

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт кибернетики  
Направление подготовки «Машиностроение»  
Кафедра ТАМП

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Разработка технологического процесса изготовления опоры двигателя</b>

УДК 621.9

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л21	Рещиков Константин Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Мухомозов А. В.			

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Конотопский В.Ю.	кандидат наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Мезенцева И. Л.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

## Аннотация

Выпускная квалификационная работа состоит из 4 разделов. В качестве задания был получен чертёж детали для которой разработан технологический маршрут изготовления. В технологическом разделе даны расчёты и пояснения для обеспечения требований, заданных конструктором. В качестве заготовки выбран круглый прокат алюминиевого сплава Д16Т. В конструкторском разделе спроектированы приспособления для сверления отверстий. В экономическом разделе выполнения расчёт стоимости детали. В разделе социальной ответственности и безопасности жизнедеятельности приведены основные требования для безопасной работы оператора за станком.

## Оглавление

Технологическая часть.....	3
1. Предварительная маршрутная технология изготовления детали .....	3
2.1 Анализ технологичности детали .....	3
2.2 Назначение детали .....	3
3. Выбор исходной заготовки .....	4
4. Определение типа производства .....	4
5. Технологический процесс обработки детали.....	6
6. Размерная схема осевых размеров .....	13
7. Назначение допусков на осевые размеры.....	13
8. Расчёт минимальных припусков осевых размеров.....	16
9. Расчёт осевых технологических размеров .....	17
10. Назначение допусков на диаметральные размеры .....	29
11. Расчёт минимальных припусков диаметральных размеров .....	30
12. Расчёт диаметральных технологических размеров .....	31
13. Расчёт и назначение режимов резания .....	43
14. Расчёт основного времени .....	49
Конструкторская часть.....	61
Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» .....	64
Раздел «Социальная ответственность» .....	76
Список используемой литературы.....	84

## Технологическая часть

### 1. Предварительная маршрутная технология изготовления детали

Данная деталь должна быть изготовлена из цветного сплава. А как известно они плохо поддаются шлифованию (происходит засаливание круга), поэтому точные поверхности (выполненные по 6 и 7 классам точности) следует обрабатывать не на шлифовальном станке. Основной вид обработки данной детали – точение. Также в детали имеются отверстия и пазы, которые могут быть получены с помощью операций сверления и фрезерования, соответственно. Предварительная маршрутная технология обработки детали приведена в табл. 1.

Таблица 1. Предварительный маршрут обработки

Номер операции п/п	Название операции	Используемый станок	Краткое описание
005	Ленточно-отрезная	Ленточнопильный	Отрезание заготовки из прутка.
010	Токарная с ЧПУ	Токарный с ЧПУ	Протачивание наружных поверхностей предварительное
015	Фрезерная с ЧПУ	Фрезерный с ЧПУ	Фрезерование пазов и выфрезерование основной части металла внутри. Сверление отверстий.
020	Расточная с ЧПУ	Токарный с ЧПУ	Чистовое растачивание внутренних и точение наружных поверхностей.
025	Сверлильная	Сверлильный	Сверление оставшихся отверстий и нарезание резьб.
030			Нанесения покрытия на деталь, кроме защищённых частей

### 2.1 Анализ технологичности детали

Конструкция детали позволяет получить свободный доступ ко всем обрабатываемым поверхностям. К большей части поверхностей не предъявляется высоких требований точности и качества поверхности, вследствие чего, они могут быть обработаны без дополнительной чистовой обработки. Практически всю деталь можно было бы получить на токарном обрабатывающем центре, однако, имеются элементы (паз на бобышке детали с размером  $1^{+0,5}$ , 2 паза на  $\varnothing 54$ ), которые получить проще на фрезерном станке. Наиболее сложными в данной детали являются поверхности, выполненные по 6 и 7 классам точности. Однако данную точность можно получить на токарном станке с ЧПУ.

