ руб}$ - цена 1 т отходов

$$S_{заг} = \left(\frac{3730}{1000} * 45.072 * 1 * 0.75 * 0.73 * 1.1 * 1 \right) - (45.072 - 26.788) \frac{2500}{1000} = 87.47 \text{ руб}$$

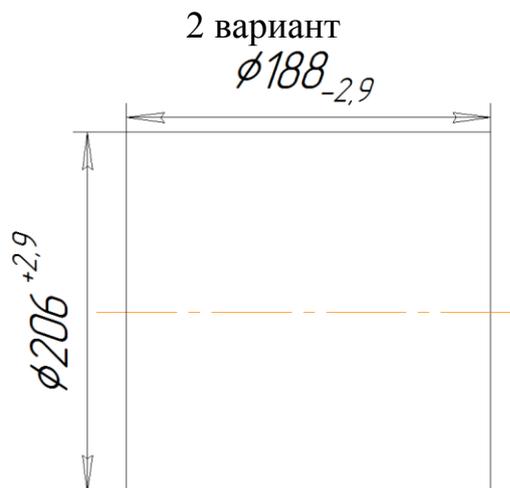


Рис. 3.2 - Эскиз заготовки из проката

$$l = 180 + 2 \cdot (2.6 + 1.6) = 188.4 \text{ мм}$$

m_d - масса за 1 м = 271.85 кг

$$m_з = \frac{l m_d}{1000} = \frac{271.85 \cdot 188.4}{1000} = 48.940 \text{ кг}$$

Себестоимость заготовки из проката

Пруток диаметром 200 мм

Длина заготовки $l_{заг} = 188.4 \text{ мм}$

$$S_{заг} = M + \sum C_{o.з}$$

[1, с. 30]

где: $M = QS - (Q - q) \frac{S_{омх}}{1000}$ - затраты на материал заготовки, руб.

$\sum C_{o.з}$ - технологическая себестоимость операций правки, калибровки прутков,

разрезки из на штучные заготовки: $C_{з.о} = \frac{C_{н.з} T_{ш-к}}{60 \cdot 100} = \frac{1210 \cdot 2.7 \cdot 100}{60 \cdot 100} = 5.445$

[1, с. 30]

где: $C_{н.з} = 1210$ - приведенные затраты на рабочем месте, руб/ч

$T_{ш-к} = T_o \cdot \varphi_k = 0.6 * 1.84 = 1,104 \text{ мин}$ - штучно калькуляционное время выполнения заготовительной операции, мин

$T_o = 6l / 1000 = 6 * 188.4 / 1000 = 1.13$ - операционное время

$Q = 48.940 \text{ кг}$ - масса заготовки

$S = 15 \text{ руб}$ - цена за 1 кг материала заготовки

[1, таб.

2,6]

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		8

$q = 26.788 \text{ кг}$ - масса готовой детали

$S_{\text{отх}} = 2600 \text{ руб}$ - цена 1 кг отходов

[1, таб.

2,7]

Следовательно, получаем стоимость заготовки:

$$S_{\text{заг}} = QS - (Q - q) \frac{S_{\text{отх}}}{1000} + \sum C_{o.з} = 48.940 \cdot 15 - (48.940 - 26.788) \frac{2600}{1000} + 5.445 = 73.32 \text{ руб}$$

Предварительная разработка и выбор технологического маршрута по минимуму приведенных затрат:

$C_{n.з.} = C_3 + C_{ч.з.} + E_n (K_c + K_3)$ - часовые приведенные затраты

$C_3 = \varepsilon C_{\text{ТФ}} k y$ - основная дополнительная заработная плата

$k_B = 1,3$ - коэффициент выполнения норм

$E_n = 0,15$ - нормальный коэффициент экономичности материальных вложений

$K_c = \frac{Ц100}{F_d \eta_3}$ - капитальные вложения в станок

$K_3 = \frac{F78.4 \cdot 100}{F_d \eta_3}$ - капитальные вложения в здание

$\varepsilon = 1,53$ - коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату, начисления на социальное страхование и приработок к основной заработной плате в результате перевыполнения норм.

$C_{\text{ТФ}} = 606$ - часовая тарифная ставка станочника-сдельщика.

$k = 1$ - коэффициент, учитывающий заработную плату наладчика.

$y = 0,39$ - коэффициент, учитывающий оплату рабочего при многостаночном обслуживании.

$C_{ч.з.} = C_{ч.з.}^{\text{б.н}} k_m$ - часовые затраты по эксплуатации рабочего места

$C_{ч.з.}^{\text{б.н}} = 363 \text{ коп/ч}$ - часовые затраты на базовом рабочем месте

$k_m = 1,3$ - коэффициент, показывающий, во сколько раз затраты, связанные с работой данного станка, больше, чем аналогичные расходы у базового станка

$Ц = 54500 \text{ руб.}$ - балансовая стоимость станка

$F = f k_f = 10.43 \text{ м}^2$ - производственная площадь занимаемая станком с учетом проходов

$f = 2.98 \text{ м}^2$ - площадь станка в плане

$k_f = 3$ - коэффициент, учитывающий дополнительную производственную площадь с учетом проходов, проездов и др.

$F_d = 4029 \text{ ч}$ - действительный годовой фонд работы станка.

$\eta_3 = 0,9$ - коэффициент загрузки станка

$$C_o = \frac{1203 \cdot 11}{60 \cdot 1,3} = 17 \text{ руб};$$

$$C_{n.з.} = 92.7 + 47.19 + 0,15(1503 + 19.5) = 1203 \text{ коп/ч};$$

$$C_3 = 1,53 \cdot 606 \cdot 1 \cdot 1 = 927,18 \text{ коп/ч};$$

$$K_c = \frac{54500 \cdot 100}{4029 \cdot 0,9} = 1503 \text{ коп/ч};$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		9

$$K_3 = \frac{10,43 \cdot 78,4 \cdot 100}{4029 \cdot 0,9} = 19,5 \text{ коп/ч};$$

$$C_{ч.з} = 36,3 \cdot 1,3 = 47,19 \text{ коп/ч}.$$

Стоимость заготовки из проката с учетом токарной доработки

$$C_T = C_O + S_{заг} = 74,03 + 17 = 91,03 \text{ руб}$$

Приведенная годовая экономия:

$$K_c = \frac{(C'_o + C''_o)}{100} = \frac{(91,07 - 87,47) \cdot 800}{100} = 2880 \text{ руб}$$

Исходя из экономических соображений, в качестве заготовки принимаем штамповку.

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		10

1.4. Возможные варианты маршрутов изготовления детали

1.4.1 Первый маршрут изготовления детали.

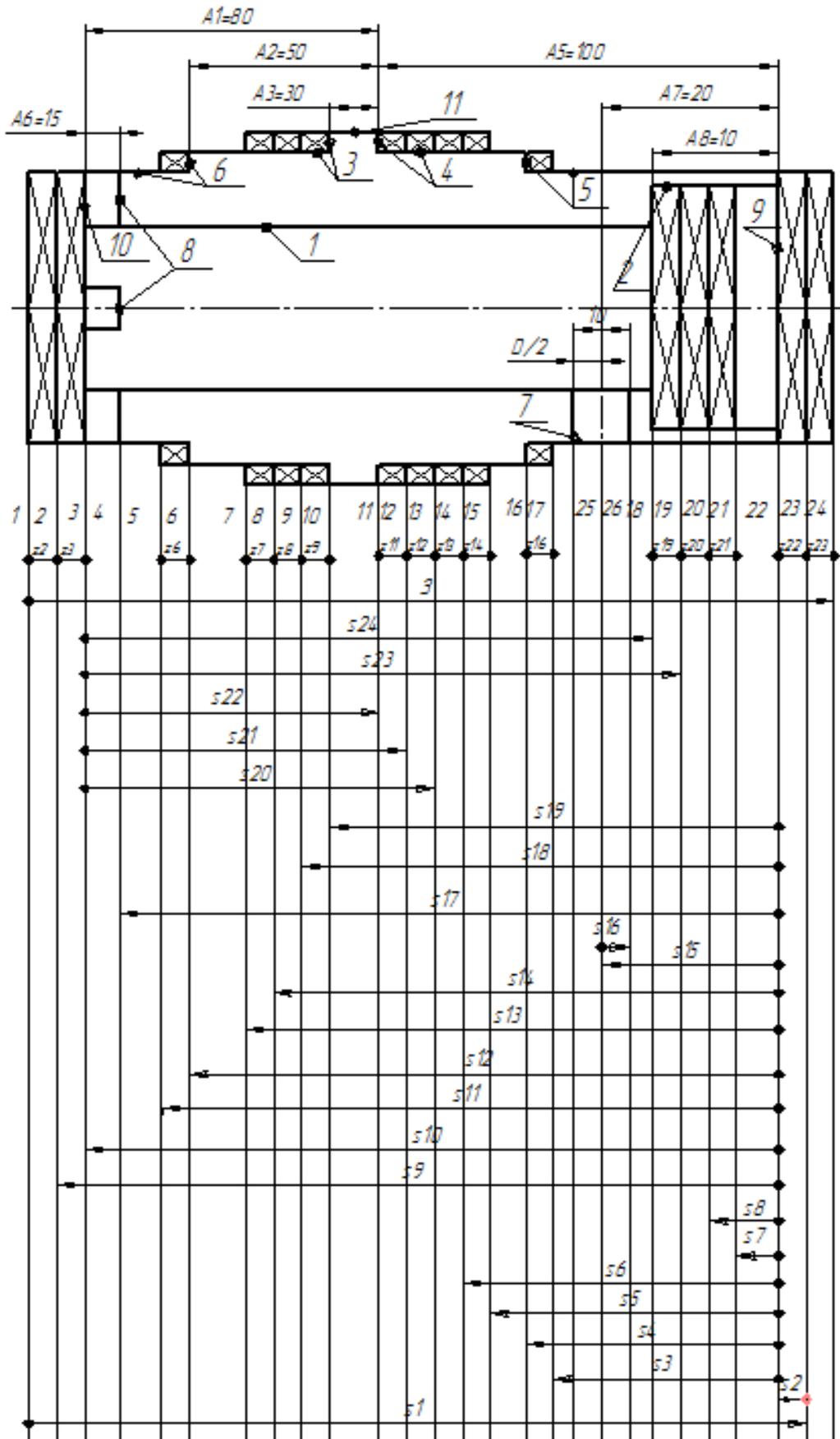


Рисунок 1 - Размерная схема первого маршрута изготовления детали

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

0.010.00.00 ПЗ

Лист

11

1.1.Размерный анализ первого маршрута изготовления детали.

- | | |
|----------------------|---------|
| 1. $A7=S15$ | $S15=?$ |
| 2. $D/2=S16$ | $S16=?$ |
| 3. $Z22=S2$ | $S2=?$ |
| 4. $A1=S22$ | $S22=?$ |
| 5. $Z11=S21-S22$ | $S21=?$ |
| 6. $Z12=S20-S21$ | $S20=?$ |
| 7. $A1+A5=S10$ | $S10=?$ |
| 8. $Z2=S9-S10$ | $S9=?$ |
| 9. $Z13=S10-S6-S20$ | $S6=?$ |
| 10. $Z13=S10-S6-S20$ | $S6=?$ |
| 11. $A3+A5=S19$ | $S19=?$ |
| 12. $Z10=S18-S19$ | $S18=?$ |
| 13. $Z9=S14-S18$ | $S14=?$ |
| 14. $Z8=S13-S14$ | $S13=?$ |
| 15. $A5+A1-A6=S17$ | $S17=?$ |
| 16. $A5-A4=S4$ | $S4=?$ |
| 17. $Z16=S4-S3$ | $S3=?$ |
| 18. $A2+A5=S12$ | $S12=?$ |
| 19. $Z6=S11-S12$ | $S11=?$ |
| 20. $Z1=S1-S2-S9$ | $S1=?$ |
| 21. $A5+A1-A8=S24$ | $S24=?$ |
| 22. $Z18=S23-S24$ | $S23=?$ |
| 23. $Z19=S10-S23-S8$ | $S8=?$ |
| 24. $Z20=S8-S7$ | $S7=?$ |
| 25. $Z2=3-S1$ | $3=?$ |

1.2. Решение размерных цепей первого маршрута изготовления детали.

1. $A_7 = S_{15}$ $S_{15} = ?$

$A_7 = 20 \pm 0,26$

$S_{15} = 20 \pm 0,26$

2. $D/2 = S_{16}$ $S_{16} = ?$

$D/2 = 5^{+0,3}$

$S_{16} = 5^{+0,3}$

3. $Z_{22} = S_2$ $S_2 = ?$

$Z_{22} = 1,5_{-0,6}$

$S_{2\min} = 0,9$

$TS_1 = 0,1$

$S_{2\max} = 0,9 + 0,1 = 1$

$S_2 = 0,9^{+0,1}$

$Z_{22} = S_2 = 0,9$

$Z_{22\min} = S_{2\min} = 0,9$

$Z_{22\max} = S_{2\max} = 1$

$Z_{22} = 0,9^{+0,1}$

4. $A_1 = S_{22}$ $S_{22} = ?$

$A_1 = 80_{-0,30}$

$S_{22} = 80_{-0,19}$

5. $Z_{11} = S_{21} - S_{22}$ $S_{21} = ?$

$Z_{11} = 0,5_{-0,23}$

$S_{22} = 80_{-0,19}$

$S_{22\min} = 80 - 0,019 = 79,981$

$Z_{11\min} = S_{21\min} - S_{22\max}$

$Z_{11\min} = 0,5 - 0,23 = 0,27$

Примем $Z_{11\min} = 0,15$, т.к. окончательное шлифование

$S_{22\max} = 80$

$0,15 = S_{21\min} - 80$

$S_{21\min} = 80 + 0,15 = 80,15$

$TS_{21} = 0,046$

$S_{21\max} = 80,15 + 0,046 = 80,196$

$S_{21} = 80,196_{-0,046}$

$Z_{11} = S_{21} - S_{22} = 80,196 - 80 = 0,196$

$Z_{11\min} = S_{21\min} - S_{22\max} = 80,15 - 80 = 0,15$

$Z_{11\max} = S_{21\max} - S_{22\min} = 80,196 - 79,981 = 0,215$

$Z_{11} = 0,196_{-0,046}^{+0,019}$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14

6. $Z_{12}=S_{20}-S_{21}$ $S_{20}=?$
 $Z_{12}=0,5_{-0,23}$
 $S_{21}=80,196_{-0,046}$
 $S_{22\min}=80,196-0,046=80,15$
 $Z_{12\min}=S_{20\min}-S_{21\max}$
 $Z_{12\min}=0,5-0,23=0,27$
Примем $Z_{12\min}=0,20$, т.к. чистовое шлифование
 $S_{21\max}=80,196$
 $0,20=S_{20\min}-80,196$
 $S_{20\min}=80,196+0,20=80,396$
 $TS_{20}=0,140$
 $S_{20\max}=80,396+0,140=80,536$
 $S_{20}=80,536_{-0,140}$
 $Z_{12}=S_{20}-S_{21}=80,536-80,196=0,34$
 $Z_{12\min}=S_{20\min}-S_{21\max}=80,396-80,196=0,20$
 $Z_{12\max}=S_{20\max}-S_{21\min}=80,536-80,15=0,386$
 $Z_{12}=0,34_{-0,14}^{+0,046}$

7. $A_1+A_5=S_{10}$ $S_{10}=?$
 $A_1=80_{-0,30}$
 $A_5=100^{+0,35}$
 $S_{10}=A_1+A_5=100+80=180$
 $EcS_{10}=-0,15+0,175=0,025$
 $TS_{10}=0,35+0,30=0,65$
 $EsS_{10}=0,025+0,325=0,350$
 $EiS_{10}=0,025-0,325=-0,3$
 $S_{10}=180_{-0,3}^{+0,35}$ $TS_{10}=0,4$
 $S_{10}=180_{-0,05}^{+0,35}$

8. $Z_2=S_9-S_{10}$ $S_9=?$
 $Z_2=2,5\pm 0,6$
 $S_{10}=180_{-0,05}^{+0,35}$
 $S_{10\min}=180-0,05=179,95$
 $Z_{2\min}=S_9\min-S_{10\max}$
 $Z_{2\min}=2,5-0,6=1,9$
 $S_{10\max}=180,35$
 $1,9=S_9\min-180,35$
 $S_{20\min}=180,35+1,9=182,25$
 $TS_9=1$
 $S_9\max=182,25+1=183,25$
 $S_9=183,25_{-1}$

$$Z2=S9-S10=183,25-180=3,25$$

$$Z2_{\min}=S9_{\min}-S10_{\max}=182,25-180,35=1,9$$

$$Z2_{\max}=S9_{\max}-S10_{\min}=183,25-179,95=3,3$$

$$Z2=3,25^{+0,05}_{-1,35}$$

9. $Z13=S10-S6-S20$ $S6=?$

$$Z13=0,6_{-0,30}$$

$$S10=180^{+0,35}_{-0,05}$$

$$S20=80,536_{-0,140}$$

$$Z13_{\min}=S10_{\min}-S6_{\max}-S20_{\max}$$

$$Z13_{\min}=0,6-0,3=0,3$$

$$S10_{\min}=180-0,05=179,95$$

$$S20_{\max}=80,536$$

$$0,3=179,95-S6_{\max}-80,536$$

$$S6_{\max}=179,95-80,536-0,3=99,114$$

$$TS6=0,14$$

$$S6_{\max}=99,114-0,14=98,974$$

$$S6=98,974_{-0,14}$$

$$Z13=S10-S6-S20=180-98,974-80,536=0,49$$

$$Z13_{\min}=S10_{\min}-S6_{\max}-S20_{\max}=179,95-99,114-80,536=0,3$$

$$Z13_{\max}=S10_{\max}-S6_{\min}-S20_{\min}=180,35-98,974-80,396=0,98$$

$$Z13=0,49^{+0,49}_{-0,19}$$

10. $Z14=S6-S5$ $S5=?$

$$Z14=1,5_{-0,6}$$

$$S6=98,974^{+0,14}$$

$$Z2_{\min}=S6_{\min}-S5_{\max}$$

$$Z14_{\min}=1,5-0,6=0,9$$

$$S6_{\min}=98,974$$

$$0,9=98,974-S5_{\max}$$

$$S5_{\max}=98,974-0,9=98,074$$

$$TS5=0,87$$

$$S5_{\min}=98,074-0,87=97,204$$

$$S5=97,204^{+0,87}$$

$$Z14=S6-S5=98,974-97,204=1,77$$

$$Z14_{\min}=S6_{\min}-S5_{\max}=98,974-98,074=0,9$$

$$Z14_{\max}=S6_{\max}-S5_{\min}=99,114-97,204=1,91$$

$$Z14=1,77^{+0,14}_{-0,87}$$

11. $A3+A5=S19$ $S19=?$

$$A3=30_{-0,52}$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		16

$$A5=100^{+0,35}$$

$$S19=A3+A5=30+100=130$$

$$EcS19=-0,26+0,175=-0,085$$

$$TS19=0,52+0,35=0,87$$

$$EsS19=-0,085+0,435=0,350$$

$$EiS19=-0,085-0,435=-0,52$$

$$S19=130^{+0,35}_{-0,52}$$

$$TS19=0,063$$

$$S19=130_{-0,063}$$

12. $Z10=S18-S19$ $S18=?$

$$Z10=0,6_{-0,3}$$

$$S19=130_{-0,063}$$

$$Z10min=S18min-S19max$$

$$Z10min=0,6-0,3=0,3$$

$$S19max=130$$

$$0,3=S18min-130$$

$$S18min = 130+0,3=130,3$$

$$TS18=0,1$$

$$S18max=130,3+0,1=130,4$$

$$S18=130,4_{-0,1}$$

$$Z10=S18-S19=130,4-130=0,4$$

$$Z10min=S18min-S19max=130,3-130=0,3$$

$$Z10max=S18max-S19min=130,4-129,937=0,463$$

$$Z10=0,4^{+0,063}_{-0,1}$$

13. $Z9=S14-S18$ $S14=?$

$$Z9=0,6_{-0,3}$$

$$S18=130,4_{-0,1}$$

$$Z9min=S14min-S18max$$

$$Z9min=0,6-0,3=0,3$$

$$S18max=130,4$$

$$0,3=S14min-130,4$$

$$S14min = 130,4+0,3=130,7$$

$$TS14=0,16$$

$$S14max=130,7+0,16=130,86$$

$$S14=130,86_{-0,16}$$

$$Z9=S14-S18=130,86-130,4=0,46$$

$$Z9min=S14min-S18max=130,7-130,4=0,3$$

$$Z9max=S14max-S18min=130,86-130,3=0,56$$

$$Z9=0,46^{+0,1}_{-0,16}$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		17

$$14. Z8=S13-S14 \quad S13=?$$

$$Z8=1,5_{-0,6}$$

$$S14=130,86_{-0,16}$$

$$Z8_{\min}=1,5-0,6=0,9$$

$$S14_{\max}=130,86$$

$$0,9=S13_{\min}-130,86$$

$$S13_{\min}=130,86+0,9=131,76$$

$$TS13=1$$

$$S13_{\max}=131,76+1=132,76$$

$$S13=132,76_{-1}$$

$$Z8=S13-S14=132,76-130,86=1,9$$

$$Z8_{\min}=S13_{\min}-S14_{\max}=131,76-130,86=0,9$$

$$Z8_{\max}=S13_{\max}-S14_{\min}=132,76-130,7=2,06$$

$$Z8=1,9_{-1}^{+0,16}$$

$$15. A5+A1-A6=S17 \quad S17=?$$

$$A1=80_{-0,30}$$

$$A5=100^{+0,35}$$

$$A6=10_{-0,36}$$

$$S17=100+80-10=170$$

$$EcS17=0,175+(-0,15)-(-0,18)=0,205$$

$$TS17=0,3+0,35+0,36=1,01$$

$$EsS17=0,205+0,505=0,71$$

$$EiS17=0,205-0,505=-0,3$$

$$TS17=1$$

$$S17=170_{-0,3}^{+0,7}$$

$$16. A5-A4=S4 \quad S4=?$$

$$A4=60_{-0,19}$$

$$A5=100^{+0,35}$$

$$S4=A5-A4=100-60=40$$

$$EcS4=0,175-0,095=0,08$$

$$TS4=0,19+0,35=0,54$$

$$EsS4=0,08+0,27=0,35$$

$$EiS4=0,08-0,27=-0,19$$

$$S4=40_{-0,19}^{+0,35}$$

$$TS4=0,25$$

$$S4=40_{-0,19}^{+0,25}$$

$$17. Z16=S4-S3 \quad S3=?$$

$$Z16=1,3_{-0,6}$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		18

$$S4 = 40^{+0,25}$$

$$Z2_{\min} = S6_{\min} - S5_{\max}$$

$$Z14_{\min} = 1,3 - 0,6 = 0,7$$

$$S4_{\min} = 40$$

$$0,7 = 40 - S3_{\max}$$

$$S3_{\max} = 40 - 0,7 = 39,3$$

$$TS3 = 0,62$$

$$S3_{\min} = 39,3 - 0,62 = 38,68$$

$$S3 = 38,68^{+0,62}$$

$$Z16 = S4 - S3 = 40 - 38,68 = 1,32$$

$$Z16_{\min} = S4_{\min} - S3_{\max} = 40 - 39,3 = 0,7$$

$$Z16_{\max} = S4_{\max} - S3_{\min} = 40,25 - 38,68 = 1,57$$

$$Z16 = 1,32^{+0,25}_{-0,62}$$

$$18. A2 + A5 = S12 \quad S12 = ?$$

$$A2 = 50_{-0,52}$$

$$A5 = 100^{+0,35}$$

$$S12 = A2 + A5 = 50 + 100 = 150$$

$$EcS12 = -0,26 + 0,175 = -0,085$$

$$TS12 = 0,52 + 0,35 = 0,87$$

$$EsS12 = -0,085 + 0,435 = 0,350$$

$$EiS12 = -0,085 - 0,435 = -0,52$$

$$S12 = 150^{+0,35}_{-0,52}$$

$$TS12 = 0,4$$

$$S12 = 150_{-0,4}$$

$$19. Z6 = S11 - S12 \quad S11 = ?$$

$$Z6 = 1,5_{-0,6}$$

$$S12 = 150_{-0,4}$$

$$Z6_{\min} = S11_{\min} - S12_{\max}$$

$$Z6_{\min} = 1,5 - 0,6 = 0,9$$

$$0,9 = S11_{\min} - 150$$

$$S11_{\min} = 150 + 0,9 = 150,9$$

$$TS11 = 1$$

$$S11_{\max} = 150,9 + 1 = 151,9$$

$$S11 = 151,9_{-1}$$

$$Z6 = S11 - S12 = 151,9 - 150 = 1,9$$

$$Z6_{\min} = S11_{\min} - S12_{\max} = 150,9 - 150 = 0,9$$

$$Z6_{\max} = S11_{\max} - S12_{\min} = 151,9 - 149,6 = 2,3$$

$$Z6 = 1,9^{+0,4}_{-1}$$

$$20. Z1 = S1 - S2 - S9 \quad S1 = ?$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		19

$$Z1=2,5\pm 0,6$$

$$S2=0,9^{+0,1}$$

$$S9=182,9_{-1}$$

$$Z1_{\min}=S1_{\min}-S2_{\max}-S9_{\max}$$

$$Z1_{\min}=2,5-0,6=1,9$$

$$S2_{\max}=1$$

$$S9_{\max}=182,9$$

$$1,9=S1_{\min}-1-182,9$$

$$S1_{\min}=185,8$$

$$TS1=1,15$$

$$S1_{\max}=185,8+1,15=186,95$$

$$S1=186,95_{-1,15}$$

$$Z1=S1-S2-S9=186,95-0,9-181,9=3,15$$

$$Z1_{\min}=S1_{\min}-S2_{\max}-S9_{\max}=185,8-1-182,9=1,9$$

$$Z1_{\max}=S1_{\max}-S2_{\min}-S9_{\min}=186,95-0,9-181,9=4,15$$

$$Z1=3,15^{+1}_{-1,25}$$

$$21. A5+A1-A8=S24 \quad S24=?$$

$$A1=80_{-0,30}$$

$$A5=100^{+0,35}$$

$$A8=10^{+0,027}$$

$$S24=100+80-10=170$$

$$EcS24=0,175+(-0,15)-0,0135=0,0115$$

$$TS24=0,3+0,35-0,027=0,623$$

$$EsS24=0,0115+0,3115=0,323$$

$$EiS24=0,0115-0,3115=-0,3$$

$$TS24=0,063$$

$$S24=170_{-0,063}$$

$$22. Z18=S23-S24 \quad S23=?$$

$$Z18=0,5_{-0,3}$$

$$S24=170_{-0,063}$$

$$Z18_{\min}=S23_{\min}-S24_{\max}$$

$$Z18_{\min}=0,5-0,3=0,2$$

$$S24_{\max}=170$$

$$0,2=S23_{\min}-170$$

$$S23_{\min}=170+0,2=170,2$$

$$TS23=0,16$$

$$S23_{\max}=170,2+0,16=170,36$$

$$S23=170,36_{-0,16}$$

$$Z18=S23-S12=170,36-170=0,36$$

$$Z18_{\min}=S23_{\min}-S24_{\max}=170,2-170=0,2$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		20

$$Z18_{\max} = S23_{\max} - S24_{\min} = 170,36 - 169,937 = 0,423$$

$$Z18 = 0,36^{+0,063}_{-0,16}$$

$$23. Z19 = S10 - S23 - S8 \quad S8 = ?$$

$$Z19 = 0,5_{-0,3}$$

$$S10 = 180^{+0,35}_{-0,05}$$

$$S23 = 170,36_{-0,16}$$

$$Z19_{\min} = S10_{\min} - S23_{\max} - S8_{\max}$$

$$Z19_{\min} = 0,5 - 0,3 = 0,2$$

$$S8_{\max} = 9,39$$

$$0,2 = 179,95 - 170,36 - S8_{\max}$$

$$TS8 = 0,15$$

$$S8_{\min} = 9,39 - 0,15 = 9,24$$

$$S8 = 9,24^{+0,15}$$

$$Z19 = S10 - S23 - S8 = 180 - 170,36 - 9,24 = 0,4$$

$$Z19_{\min} = S10_{\min} - S23_{\max} - S8_{\max} = 179,95 - 170,36 - 9,39 = 0,2$$

$$Z19_{\max} = S10_{\max} - S23_{\min} - S8_{\min} = 180,35 - 170,2 - 9,24 = 0,91$$

$$Z19 = 0,4^{+0,51}_{-0,2}$$

$$24. Z20 = S8 - S7 \quad S7 = ?$$

$$Z20 = 1,3_{-0,6}$$

$$S8 = 9,24^{+0,15}$$

$$Z20_{\min} = S8_{\min} - S7_{\max}$$

$$Z14_{\min} = 1,3 - 0,6 = 0,7$$

$$S8_{\min} = 9,24$$

$$0,7 = 9,24 - S7_{\max}$$

$$S7_{\max} = 9,24 - 0,7 = 8,54$$

$$TS7 = 0,36$$

$$S7_{\min} = 8,54 - 0,36 = 8,18$$

$$S7 = 8,18^{+0,36}$$

$$Z20 = S8 - S7 = 9,24 - 8,18 = 1,06$$

$$Z20_{\min} = S8_{\min} - S7_{\max} = 9,24 - 8,54 = 0,7$$

$$Z20_{\max} = S8_{\max} - S7_{\min} = 9,39 - 8,18 = 1,21$$

$$Z20 = 1,06^{+0,15}_{-0,36}$$

$$25. Z2 = 3 - S1 \quad 3 = ?$$

$$Z2 = 2,3 \pm 0,6$$

$$S1 = 186,95_{-1,15}$$

$$Z2_{\min} = 3_{\min} - S1_{\max}$$

$$Z2_{\min} = 2,3 - 0,6 = 1,7$$

$$S1_{\max} = 186,95$$

$$1,7 = 3_{\min} - 186,95$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		21

$$3_{\min} = 186,95 + 1,7 = 188,65$$

$$T_{323} = 1,15$$

$$3_{\max} = 188,65 + 1,15 = 189,8$$

$$3 = \frac{3_{\max} + 3_{\min}}{2} + \frac{T_3}{2} = \frac{189,8 + 188,65}{2} + \frac{1,15}{2} = 189,8$$

$$3 = 189,8_{-1,15}$$

$$Z_2 = 3 - S_1 = 189,8 - 186,95 = 2,85$$

$$Z_{2\min} = 3_{\min} - S_{1\max} = 188,65 - 186,95 = 1,7$$

$$Z_{2\max} = 3_{\max} - S_{1\min} = 189,8 - 185,8 = 4$$

$$Z_2 = 2,85_{-1,15}^{+1,15}$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		22

1.4.2 Второй маршрут изготовления детали.

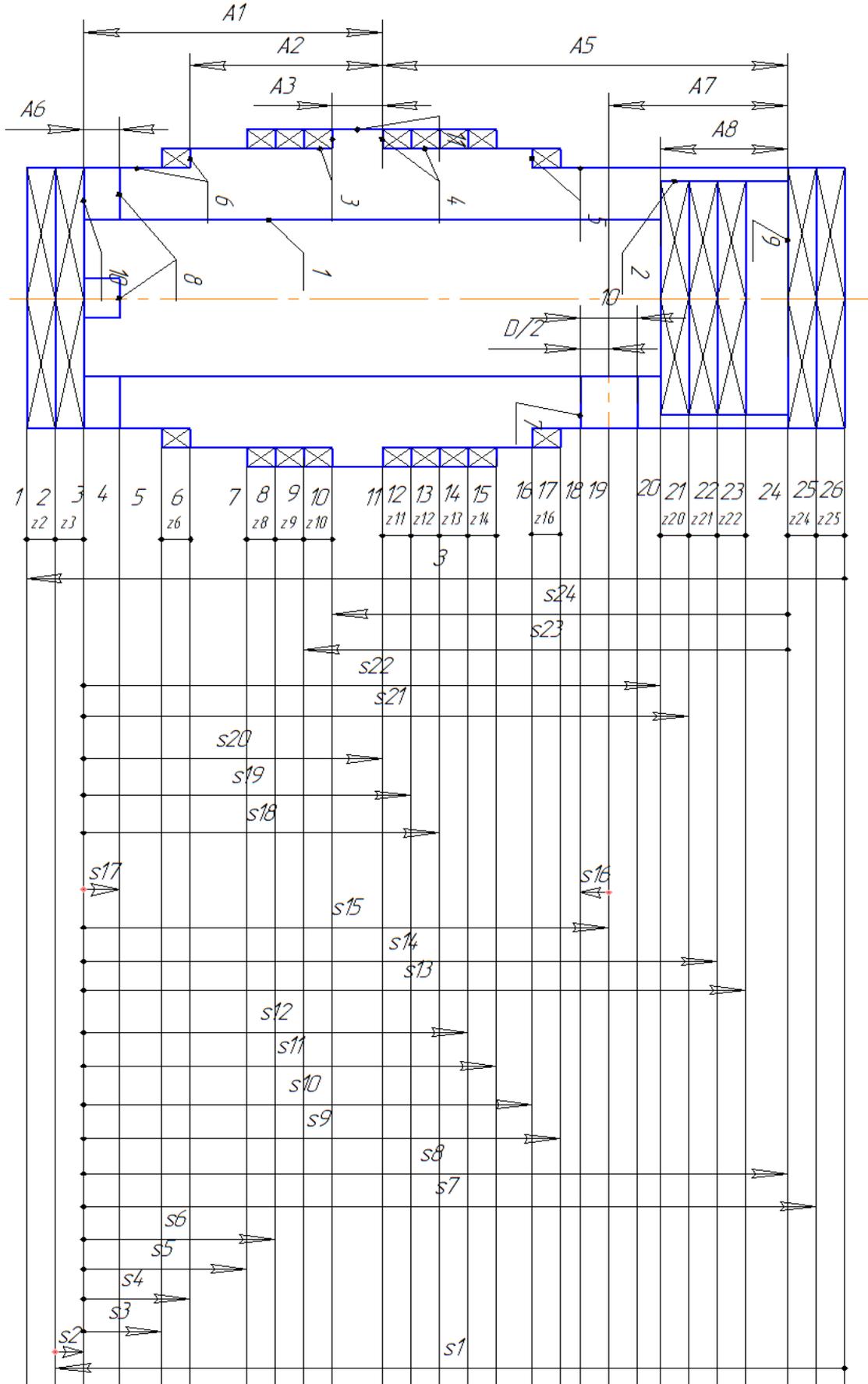


Рисунок 5 - Размерная схема второго маршрута изготовления детали

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

0.010.00.00 ПЗ

Лист

23

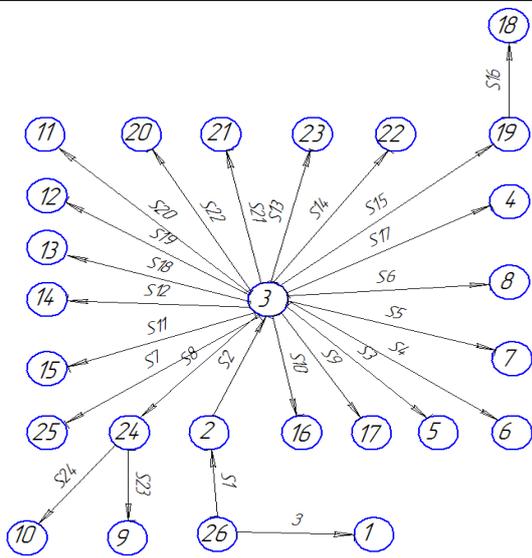


Рисунок 6 - Технологическое дерево первого маршрута изготовления детали

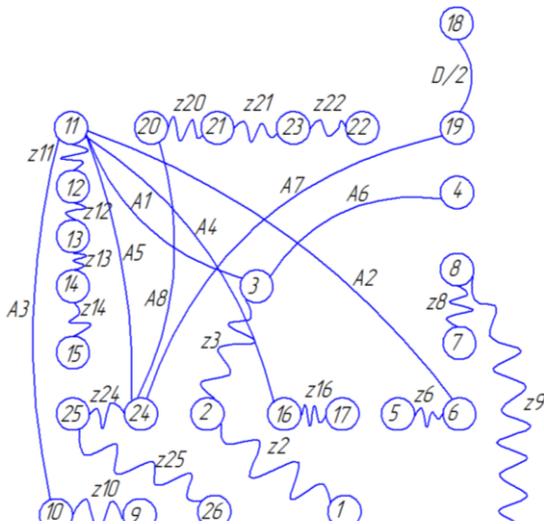


Рисунок 7 - Исходное дерево первого маршрута изготовления детали

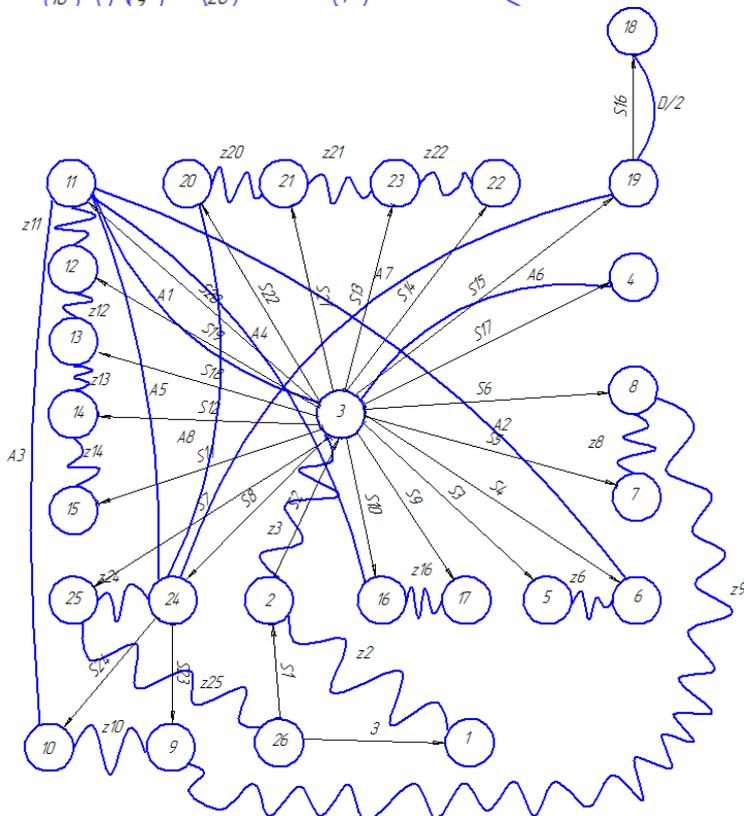


Рисунок 8 - Технологический граф первого маршрута изготовления детали

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

0.010.00.00 ПЗ

2.1. Размерный анализ второго маршрута изготовления детали.

- | | |
|------------------------------|------------|
| 1. $A_6=S_{17}$ | $S_{17}=?$ |
| 2. $D/2=S_{16}$ | $S_{16}=?$ |
| 3. $A_1=S_{20}$ | $S_{20}=?$ |
| 4. $Z_{11}=S_{19}-S_{20}$ | $S_{19}=?$ |
| 5. $Z_{12}=S_{18}-S_{19}$ | $S_{18}=?$ |
| 6. $Z_{13}=S_{12}-S_{18}$ | $S_{12}=?$ |
| 7. $Z_{14}=S_{11}-S_{12}$ | $S_{11}=?$ |
| 8. $Z_3=S_2$ | $S_2=?$ |
| 9. $A_1+A_4=S_{10}$ | $S_{10}=?$ |
| 10. $Z_{16}=S_9-S_{10}$ | $S_9=?$ |
| 11. $A_1-A_2=S_4$ | $S_4=?$ |
| 12. $Z_6=S_4-S_3$ | $S_3=?$ |
| 13. $A_1+A_5=S_8$ | $S_8=?$ |
| 14. $Z_{24}=S_7-S_8$ | $S_7=?$ |
| 15. $A_3 =S_{20}+S_{24}-S_8$ | $S_{24}=?$ |
| 16. $Z_{10}=S_{23}-S_{24}$ | $S_{23}=?$ |
| 17. $Z_{25}=S_1-S_2-S_7$ | $S_1=?$ |
| 18. $Z_2=3-S_1$ | $3=?$ |
| 19. $A_5+A_1-A_7=S_{15}$ | $S_{21}=?$ |
| 20. $A_5+A_1-A_8=S_{24}$ | $S_{24}=?$ |
| 21. $Z_{20}=S_{21}-S_{22}$ | $S_{22}=?$ |
| 22. $Z_{21}=S_{14}-S_{21}$ | $S_{14}=?$ |
| 23. $Z_{22}=S_{13}-S_{14}$ | $S_{13}=?$ |
| 24. $Z_9=S_8-S_{23}-S_6$ | $S_6=?$ |
| 25. $Z_8=S_6-S_5$ | $S_5=?$ |

1.3. Решение размерных цепей второго маршрута изготовления детали.

1. $A_6 = S_{17}$ $S_{17} = ?$

$$A_6 = 15_{-0,36}$$

$$S_{17} = 15^{+0,36}$$

2. $D/2 = S_{16}$ $S_{16} = ?$

$$D/2 = 5 \pm 0,15$$

$$S_{16} = 5^{+0,3}$$

3. $A_1 = S_{20}$ $S_{20} = ?$

$$A_1 = 80_{-0,30}$$

$$S_{20} = 80_{-0,30}$$

4. $Z_{11} = S_{19} - S_{20}$ $S_{19} = ?$

$$Z_{11} = 0,5_{-0,23}$$

$$S_{20} = 80_{-0,30}$$

$$Z_{11 \min} = S_{19 \min} - S_{20 \max}$$

$$Z_{11 \min} = 0,5 - 0,23 = 0,27$$

$$S_{20 \max} = 80$$

Примем $Z_{11 \min} = 0,15$, т.к. окончательное шлифование

$$0,15 = S_{19 \min} - 80$$

$$S_{19 \min} = 80 + 0,15 = 80,15$$

$$TS_{19} = 0,054$$

$$S_{19 \max} = 80,15 + 0,054 = 80,204$$

$$S_{19} = 80,204_{-0,054}$$

$$Z_{11} = S_{19} - S_{20} = 80,204 - 80 = 0,204$$

$$Z_{11 \min} = S_{19 \min} - S_{20 \max} = 80,15 - 80 = 0,15$$

$$Z_{11 \max} = S_{19 \max} - S_{20 \min} = 80,204 - 79,7 = 0,504$$

$$Z_{11} = 0,204_{-0,054}^{+0,3}$$

5. $Z_{12} = S_{18} - S_{19}$ $S_{18} = ?$

$$Z_{12} = 0,5_{-0,23}$$

$$S_{19} = 80,204_{-0,054}$$

$$Z_{12 \min} = S_{18 \min} - S_{19 \max}$$

$$Z_{12 \min} = 0,5 - 0,23 = 0,27$$

Примем $Z_{12 \min} = 0,20$, т.к. чистовое шлифование

$$S_{19 \max} = 80,204$$

$$0,20 = S_{18 \min} - 80,204$$

$$S_{18 \min} = 80,204 + 0,20 = 80,404$$

$$TS_{18} = 0,140$$

$$S_{18 \max} = 80,404 + 0,140 = 80,544$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		26

$$S18=80,544_{-0,140}$$

$$Z12=S18-S19=80,544-80,204=0,304$$

$$Z12_{\min}=S18_{\min}-S19_{\max}=80,404-80,204=0,20$$

$$Z12_{\max}=S18_{\max}-S19_{\min}=80,544-80,15=0,394$$

$$Z12=0,34_{-0,14}^{+0,054}$$

6. $Z13=S12-S18$ $S12=?$

$$Z13=0,5_{-0,23}$$

$$S18=80,544_{-0,14}$$

$$Z13_{\min}=S12_{\min}-S18_{\max}$$

$$Z13_{\min}=0,5-0,23=0,27$$

$$S18_{\max}=80,544$$

$$0,27=S12_{\min}-80,544$$

$$S12_{\min}=80,544+0,27=80,814$$

$$TS12=0,350$$

$$S12_{\max}=80,814+0,350=81,164$$

$$S12=81,164_{-0,35}$$

$$Z13=S12-S18=81,164-80,544=0,62$$

$$Z13_{\min}=S12_{\min}-S18_{\max}=80,814-80,544=0,27$$

$$Z13_{\max}=S12_{\max}-S18_{\min}=81,164-80,404=0,76$$

$$Z13=0,62_{-0,35}^{+0,14}$$

7. $Z14=S11-S12$ $S11=?$

$$Z14=1,3_{-0,4}$$

$$S12=81,164_{-0,35}$$

$$Z14_{\min}=S11_{\min}-S12_{\max}$$

$$Z14_{\min}=1,3-0,4=0,9$$

$$S12_{\max}=81,164$$

$$0,9=S11_{\min}-81,164$$

$$S11_{\min}=81,164+0,9=82,064$$

$$TS11=0,870$$

$$S11_{\max}=82,064+0,87=82,934$$

$$S11=82,934_{-0,87}$$

$$Z14=S11-S12=82,934-81,164=1,77$$

$$Z14_{\min}=S11_{\min}-S12_{\max}=82,064-81,164=0,9$$

$$Z14_{\max}=S11_{\max}-S12_{\min}=82,934-80,814=2,12$$

$$Z14=1,77_{-0,87}^{+0,35}$$

8. $Z3=S2$ $S2=?$

$$Z3=1,5_{-0,6}$$

$$S2_{\min}=0,9$$

$$TS1=0,1$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		27

$$S2_{\max}=0,9+0,1=1$$

$$S2=0,9^{+0,1}$$

$$Z3=S2=0,9$$

$$Z3_{\min}=S2_{\min}=0,9$$

$$Z3_{\max}=S2_{\max}=1$$

$$Z3=0,9^{+0,1}$$

9. $A1+A4=S10$ $S10=?$

$$A1=80_{-0,30}$$

$$A4=60^{+0,19}$$

$$S10=A1+A4=60+80=140$$

$$EcS10=0,095+(-0,15)=-0,055$$

$$TS10=0,19+0,30=0,49$$

$$EsS10=-0,055+0,245=0,19$$

$$EiS10=-0,055-0,245=-0,3$$

$$S10=140_{-0,3}^{+0,19}$$

$$TS10=0,4$$

$$S10=140_{-0,3}^{+0,1}$$

10. $Z16=S9-S10$ $S9=?$

$$Z16=1,3_{-0,4}$$

$$S10=140_{-0,3}^{+0,1}$$

$$Z16_{\min}=S9_{\min}-S10_{\max}$$

$$Z16_{\min}=1,3-0,4=0,9$$

$$S10_{\max}=140,1$$

$$0,9=S9_{\min}-140,1$$

$$S9_{\min}=140,1+0,9=141$$

$$TS9=1$$

$$S9_{\max}=141+1=142$$

$$S9=142_{-1}$$

$$Z16=S9-S10=142-140=2$$

$$Z16_{\min}=S9_{\min}-S10_{\max}=141-140,1=0,9$$

$$Z16_{\max}=S9_{\max}-S10_{\min}=142-139,7=2,3$$

$$Z16=2_{-1,1}^{+0,3}$$

11. $A1-A2=S4$ $S4=?$

$$A1=80_{-0,30}$$

$$A2=50_{-0,25}$$

$$S4=A1-A2=80-50=30$$

$$EcS4=-0,15+0,125=-0,025$$

$$TS4=0,30+0,25=0,55$$

$$EsS4=-0,025+0,275=0,25$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		28

$$EiS4 = -0,025 - 0,275 = -0,3$$

$$S4 = 30^{+0,25}_{-0,3}$$

$$TS4 = 0,25$$

$$S4 = 30^{+0,25}$$

12. $Z6 = S4 - S3$ $S3 = ?$

$$Z6 = 1,5_{-0,6}$$

$$S4 = 30^{+0,25}$$

$$Z6_{\min} = S4_{\min} - S3_{\max}$$

$$Z6_{\min} = 1,5 - 0,6 = 0,9$$

$$S4_{\min} = 30$$

$$0,9 = 30 - S3_{\max}$$

$$S3_{\max} = 30 - 0,9 = 29,1$$

$$TS3 = 0,620$$

$$S3_{\min} = 29,1 - 0,620 = 28,48$$

$$S3 = 28,48^{+0,62}$$

$$Z6 = S4 - S3 = 30 - 28,48 = 1,52$$

$$Z6_{\min} = S4_{\min} - S3_{\max} = 30 - 29,1 = 0,9$$

$$Z6_{\max} = S4_{\max} - S3_{\min} = 30,25 - 28,48 = 1,77$$

$$Z6 = 1,52^{+0,25}_{-0,62}$$

13. $A1 + A5 = S8$ $S8 = ?$

$$A1 = 80_{-0,30}$$

$$A5 = 100^{+0,35}$$

$$S8 = A1 + A5 = 100 + 80 = 180$$

$$EcS8 = -0,15 + 0,175 = 0,025$$

$$TS8 = 0,35 + 0,30 = 0,65$$

$$EsS8 = 0,025 + 0,325 = 0,350$$

$$EiS8 = 0,025 - 0,325 = -0,3$$

$$S8 = 180^{+0,35}_{-0,3}$$

$$TS8 = 0,46$$

$$S8 = 180^{+0,3}_{-0,16}$$

14. $Z24 = S7 - S8$ $S7 = ?$

$$Z24 = 1,5_{-0,6}$$

$$S8 = 180^{+0,3}_{-0,16}$$

$$Z24_{\min} = S7_{\min} - S8_{\max}$$

$$Z24_{\min} = 1,5 - 0,6 = 0,9$$

$$S8_{\max} = 180,3$$

$$0,9 = S7_{\min} - 180,3$$

$$S7_{\min} = 180,3 + 0,9 = 181,2$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		29