Таким образом, с учетом свойств материала детали, как итог описанного выше можно сделать вывод, что конструкция детали технологична.

### 2.2 Назначение детали

Как следует из названия, данная деталь является опорой двигателя. Поверхности, к которым предъявлены высокие требования по точности, а именно  $\varnothing 70k6^{+0,021}_{+0,002}$  и

$\varnothing 75h7_{(-0,03)}$  являются поверхностями сопряжения детали с другими составляющими будущего готового изделия. Поверхности с размером  $\varnothing 70k6_{(+0,021/+0,002)}$  будут использованы для посадки на них подшипников, так как данная посадка для этого характерна.

### 3. Выбор исходной заготовки

Материал детали – алюминиевый сплав Д16Т. Д16 - это сплав алюминия с магнием и медью. Такие сплавы именуется дюралюми, а дюралюми применяются в качестве конструкционных сплавов в авиационной и космической промышленности, благодаря их прочности и относительной лёгкости. В большинстве же случаев в продаже присутствуют уже упроченные и состаренные естественным методом полуфабрикаты, маркируемые Д16Т. Химический состав указан в табл. 2.

Таблица 2. Химический состав алюминиевого сплава Д16Т

Химический состав в % материала ГОСТ 4784-97			
Fe	До 0,5	Al	90,8-94,7
Si	До 0,5	Cu	3,8-4,9
Mn	0,3-0,9	Mg	1,2-1,8
Ni	До 0,1	Zn	До 0,3
Ti	До 0,1	Прочие примеси	0,15

Механические свойства приведены в табл. 3.

Таблица 3. Механические свойства алюминиевого сплава Д16Т

Механические свойства	
Предел прочности при растяжении, МПа	390-410
Относительное удлинение, %	8-10
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	2770
Твёрдость в отожжённом состоянии, НВ	42
Твёрдость в закаленном состоянии, НВ	105

### 4. Определение типа производства

Тип производства определим по методике, указанной в [1] – его определение сводится к расчёту коэффициента закрепления операций. Формула для расчёта коэффициента закрепления операций:

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

где  $t_B$  – такт выпуска детали, мин,  $T_{cp}$  – среднее штучно-калькуляционное время на выполнение технологического процесса, мин.

Такт выпуска детали определяем по формуле:

$$t_B = \frac{F_T}{N_T}, \quad (2)$$

где  $F_T$  – годовой фонд времени работы оборудования, мин,  $N_T$  – годовая программа выпуска.

Годовой фонд времени оборудования при двухсменном режиме работы

$$t_b = \frac{4029 \cdot 60}{3000} = 80,580 \text{ мин.}$$

Среднее штучно-калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса:

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

где  $T_{ш-к.i}$  – штучно-калькуляционное время  $i$ -ой основной операции, мин,  $n$  – количество основных операций.

В качестве основных операций выберем 4 операции ( $n = 4$ ): предварительную токарную, фрезерную, сверлильную и расточную, выполненную на токарном станке.

Штучно-калькуляционное время  $i$ -ой операции определяем по формуле (4) и рекомендациям приложения [1, с.147]:

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

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

Ориентировочный расчёт основного технологического времени  $T_{o.i}$  произведём по эмпирическим зависимостям, которые приведены в [1, с.146]. Для удобства сведём их в таблицу (табл.4):

Таблица 4. Технологическое время, рассчитанное по формулам

Операция	Переход	Зависимость для определения $T_o$ , мин	Основное технологическое время $T_o \cdot 10^{-3}$ , мин	Коэффициент $\varphi_k$	Штучно-калькуляционное время $T_{ш.к.}$ , мин (по формуле 4)
Отрезная	1	$0,19D^2$	1,539	2,14	3,293
	2	$0,17dl$	0,524	2,14	1,121
Токарная	3	$0,1dl \times 3$ прохода	0,528	2,14	1,130
	4	$0,52dl$	0,234	2,14	0,500
	5	$0,037(D^2 - d^2)$	0,003	2,14	0,006
	6	$0,052(D^2 - d^2)$	0,004	2,14	0,009
	7	$0,1dl \times 3$ прохода	1,800	2,14	3,852
	8	$0,52dl$	0,003	2,14	0,006