$$TS7=1,15$$

$$S7_{\max}=181,2+1,15=182,35$$

$$S7=182,35_{-1,15}$$

$$Z24=S7-S8=182,35-180=2,35$$

$$Z24_{\min}=S7_{\min}-S8_{\max}=181,2-180,3=0,9$$

$$Z24_{\max}=S7_{\max}-S8_{\min}=182,35-179,84=2,51$$

$$Z24=2,35_{-1,45}^{+0,16}$$

15. $A3 = S20 + S24 - S8$ $S24 = ?$

$$A3 = 30_{-0,52}$$

$$S20 = 80_{-0,30}$$

$$S8 = 180_{-0,16}^{+0,3}$$

$$S24 = 180 + 30 - 80 = 130$$

$$E_c S24 = -0,26 + 0,15 + 0,23 = 0,12$$

$$TS24 = 0,52 - 0,30 + 0,46 = 0,68$$

$$E_s S24 = 0,12 + 0,34 = 0,46$$

$$E_i S24 = 0,12 - 0,34 = -0,22$$

$$TS24 = 0,063$$

$$S24 = 130_{-0,063}$$

16. $Z10 = S23 - S24$ $S23 = ?$

$$Z10 = 0,5_{-0,23}$$

$$S24 = 130_{-0,063}$$

$$Z10_{\min} = S23_{\min} - S24_{\max}$$

$$Z10_{\min} = 0,5 - 0,23 = 0,27$$

Примем $Z10_{\min} = 0,20$, т.к. чистовое шлифование

$$S24_{\min} = 130$$

$$0,20 = S23_{\min} - 130$$

$$S23_{\min} = 130 + 0,20 = 130,2$$

$$TS23 = 0,160$$

$$S23_{\max} = 130,2 + 0,160 = 130,36$$

$$S23 = 130,36_{-0,160}$$

$$Z10 = S23 - S24 = 130,36 - 130 = 0,36$$

$$Z10_{\min} = S23_{\min} - S24_{\max} = 130,2 - 130 = 0,2$$

$$Z10_{\max} = S23_{\max} - S24_{\min} = 130,36 - 129,937 = 0,423$$

$$Z10 = 0,36_{-0,16}^{+0,063}$$

17. $Z25 = S1 - S2 - S7$ $S1 = ?$

$$Z25 = 2,5 \pm 0,6$$

$$S7 = 182,28_{-1,15}$$

$$S2 = 0,9^{+0,1}$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		30

$$Z25_{\min}=S1_{\min}-S2_{\max}-S9_{\max}$$

$$Z25_{\min}=2,5-0,6=1,9$$

$$S7_{\max}=182,28$$

$$1,9=S1_{\min}-1-182,28$$

$$S1_{\min}=185,18$$

$$TS1=1,15$$

$$S1_{\max}=185,18+1,15=186,33$$

$$S1=186,33_{-1,15}$$

$$Z25=S1-S2-S7=186,33-0,9-182,28=3,15$$

$$Z25_{\min}=S1_{\min}-S2_{\max}-S7_{\max}=185,18-182,28=1,9$$

$$Z25_{\max}=S1_{\max}-S2_{\min}-S7_{\min}=186,33-0,9-181,13=4,3$$

$$Z25=3,15_{-1,25}^{+1,15}$$

18. $Z2=3-S1$ $3=?$

$$Z2=2,5\pm 0,6$$

$$S1=186,33_{-1,15}$$

$$Z2_{\min}=3_{\min}-S1_{\max}$$

$$Z2_{\min}=2,5-0,6=1,9$$

$$S1_{\max}=186,33$$

$$1,9=3_{\min}-186,33$$

$$3_{\min}=186,33+1,9=188,23$$

$$T323=1,15$$

$$3_{\max}=188,23+1,15=189,38$$

$$3=\frac{3_{\max}+3_{\min}}{2}+\frac{T3}{2}=\frac{189,38+188,23}{2}+\frac{1,15}{2}=189,38$$

$$3=189,38_{-1,15}$$

$$Z2=3-S1=189,38-186,33=3,05$$

$$Z2_{\min}=3_{\min}-S1_{\max}=188,23-186,33=1,9$$

$$Z2_{\max}=3_{\max}-S1_{\min}=189,38-185,18=4,2$$

$$Z2=3,05_{-1,15}^{+1,15}$$

19. $A5+A1-A7=S15$ $S15=?$

$$A1=80_{-0,30}$$

$$A5=100^{+0,35}$$

$$A7=20\pm 0,26$$

$$S15=100+80-20=160$$

$$EcS15=0,175+(-0,15)-0=0,025$$

$$TS15=0,3+0,35+0,52=1,17$$

$$EsS15=0,025+0,585=0,61$$

$$EiS15=0,025-0,585=-0,56$$

$$TS15=1$$

$$S15=160_{0,7}^{+0,3}$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		31

$$20. A5+A1-A8=S22 \quad S22=?$$

$$A1=80_{-0,30}$$

$$A5=100^{+0,35}$$

$$A8=10^{+0,027}$$

$$S24=100+80-10=170$$

$$EcS24=0,175+(-0,15)-0,0135=0,0115$$

$$TS24=0,3+0,35-0,027=0,623$$

$$EsS24=0,0115+0,3115=0,323$$

$$EiS24=0,0115-0,3115=-0,3$$

$$TS24=0,063$$

$$S24=170_{-0,063}$$

$$21. Z20=S21-S22 \quad S21=?$$

$$Z20=0,6_{-0,3}$$

$$S22=170_{-0,063}$$

$$Z20min=S21min-S22max$$

$$Z20min=0,6-0,3=0,3$$

$$S22max=170$$

$$0,9=S21min-170$$

$$S21min = 170+0,3=170,3$$

$$TS21=0,16$$

$$S21max=170,3+0,16=170,46$$

$$S21=170,46_{-0,16}$$

$$Z20=S21-S22=170,46-170=0,46$$

$$Z20min=S21min-S22max=170,3-170=0,3$$

$$Z20max=S21max-S22min=170,46-169,937=0,523$$

$$Z20=0,46_{-0,16}^{+0,063}$$

$$22. Z21=S14-S21 \quad S14=?$$

$$Z21=0,6_{-0,3}$$

$$S21=170,46_{-0,16}$$

$$Z21min=S14min-S21max$$

$$Z21min=0,6-0,3=0,3$$

$$S21max=170,46$$

$$0,3=S14min-170,46$$

$$S14min = 170,46+0,3=170,76$$

$$TS14=0,4$$

$$S14max=170,76+0,4=171,16$$

$$S14=171,16_{-0,4}$$

$$Z21=S14-S21=171,16-170,46=0,7$$

$$Z21min=S14min-S21max=170,76-170,46=0,3$$

$$Z21max=S14max-S21min=171,16-170,3=0,86$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		32

$$Z21=0,7^{+0,16}_{-0,4}$$

23. $Z22=S13-S14$ $S13=?$

$$Z22=1,5_{-0,6}$$

$$S14=171,16_{-0,4}$$

$$Z22_{\min}=S13_{\min}-S14_{\max}$$

$$Z22_{\min}=1,5-0,6=0,9$$

$$S14_{\max}=171,16$$

$$0,9=S13_{\min}-171,16$$

$$S13_{\min} = 171,16+0,9=172,06$$

$$TS13=1$$

$$S13_{\max}=172,06+1=173,06$$

$$S13=173,06_{-1}$$

$$Z22=S13-S14=173,06-171,16=1,9$$

$$Z22_{\min}=S13_{\min}-S14_{\max}=172,06-171,16=0,9$$

$$Z22_{\max}=S13_{\max}-S14_{\min}=173,06-170,76=0,86$$

$$Z22=1,9^{+0,4}_{-1}$$

24. $Z9=S8-S23-S6$ $S6=?$

$$Z9=0,6_{-0,3}$$

$$S8= 180^{+0,3}_{-0,16}$$

$$S23=130,36_{-0,16}$$

$$Z9_{\min}=S8_{\min}-S23_{\max}-S6_{\max}$$

$$Z9_{\min}=0,6-0,3=0,3$$

$$0,3=180-130,36- S6_{\max}$$

$$S6_{\max}=49,34$$

$$TS6=0,25$$

$$S6_{\min} =49,34-0,25=49,09$$

$$S6= 49,09^{+0,25}$$

$$Z9=S8-S23-S6=180-130,36-49,09=0,55$$

$$Z9_{\min}=S8_{\min}-S23_{\max}-S6_{\max}=180-130,36-49,34=0,3$$

$$Z9_{\max}=S8_{\max}-S23_{\min}-S6_{\min}=180,46-130,2-49,09=1,17$$

$$Z9=0,55^{+0,62}_{-0,25}$$

25. $Z8=S6-S5$ $S5=?$

$$Z8=1,5_{-0,6}$$

$$S6= 49,09^{+0,25}$$

$$Z8_{\min}=S6_{\min}-S5_{\max}$$

$$Z8_{\min}=1,5-0,6=0,9$$

$$S6_{\min} =49,09$$

$$0,9=49,09- S5_{\max}$$

$$S5_{\max} = 49,09-0,9=48,19$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		33

$$TS5=0,62$$

$$S5 \text{ min} =48,19-0,62=47,57$$

$$S5=47,57^{+0,62}$$

$$Z8=S6-S5=49,09-47,57=1,52$$

$$Z8\text{min}=S6\text{min}-S5\text{max}=49,09-48,19=0,9$$

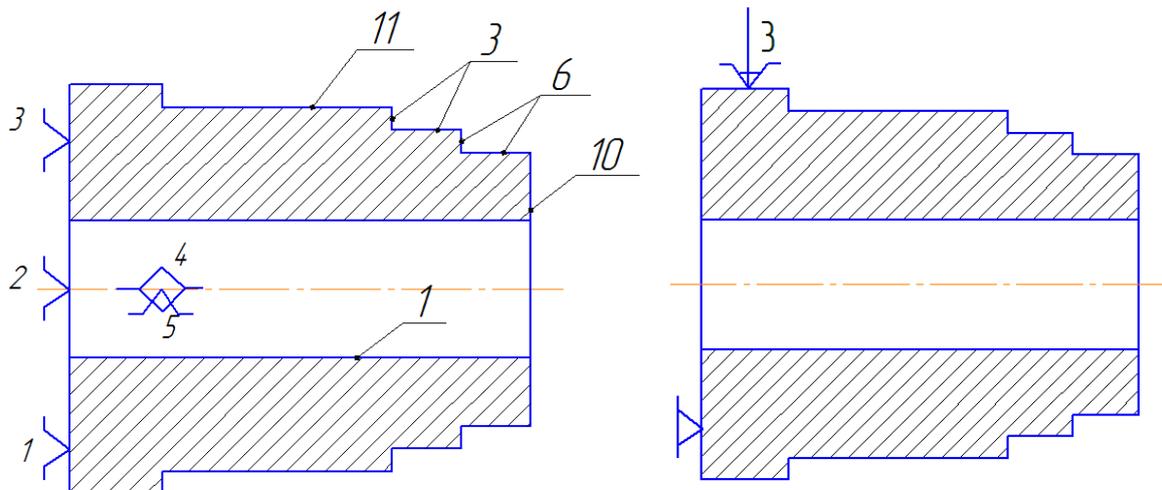
$$Z8\text{max}=S6\text{max}-S5\text{min}=49,34-47,57=1,77$$

$$Z8=1,52^{+0,25}_{-0,62}$$

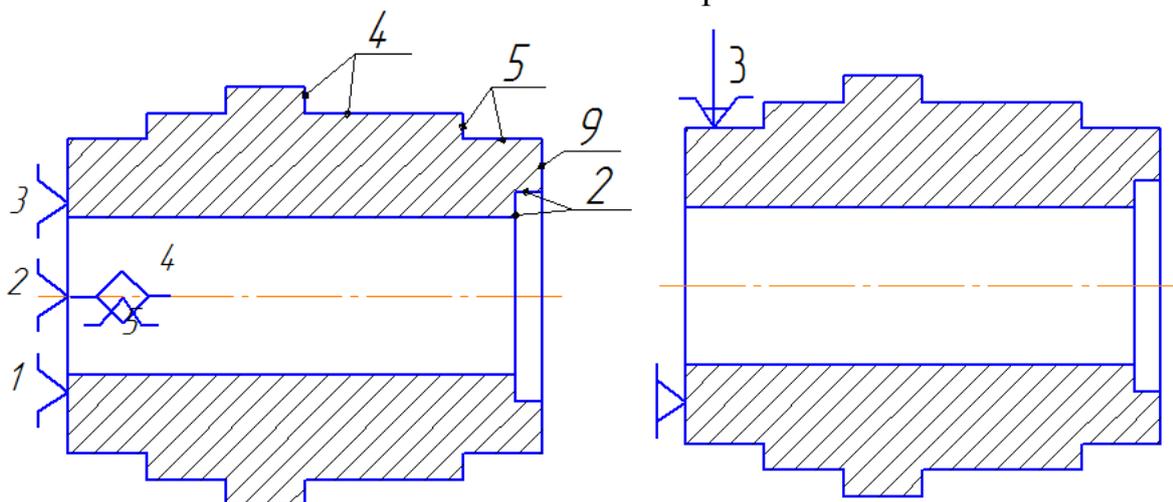
					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		34

1.5.Схемы базирования

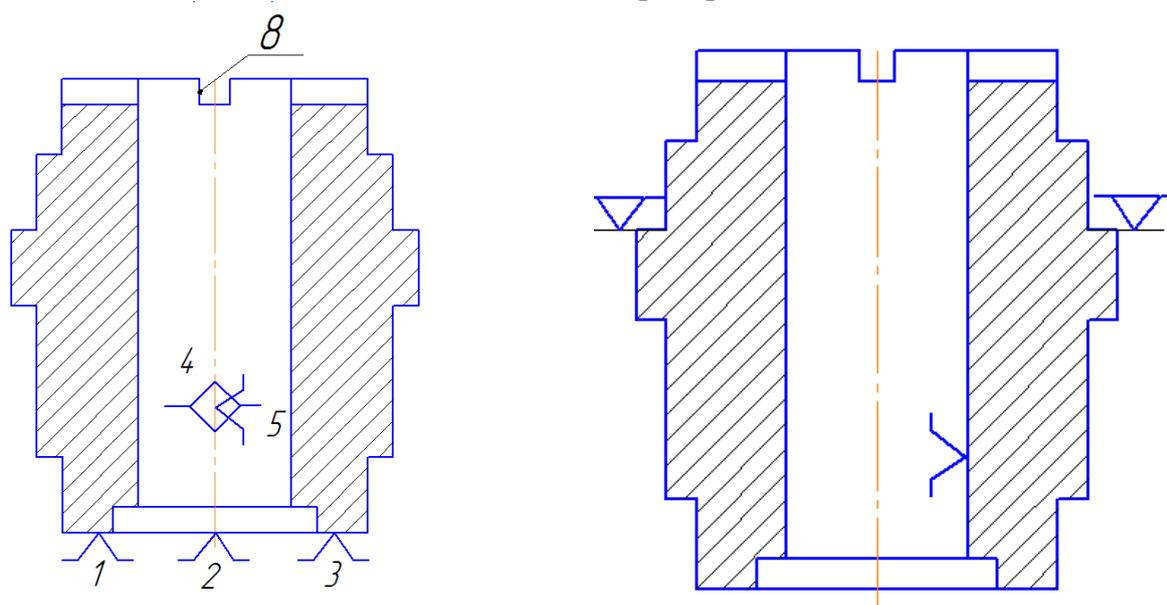
005 Токарная операция



010 Токарная



015 Фрезерная



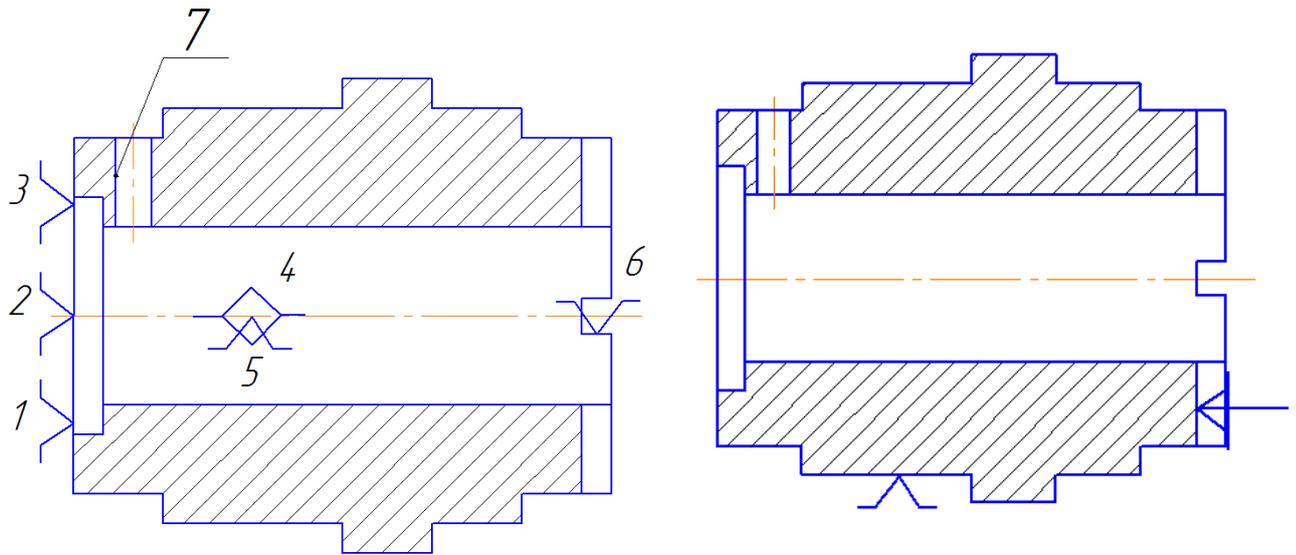
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

0.010.00.00 ПЗ

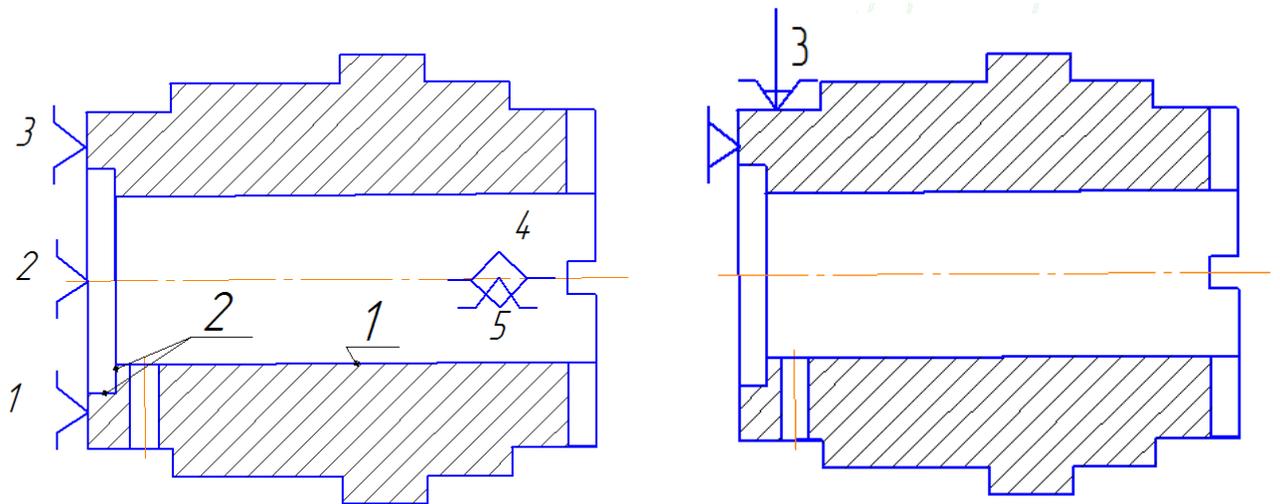
Лист

35

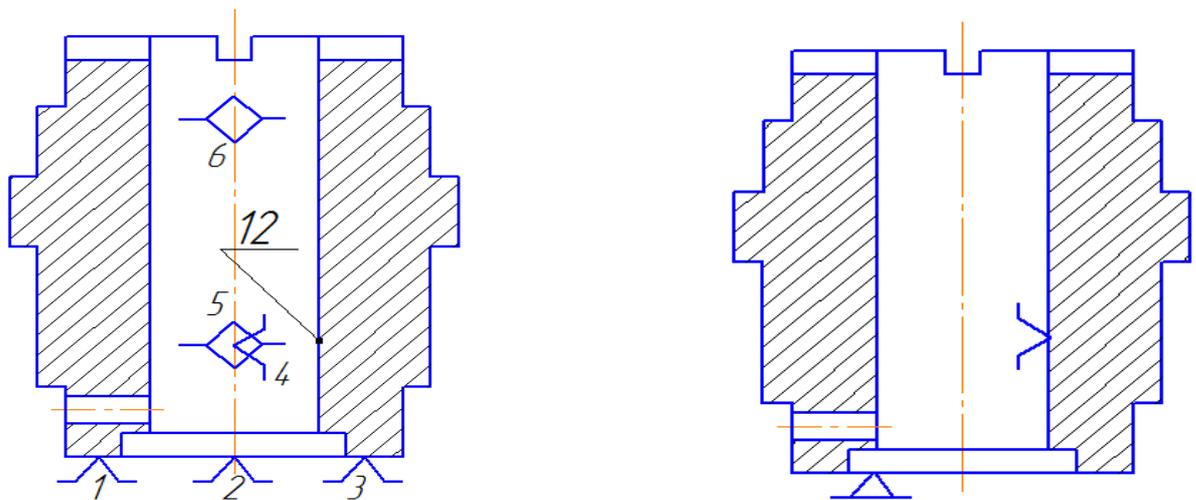
020 Сверлильная



025 Внутришлифовальная



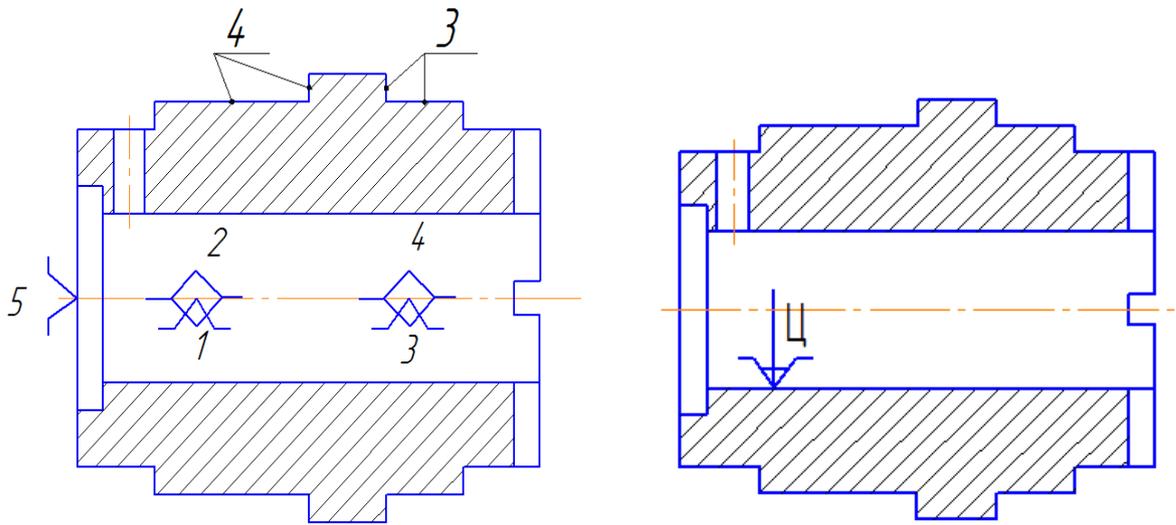
035 Хонинговальная



Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

0.010.00.00 ПЗ

030 Круглошлифовальная



Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

0.010.00.00 ПЗ

Лист

37

1.6 Расчет диаметральных размеров.

Расчёт припусков на наружный диаметр $\varnothing 186_{-0,029} h8$ (поверхность 4).

Заготовка крепится в трёхкулачковом патроне.

Технологические переходы обработки поверхности $\varnothing 186_{-0,029} h8$	Элементы припуска, мкм				$2z_{\min}$, мкм	d_p , мм	Допуск δ , мкм	Предельные размеры, мм		Предельные припуски, мкм	
	Rz	T	ρ	ε				d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}^{np}$	$2z_{\max}^{np}$
Заготовка	200	300	1400			192,47	2900	192,5	195,37		
Черновое точение	50	50	700	100	$2 \cdot 1900$	188,67	1150	188,7	189,82	3800	5500
Чистовое точение	30	30	425	0	$2 \cdot 800$	187,07	185	187,07	187,56	1630	2565
Предварительное шлифование	10	20	52	5	$2 \cdot 480$	186,11	45	186,11	186,16	960	1100
Окончательное шлифование	5	15		0	$2 \cdot 82$	185,928	29	185,93	185,96	180	200

Значение пространственных отклонений для заготовки из поковки

$$\rho_{кор} = \Delta_k \cdot l = 1 \frac{мкм}{мм} \cdot 200 мм = 0,2 мкм$$

$$\Delta_k = 1 мкм.$$

$$\Delta_{см} = 1,6 мкм$$

$$\rho_{см\ черн.точ.} = 0,06 \cdot 1,6 = 0,096 мкм$$

$$\rho_{см\ получист.точ.} = 0,05 \cdot 1,6 = 0,080 мкм$$

$$\rho_{см\ предв.шлиф.} = 0,04 \cdot 1,6 = 0,064 мкм$$

$$\rho_{см\ черн.точ.} = 0,02 \cdot 1,6 = 0,032 мкм$$

Рассчитываем остаточные пространственные отклонения для обработок:

$$\rho_3\ заг = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2} = \sqrt{1400^2 + 0,096^2} = 1400 мкм$$

$$\rho_3\ черн.точ. = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2} = \sqrt{700^2 + 0,08^2} = 700 мкм$$

$$\rho_3\ получист.точ. = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2} = \sqrt{420^2 + 0,064^2} = 425 мкм$$

$$\rho_3\ заг = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2} = \sqrt{42^2 + 0,032^2} = 52 мкм.$$

На основании записанных в таблице данных рассчитываем минимальные значения межоперационных припусков:

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

Черновое точение

$$2z_{\min} = 2 \cdot (200 + 300 + 1400) = 2 \cdot 1900 мкм,$$

Чистовое точение

$$2z_{\min} = 2 \cdot (50 + 50 + 700) = 2 \cdot 800 мкм,$$

Предварительное шлифование

$$2z_{\min} = 2 \cdot (30 + 30 + 420) = 2 \cdot 480 мкм,$$

Окончательное шлифование

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		38

$$2z_{\min} = 2 \cdot (10 + 20 + 52) = 2 \cdot 82.$$

Графа «Расчётный размер d_p » заполняется, начиная с конечного (чертёжного) размера путём последовательного прибавления расчётного минимального припуска каждого технологического перехода:

$$d_p = d_{p_{i-1}} + 2z_{\min i+1}$$

Окончательное шлифование

$$d_p = 185,928 \text{ мм},$$

Предварительное шлифование

$$d_p = 185,928 + 0,184 = 186,112 \text{ мм},$$

Чистовое точение

$$d_p = 186,112 + 0,960 = 187,072 \text{ мм},$$

Черновое точение

$$d_p = 187,072 + 1600 = 188,672 \text{ мм},$$

Заготовка

$$d_p = 188,672 + 3800 = 192,472 \text{ мм}.$$

Значение допусков каждого перехода принимаем по таблицам в соответствии с качеством того или иного вида обработки.

Определяем предельные размеры:

$$d_{\max i} = d_{\min i} + \delta_i; \quad (d_{\min i} = d_{p_i})$$

$$d_{\max \text{ заг.}} = 192,472 + 2,900 = 195,372 \text{ мм};$$

$$d_{\max 1} = 188,672 + 1,150 = 186,822 \text{ мм};$$

$$d_{\max 2} = 187,072 + 0,185 = 187,257 \text{ мм};$$

$$d_{\max 3} = 186,112 + 0,045 = 186,157 \text{ мм};$$

$$d_{\max 4} = 185,928 + 0,029 = 185,957 \text{ мм}.$$

Определяем предельные значения припуска:

$$2z_{\max i}^{np} = d_{\max i-1} - d_{\max i};$$

$$2z_{\min i}^{np} = d_{\min i-1} - d_{\min i}$$

Черновое точение

$$2z_{\max i}^{np} = 195,372 - 189,822 = 5,5 \text{ мм};$$

$$2z_{\min i}^{np} = 192,5 - 188,7 = 3,8 \text{ мм};$$

Чистовое точение

$$2z_{\max i}^{np} = 189,822 - 187,257 = 2,565 \text{ мм};$$

$$2z_{\min i}^{np} = 188,7 - 187,07 = 1,63 \text{ мм};$$

Предварительное шлифование

$$2z_{\max i}^{np} = 187,257 - 186,157 = 1,1 \text{ мм};$$

$$2z_{\min i}^{np} = 187,07 - 186,11 = 0,96 \text{ мм};$$

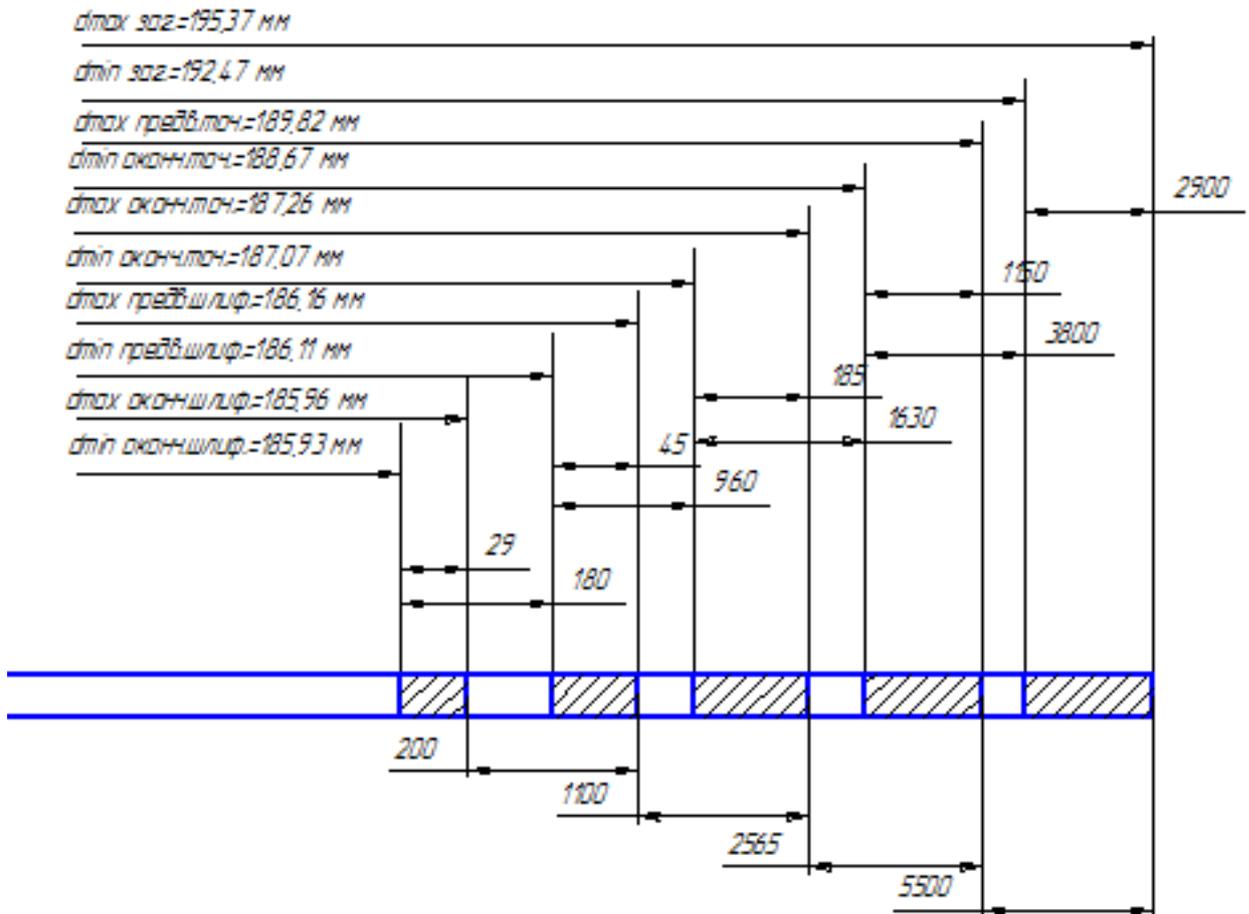
Окончательное шлифование

$$2z_{\max i}^{np} = 186,157 - 185,957 = 0,2 \text{ мм};$$

$$2z_{\min i}^{np} = 186,11 - 185,93 = 0,18 \text{ мм}.$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		39

**Построим схему графического расположения припусков и допусков на
обработку поверхности $\varnothing 186_{-0,029}^{h8}$**



Расчёт припусков на внутренний диаметр $\varnothing 100^{+0,022} H6$ (поверхность 1).
Заготовка крепится в трёхкулачковом патроне.

Технологические переходы обработки поверхности $\varnothing 100^{+0,022} H6$	Элементы припуска, мкм				$2z_{min}$, мкм	d_p , мм	Допуск δ , мкм	Предельные размеры, мм		Предельные припуски, мкм	
	Rz	T	ρ	ε				d_{min}	d_{max}	$2z_{min}^{np}$	$2z_{max}^{np}$
Заготовка	300	200	3220			98,334	2200	98,334	96,134		
Черновое точение	50	50	193	100	$2 \cdot 317$	98,968	870	98,968	98,098	634	1964
Получистовое точение	20	25	161	0	$2 \cdot 206$	99,38	350	99,38	99,03	412	932
Черновое шлифование	10	20	129	5	$2 \cdot 132$	99,644	140	99,644	99,504	264	474
Чистовое шлифование	5	15	97	0	$2 \cdot 117$	99,878	54	99,878	99,824	234	320
Хонингование	2,5	5	64	0	$2 \cdot 72$	100,022	22	$100,022$ 2	100,00	144	176

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

0.010.00.00 ПЗ

Лист

40

Значение пространственных отклонений для заготовки из поковки

$$\rho_{\text{заг.}} = 3220 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{черн.точ.}} = 0,06 \cdot 3,220 = 0,193 \text{ мм}$$

$$\rho_{\text{получист.точ.}} = 0,05 \cdot 3,220 = 0,161 \text{ мм}$$

$$\rho_{\text{предв.шлиф.}} = 0,04 \cdot 3,220 = 0,129 \text{ мм}$$

$$\rho_{\text{черн.точ.}} = 0,03 \cdot 3,220 = 0,097 \text{ мм}$$

$$\rho_{\text{хонинг.}} = 0,02 \cdot 3,220 = 0,064 \text{ мм}$$

Значение пространственных отклонений для заготовки из поковки

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{экс}}^2} = 3,22 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{см}} = 2,8 \text{ мкм} \quad \rho_{\text{экс}} = 2,8 \text{ мкм}$$

На основании записанных в таблице данных рассчитываем минимальные значения межоперационных припусков:

$$2z_{\text{min}} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}),$$

Черновое точение

$$2z_{\text{min}} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{193^2 + 100^2}) = 2 \cdot 317$$

Получистовое точение

$$2z_{\text{min}} = 2 \cdot (20 + 25 + \sqrt{161^2}) = 2 \cdot 206$$

Черновое шлифование

$$2z_{\text{min}} = 2 \cdot (10 + 20 + \sqrt{129^2 + 5^2}) = 2 \cdot 132.$$

Чистовое шлифование

$$2z_{\text{min}} = 2 \cdot (5 + 15 + \sqrt{97^2}) = 2 \cdot 117$$

Хонингование

$$2z_{\text{min}} = 2 \cdot (2,5 + 5 + \sqrt{64^2}) = 2 \cdot 72$$

Графа «Расчётный размер d_p » заполняется, начиная с конечного (чертёжного) размера путём последовательного прибавления расчётного минимального припуска каждого технологического перехода:

Хонингование $d_p = 100,022 \text{ мм}$

$$d_p = d_{pi-1} + 2z_{\text{mini}+1}$$

Чистовое шлифование

$$d_p = 100,022 - 2 \cdot 72 = 99,878 \text{ мм},$$

Черновое шлифование

$$d_p = 99,878 - 2 \cdot 117 = 99,644 \text{ мм},$$

Получистовое точение

$$d_p = 99,644 - 2 \cdot 132 = 99,38 \text{ мм}.$$

Черновое точение

$$d_p = 99,38 - 2 \cdot 206 = 98,968 \text{ мм}$$

Заготовка

$$d_p = 98,968 - 2 \cdot 317 = 98,334 \text{ мм}$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		41

Значение допусков каждого перехода принимаем по таблицам в соответствии с качеством того или иного вида обработки.

Определяем предельные размеры:

$$d_{\max i} = d_{\min i} + \delta_i; \quad (d_{\min i} = d_{pi})$$

$$d_{\max \text{ заг.}} = 98,334 - 2200 = 96,134 \text{ мм};$$

$$d_{\max 1} = 98,968 - 870 = 98,098 \text{ мм};$$

$$d_{\max 2} = 99,38 - 350 = 99,03 \text{ мм};$$

$$d_{\max 3} = 99,644 - 140 = 99,504 \text{ мм};$$

$$d_{\max 4} = 99,878 - 54 = 99,824 \text{ мм};$$

$$d_{\max 5} = 100,022 - 22 = 100,00 \text{ мм};$$

Определяем предельные значения припуска:

$$2z_{\max i}^{np} = d_{\max i-1} - d_{\max i};$$

$$2z_{\min i}^{np} = d_{\min i-1} - d_{\min i}$$

Черновое точение

$$2z_{\max i}^{np} = 98,098 - 96,134 = 1964 \text{ мкм};$$

$$2z_{\min i}^{np} = 98,968 - 98,344 = 634 \text{ мкм};$$

Получистовое точение

$$2z_{\max i}^{np} = 99,03 - 98,098 = 932 \text{ мкм};$$

$$2z_{\min i}^{np} = 99,38 - 98,968 = 412 \text{ мкм};$$

Черновое шлифование

$$2z_{\max i}^{np} = 99,504 - 99,03 = 474 \text{ мкм};$$

$$2z_{\min i}^{np} = 99,644 - 99,38 = 264 \text{ мкм};$$

Чистовое шлифование

$$2z_{\max i}^{np} = 99,824 - 99,504 = 320 \text{ мкм};$$

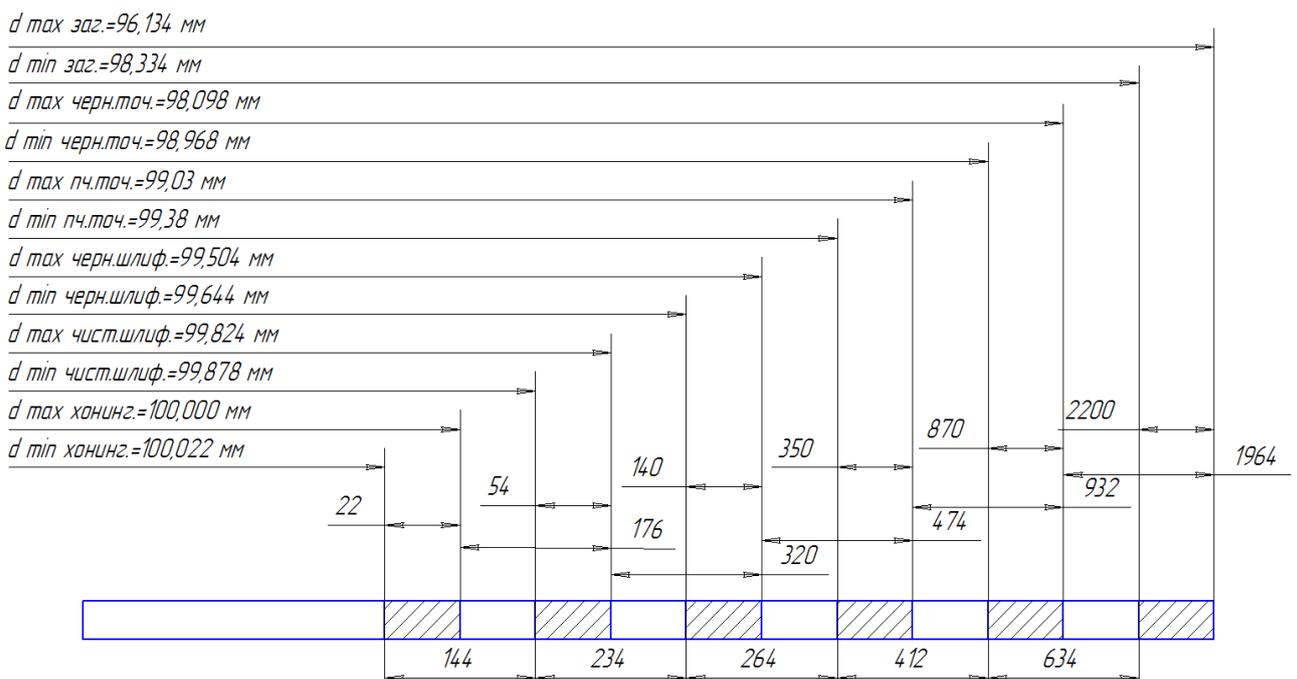
$$2z_{\min i}^{np} = 99,878 - 99,644 = 234 \text{ мкм};$$

Хонингование

$$2z_{\max i}^{np} = 100,00 - 99,824 = 176 \text{ мкм};$$

$$2z_{\min i}^{np} = 100,022 - 99,878 = 134 \text{ мкм};$$

Схема графического расположения допусков для поверхности 100Н6:



1.7. Расчет суммарной погрешности обработки на одну поверхность

Расчёт суммарной погрешности обработки диаметра Ø186h8мм.

1. Определим величину погрешности Δu вызванную размерным износом реза [2, с.73]:

$$\Delta u = \frac{L}{1000} \cdot u_0,$$

где L – длина пути резания при точении N партии заготовок:

$$L_d = \frac{\pi \cdot D \cdot l_d \cdot N}{1000 \cdot S} = \frac{3,14 \cdot 186 \cdot 60 \cdot 800}{1000 \cdot 0,15} = 186982,8 \text{ м};$$

где $u_0 = 6 \text{ мкм/км}$ – интенсивность изнашивания реза с пластиной твердого сплава Т15К6 [2, с.74].

$$L = L_N = L_d N = 186982 \cdot 800 = 149585600 \text{ м}.$$

Для соблюдения условия $T_d > \Delta_\Sigma$ мы используем подналадку.

$$\Delta u = \frac{149585600}{1000} \cdot 6 = 0,89 \text{ мкм/км}.$$

2. Определим колебание отжатий системы Δy вследствие изменения силы P_y из-за непостоянных глубины резания и податливости системы при обработке:

$$\Delta y = y_{\max} - y_{\min} = W_{\max} \cdot P_{y \max} - W_{\min} \cdot P_{y \min},$$

где W_{\max} и W_{\min} – наибольшая и наименьшая податливость системы;

$P_{y \max}$ и $P_{y \min}$ – наибольшая и наименьшая значение составляющей силы резания, совпадающей с направлением выдерживаемого размера.

Деталь установлена на разжимную оправку $\Rightarrow W_{\min}$ будет при расположении реза в конце обработки (т.е. у передней бабки). Тогда $W_{\min} = \frac{30}{0,98} = 30,61 \text{ мкм/кН}$ (для

токарного станка смещение резцедержателя и оправки установленной в шпиндель передней бабки под нагрузкой 0,98 кН составляет 30 мкм) [2, с.29].

Максимальная податливость системы имеет при расположении реза в начале вала

$$W_{\max} = W_{\text{ст max}} + W_{\text{заг. max}},$$

где $W_{\text{заг. max}}$ – максимальная податливость заготовки.

$$W_{\text{ст max}} = \frac{30 + 40}{0,98 * 2} = 35,7 \text{ мкм/кН} - \text{наибольшая податливость станка.}$$

Вал в центрах можно представить как балку на 2-х опорах, нагруженную сосредоточенной силой, а наибольший прогиб в середине вала, тогда:

$$W_{\text{заг. max}} = \frac{2}{d_{np}} \cdot \left(\frac{l_d}{d_{np} - d_{np}^I} \right)^3 = \frac{2}{186} \cdot \left(\frac{180}{186} \right)^3 = 0,78 \text{ мкм/кН},$$

d_{np} - приведённый диаметр вала равен диаметру вала для гладких валов.

Тогда величина наибольшей податливости технологической системы:

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		43

$$W_{\max} = 30,61 + 0,78 + 35,7 = 67,06 \text{ мкм/кН}.$$

На предыдущей операции (получистовое точение) заготовка обработана с допуском IT12 \Rightarrow возможно колебание припуска на величину IT10/2, что для $\varnothing 186 \text{ мм}$ составит $\frac{0,78}{2} = 0,39 \text{ мм}$, а колебание глубины резания

$$t_{\min} = 0,5 \text{ мм}, t_{\max} = 0,5 + 0,39 = 0,89 \text{ мм}.$$

огда наибольшее и наименьшее значение составляющей силы резания будут:

$$P_{y \min} = 10 \cdot C_p \cdot t_{\min}^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

$$P_{y \max} = 10 \cdot C_p \cdot t_{\max}^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

$$C_p = 243; x = 0,9; y = 0,6; n = -0,3; \vartheta = 150 \text{ м/мин}; S = 0,15 \text{ мм/об};$$

$$K_p = K_m \cdot K_\varphi \cdot K_\lambda \cdot K_\gamma \cdot K_r = (750/750)^{0,75} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1.$$

$$P_{y \min} = 10 \cdot 243 \cdot 0,5^{0,9} \cdot 0,15^{0,6} \cdot 150^{-0,3} \cdot 1 = 39,691 \text{ Н} = 0,054 \text{ кН};$$

$$P_{y \max} = 10 \cdot 243 \cdot 0,875^{0,9} \cdot 0,15^{0,6} \cdot 150^{-0,3} \cdot 1 = 97,195 \text{ Н} = 0,117 \text{ кН}.$$

Изменение обрабатываемого размера в следствии упругих деформаций системы:

$$\Delta y = 67,06 \cdot 0,117 - 30,61 \cdot 0,054 = 5,353 \text{ мкм}.$$

3. Погрешность, вызванная геометрическими неточностями станка:

$$\Sigma \Delta_{ст} = \frac{C \cdot l}{L}, [2, \text{ с. 53-55}]$$

где $C = 20 \text{ мкм}$ – допустимое отклонение от параллельности оси шпинделя направляющим станины в плоскости выдерживаемого размера на длине $L = 300 \text{ мм}$; $l = 60 \text{ мм}$ – длина обрабатываемой поверхности.

Следовательно:

$$\Sigma \Delta_{ст} = \frac{20 \cdot 60}{300} = 4 \text{ мкм}.$$

4. Температурные деформации технологической системы, приняв их равными 15% от суммы остальных погрешностей:

$$\Sigma \Delta_t = 0,15 \cdot (0,89 + 5,353 + 4) = 1,5 \text{ мкм}.$$

Суммарная погрешность обработки:

$$\Delta_\Sigma = 2 \cdot \sqrt{\Delta y^2 + (1,73 \cdot \Delta u)^2 + (1,73 \cdot \Sigma \Delta_{ст})^2 + (1,73 \cdot \Sigma \Delta_t)^2},$$

$$\Delta_\Sigma = 2 \cdot \sqrt{5,353^2 + (1,73 \cdot 0,89)^2 + (1,73 \cdot 4)^2} = 104,75 \text{ мкм} < T_d = 72 \text{ мкм}.$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		44

1.7 Выбор моделей станков

Выберем модели станков по [3] (см. приложение Б).

Токарные, операции выполняем на токарно-винторезном станке модели 16К20Ф3.

Сверлильную операцию выполняем на сверлильном станке 2Р135Ф2-1.

Фрезерную операцию выполняем на фрезерном станке 6Б443ГФ3.

Шлифовальные операции выполняем на круглошлифовальном станке модели 3Б161

Внутришлифовальную операцию выполняем на внутришлифовальном станке 3К228А.

Хонинговальную операцию выполняем на хонинговальном станке 3М83.

Выбор режущего инструмента

Назначим режущий инструмент по [3].

Черновое точение

Резец проходной с $\varphi = 60^\circ$, с трехгранной пластиной из твёрдого сплава Т15К6 (ТУ 2-035-892-82). Режущие пластины по ГОСТ 19046-80.

Обозначение резца: РТТNR2020К10; $h \times b = 20 \times 20$; $L = 125$ мм;

Получистовое точение

Резец проходной с $\varphi = 60^\circ$, с трехгранной пластиной из твёрдого сплава Т15К6 (ТУ 2-035-892-82). Режущие пластины по ГОСТ 19046-80.