Фрезерная	9	7l	0,056	1,84	0,103
	10	7l	0,420	1,84	0,773
	11	7l	0,518	1,84	0,953
	12	7l	0,028	1,84	0,052
	13	0,52dlx6 отв.	0,084	1,72	0,145
	14	0,52dlx6 отв.	0,225	1,72	0,387
	15	0,4dlx6 отв.	0,134	1,72	0,230
	16	0,86dl	0,023	1,72	0,039
Токарная	17	0,17dl	0,083	2,14	0,178
	18	0,17dl	0,560	2,14	1,198
	19	0,17dl	0,952	2,14	2,037
Сверлильная	20	0,52dlx6 отв.	0,693	1,72	1,192
	21	0,4dlx6 отв.	0,475	1,72	0,817
	22	0,52dlx6 отв.	0,103	1,72	0,177
	23	0,4dlx6 отв.	0,053	1,72	0,091

Произведём подсчёт среднего штучно-калькуляционного времени по формуле (3).

$$T_{cp} = \frac{18,289}{5} = 3,658 \text{ мин.}$$

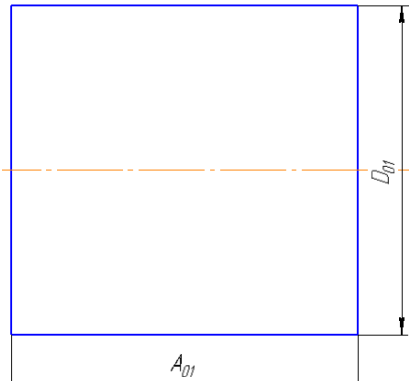
Тогда по формуле (1), коэффициент закрепления операций равен:

$$K_{з.о.} = \frac{80,580}{3,658} = 22,028$$

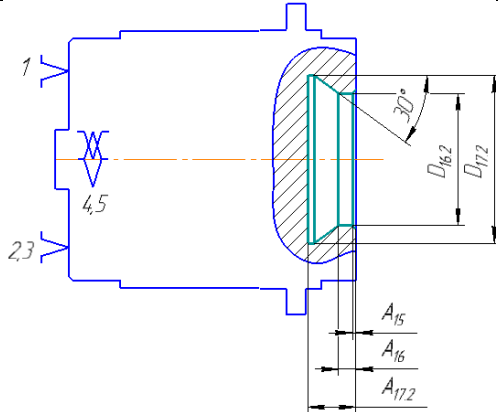
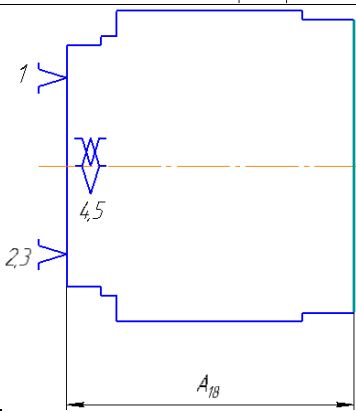
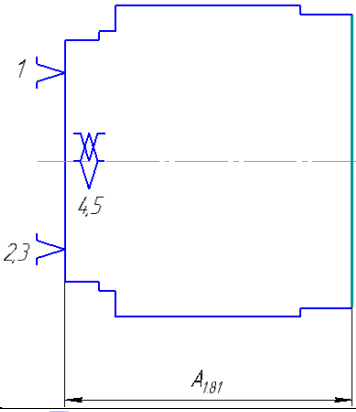
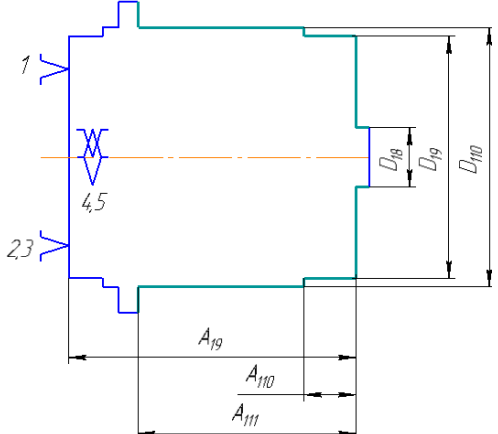
Значения данного коэффициента попадают в пределы мелкосерийного производства ( $K_{з.о.} = 20 - 40$ ).