Обозначение резца: РТТNR2020К10; $h \times b = 20 \times 20$; $L = 125$ мм;

Черновое точение

Резец проходной подрезной с трехгранной пластиной ($\epsilon = 80^\circ$) из твёрдого сплава Т15К6 с $\varphi = 90^\circ$ (ТУ 2-035-892-82). Режущие пластины по ГОСТ 19048-80.

Обозначение резца: MWLNL2020К08; $h \times b = 20 \times 20$; $L = 125$ мм;

Получистовое точение

Резец проходной подрезной с трехгранной пластиной ($\epsilon = 80^\circ$) из твёрдого сплава Т15К6 с $\varphi = 90^\circ$ (ТУ 2-035-892-82). Режущие пластины по ГОСТ 19048-80.

Обозначение резца: MWLNL2020К08; $h \times b = 20 \times 20$; $L = 125$ мм;

Черновое точение

Резец расточной с $\varphi = 90^\circ$, с трехгранной пластиной из твёрдого сплава Т15К6 (ТУ 2-035-1040-86). Режущие пластины по ТУ 19-4206-96-83.

Обозначение резца: К.01.4982.000-06; $d = 20$; $L = 125$ мм;

Получистовое точение

Резец расточной с $\varphi = 90^\circ$, с трехгранной пластиной из твёрдого сплава Т15К6 (ТУ 2-035-1040-86). Режущие пластины по ТУ 19-4206-96-83.

Обозначение резца: К.01.4982.000-06; $d = 20$; $L = 125$ мм.

Сверло $\varnothing 10$ спиральное с коническим хвостовиком (по ОСТ 2420-2-80) с $2\varphi = 118$ и $\varphi = 55^\circ$. Р6М5.

Обозначение: 035-2301-1017.

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		45

Фреза 2240-0408 P6M5 ГОСТ 3755-78 [3].

Абразивные круги [11]:

Для внутреннего шлифования:

черновой 1 80x20x20 25А F40 М 6 V 35 м/с Б 3 кл. (ГОСТ 52587-2006);

чистовой 1 80x20x20 25А F40 М 6 V 35 м/с Б 3 кл. (ГОСТ 52587-2006);

Для круглого шлифования:

черновой 1 400x40x32 25А F40 К 6 V 35 м/с Б 3 кл. (ГОСТ 52587-2006);

чистовой 400x40x32 25А F40 К 6 V 35 м/с Б 3 кл. (ГОСТ 52587-2006);

Бруски хонинговальные 100x24x12x6x100 63С F400 К 8 V(ГОСТ 52587-2006);

1.8. Расчёт режимов резания

8.1 Расчет режимов резания на обработку пов. № 11 Ø 200 мм по [3]:

Скорость резания при точении, м/мин, рассчитывают по эмпирической формуле, которая имеет общий вид:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot k_v, \quad (3.1)$$

где T - стойкость инструмента, мин;

S -подача, мм/об;

t -глубина резания, мм;

K_v - коэффициент, учитывающий фактические условия резания.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{uv}, \quad (3.2)$$

где K_{mv} - коэффициент, учитывающий качество обработанного материала;

K_{pv} - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

K_{uv} - коэффициент, отражающий качество материала инструмента;

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v}, \quad (3.3)$$

где n_v - показатель степени;

HB- фактический параметр, характеризующий обрабатываемый материал.

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}, \quad (3.4)$$

где v- скорость резания, м/мин;

D- диаметр обрабатываемой поверхности, мм.

Силу резания при точении, Н, рассчитывают по эмпирической формуле, которая имеет общий вид:

$$P_{z,x,y} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot k_p, \quad (3.5)$$

где C_p - поправочный коэффициент;

x, y, n - показатели степени;

$$k_p = k_{mp} \cdot k_{fp} \cdot k_{yp} \cdot k_{lp}, \quad (3.6)$$

где k_p - поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия резания;

k_{mp} - коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		46

материала;

$k_{\phi p}$, $k_{y p}$, $k_{\lambda p}$ - коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента.

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (3.7)$$

Мощность резания, кВт, рассчитывают по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}, \quad (3.8)$$

где P_z - тангенциальная сила, Н;

v - скорость резания, м/мин.

Черновая токарная:

Инструмент: резец проходной с трехгранной пластиной из твердого сплава Т15К6 с $\phi = 90^\circ$ ТУ 2-035-892-82 РТGNR2020K16.

1) Глубина резания равна: $t = 2$ мм; [10]

2) Подача: $s = 1$ мм/об; [3]

3) Определим скорость резания при точении по формуле (3.1)

$T = 40$ мин; $C_v = 340$; $x = 0,15$; $y = 0,45$; $m = 0,2$ [3].

Определим коэффициент, учитывающий качество обработанного материала, по формуле (3.3):

$n_v = 1$; $\sigma_s = 420$, [3]

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1,78,$$

$K_{пв} = 0,9$; $K_{ив} = 1$. [3]

Вычислим коэффициент, учитывающий фактические условия резания по формуле (3.2):

$K_v = 1,78 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,6$,

$$v = \frac{340}{40^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 1^{0,45}} \cdot 1,6 = 236,5 \text{ м/мин}.$$

4) Рассчитаем частоту вращения по формуле (3.4):

$$n = \frac{1000 \cdot 236,5}{3,14 \cdot 200} = 375 \text{ мин}^{-1}.$$

5) Определим силу резания [3]:

Постоянная C_p и показатели степеней x, y, n для расчётных условий обработки для каждой из составляющих силы резания в таблицу 3.1.

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		47

Таблица 8.1 - Значение коэффициента C_p и показатели степени в формулах силы резания

Обрабатываемый материал	Материал рабочей части резца	Вид обработки	Коэффициент и показатели степеней в формулах для составляющих											
			тангенциальной P_z				радиальной P_y				осевой P_x			
			C_p	x	y	n	C_p	x	y	n	C_p	x	y	n
Сталь 15	Твёрдый сплав	Наружное продольное точение	300	0,9	0,6	0,15	243	0,9	0,6	0,3	339	1,0	0,5	0,4

Определим коэффициент, учитывающий качество обработанного материала, по формуле (3.7):

$$n = 0,75; \sigma_s = 420, [3]$$

$$K_{MP} = K_r \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{n_r} = 0,647,$$

$k_{\varphi P}, k_{\gamma P}, k_{\lambda P}$ – поправочные коэффициенты занесены в таблицу 3.2.

Таблица 8.2 - Поправочные коэффициенты

Параметры		Материал режущей части инструмента	Поправочные коэффициенты			
Наименование	Величина		Обозначение	Величина коэффициента для составляющих		
				P_z	P_y	P_x
Главный угол в плане φ°	90°	Твёрдый сплав	$k_{\varphi P}$	0,89	0,5	1,17
Передний угол γ°	0°		$k_{\gamma P}$	1,1	1,4	1,4
Угол наклона главного лезвия λ°	0°		$k_{\lambda P}$	1	1	1

Рассчитаем поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия резания по формуле (3.6):

для P_z

$$k_p = 0,647 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 = 0,63,$$

для P_y

$$k_p = 0,647 \cdot 0,5 \cdot 1,4 \cdot 1 = 0,45,$$

для P_x

$$k_p = 0,647 \cdot 1,17 \cdot 1,4 \cdot 1 = 1,06.$$

Определим значения составляющих сил резания по формуле (3.5):

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2^{1,0} \cdot 1^{0,75} \cdot 236,5^{0,15} \cdot 0,63 = 9942,6 \text{ кН},$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 2^{0,9} \cdot 1^{0,6} \cdot 236,5^{0,3} \cdot 0,45 = 12229,9 \text{ кН},$$

$$P_x = 10 \cdot 46 \cdot 2^{1,0} \cdot 1,2^{0,4} \cdot 236,5^{0,4} \cdot 1,06 = 45256,2 \text{ кН}.$$

б) Рассчитаем мощность резания по формуле (3.8):

$$N = \frac{2,942 \cdot 236,5}{1020 \cdot 60} = 0,0384 \text{ кВт}.$$

8.2 Расчет режимов резания на обработку поверхность №7 Ø 10 мм по [3]:

Сверление

Глубина резания при сверлении определяется по формуле:

$$t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ мм}, \quad (3.9)$$

где D - диаметр получаемого отверстия, мм.

Скорость резания при сверлении, м/мин:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (3.10)$$

где D - диаметр сверла, мм;

C_v - поправочный коэффициент на скорость;

T - период стойкости, мин;

q , m и y - показатели степени.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv}, \quad (3.11)$$

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v},$$

где K_{mv} - коэффициент на обрабатываемый материал;

K_{iv} - коэффициент на инструментальный материал ;

K_{lv} - коэффициент, учитывающий глубину отверстия.

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

$$n = \frac{1000 \cdot v}{3,14 \cdot d}, \quad (3.12)$$

Крутящий момент определяется по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot k_p, \quad (3.13)$$

где C_M - поправочный коэффициент;

K_p - коэффициент, учитывающий фактические условия обработки.

$$K_p = K_{Mp},$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		49

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

K_{MP} - поправочный коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости.

Осевая сила рассчитывается по формуле:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot k_p, \quad (3.14)$$

где C_p - поправочный коэффициент;

K_p - коэффициент, учитывающий фактические условия обработки.

Мощность резания можно определить по формуле:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \quad (3.15)$$

Сверление $\varnothing 10$ мм:

Инструмент: сверло спиральное $\varnothing 10$ мм с коническим хвостовиком (по ОСТ 2420-2-80) с $2\varphi = 118^\circ$ и $\psi = 55^\circ$. Р6М5.

1) Глубину резания при сверлении определяем по формуле (3.9) :

$$t = 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ мм};$$

2) Подача: $s = 0,2$ мм/об; [3]

3) Определим скорость резания при сверлении по формуле (3.10):

$$T = 25 \text{ мин}; C_v = 9,8; y = 0,5; m = 0,2; q = 0,4. [3]$$

Определим коэффициент, учитывающий качество обработанного материала, по формуле (3.3):

$$n_v = 1,3; \text{HB} = 190 [3].$$

$$K_{MP} = K_r \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{420}{750} \right)^{0,9} = 1,68,$$

$$K_{HV} = 1, [3]$$

$$K_{IV} = 0,75, [3]$$

$$K_v = 1,68 \cdot 1 \cdot 0,75 = 1,26,$$

$$v = \frac{9,8 \cdot 10^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,2^{0,5}} \cdot 1,26 = 34,5 \text{ м/мин}.$$

4) Рассчитаем частоту вращения по формуле (3.12):

$$n = \frac{1000 \cdot 34,5}{3,14 \cdot 10} = 1098,7 \text{ мин}^{-1}.$$

5) Рассчитаем крутящий момент по формуле (3.13):

$$C_M = 0,0345, q = 2, y = 0,8.$$

Определим коэффициент, учитывающий качество обработанного материала, по формуле (3.7):

$$n = 0,75, [3]$$

$$, K_{MP} = K_p,$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 10^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 64 = 6,093 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

6) Определим осевую силу по формуле (3.14):

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		50

$$C_p = 68, q = 1, y = 0,7.$$

Определим коэффициент, учитывающий качество обработанного материала, по формуле (3.7):

$$n = 0,6; HB = 190, [3]$$

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = 0,64, K_{MP} = K_p,$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 10^1 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 0,64 = 1410,62 \text{ Н}.$$

7) Рассчитаем мощность резания по формуле (3.15):

$$N = \frac{6,093 \cdot 1098,7}{9750} = 0,69 \text{ кВт}.$$

8.3 Расчет режимов резания на обработку поверхности №1 Ø 100 мм

Внутреннее шлифование с продольной подачей

Черновое шлифование:

Инструмент: шлифовальный круг 1 80x20x20 25А F40 М 6 V 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83.

Определим основные параметры резания при шлифовании: [4]

Глубина шлифования $t = 0,06 \text{ мм}$; [10]

Скорость вращения шлифовального круга $v_k = 35 \text{ м/с}$;

Частота вращения шлифовального круга:

$$n_k = \frac{1000 \cdot v_k}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3,14 \cdot 80} = 8360 \text{ об / мин}.$$

Припуск на шлифование $z = 0,6 \text{ мм}$;

Окружная скорость заготовки:

$$V_{заг} = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_3}{1000}; \text{ где } d_3 - \text{ диаметр обрабатываемой поверхности,}$$

n_3 - частота вращения заготовки; $d_3 = 200 \text{ мм}$, $n_3 = 30 \text{ мин}^{-1}$;

$$V_{заг} = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 30}{1000} = 18,84 \text{ м / мин};$$

$$S_n = k_1^* \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4^* \cdot k_5 \cdot S_n^* - \text{ поперечная подача,}$$

где k_1^* - поправочный коэффициент в зависимости от группы обрабатываемого материала и качества,

k_2 - поправочный коэффициент в зависимости от скорости и наружного диаметра шлифовального круга,

k_3 - поправочный коэффициент в зависимости от степени твердости круга,

k_4^* - поправочный коэффициент в зависимости от отношения длины заготовки к диаметру заготовки,

k_5 - поправочный коэффициент в зависимости от припуска на диаметр 2П,

S_n^* - табличная поперечная подача.

$$V_{сnp} = k_6 \cdot k_7 \cdot V_{сnp}^* - \text{ скорость движения продольной подачи;}$$

где k_6 - поправочный коэффициент в зависимости от шероховатости поверхности,

k_7 - поправочный коэффициент в зависимости от формы поверхности,

$V_{сnp}^*$ - табличная скорость продольной подачи;

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		51

Выберем параметры по: [4]

$$S_n^* = 0,005 \text{ мм/дв.ход}, V_{Snp}^* = 3,06 \text{ м/мин};$$

$$S_n = 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,005 = 0,00625 \text{ мм/двход};$$

$$V_{Snp} = 1,3 \cdot 1,7 \cdot 3,06 = 6,763 \text{ м/мин};$$

Продольная подача:

$$S_{np} = \frac{V_{Snp}}{n_3} \cdot 1000,$$

$$S_{np} = \frac{6,673}{220} \cdot 1000 = 16,7 \text{ мм/об} \rightarrow 1,005 \text{ м/мин}.$$

Чистовое шлифование:

Инструмент: шлифовальный круг 1 80x20x20 25A F40 M 6 V 35 м/с А 1 кл.
(ГОСТ 2424-83).

Определим основные параметры резания при шлифовании: [4]

Глубина шлифования $t=0,02$ мм; [10]

Скорость вращения шлифовального круга $v_k=35$ м/с;

Частота вращения шлифовального круга:

$$n_k = \frac{1000 \cdot V_k}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3,14 \cdot 80} = 8360 \text{ об/мин}.$$

Припуск на шлифование $z = 0,2$ мм;

Окружная скорость заготовки:

$$V_{заг} = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_3}{1000};$$

где d_3 - диаметр обрабатываемой поверхности,

n_3 - частота вращения заготовки;

$$d_3 = 200 \text{ мм}, n_3 = 30 \text{ мин}^{-1};$$

$$V_{заг} = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 30}{1000} = 18,84 \text{ м/мин};$$

$S_n = k_1^* \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_5^* \cdot k_5 \cdot S_n^*$ – поперечная подача,

$V_{Snp} = k_6 \cdot k_7^* \cdot V_{Snp}^*$ – скорость движения продольной подачи;

Выберем параметры по: [4]

$$S_n^* = 0,005 \text{ мм/двход}, V_{Snp}^* = 3,06 \text{ м/мин};$$

$$S_n = 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,001 = 0,00875 \text{ мм/двход};$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		52

$$V_{\text{нр}} = 1,3 \cdot 1,7 \cdot 3,06 = 6,763 \text{ м/мин};$$

Хонингование:

Инструмент: Бруски хонинговальные 200x24x12x6x100 63С F180 К 8 V(ГОСТ 52587-2006);

Определим основные параметры резания при хонинговании: [4]

Глубина хонингования $t=0,005$ мм; [10]

Скорость хонингования $v_x=20$ м/мин;

Скорость возвратно-поступательного движения хонингования $v_{\text{вп}}=10$ м/мин;

Давление при хонинговании $P=0,5$ МПа

8.4 Расчет режимов резания на обработку поверхности №2 Ø 104 мм

Внутренне шлифование с продольной подачей

Черновое шлифование:

Инструмент: шлифовальный круг 1 80x20x20 25А F40 М 6 V 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83.

Определим основные параметры резания при шлифовании: [4]

Глубина шлифования $t=0,05$ мм; [10]

Скорость вращения шлифовального круга $v_k=35$ м/с;

Частота вращения шлифовального круга:

$$n_k = \frac{1000 \cdot V_k}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3,14 \cdot 80} = 8360 \text{ об / мин.}$$

Припуск на шлифование $z=0,2$ мм;

Окружная скорость заготовки:

$$V_{\text{заг}} = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_3}{1000};$$

где d_3 - диаметр обрабатываемой поверхности,

n_3 - частота вращения заготовки;

$$d_3 = 200 \text{ мм}, \quad n_3 = 30 \text{ мин}^{-1};$$

$$V_{\text{заг}} = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 30}{1000} = 18,84 \text{ м/мин};$$

$S_n = k_1^* \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4^* \cdot k_5 \cdot S_n^*$ – поперечная подача,

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		53

$V_{Snp} = k_6 \cdot k_7 \cdot V_{Snp}^*$ – скорость движения продольной подачи;

Выберем параметры по: [4]

$S_n^* = 0,009$ мм/двход, $V_{Snp}^* = 1,59$ м/мин;

$S_n = 1,56 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,009 = 0,01$ мм/двход;

$V_{Snp} = 1,3 \cdot 1 \cdot 1,80 = 2,34$ м/мин;

Продольная подача:

$$S_{np} = \frac{V_{Snp}}{n_3} \cdot 1000,$$

$$S_{np} = \frac{2,34}{100} \cdot 1000 = 23,4 \text{ мм/об} \rightarrow 1,404 \text{ м/мин.}$$

Чистовое шлифование:

Инструмент: шлифовальный круг 1 80x20x20 25A F40 M 6 V 35 м/с А 1 кл.
ГОСТ 2424-83.

Определим основные параметры резания при шлифовании: [4]

Глубина шлифования $t=0,01$ мм; [10]

Скорость вращения шлифовального круга $v_k=35$ м/с;

Частота вращения шлифовального круга:

$$n_k = \frac{1000 \cdot V_k}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3,14 \cdot 80} = 8360 \text{ об/мин.}$$

Припуск на шлифование $z = 0,2$ мм;

Окружная скорость заготовки:

$$V_{заг} = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_3}{1000};$$

где d_3 - диаметр обрабатываемой поверхности,

n_3 - частота вращения заготовки;

$d_3 = 200$ мм, $n_3 = 30$ мин⁻¹;

$$V_{заг} = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 30}{1000} = 8,84 \text{ м/мин};$$

$S_n = k_1^* \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_5^* \cdot k_5 \cdot S_n^*$ – поперечная подача,

$V_{Snp} = k_6 \cdot k_7 \cdot V_{Snp}^*$ – скорость движения продольной подачи;

Выберем параметры по: [4]

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		54

$$S_n^* = 0,001 \text{ мм/двход}, V_{Sn}^* = 3,06 \text{ м/мин};$$

$$S_n = 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,001 = 0,00875 \text{ мм/двход};$$

$$V_{Sn} = 1,3 \cdot 1,7 \cdot 3,06 = 6,763 \text{ м/мин};$$

8.5 Расчет режимов резания на обработку поверхности №3 Ø 186 мм Круглое наружное центровое шлифование с поперечной подачей

Черновое шлифование:

Инструмент: шлифовальный круг 1 400x40x32 25А F40 К 6 V 35 м/с А 1 кл.
ГОСТ 2424-83.

Определим основные параметры резания при шлифовании: [4]

Глубина шлифования $t=0,05$ мм; [10]

Скорость вращения шлифовального круга $v_k=35$ м/с;

Частота вращения шлифовального круга:

$$n_k = \frac{1000 \cdot V_k}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3,14 \cdot 250} = 2675 \text{ об/мин.}$$

Припуск на шлифование $z = 0,3$ мм;

Окружная скорость заготовки:

$$V_{zag} = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_3}{1000};$$

где d_3 - диаметр обрабатываемой поверхности,

n_3 - частота вращения заготовки;

$$d_3 = 200 \text{ мм}, n_3 = 30 \text{ мин}^{-1};$$

$$V_{zag} = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 30}{1000} = 18,84 \text{ м/мин};$$

k_5 - поправочный коэффициент в зависимости от припуска на диаметр 2П,

S_n^* - табличная поперечная подача.

$$V_{Sn} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot V_{Sn}^* - \text{скорость движения поперечной подачи};$$

где k_1 - поправочный коэффициент в зависимости от группы обрабатываемого материала и качества,

k_2 - поправочный коэффициент в зависимости от скорости и наружного диаметра шлифовального круга,

k_3 - поправочный коэффициент в зависимости от степени твердости круга,

k_4 - поправочный коэффициент в зависимости от отношения длины заготовки к диаметру заготовки,

V_{Sn}^* - табличная скорость движения поперечной подачи;

Выберем параметры по: [4]

$$S_n^* = 0,006 \text{ мм/двход}, V_{Sn}^* = 1,54 \text{ м/мин};$$

$$S_n = 1,56 \cdot 0,72 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 0,006 = 0,0077 \text{ мм/двход};$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		55

$$V_{Sn} = 2,24 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,40 = 3,136 \text{ м/мин};$$

Чистовое шлифование:

Инструмент: шлифовальный круг 1 400x40x32 25А F40 К 6 V 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83.

Определим основные параметры резания при шлифовании: [4]

Глубина шлифования $t=0,01$ мм; [10]

Скорость вращения шлифовального круга $v_k=35$ м/с;

Частота вращения шлифовального круга:

$$n_k = \frac{1000 \cdot V_k}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3,14 \cdot 250} = 2675 \text{ об/мин.}$$

Припуск на шлифование $z = 0,1$ мм;

Окружная скорость заготовки:

$$V_{заг} = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_3}{1000};$$

где d_3 - диаметр обрабатываемой поверхности,

n_3 - частота вращения заготовки;

$$d_3 = 200 \text{ мм}, \quad n_3 = 30 \text{ мин}^{-1};$$

$$V_{заг} = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 30}{1000} = 18,84 \text{ м/мин};$$

k_5 – поправочный коэффициент в зависимости от припуска на диаметр 2П,

S_n^* – табличная поперечная подача.

$$V_{Sn} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot V_{Sn}^* - \text{скорость движения поперечной подачи};$$

Где k_1 – поправочный коэффициент в зависимости от группы обрабатываемого материала и качества,

k_2 – поправочный коэффициент в зависимости от скорости и наружного диаметра шлифовального круга,

k_3 – поправочный коэффициент в зависимости от степени твердости круга,

k_4 – поправочный коэффициент в зависимости от отношения длины заготовки к диаметру заготовки,

V_{Sn}^* – табличная скорость движения поперечной подачи;

Выберем параметры по: [4]

$$S_n^* = 0,006 \text{ мм/двход}, \quad V_{Sn}^* = 1,54 \text{ м/мин};$$

$$S_n = 1,56 \cdot 0,72 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 0,006 = 0,0077 \text{ мм/двход};$$

$$V_{Sn} = 2,24 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,40 = 3,136 \text{ м/мин};$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		56

8.6 Расчет режимов резания на обработку поверхности №4 Ø 186 мм

Круглое наружное центровое шлифование с продольной подачей

Черновое шлифование:

Инструмент: шлифовальный круг 1 400x40x32 25A F40 K 6 V 35 м/с А 1 кл.
ГОСТ 2424-83.

Определим основные параметры резания при шлифовании: [4]

Глубина шлифования $t=0,05$ мм; [10]

Скорость вращения шлифовального круга $v_k=35$ м/с;

Частота вращения шлифовального круга:

$$n_k = \frac{1000 \cdot V_k}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3,14 \cdot 250} = 2675 \text{ об / мин.}$$

Припуск на шлифование $z=0,3$ мм;

Окружная скорость заготовки:

$$V_{заг} = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_3}{1000};$$

где d_3 - диаметр обрабатываемой поверхности,

n_3 - частота вращения заготовки;

$$d_3 = 200 \text{ мм}, \quad n_3 = 30 \text{ мин}^{-1};$$

$$V_{заг} = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 30}{1000} = 18,81 \text{ м / мин};$$

$S_n = k_1^* \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4^* \cdot k_5 \cdot S_n^*$ – поперечная подача,

$V_{Snp} = k_6 \cdot k_7 \cdot V_{Snp}^*$ – скорость движения продольной подачи;

Выберем параметры по: [4]

$$S_n^* = 0,006 \text{ мм / двход}, \quad V_{Snp}^* = 1,54 \text{ м / мин};$$

$$S_n = 1,25 \cdot 0,72 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,006 = 0,0054 \text{ мм / двход};$$

$$V_{Snp} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,54 = 1,54 \text{ м / мин};$$

Продольная подача:

$$S_{np} = \frac{V_{Snp}}{n_3} \cdot 1000,$$

$$S_{np} = \frac{1,54}{100} \cdot 1000 = 15,4 \text{ мм / об} \rightarrow 0,93 \text{ м / мин.}$$

Чистовое шлифование:

Инструмент: шлифовальный круг 1 400x40x32 25A F40 K 6 V 35 м/с А 1 кл.
ГОСТ 2424-83.

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		57

Определим основные параметры резания при шлифовании: [4]

Глубина шлифования $t=0,01$ мм; [10]

Скорость вращения шлифовального круга $v_k=35$ м/с;

Частота вращения шлифовального круга:

$$n_k = \frac{1000 \cdot v_k}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3.14 \cdot 250} = 2675 \text{ об / мин.}$$

Припуск на шлифование $z = 0,1$ мм;

Окружная скорость заготовки:

$$V_{заг} = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_3}{1000};$$

где d_3 - диаметр обрабатываемой поверхности,

n_3 - частота вращения заготовки;

$$d_3 = 200 \text{ мм}, \quad n_3 = 30 \text{ мин}^{-1};$$

$$V_{заг} = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 30}{1000} = 18,84 \text{ м / мин};$$

$S_n = k_1^* \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4^* \cdot k_5 \cdot S_n^*$ – поперечная подача,

$V_{Snp} = k_6 \cdot k_7 \cdot V_{Snp}^*$ – скорость движения продольной подачи;

Выберем параметры по: [4]

$$S_n^* = 0,006 \text{ мм / двход}, \quad V_{Snp}^* = 1,54 \text{ м / мин};$$

$$S_n = 1,25 \cdot 0,72 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,006 = 0,0054 \text{ мм / двход};$$

$$V_{Snp} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,54 = 1,54 \text{ м / мин};$$

Продольная подача:

$$S_{np} = \frac{V_{Snp}}{n_3} \cdot 1000,$$

$$S_{np} = \frac{1,54}{100} \cdot 1000 = 15,4 \text{ мм / об} \rightarrow 0,93 \text{ м / мин.}$$

Поверхность 3

Черновая токарная

$t = 2 \text{ мм}$, $S_{OT} = 1,3 \text{ мм/об}$,

$S_o = S_{OT} \cdot k_{SH} \cdot k_{SD} \cdot k_{Sh} \cdot k_{SM} \cdot k_{Sy} \cdot k_{Sn} \cdot k_{S\phi} \cdot k_{Sj}$ – принятая подача;

где S_{OT} – табличная подача,

k_{SH} – поправочный коэффициент в зависимости от инструментального материала,

k_{SD} – поправочный коэффициент в зависимости от сечения державки резца,

k_{Sh} – поправочный коэффициент в зависимости от прочности режущей части,

k_{SM} – поправочный коэффициент в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала,

k_{Sy} – поправочный коэффициент в зависимости от схемы установки заготовки,

k_{Sn} – поправочный коэффициент в зависимости от состояния поверхности заготовки,

$k_{S\phi}$ – поправочный коэффициент в зависимости от геометрических параметров резца,

k_{Sj} – поправочный коэффициент в зависимости от жесткости станка.

$S_o = 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 0,95 \cdot 1,0 = 0,88 \text{ мм/об}$.

$V_T = 140 \text{ м/мин}$ – табличная скорость резания,

$K_v = K_{vH} \cdot k_{vC} \cdot k_{vO} \cdot k_{vJ} \cdot k_{vM} \cdot k_{v\phi} \cdot k_{vT} \cdot k_{vЖ}$ – общий поправочный коэффициент;

где

K_{vH} – поправочный коэффициент в зависимости от инструментального материала,

k_{vC} – поправочный коэффициент в зависимости от группы обрабатываемости материала,

k_{vO} – поправочный коэффициент в зависимости от вида обработки,

k_{vJ} – поправочный коэффициент в зависимости от жесткости станка,

k_{vM} – поправочный коэффициент в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала,

$k_{v\phi}$ – поправочный коэффициент в зависимости от геометрических параметров резца,

k_{vT} – поправочный коэффициент в зависимости от периода стойкости режущей части,

$k_{vЖ}$ – поправочный коэффициент в зависимости от наличия охлаждения.

$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 0,805$.

$V = V_T \cdot K_v$ – скорректированная скорость резания,

$V = 140 \cdot 0,805 = 112,7 \text{ м/мин}$.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 112,7}{3,14 \cdot 186} = 192 \text{ мин}^{-1}.$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		59

Получистовая токарная

$$t = 1,5 \text{ мм}, S_{OT} = 0,88 \text{ мм/об},$$

$$S_o = S_{OT} \cdot k_{SH} \cdot k_{SD} \cdot k_{Sh} \cdot k_{SM} \cdot k_{Sy} \cdot k_{Sn} \cdot k_{S\phi} \cdot k_{Sj},$$

$$S_o = 0,88 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 1,0 =$$

$$= 0,887 \text{ мм/об}.$$

$$V_T = 172 \text{ м/мин},$$

$$K_v = K_{vH} \cdot k_{vC} \cdot k_{vO} \cdot k_{vJ} \cdot k_{vM} \cdot k_{v\phi} \cdot k_{vT} \cdot k_{vЖ},$$

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 = 1,0,$$

$$V = V_T \cdot K_v,$$

$$V = 172 \cdot 1,0 = 172 \text{ м/мин}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 172}{3,14 \cdot 186} = 294 \text{ мин}^{-1}.$$

Поверхность 1

Черновое растачивание

$$t = 2 \text{ мм}, S_{OT} = 1 \text{ мм/об},$$

$$S_o = S_{OT} \cdot k_{SH} \cdot k_{SD} \cdot k_{Sh} \cdot k_{SM} \cdot k_{Sy} \cdot k_{Sn} \cdot k_{S\phi} \cdot k_{Sj},$$

$$S_o = 0,4 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 1,0 =$$

$$= 1,04 \text{ мм/об}.$$

$$V_T = 140 \text{ м/мин},$$

$$K_v = K_{vH} \cdot k_{vC} \cdot k_{vO} \cdot k_{vJ} \cdot k_{vM} \cdot k_{v\phi} \cdot k_{vT} \cdot k_{vЖ},$$

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 = 1,0,$$

$$V = V_T \cdot K_v,$$

$$V = 140 \cdot 1,0 = 140 \text{ м/мин}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 140}{3,14 \cdot 100} = 360 \text{ мин}^{-1}.$$

Получистовое растачивание

$$t = 1,5 \text{ мм}, S_{OT} = 0,4 \text{ мм/об},$$

$$S_o = S_{OT} \cdot k_{SH} \cdot k_{SD} \cdot k_{Sh} \cdot k_{SM} \cdot k_{Sy} \cdot k_{Sn} \cdot k_{S\phi} \cdot k_{Sj},$$

$$S_o = 0,4 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 1,0 =$$

$$= 0,3 \text{ мм/об}.$$

$$V_T = 210 \text{ м/мин},$$

$$K_v = K_{vH} \cdot k_{vC} \cdot k_{vO} \cdot k_{vJ} \cdot k_{vM} \cdot k_{v\phi} \cdot k_{vT} \cdot k_{vЖ},$$

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 = 1,0,$$

$$V = V_T \cdot K_v,$$

$$V = 210 \cdot 1,0 = 210 \text{ м/мин}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 210}{3,14 \cdot 100} = 669 \text{ мин}^{-1}.$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		60

Поверхность 2

Черновое растачивание

$t = 2 \text{ мм}, S_{от} = 1 \text{ мм/об},$

$$S_o = S_{от} \cdot k_{SH} \cdot k_{SD} \cdot k_{Sh} \cdot k_{SM} \cdot k_{Sy} \cdot k_{Sn} \cdot k_{S\phi} \cdot k_{Sj},$$

$$S_o = 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 1,0 = 1,04 \text{ мм/об}.$$

$V_T = 140 \text{ м/мин},$

$$K_v = K_{VH} \cdot k_{VC} \cdot k_{VO} \cdot k_{VJ} \cdot k_{VM} \cdot k_{V\phi} \cdot k_{VT} \cdot k_{VЖ},$$

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 0,78,$$

$V = V_T \cdot K_v,$

$$V = 140 \cdot 0,78 = 109 \text{ м/мин}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 109}{3,14 \cdot 104} = 334 \text{ мин}^{-1}.$$

Поверхность 3,4

Черновое токарная

$t = 2 \text{ мм}, S_{от} = 1,3 \text{ мм/об},$

$$S_o = S_{от} \cdot k_{SH} \cdot k_{SD} \cdot k_{Sh} \cdot k_{SM} \cdot k_{Sy} \cdot k_{Sn} \cdot k_{S\phi} \cdot k_{Sj},$$

$$S_o = 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 1,0 = 1,04 \text{ мм/об}.$$

$V_T = 140 \text{ м/мин},$

$$K_v = K_{VH} \cdot k_{VC} \cdot k_{VO} \cdot k_{VJ} \cdot k_{VM} \cdot k_{V\phi} \cdot k_{VT} \cdot k_{VЖ},$$

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 0,78,$$

$V = V_T \cdot K_v,$

$$V = 140 \cdot 0,78 = 109 \text{ м/мин}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 109}{3,14 \cdot 186} = 187 \text{ мин}^{-1}.$$

Получистовое растачивание

$t = 1,5 \text{ мм}, S_{от} = 0,4 \text{ мм/об},$

$$S_o = S_{от} \cdot k_{SH} \cdot k_{SD} \cdot k_{Sh} \cdot k_{SM} \cdot k_{Sy} \cdot k_{Sn} \cdot k_{S\phi} \cdot k_{Sj},$$

$$S_o = 0,4 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 1,0 = 0,3 \text{ мм/об}.$$

$V_T = 210 \text{ м/мин},$

$$K_v = K_{VH} \cdot k_{VC} \cdot k_{VO} \cdot k_{VJ} \cdot k_{VM} \cdot k_{V\phi} \cdot k_{VT} \cdot k_{VЖ},$$

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 = 1,0,$$

$V = V_T \cdot K_v,$

$$V = 210 \cdot 1,0 = 210 \text{ м/мин}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 210}{3,14 \cdot 104} = 643 \text{ мин}^{-1}.$$

Получистовое токарная

$t = 1,5 \text{ мм}, S_{от} = 0,88 \text{ мм/об},$

$$S_o = S_{от} \cdot k_{SH} \cdot k_{SD} \cdot k_{Sh} \cdot k_{SM} \cdot k_{Sy} \cdot k_{Sn} \cdot k_{S\phi} \cdot k_{Sj},$$

$$S_o = 0,88 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 1,0 = 0,6 \text{ мм/об}.$$

$V_T = 172 \text{ м/мин},$

$$K_v = K_{VH} \cdot k_{VC} \cdot k_{VO} \cdot k_{VJ} \cdot k_{VM} \cdot k_{V\phi} \cdot k_{VT} \cdot k_{VЖ},$$

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 0,805,$$

$V = V_T \cdot K_v,$

$$V = 172 \cdot 0,805 = 138,5 \text{ м/мин}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 138,5}{3,14 \cdot 184} = 240 \text{ мин}^{-1}.$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		61

Поверхность 5,6

Черновая токарная

$$t = 2 \text{ мм}, S_{OT} = 1,3 \text{ мм/об},$$

$$S_o = S_{OT} \cdot k_{SH} \cdot k_{SD} \cdot k_{Sh} \cdot k_{SM} \cdot k_{Sy} \cdot k_{Sn} \cdot k_{S\phi} \cdot k_{Sj},$$

$$S_o = 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 1,0 = 1,04 \text{ мм/об}.$$

$$V_T = 140 \text{ м/мин},$$

$$K_v = K_{vH} \cdot k_{vC} \cdot k_{vO} \cdot k_{vJ} \cdot k_{vM} \cdot k_{v\phi} \cdot k_{vT} \cdot k_{vЖ},$$

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 0,78,$$

$$V = V_T \cdot K_v,$$

$$V = 140 \cdot 0,78 = 109 \text{ м/мин}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 109}{3,14 \cdot 186} = 187 \text{ мин}^{-1}.$$

Поверхность 9,10

Черновая подрезка торца

$$t = 2,2 \text{ мм} \quad S_{OT} = 0,83 \text{ мм/об},$$

$$S_o = S_{OT} \cdot k_{SH} \cdot k_{SD} \cdot k_{Sh} \cdot k_{SM} \cdot k_{Sy} \cdot k_{Sn} \cdot k_{S\phi} \cdot k_{Sj},$$

$$S_o = 0,83 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,95 \cdot 1,0 = 0,56 \text{ мм/об}.$$

$$V_T = 140 \text{ м/мин},$$

$$K_v = K_{vH} \cdot k_{vC} \cdot k_{vO} \cdot k_{vJ} \cdot k_{vM} \cdot k_{v\phi} \cdot k_{vT} \cdot k_{vЖ},$$

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 0,78$$

$$V = 140 \cdot 0,78 = 109 \text{ м/мин}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 109}{3,14 \cdot 184} = 188 \text{ мин}^{-1}.$$

Получистовая токарная

$$t = 1,5 \text{ мм}, S_{OT} = 0,82 \text{ мм/об},$$

$$S_o = S_{OT} \cdot k_{SH} \cdot k_{SD} \cdot k_{Sh} \cdot k_{SM} \cdot k_{Sy} \cdot k_{Sn} \cdot k_{S\phi} \cdot k_{Sj},$$

$$S_o = 0,82 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,95 = 0,62 \text{ мм/об}.$$

$$V_T = 200 \text{ м/мин},$$

$$K_v = K_{vH} \cdot k_{vC} \cdot k_{vO} \cdot k_{vJ} \cdot k_{vM} \cdot k_{v\phi} \cdot k_{vT} \cdot k_{vЖ},$$

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1 = 0,95,$$

$$V = V_T \cdot K_v,$$

$$V = 200 \cdot 0,95 = 190 \text{ м/мин}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 190}{3,14 \cdot 186} = 325 \text{ мин}^{-1}.$$

Получистовая подрезка торца

$$t = 1,5 \text{ мм}, S_{OT} = 0,63 \text{ мм/об},$$

$$S_o = S_{OT} \cdot k_{SH} \cdot k_{SD} \cdot k_{Sh} \cdot k_{SM} \cdot k_{Sy} \cdot k_{Sn} \cdot k_{S\phi} \cdot k_{Sj},$$

$$S_o = 0,63 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,95 = 0,43 \text{ мм/об}.$$

$$V_T = 172 \text{ м/мин},$$

$$K_v = K_{vH} \cdot k_{vC} \cdot k_{vO} \cdot k_{vJ} \cdot k_{vM} \cdot k_{v\phi} \cdot k_{vT} \cdot k_{vЖ},$$

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,05 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 0,78,$$

$$V = V_T \cdot K_v,$$

$$V = 172 \cdot 0,78 = 134 \text{ м/мин}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 134}{3,14 \cdot 184} = 232 \text{ мин}^{-1}.$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

0.010.00.00 ПЗ

Лист

62

Поверхность 11

Черновая токарная

$$t = 2 \text{ мм}, S_{OT} = 1,3 \text{ мм/об},$$

$$S_o = S_{OT} \cdot k_{SH} \cdot k_{SD} \cdot k_{Sh} \cdot k_{SM} \cdot k_{Sy} \cdot k_{Sn} \cdot k_{S\phi} \cdot k_{Sj},$$

$$S_o = 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 1,0 = 1,04 \text{ мм/об}.$$

$$V_T = 300 \text{ м/мин},$$

$$K_v = K_{VH} \cdot k_{VC} \cdot k_{VO} \cdot k_{VJ} \cdot k_{VM} \cdot k_{V\phi} \cdot k_{VT} \cdot k_{VЖ},$$

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 0,78,$$

$$V = V_T \cdot K_v,$$

$$V = 300 \cdot 0,78 = 236,5 \text{ м/мин}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 236,5}{3,14 \cdot 200} = 375 \text{ мин}^{-1}.$$

Получистовая токарная

$$t = 1,5 \text{ мм}, S_{OT} = 0,82 \text{ мм/об},$$

$$S_o = S_{OT} \cdot k_{SH} \cdot k_{SD} \cdot k_{Sh} \cdot k_{SM} \cdot k_{Sy} \cdot k_{Sn} \cdot k_{S\phi} \cdot k_{Sj},$$

$$S_o = 0,82 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,95 = 0,62 \text{ мм/об}.$$

$$V_T = 270 \text{ м/мин},$$

$$K_v = K_{VH} \cdot k_{VC} \cdot k_{VO} \cdot k_{VJ} \cdot k_{VM} \cdot k_{V\phi} \cdot k_{VT} \cdot k_{VЖ},$$

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1 = 0,95,$$

$$V = V_T \cdot K_v,$$

$$V = 270 \cdot 0,95 = 257 \text{ м/мин}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 190}{3,14 \cdot 186} = 405 \text{ мин}^{-1}.$$

Таблица 8.3 - Режимы резания на остальные обрабатываемые поверхности

№ пов.	Метод обработки	t, мм	S, мм/об	V, м/мин	n, мин
1	2	4	5	6	7
1	1) Черновое растачивание	1,5	S=1,04м/мин	140	350
	2) Получистовое растачивание	0,65	S=0,887м/мин	172	669
	3) Черновое шлифование	0,05	Sn = 0.01мм/двход Vsnp=6,763 м/мин	Vκ = 35м/с Vз = 18,84м/мин	8360 110
	4) Чистовое шлифование	0,01	Sn = 0.005мм/двход Vsnp=6,763 м/мин	Vκ = 35м/с Vз = 18,84м/мин	8360 110
	5) Хонингование	0,005	-	Vx = 8м/мин Ven = 20м/мин	-
2	1) Черновое растачивание	1	1	140	334
	2) Получистовое растачивание	0,6	0,4	210	643
	3) Черновое шлифование	0,05	Sn = 0.009мм/двход Vsnp=2,34 м/мин	Vκ = 35м/с Vз = 18,84м/мин	8360 110

	4) Чистовое шлифование	0,01	$S_n = 0.001 \text{ мм/двход}$ $V_{S_{np}} = 2,34$ м/мин	$V_k = 35 \text{ м/с}$ $V_z = 18,84 \text{ м/мин}$	8360 110
3	1) Черновая токарная	2,65	1,3	112,7	192
	2) Получистовая токарная	1,5	0,88	172	294
	3) Черновое шлифование	0,05	$S_n = 0.0077 \text{ мм/двход}$ $V_{S_{np}} = 1,54$ м/мин	$V_k = 35 \text{ м/с}$ $V_z = 18,84 \text{ м/мин}$	44,6 56,5
	4) Однократное шлифование	0,01	$S_n = 0.0077 \text{ мм/двход}$ $V_{S_{np}} = 1,54$ м/мин	$V_k = 35 \text{ м/с}$ $V_z = 18,84 \text{ м/мин}$	44,6 56,5
4	1) Черновая токарная	2	1,3	109	187
	2) Получистовое точение	1,5	0,88	172	240
	3) Черновое шлифование	0,04	$S_n = 0.0054 \text{ мм/двход}$ $V_{S_{np}} = 1,54$ м/мин	$V_k = 35 \text{ м/с}$ $V_z = 18,84 \text{ м/мин}$	55,7 90
	4) Чистовое шлифование	0,02	$S_n = 0.0054 \text{ мм/двход}$ $V_{S_{np}} = 1,54$ м/мин	$V_k = 35 \text{ м/с}$ $V_z = 18,84 \text{ м/мин}$	55,7 90
5	1) Черновая токарная	0,75	1,3	109	187
	2) Получистовая токарная	0,4	0,82	190	325
6	1) Черновая токарная	0,6	1,3	109	187
	2) Получистовая токарная	0,6	0,82	190	325
7	1) Сверление	5	0,2	34,5	1098
8	1) Черновое фрезерование	15	0,84	118	417
9	1) Черновая токарная	2,5	0,83	109	188
	2) Получистовая токарная	1,5	0,63	134	232
10	1) Черновая токарная	2,5	0,83	109	188
	2) Получистовая токарная	1,5	0,63	134	232
11	1) Черновое точение	2	1,3	236,5	375
	2) Получистовое точение	0,8	0,82	257	405

1.9. Нормирование операций и переходов

Масса детали 2,6 производство единичное, размер партии деталей – 800 штук, количество деталей в партии для одновременного запуска 76 шт. Исходная заготовка штамповка.

9.1 Операция 005 токарная

Расчет нормы штучно-калькуляционного времени для токарной операции, выполняемой на станке с ЧПУ. Токарный станок модели 16К20Ф3.

Таблица 4.1 - Расчёт подготовительно-заключительного времени [9]

№ п.п.	Содержание работы	Карта, позиция, индекс	Время, мин
1	<i>Орган. подготовка</i> Итого Тпз1 <i>Наладка станка, приспособлений, инструмента, программных устройств</i>	Карта 21, поз.1,2,3,4	4+9+2+3=18
2	Установить исх. режимы работы станка	Карта 21, поз.13	0,25*9=2,25
3	Установить РИ	Карта 21, поз.25	1*7=7
4	Набрать программу и проверить её	Карта 21, поз.31	0,4*7=2,8
5	Установить исх.координаты X и Z Итого Тпз2	Карта 21, поз.33	3 15,05
6	Пробная обработка Итого Тпр.обр. Тпз=Тпз1+Тпз2+Тпр.обр.	Карта 28, поз.6	10,5 43,55 мин

4.1.1 Определим состав подготовительно-заключительного времени $T_{пз}$:

$T_{пз}=T_{пз1}+T_{пз2}+T_{пр.обр}$; где $T_{пз1}$ – время на получение наряда, чертежа, технологической документации на рабочем месте в начале работы и на сдачу в конце смены: $T_{пз1} = 18$ мин; $T_{пз2}$ – время на наладку станка, приспособления, инструмента: $T_{пз2} = 15,05$ мин; $T_{пр.обр}$ – время на пробную обработку; $T_{пр.обр} = 10,5$ мин; [9]

$T_{пз} = 18+15,05+10,5=43,55$ мин.

4.1.2 Штучное время обработки детали:

$$T_{шт} = (T_o + T_e) \cdot \left(1 + \frac{\kappa}{100}\right) = (1,49 + 0,89) \cdot \left(1 + \frac{8\%}{100\%}\right) = 4,8 \text{ мин}, [9]$$

где $\kappa = 8\%$ – время на обслуживание и отдых в % от операционного времени,

$$T_{орг} + T_{тех} + T_{отд} = 8\% . [9]$$

$T_{оп}$ – норма операционного времени, мин:

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		65

$$T_{оп} = T_o + T_e = 1,49 + 0,89 = 2,38 \text{ мин.}$$

T_o – норма основного времени, мин:

$$T_o = \frac{L + l_{ep} + l_{nep}}{S_M} \cdot i, \quad [9]$$

L – длина обрабатываемой поверхности мм;

l_{ep} – длина врезания; [11]

l_{nep} – длина перебега; [11]

S_M – минутная подача; $S_M = n \cdot S$; [пункт 3, таблица 3.3]

i – число проходов.

$$T_o = \frac{180 + 5}{593} \cdot 1 = 0,40 \text{ мин - черновое растачивание поверхности №1;}$$

$$T_o = \frac{180 + 5}{593} \cdot 1 = 0,40 \text{ мин - получистовое растачивание поверхности №1;}$$

$$T_o = \frac{10 + 4}{334} \cdot 1 = 0,042 \text{ мин - черновое растачивание поверхности №2;}$$

$$T_o = \frac{10 + 4}{643} \cdot 1 = 0,022 \text{ мин - получистовое растачивание поверхности №2;}$$

$$T_o = \frac{60 + 5}{243} \cdot 1 = 0,27 \text{ мин - черновое точение поверхности №4;}$$

$$T_o = \frac{60 + 5}{211} \cdot 1 = 0,3 \text{ мин – получистовое точение поверхности №4;}$$

$$T_o = \frac{40 + 5}{243} \cdot 1 = 0,18 \text{ мин - черновое точение поверхности №5;}$$

$$T_o = \frac{40 + 5}{266} \cdot 1 = 0,17 \text{ мин – получистовое точение поверхности №5;}$$

$$T_o = \frac{42 + 4}{156} \cdot 1 = 0,3 \text{ мин - черновая подрезка торца №9;}$$

$$T_o = \frac{42 + 4}{146} \cdot 1 = 0,32 \text{ мин - получистовая подрезка торца №9;}$$

$$T_o = \frac{30 + 4}{375} \cdot 1 = 0,09 \text{ мин - черновое точение поверхности №11;}$$

$$T_o = \frac{30 + 4}{255} \cdot 1 = 0,13 \text{ мин – получистовое точение поверхности №11;}$$

$$T_o = 0,4 + 0,4 + 0,042 + 0,022 + 0,27 + 0,3 + 0,18 + 0,17 + 0,3 + 0,32 + 0,09 + 0,13 = 2,124 \text{ мин}$$

T_e – норма вспомогательного времени, мин;

Общее вспомогательное время на операцию:

$$T_{воб} = T_{уст} + T_{в.он} + T_{из} = 0,17 + 0,5 + 0,18 = 0,85 \text{ мин [9]}$$

$T_{уст} = 0,17 \text{ мин}$ – вспомогательное время на установку и снятие детали; [9]

$T_{в.он} = 0,32 + 0,15 + 0,03 = 0,5 \text{ мин}$ – вспомогательное время по управлению станком; [9]

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		66

$$T_{из} = 0,18 \text{ мин} - \text{вспомогательное время на контрольное измерение} \quad [9]$$

Вспомогательное время на переходы:

$$T_g = 0,04 \text{ мин}.$$

Вспомогательное время на всю операцию:

$$T_g = T_{г.об} + T_g = 0,85 + 0,04 = 0,89 \text{ мин},$$

Норма времени:

$$N_{вр} = T_{шт-к} = \frac{T_{пз}}{n} + T_{шт} = \frac{40,2}{189} + 2,57 = 2,78 \text{ мин}. \quad [9]$$

9.2 Операция 010 токарная

Расчет нормы штучно-калькуляционного времени для токарной операции, выполняемой на станке с ЧПУ. Токарный станок модели 16К20Ф3.

Таблица 4.2 - Расчёт подготовительно-заключительного времени [9]

№ п.п.	Содержание работы	Карта, позиция, индекс	Время, мин
1	<i>Орган. подготовка</i> Итого Тпз1	Карта 21, поз.1,2,3,4	4+9+2+2 17
	<i>Наладка станка, приспособлений, инструмента, программных устройств</i>		
2	Установить исх.режимы работы станка	Карта 21, поз.13	0,2*7=1,4
3	Установить РИ	Карта 21, поз.25	0,8*5=4
4	Набрать программу и проверить её	Карта 21, поз.31	0,4*4=1,6
5	Установить исх. координаты X и Z Итого Тпз2	Карта 21, поз.33	2,5 9,5
6	Пробная обработка Итого Тпр.обр. Тпз=Тпз1+Тпз2+Тпр.обр.	Карта 28, поз.1	8,2 34,7 МИН

4.2.1 Определим состав подготовительно-заключительного времени $T_{пз}$:

$T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз2} + T_{пр.обр}$; где $T_{пз1}$ – время на получение наряда, чертежа, технологической документации на рабочем месте в начале работы и на сдачу в конце смены: $T_{пз1} = 17$ мин; $T_{пз2}$ – время на наладку станка, приспособления, инструмента: $T_{пз2} = 9,5$ мин; $T_{пр.обр}$ – время на пробную обработку; $T_{пр.обр} = 8,2$ мин; [9]

$$T_{пз} = 17 + 9,5 + 8,2 = 34,7 \text{ мин}.$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		67

4.2.2 Штучное время обработки детали:

$$T_{шт} = (T_o + T_в) \cdot \left(1 + \frac{\kappa}{100}\right) = (1,77 + 0,92) \cdot \left(1 + \frac{8\%}{100\%}\right) = 2,9 \text{ мин}, \quad [9]$$

где $\kappa = 8\%$ – время на обслуживание и отдых в % от операционного времени,

$$T_{орз} + T_{мех} + T_{омд} = 8\%. \quad [9]$$

$T_{оп}$ – норма операционного времени, мин:

$$T_{оп} = T_o + T_в = 1,77 + 0,92 = 2,69 \text{ мин}.$$

T_o – норма основного времени, мин;

$$T_o = \frac{L + l_{вп} + l_{неп}}{S_M} \cdot i, \quad [9]$$

L – длина обрабатываемой поверхности мм;

$l_{вп}$ – длина врезания; [11]

$l_{неп}$ – длина перебега; [11]

S_M – минутная подача; $S_M = n \cdot S$; [пункт 3, таблица 3.3]

i – число проходов.

$$T_o = \frac{20 + 4}{250} \cdot 1 = 0,1 \text{ мин - черновое точение поверхности №3;}$$

$$T_o = \frac{20 + 4}{259} \cdot 1 = 0,093 \text{ мин – получистовое точение поверхности №3;}$$

$$T_o = \frac{30 + 5}{243} \cdot 1 = 0,14 \text{ мин - черновое точение поверхности №6;}$$

$$T_o = \frac{30 + 5}{266} \cdot 1 = 0,13 \text{ мин – получистовое точение поверхности №6;}$$

$$T_o = \frac{42 + 4}{156} \cdot 1 = 0,3 \text{ мин - черновая подрезка торца №10;}$$

$$T_o = \frac{42 + 4}{146} \cdot 1 = 0,32 \text{ мин - получистовая подрезка торца №10;}$$

$$T_o = 0,1 + 0,093 + 0,14 + 0,13 + 0,3 + 0,32 = 1,083 \text{ мин}$$

$T_в$ – норма вспомогательного времени, мин;

Общее вспомогательное время на операцию:

$$T_{в.об} = T_{уст} + T_{в.он} + T_{из} = 0,17 + 0,5 + 0,21 = 0,88 \text{ мин}, \quad [9]$$

$T_{уст} = 0,17 \text{ мин}$ – вспомогательное время на установку и снятие детали; [9]

$T_{в.он} = 0,32 + 0,15 + 0,03 = 0,5 \text{ мин}$ – вспомогательное время по управлению станком; [9]

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		68

$$T_{из} = 0,21 \text{ мин} - \text{вспомогательное время на контрольное измерение.} \quad [9]$$

Вспомогательное время на переходы:

$$T_e = 0,04 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время на всю операцию:

$$T_e = T_{e об} + T_e = 0,88 + 0,04 = 0,92 \text{ мин.}$$

Норма времени:

$$H_{вр} = T_{ш-к} = \frac{T_{пз}}{n} + T_{шт} = \frac{34,7}{189} + 2,9 = 3,08 \text{ мин.} \quad [9]$$

9.3 Операция 020 Сверлильная

Расчет нормы штучно-калькуляционного времени для сверлильной операции, выполняемой на станке модели 2P135Ф2-1.

Таблица 9.3 - Расчёт подготовительно-заключительного времени [9]

№ п. п.	Содержание работы	Карта, позиция, индекс	Время, мин
1	<i>Орган. подготовка</i> Итого Тпз1 <i>Наладка станка, приспособлений, инструмент</i>	Карта 24 поз.1,2,3,4	4 3
2	Установить и снять приспособление в ручную	Карта 24, поз.7	2
3	Подключить приспособление к гидросети	Карта 24, поз.14	1
4	Переместить стол, бабку, шпиндель в зону, удобную для наладки	Карта 24, поз.15	0,3
5	Установить исходные режимы резания	Карта 24, поз.16	0,2*2=0,4
6	Установить исходные координаты X и Z Итого Тпз2	Карта 24, поз.20	1,3 7,5
7	Пробная обработка Для измерения поверхности по окружности Итого Тпр.обр. Тпз=Тпз1+Тпз2+Тпр.обр.	Карта 31, поз.1	2,5*0,85= 2,1 9,1 мин

9.3.1 Определим состав подготовительно-заключительного времени $T_{пз}$:

$T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз2} + T_{пр.обр}$; где $T_{пз1}$ – время на получение наряда, чертежа, технологической документации на рабочем месте в начале работы и на сдачу в конце смены: $T_{пз1} = 13$ мин; $T_{пз2}$ – время на наладку станка, приспособления, инструмента: $T_{пз2} = 7,5$ мин; $T_{пр.обр.}$ – время на пробную обработку; $T_{пр.обр.}$ – 2,1 мин; [9]

$$T_{пз} = 4+3+2,1 = 9,1 \text{ мин.}$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		69

4.3.2. Штучное время обработки детали:

$$T_{ш} = (T_o + T_e) \cdot \left(1 + \frac{\kappa}{100}\right) = (0,05 + 0,76) \cdot \left(1 + \frac{7\%}{100\%}\right) = 0,87 \text{ мин}, \quad [9]$$

где $\kappa = 7\%$ – время на обслуживание и отдых в % от операционного времени,

$$T_{орг} + T_{тех} + T_{отд} = 7\% . \quad [9]$$

$T_{оп}$ – норма операционного времени, мин:

$$T_{оп} = T_o + T_e = 0,30 + 0,76 = 0,81 \text{ мин} .$$

T_o – норма основного времени, мин:

$$T_o = \frac{L + l_1}{S_M} \cdot i , \quad [9]$$

L – длина обрабатываемой поверхности;

l_1 – длина подвода сверла; [11]

S_M – минутная подача; $S_M = n \cdot S$; [пункт 3, таблица 3.3]

i – число проходов

$$T_o = \frac{42 + 5}{378} \cdot 1 = 0,12 \text{ мин} – \text{сверление поверхности};$$

$$T_o = 0,12 \text{ мин};$$

T_e – норма вспомогательного времени, мин;

Общее вспомогательное время на операцию:

$$T_{e\text{ об}} = T_{уст} + T_{e.оп} + T_{из} = 0,33 + 0,35 + 0,045 = 0,72 \text{ мин} . \quad [9]$$

$T_{уст} = 0,33 \text{ мин}$ – вспомогательное время на установку и снятие детали
(0,14 мин-время на установку детали вручную, 0,19 мин-время на закрепление и открепление детали);

$$T_{e.оп} = 0,35 \text{ мин} – \text{вспомогательное время по управлению станком}; \quad [9]$$

$$T_{из} = 0,045 \text{ мин} – \text{вспомогательное время на контрольное измерение}; \quad [9]$$

Вспомогательное время непосредственно на обработку:

$$T_e = 0,04 \text{ мин} .$$

Вспомогательное время на всю операцию:

$$T_e = T_{e\text{ об}} + T_e = 0,72 + 0,04 = 0,76 \text{ мин} .$$

Норма времени.6

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		70

$$H_{вр} = T_{ш-к} = \frac{T_{пз}}{n} + T_{шт} = \frac{22,6}{189} + 0,87 = 0,98 \text{ мин.} \quad [9]$$

9.4 Операция 015 Фрезерная

Расчет нормы времени для фрезерной операции, выполняемой на горизонтальном-фрезерном станке 6Б443ГФ3.

4.4.1 Определим норму подготовительно-заключительного времени по [1]:

$$T_{пз} = 9 \text{ мин.}$$

4.4.2 Штучное время обработки детали:

$$T_{шт} = (T_o + T_e) \cdot \left(1 + \frac{\kappa}{100}\right) = (0,183 + 0,38) \cdot \left(1 + \frac{8\%}{100}\right) = 0,6 \text{ мин.},$$

где $\kappa = 8\%$ – время на обслуживание и отдых в % от операционного времени,

$$T_{орг} + T_{тех} + T_{отд} = 8\% \quad [1]$$

$T_{оп}$ – норма операционного времени, мин:

$$T_{оп} = T_o + T_e = 0,183 + 0,38 = 0,56 \text{ мин.},$$

T_o – норма основного времени, мин:

$$T_o = \left(\frac{L + L_1}{1000v_{np}}\right) \cdot i \quad [5]$$

где L-расчётная длина рабочего хода инструмента; L=1102 мм; [5]

L_1 -50-100 мм, перебег;

i-число проходов инструмента;

$$T_o = \left(\frac{1102 + 50}{1000 \cdot 6,3}\right) = 0,183 \text{ мин.},$$

T_e – норма вспомогательного времени, мин;

Общее вспомогательное время на операцию:

$$T_{е.об} = T_{уст} + T_{е.оп} + T_{из} = 0,14 + 0,17 + 0,07 = 0,36 \text{ мин.}, \quad [9]$$

$T_{уст} = 0,14 \text{ мин}$ – вспомогательное время на установку и снятие детали; [9]

$T_{е.оп} = 0,17 \text{ мин}$ – вспомогательное время по управлению станком; [9]

$T_{из} = 0,07 \text{ мин}$ – вспомогательное время на контрольное измерение; [9]

$$T_v = 0,14 + 0,17 + 0,07 = 0,36 \text{ мин.}$$

Норма времени

$$H_{вр} = T_{ш-к} = \frac{T_{пз}}{n} + T_{шт} = \frac{9}{189} + 0,6 = 0,65 \text{ мин.} \quad [9]$$

9.5 Операция 025 Внутришлифовальная

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		71

Расчет нормы штучно-калькуляционного времени для внутришлифовальной операции, выполняемой на внутришлифовальном станке модели 3К228А.

Таблица 4.4 - Расчёт подготовительно-заключительного времени [9]

№ п. п.	Содержание работы	Карта, позиция, индекс	Время, мин
1	Орган. подготовка Итого Тпз1 Наладка станка, приспособлений, инструмента	Карта 27, поз.1,2,3,4	4+9+2+2 17
2	Установить и снять	Карта 27, поз.6,9	11,5
3	Установить исх. режимы работы станка	Карта 27, поз.10	0,12
4			
5	Итого Тпз2		11,62
6	Пробная обработка Деталь точная Итого Тпр.обр. Тпз=Тпз1+Тпз2+Тпр.обр.	Карта 34, поз.7	1,445 30,2мин

9.5.1 Определим состав подготовительно-заключительного времени $T_{пз}$:
 $T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз2} + T_{пр.обр}$; где $T_{пз1}$ – время на получение наряда, чертежа, технологической документации на рабочем месте в начале работы и на сдачу в конце смены: $T_{пз1} = 17$ мин; $T_{пз2}$ – время на наладку станка, приспособления, инструмента: $T_{пз2} = 11,62$ мин; $T_{пр.обр}$ – время на пробную обработку; $T_{пр.обр} = 1,445$ мин; [9]

$$T_{пз} = 17 + 11,62 + 1,445 = 30,2 \text{ мин.}$$

9.5.2. Штучное время обработки детали:

$$T_{шт} = (T_o + T_e) \cdot \left(1 + \frac{\kappa}{100}\right) = (3,3 + 1,54) \cdot \left(1 + \frac{8\%}{100\%}\right) = 5,2 \text{ мин}, \quad [9]$$

где $\kappa = 8\%$ – время на обслуживание и отдых в % от операционного времени,

$$T_{орг} + T_{тех} + T_{отд} = 8\% . \quad [9]$$

$T_{оп}$ – норма операционного времени, мин:

$$T_{оп} = T_o + T_e = 3,3 + 1,54 = 4,84 \text{ мин.}$$

T_o – норма основного времени, мин:

$$T_o = \frac{2L_{ш} \cdot 2П}{V_{S_{oc}} \cdot S_{2x} \cdot K_{S_{2x}} \cdot K_{V_{S_{oc}}}}, \quad [8]$$

Общее основное время на операцию:

$$T_o = 1,5 + 1,9 = 3,4 \text{ мин.}$$

где $L_{ш}$ – длина шлифования;

2П-снимаемый припуск ;

$V_{S_{oc}}$ - скорость осевой подачи;

S_{2x} - подача на двойной ход;

$K_{S_{2x}}$ - поправочный коэффициент на подачу на двойной ход;

$K_{V_{S_{oc}}}$ - поправочный коэффициент на скорость осевой подачи;

$$K_{S_{2x}} = K_{S_{2x1}} \cdot K_{S_{2x2}} \cdot K_{S_{2x3}} \cdot K_{S_{2x4}} \cdot K_{S_{2x5}} \cdot K_{S_{2x6}} \cdot K_{ж} \cdot K_m ;$$

где

$K_{S_{2x1}}$ - поправочный коэффициент в зависимости от обрабатываемого материала и точности;

$K_{S_{2x2}}$ - поправочный коэффициент в зависимости от припуска на диаметр 2П;

$K_{S_{2x3}}$ - поправочный коэффициент в зависимости от размера шлифовального круга;

$K_{S_{2x4}}$ - поправочный коэффициент в зависимости от способа контроля размера;

$K_{S_{2x5}}$ - поправочный коэффициент в зависимости от жесткости детали и формы поверхности;

$K_{S_{2x6}}$ - поправочный коэффициент в зависимости от группы СОЖ;

$K_{ж}$ - поправочный коэффициент в зависимости от точности и жесткости станка;

K_m - поправочный коэффициент в зависимости от твердости круга;

$$K_{V_{S_{oc}}} = K_{V_{S_{oc1}}} \cdot K_{V_{S_{oc2}}} \cdot K_{V_{S_{oc3}}};$$

$K_{V_{S_{oc1}}}$ - поправочный коэффициент в зависимости от шероховатости поверхности;

$K_{V_{S_{oc2}}}$ - поправочный коэффициент в зависимости от формы детали;

$K_{V_{S_{oc3}}}$ - поправочный коэффициент в зависимости от группы СОЖ;

$$L_{ш} = (0,3 \dots 0,5) \cdot B_k + l_d ; \text{ где } B_k \text{ - высота круга, } l_d \text{ - длина детали;}$$

Для проточки $\varnothing 104$ мм (поверхность №2, черновое и чистовое шлифование)

выберем подачу, скорость, припуск и коэффициенты по справочнику [8]

$V_{S_{oc}} = 3790 \text{ мм/мин}$, $S_{2x} = 0,006 \text{ мм/дв ход}$, $2П = 0,3 \text{ мм}$ – черновое шлифование,

$V_{S_{oc}} = 3790 \text{ мм/мин}$, $S_{2x} = 0,005 \text{ мм/дв ход}$, $2П = 0,2 \text{ мм}$ – чистовое шлифование,

$n_3 = 170 \text{ об/мин}$ - частота вращения заготовки, [4]

Высота круга $H = 20$ мм;

при черновом шлифовании:

$$K_{S_{2x}} = 2,5 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 1 = 1,45;$$

$$K_{V_{S_{oc}}} = 1,3 \cdot 1 \cdot 1 = 1,3;$$

при чистовом шлифовании:

$$K_{S_{2x}} = 2,5 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 1 = 1,45;$$

$$K_{V_{S_{oc}}} = 0,77 \cdot 1 \cdot 1 = 0,77;$$

$$T_o = \frac{2 \cdot (0,3 \cdot 40 + 90) \cdot 0,3}{3790 \cdot 0,006 \cdot 1,45 \cdot 1,3} = 1,5 \text{ мин} \text{ – черновое шлифование;}$$

$$T_o = \frac{2 \cdot (0,3 \cdot 40 + 90) \cdot 0,2}{3790 \cdot 0,005 \cdot 1,45 \cdot 0,77} = 1,9 \text{ мин} \text{ – чистовое шлифование;}$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		73

T_e – норма вспомогательного времени, мин;

Общее вспомогательное время на операцию

$$T_e = T_{уст} + T_{e.оп} + T_{из} = 0,75 + 0,56 + 0,19 = 1,5 \text{ мин.} \quad [9]$$

$$T_{уст} = 0,75 \text{ мин} - \text{вспомогательное время на установку и снятие детали}; \quad [9]$$

$$T_{e.оп} = 0,56 \text{ мин} - \text{вспомогательное время по управлению станком}; \quad [9]$$

$$T_{из} = 0,19 \text{ мин} - \text{вспомогательное время на контрольное измерение}; \quad [9]$$

Вспомогательное время непосредственно на обработку

$$T_e = 0,04 \text{ мин}; \quad [9]$$

Вспомогательное время на всю операцию:

$$T_e = T_{e.об} + T_e = 1,5 + 0,04 = 1,54 \text{ мин.}$$

Норма времени:

$$H_{вр} = T_{ш-к} = \frac{T_{пз}}{n} + T_{шт} = \frac{30,065}{189} + 5,2 = 5,36 \text{ мин.} \quad [9]$$

9.6 Операция 030 Круглошлифовальная

Расчет нормы штучно-калькуляционного времени для шлифовальной операции, выполняемой на круглошлифовальном станке модели 3Б161.

Таблица 4.5 - Расчет подготовительно-заключительного времени [9]

№ п. п.	Содержание работы	Карта, позиция, индекс	Время, мин
1	<i>Орган. подготовка</i> Итого Тпз1 <i>Наладка станка, приспособлений, инструмента</i>	Карта 27, поз.1,2,3,4	4+9+2+2 17
2	Установить и снять	Карта 27, поз.6,9	11, 5
3	Установить исх. режимы работы станка	Карта 27, поз.10	0, 12
4			
5	Итого Тпз2		11, 62
6	Пробная обработка Деталь точная Итого Тпр.обр. Тпз=Тпз1+Тпз2+Тпр.обр.	Карта 34, поз.7	1, 445 32, 1 мин

9.6.1 Определим состав подготовительно-заключительного времени $T_{пз}$:

$T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз2} + T_{пр.обр}$; где $T_{пз1}$ – время на получение наряда, чертежа, технологической документации на рабочем месте в начале работы и на сдачу в конце смены: $T_{пз1} = 17$ мин; $T_{пз2}$ – время на наладку станка, приспособления, инструмента: $T_{пз2} = 11,62$ мин; $T_{пр.обр}$ – время на пробную обработку; $T_{пр.обр} = 1,445$ мин; [9]

$$T_{пз} = 17 + 11,62 + 1,445 = 32,1 \text{ мин.}$$

9.6.2. Штучное время обработки детали:

$$T_{шт} = (T_o + T_e) \cdot \left(1 + \frac{\kappa}{100}\right) = (1,57 + 1,54) \cdot \left(1 + \frac{8\%}{100\%}\right) = 3,3 \text{ мин}, \quad [9]$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		74

где $\kappa = 8\%$ – время на обслуживание и отдых в % от операционного времени,

$$T_{опз} + T_{мех} + T_{омд} = 8\% \quad [9]$$

$T_{оп}$ – норма операционного времени, мин:

$$T_{оп} = T_o + T_г = 1,57 + 1,54 = 3,1 \text{ мин}.$$

T_o – норма основного времени, мин:

$$T_o = \frac{2L_{ш} \cdot 2\Pi}{V_{S_{oc}} \cdot S_{2x} \cdot K_{S_{2x}} \cdot K_{VS_{oc}}}, \quad [8]$$

где $L_{ш}$ – длина шлифования;

2Π -снимаемый припуск ;

$V_{S_{oc}}$ - скорость осевой подачи;

S_{2x} - подача на двойной ход;

$K_{S_{2x}}$ - поправочный коэффициент на подачу на двойной ход;

$K_{VS_{oc}}$ - поправочный коэффициент на скорость осевой подачи;

$$K_{S_{2x}} = K_{S_{2x1}} \cdot K_{S_{2x2}} \cdot K_{S_{2x3}} \cdot K_{S_{2x4}} \cdot K_{S_{2x5}} \cdot K_{S_{2x6}} \cdot K_{жс} \cdot K_m;$$

$$K_{VS_{oc}} = K_{VS_{oc1}} \cdot K_{VS_{oc2}} \cdot K_{VS_{oc3}};$$

$$L_{ш} = (0,3 \dots 0,5) \cdot B_k + l_d; \text{ где } B_k \text{ - высота круга, } l_d \text{ - длина детали;}$$

Для поверхности $\varnothing 186$ мм (поверхность №4, однократное, чистовое, тонкое шлифование) выберем подачу, скорость и коэффициенты по справочнику [8]

$$V_{S_{oc}} = 3790 \text{ мм/мин}, S_{2x} = 0,004 \text{ мм/дв ход},$$

$$n_3 = 170 \text{ об/мин - частота вращения заготовки, [4]}$$

Высота круга $H=40$ мм;

при тонком шлифовании:

$$K_{S_{2x}} = 2 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 1 = 1,2;$$

$$K_{VS_{oc}} = 0,77 \cdot 1 \cdot 1 = 0,77;$$

$$T_o = \frac{2 \cdot (0,5 \cdot 40 + 90) \cdot 0,1}{3790 \cdot 0,004 \cdot 1,2 \cdot 0,77} = 1,57 \text{ мин} - \text{тонкое шлифование;}$$

Общее основное время на операцию:

$$T_o = 1,57 \text{ мин.}$$

$T_г$ – норма вспомогательного времени, мин;

Общее вспомогательное время на операцию:

$$T_г = T_{уст} + T_{в.оп} + T_{из} = 0,75 + 0,56 + 0,19 = 1,5 \text{ мин}. \quad [9]$$

$$T_{уст} = 0,75 \text{ мин} - \text{вспомогательное время на установку и снятие детали; [9]}$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		75

$T_{в.оп} = 0,56 \text{ мин}$ – вспомогательное время по управлению станком; [9]

$T_{из} = 0,19 \text{ мин}$ – вспомогательное время на контрольное измерение; [9]

Вспомогательное время непосредственно на обработку:

$T_g = 0,04 \text{ мин}$; [9]

Вспомогательное время на всю операцию:

$$T_g = T_{г.об} + T_g = 1,5 + 0,04 = 1,54 \text{ мин} .$$

Норма времени:

$$H_{вр} = T_{ш-к} = \frac{T_{ПЗ}}{n} + T_{ум} = \frac{32,1}{189} + 3,3 = 3,5 \text{ мин} . \quad [9]$$

$$T_g = T_{уст} + T_{в.оп} + T_{из} = 0,75 + 0,56 + 0,19 = 1,5 \text{ мин} . \quad [9]$$

Для поверхности $\varnothing 186 \text{ мм}$ (поверхность №3, черновое и однократное шлифование) выберем подачу, скорость и коэффициенты по справочнику [8]

$$V_{S_{oc}} = 3790 \text{ мм/мин} , S_{2x} = 0,004 \text{ мм/дв ход} , \\ n_3 = 170 \text{ об/мин} \text{-частота вращения заготовки, [4]}$$

Высота круга $H=40 \text{ мм}$;

при тонком шлифовании:

$$K_{S_{2x}} = 2 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 1 = 1,2 ;$$

$$K_{V_{S_{oc}}} = 0,77 \cdot 1 \cdot 1 = 0,77 ;$$

$$T_o = \frac{2 \cdot (0,5 \cdot 40 + 90) \cdot 0,1}{3790 \cdot 0,004 \cdot 1,2 \cdot 0,77} = 1,57 \text{ мин} \text{ – тонкое шлифование;}$$

Общее основное время на операцию:

$$T_o = 1,57 \text{ мин} .$$

T_g – норма вспомогательного времени, мин;

Общее вспомогательное время на операцию:

$T_{уст} = 0,75 \text{ мин}$ – вспомогательное время на установку и снятие детали; [9]

$T_{в.оп} = 0,56 \text{ мин}$ – вспомогательное время по управлению станком; [9]

$T_{из} = 0,19 \text{ мин}$ – вспомогательное время на контрольное измерение; [9]

Вспомогательное время непосредственно на обработку:

$T_g = 0,04 \text{ мин}$; [9]

Вспомогательное время на всю операцию:

$$T_g = T_{г.об} + T_g = 1,5 + 0,04 = 1,54 \text{ мин} .$$

Норма времени:

$$H_{вр} = T_{ш-к} = \frac{T_{ПЗ}}{n} + T_{ум} = \frac{30,065}{189} + 3,3 = 3,5 \text{ мин} [9]$$

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		76

9.7 Операция 035 Хонинговальная

Расчет нормы штучно-калькуляционного времени для хонинговальной операции, выполняемой на хонинговальном станке модели 3М83.

Таблица 4.5 Расчёт подготовительно-заключительного времени [9]

№ п.п.	Содержание работы	Карта, позиция, индекс	Время, мин
1	<i>Орган. подготовка</i> Итого Тпз1 <i>Наладка станка, приспособлений, инструмента</i>	Карта 24, поз.1,2,3,4	3+7+1+2 13
2	Установить и снять	Карта 24, поз.5,7	10, 5
3	Установить исх. режимы работы станка	Карта 24, поз.7	0, 14
4			
5	Итого Тпз2		10, 64
6	Пробная обработка Деталь точная Итого Тпр.обр. Тпз=Тпз1+Тпз2+Тпр.обр.	Карта 32, поз.4	1, 87 36, 1 мин

9.7.1 Определим состав подготовительно-заключительного времени $T_{пз}$:

$T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз2} + T_{пр.обр}$; где $T_{пз1}$ – время на получение наряда, чертежа, технологической документации на рабочем месте в начале работы и на сдачу в конце смены: $T_{пз1} = 13$ мин; $T_{пз2}$ – время на наладку станка, приспособления, инструмента: $T_{пз2} = 10,64$ мин; $T_{пр.обр}$ – время на пробную обработку; $T_{пр.обр} = 1,87$ мин; [9]

$$T_{пз} = 13 + 10,64 + 1,87 = 36,1 \text{ мин.}$$

9.7.2. Штучное время обработки детали:

$$T_{шт} = (T_o + T_e) \cdot \left(1 + \frac{\kappa}{100}\right) = (1,57 + 1,54) \cdot \left(1 + \frac{8\%}{100\%}\right) = 3,5 \text{ мин}, \quad [9]$$

где $\kappa = 8\%$ – время на обслуживание и отдых в % от операционного времени,

$$T_{орг} + T_{тех} + T_{отд} = 8\% . \quad [9]$$

$T_{оп}$ – норма операционного времени, мин:

$$T_{оп} = T_o + T_e = 1,57 + 1,54 = 3,1 \text{ мин} .$$

T_o – норма основного времени, мин

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		77

Общее основное время на операцию:

$$T_o = 1,57 \text{ мин.}$$

T_g – норма вспомогательного времени, мин;

Общее вспомогательное время на операцию:

$$T_g = T_{уст} + T_{в.оп} + T_{из} = 0,75 + 0,56 + 0,19 = 1,5 \text{ мин.} \quad [9]$$

$T_{уст} = 0,75 \text{ мин}$ – вспомогательное время на установку и снятие детали; [9]

$T_{в.оп} = 0,56 \text{ мин}$ – вспомогательное время по управлению станком; [9]

$T_{из} = 0,19 \text{ мин}$ – вспомогательное время на контрольное измерение; [9]

Вспомогательное время непосредственно на обработку:

$$T_g = 0,04 \text{ мин}; \quad [9]$$

Вспомогательное время на всю операцию:

$$T_g = T_{г.об} + T_g = 1,5 + 0,04 = 1,54 \text{ мин.}$$

Норма времени:

$$H_{вр} = T_{ш-к} = \frac{T_{ПЗ}}{n} + T_{шт} = \frac{32,1}{189} + 3,3 = 3,5 \text{ мин.} \quad [9]$$

1.10. Расчет погрешности установки заготовки в приспособление

Погрешность установки заготовки в приспособление ε_y вычисляется с учётом погрешностей: базирования ε_b , закрепления заготовки ε_z , неточности приспособления $\varepsilon_{пр}$.

$$\varepsilon_y = \sqrt{(\varepsilon_b)^2 + (\varepsilon_z)^2 + (\varepsilon_{пр})^2}$$

Погрешность закрепления. Так как в конструкции станочного

Погрешность базирования - есть отклонение фактически достигнутого положения заготовки при базировании от требуемого положения. приспособления используется гидропривод, значит:

$$Q_{\max} = Q_{\min}$$

где Q_{\max} - максимальная сила зажима;

Q_{\min} - минимальная сила зажима.

Погрешность приспособления

$$\Delta\varepsilon_{пр} = \cdot\varepsilon_{ус} \cdot + \cdot\varepsilon_c$$

$\varepsilon_{ус} = 10 \text{ мкм}$ – погрешность изготовления и сборки установочных элементов

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		78

$\varepsilon_c = 10 \text{ мкм}$ – погрешность установки приспособления на станок (нормальной точности);

Погрешность установки для размера : $\varepsilon_y = \sqrt{(0)^2 + (0)^2 + (20)^2} = 20 \text{ мкм}$;

Проектируемое приспособление удовлетворяет требуемой точности.

1.11. Расчет силы зажима

Зажимами называют механизмы, устраняющие возможность вибрации или смещения заготовки относительно установочных элементов под действием собственного веса и сил, возникающих в процессе обработки.

Расчет силы зажима сведен к решению задачи статики на равновесие твердого тела под действием внешних сил.

К заготовке с одной стороны приложена сила тяжести и силы, возникающие в процессе обработки, с другой - искомые зажимные силы и реакции опор.

6.1 Сила резания при фрезеровании $P_0=1255 \text{ Н}$; крутящий момент (см. п.3.2)

6.2 Сила зажима.

Составим уравнения равновесия заготовки

$$\sum M = 0:$$

где: $M_{mp} = Q \cdot f \cdot R$, отсюда $Q = \frac{k \cdot M_{кр}}{f \cdot R} + k \cdot P$,

где Q – сила зажима ;

P – осевая сила,

k -коэффициент запаса,

$k = k_0 k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 k_6$, где:

$k_0=1,5$ гарантированный коэффициент запаса;

k_1 - учитывает состояние технологической базы, $k_1=1,2$;

k_2 -учитывает затупление инструмента $k_2=1,25$;

$k_3=1,0$ – учитывает ударную нагрузку на инструмент;

k_4 - учитывает стабильность силового привода $k_4=1$;

k_5 - характеризует зажимные механизмы с ручным приводом, при удобном

$k_5=1,0$;

k_6 - учитывает определенность расположения опорных точек при смещении заготовки моментом сил, при установке на опоры с ограниченной поверхностью контакта $k_6=1$.

$$k=1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,25$$

$f=0,25$ – коэффициент трения.

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		79

Определим силу зажима.

$$Q = \frac{k \cdot M_{кр}}{f \cdot R} + k \cdot P = \frac{2,25 \cdot 4}{0,25 \cdot 25} + 2,25 \cdot 1255 = 3678 \text{ Н.}$$

$$P = Q \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) = 3678 \cdot \operatorname{tg}(15 + 5) = 1340 \text{ Н}$$

6.3 Расчет гидравлического цилиндра:

Диаметр цилиндра определяем по формуле:

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\rho \cdot \eta}} + d^2$$

где: ρ – давление масла; η – КПД гидравлического цилиндра;
 $\rho = 4$ МПа; $\eta = 0,93$

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1340}{4 \cdot 0.93}} + 18^2 = 44 \text{ мм.}$$

Выбираем стандартный цилиндр $D_{ц} = 50$ мм

6.4 Определим тянущее усилие на штоке гидроцилиндра.

$$P = \frac{\pi \cdot (d_{ц}^2 - d_{шт}^2)}{4} \cdot P_p \cdot \eta,$$

где $d_{ц} = 50$ мм – диаметр цилиндра,
 $d_{шт} = 18$ мм – диаметр штока,
 $P = 4$ МПа – давление,
 $\eta = 0,93$ – коэффициент полезного действия.

$$P = \frac{\pi \cdot (d_{ц}^2 - d_{шт}^2)}{4} \cdot P_p \cdot \eta = \frac{3.14 \cdot (50^2 - 18^2)}{4} \cdot 4 \cdot 0.93 = 6421 \text{ Н.}$$

$$P > Q$$

$$6421 \text{ Н} > 3479 \text{ Н}$$

1.12. Безопасность жизнедеятельности

12.1.1 Вредные факторы

Вредными для здоровья факторами являются:

Физические:

1) повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны в совокупности с влажностью и скоростью движения воздуха;

В соответствии с санитарными нормами проектирования промышленных предприятий (СН 245— 71), ГОСТ 12.1.005-88, СанПин 2.2.4.548-96 температура, скорость движения и влажность воздуха в производственных помещениях зависят от тяжести выполняемой работы.

2) повышенные уровни шума, вибрации, ультразвука и различных излучений ;
Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА следующие:

1) недостаточная освещенность рабочих мест, проходов и проездов;

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		80

Недостаточная освещенность рабочей зоны приводит к ухудшению зрения рабочего. Норма освещенности при работе на фрезерном станке с ЧПУ согласно ГОСТ 12.3.025-80 составляет 1000 лк (СНИП23-05-95);

2) повышенная яркость света и пульсация светового потока;

Повышенная яркость света и пульсация светового потока связаны с изменением во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током. Величина коэффициента пульсации не должна превышать 20% от общего освещения, согласно ГОСТ 12.3.025-80.

Химические:

1) Запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;

Запыленность рабочей зоны станочника, которая возникает при обработке детали на высоких скоростях, приводит к образованию не только стружки, но и пыли. Пыль – аэрозоль, размер твердых частиц которого более 1 мкм. Причиной выделения пыли является механическая обработка материала. В моем случае - это пыль алюминиевого сплава 1163Т.

В рабочих помещениях ПДК алюминиевой пыли в воздухе не должна превышать 4 мг/м³ по ГОСТ 12.1.005—88.

Психофизиологические:

- перенапряженность зрения;

- монотонность труда;

- умственное утомление;

- несоответствие антропометрических данных человека обслуживаемому оборудованию.

2) Фтористый водород (гидрофторид) обладает резким запахом, дымит на воздухе (вследствие образования с парами воды мелких капелек раствора) и сильно разъедает стенки дыхательных путей.

Предельно допустимая концентрация фтористого водорода в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 в воздухе рабочей зоны производственных помещений 0,5 мг/м³. Порог восприятия запаха фтористого водорода 0,03 мг/м³, порог раздражающего действия 8 мг/м³.

3) Фтористый водород перевозят и хранят в сжиженном состоянии в цистернах, контейнерах, баллонах, которые являются временным его хранилищем.

Серная кислота — очень едкое вещество. Оно поражает кожу, слизистые оболочки, дыхательные пути, вызывает химические ожоги.

Предельно допустимая концентрация аэрозоля серной кислоты в воздухе рабочей зоны 1,0 мг/м³ по СН 245-71.

12.1.2 Опасные производственные факторы

К опасным физическим факторам относятся:

1) движущиеся машины и механизмы;

При отсутствии ограждающих барьеров, могут возникнуть различные травмы: так как оператор может попасть в зону движущихся частей станка.

2) различные транспортные устройства и перемещаемые грузы;

Так как при перемещении изделий оператор рискует попасть в зону транспортирования, что может привести к различным степеням травм.

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		81

3) отлетающие частицы обрабатываемого материала и инструмента;

Стружка может вызвать порезы, занозы, ожоги.

1) электрический ток.

Поражение человека электрическим током может произойти при прикосновениях: к токоведущим частям, находящимся под напряжением; несоблюдении правил планово-предупредительного ремонта; износа и коррозии.

12.2.3 Защита от шума и вибрации

Физиологическое воздействие шума на человека зависит от многих факторов: от уровня звукового давления (интенсивности) шума, его частотного состава, продолжительности действия и индивидуальных особенностей человека.

Методы и средства борьбы с шумом:

- методы снижения шума на пути его распространения;
- изоляция источников шума из зоны обработки;
- применение глушителей шума.

Изоляция источников шума включает такие средства, как звукоизолирующие ограждения, кожухи, кабина, экраны, средства виброизоляции.

Звукоизолирующие ограждения позволяют изолировать источник шума от помещения или само помещение от шума, проникающего извне. Звукоизоляция достигается созданием герметичной преграды на пути распространения воздушного шума.

Методы борьбы с вибрациями машин и оборудованием;

- 1) снижение вибраций воздействием на источник возбуждения (посредством снижения или ликвидации вынуждающих сил);
- 2) отстройка от режима резонанса путем рационального выбора массы или жесткости колеблющейся системы;
- 3) вибродемпфирование - увеличение механического импеданса колеблющихся конструктивных элементов путем увеличения диссипативных сил при колебаниях с частотами, близкими к резонансным;
- 4) динамическое гашение колебаний - присоединение к защищаемому объекту системы, реакции которой уменьшают размах вибрации объекта в точках присоединения системы;
- 5) изменение конструктивных элементов машин и строительных конструкций.

12.3 Техника безопасности

12.3.1 Электробезопасность

В результате воздействия электрического тока могут быть электрические травмы и удары

Общее напряжение в сети – 380В, затем оно понижается до 220В и уже в светильниках – 42В.

По опасности поражения электрическим током механический цех относится к третьему классу (особо опасные помещения: токопроводящий пол и пыль, возможность одновременного касания двух металлических поверхностей).

К защитным мерам от опасности поражения электрическим током относится:

- изоляция токоведущих частей оборудования;

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		82

- обеспечение недоступности токоведущих частей (применение ограждений, кожухов, применение металлических трубок);
- применение малых или безопасных напряжений (светильники малого освещения);
- защитное заземление (Рисунок 4.3.1), предназначено для устранения опасности поражения электрическим током в случае прикосновения к корпусу и к другим нетоковедущим частям оборудования, оказавшегося под напряжением в следствии замыкании на корпусе и по другим причинам;

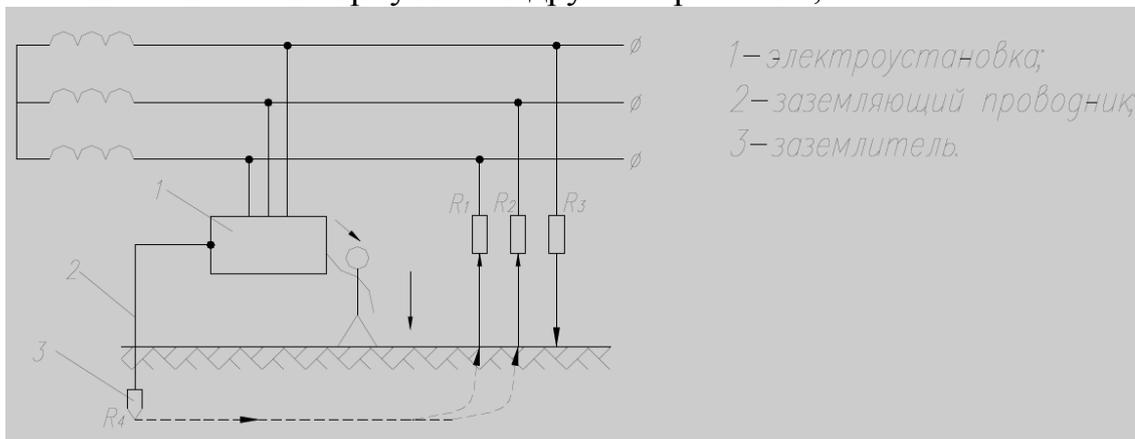


Рисунок 12.3.1 – Схема защитного заземления

Заключение

Основной задачей данной выпускной квалификационной работы являлось проектирование технологического процесса детали типа втулки.

Для решения поставленной задачи необходимо было разработать операционную технологию в условиях заданного производства и достичь наилучших технико-экономических показателей.

При выборе типа заготовки, более подходящей и экономичной оказалась штампованная заготовка.

Были рассчитаны два возможных варианта маршрута изготовления детали и выбран наиболее правильный. Разработаны схемы базирования и рассчитаны диаметральные припуски и размеры.

Также было разработано фрезерное приспособление, чем удалось добиться точную установку и надежное закрепление заготовки втулки, а также постоянное во времени положение заготовки относительно положения станка и режущего инструмента с целью получения необходимой точности размеров и их положения относительно паза.

В экономической части выпускной квалификационной работы была рассчитана себестоимость изготовления детали в условиях заданного производства.

В части дипломного проекта, посвященной безопасности жизнедеятельности, были рассмотрены вредные и опасные факторы, возникающие в процессе производства.

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		85

Список использованных источников

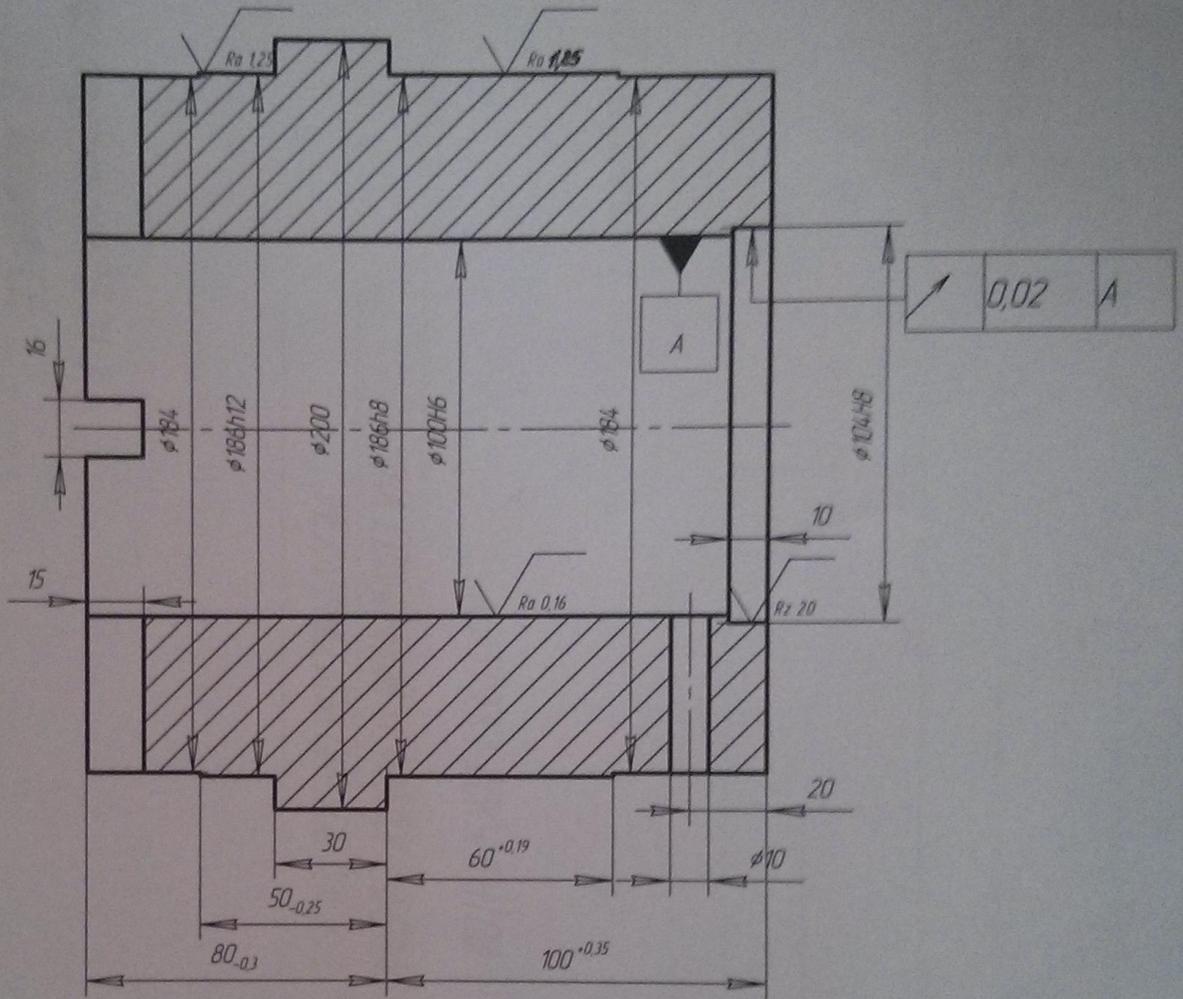
1. Оформление курсовых проектов (работ) и выпускных квалификационных работ технических специальностей; СТО ИрГТУ.005-2015.
1. Горбачевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. – 5-е изд., стереотипное. Перепечатка с четвертого издания 1983г. – М.: ООО ИД Альянс, 2007. – 256 с.
2. Косиловой А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 /Под ред. и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986 г. 656 с, ил.
3. Косиловой А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2/Под ред. и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986 г. 496 с, ил.
4. Стратиевский И.Х. Справочник Абразивная обработка., В.Г. Юрьев, Ю.М. Зубарев-М.: Машиностроение, 2010. 32 с.
5. Гузеев В.И. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерных станков с числовым программным управлением: Справочник. 2-е изд. /Под ред.– М.: Машиностроение, 2007г. 368 с, ил.
6. Общемашиностроительные нормативы режимов резания. В 2-х т.: Т. 1/ Под ред. А.Д. Локтев, И.Ф. Гушин, В.А. Батуев – М.: Машиностроение, 1991. – 640 с, ил.
7. Режимы резания на работы, выполняемые на шлифовальных и доводочных станках с ручным управлением и полуавтоматах: Справочник / Д. В. Ардашев [и др.]. – Челябинск: АТОКСО, 2007. – 384 с.
8. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением, часть 1. М: Машиностроение, 1990. - 472с.
9. Меринов В.П. Технология изготовления деталей. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие /, А.М. Козлов, А.Г. Схиртладзе.- 2-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол: ТНТ, 2010. – 264 с.
11. Кузнецов Ю. И. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник /, А. Р. Маслов, А. Н. Байков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с, ил.
14. ГОСТ 3.1105-2011 ЕСТД. Формы и правила оформления документов общего назначения. - М.: Стандартиформ, 2011
15. ГОСТ 3.1103-2011 ЕСТД. Основные надписи. - М.: Стандартиформ, 2011
16. ГОСТ 3.1127-93 ЕСТД. Общие правила выполнения текстовых технологических документов. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003
17. ГОСТ 3.1128-93 ЕСТД. Общие правила выполнения графических технологических документов. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003
18. ГОСТ 3.1129-93 ЕСТД. Общие правила записи технологической информации в технологических документах на технологические процессы и операции. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003

					0.010.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		86

1.010.00.00

Приложение А

√ Rz 20 (✓)



1 h14, H14; ±IT14/2

0.010.00.00

Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разраб	Каролев СВ	СВ	21.08.15		26,79	1:2
Проб	Солер ЯИ	ЯИ	15.08.15			
Т.контр	Солер ЯИ	ЯИ	15.08.15			
И.контр	Солер ЯИ	ЯИ	15.08.15			
Утв	Жиряев ДА	ДА				
Сталь 15 ГОСТ 4543-71				КТД-11-1		

Копировал

Формат А4

Лист примаен

Стороб №

Подп. и дата

Инд. № дубл

Взам инд №

Подп. и дата

Инд № подл