### 5. Технологический процесс обработки детали

Ниже приведён технологический процесс обработки детали по переходам.

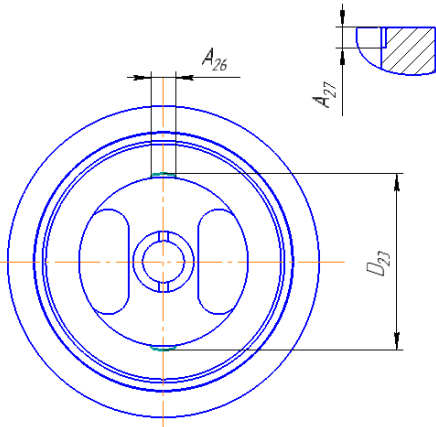
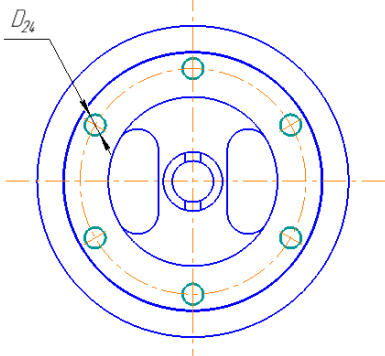
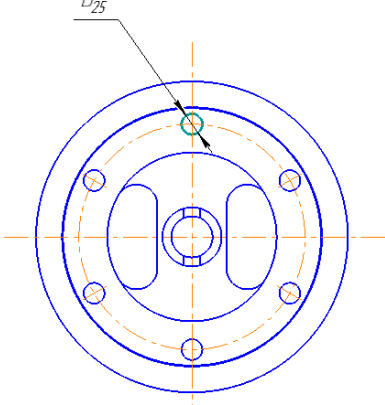
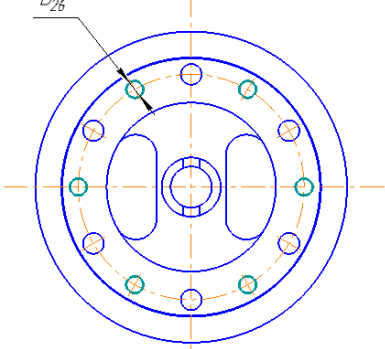
№ операции	№ перехода	Эскиз	Описание операции
005	1		Отрезать заготовку диаметром $\varnothing D_{01}$ в размер $A_{01}$

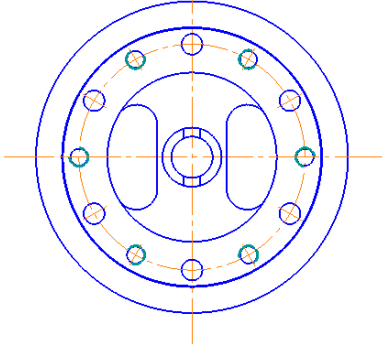
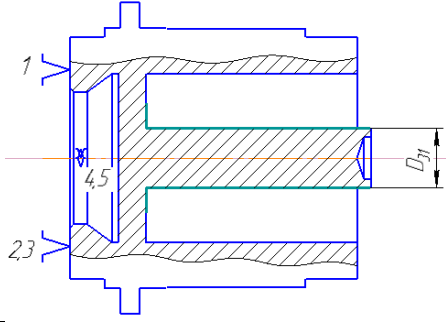
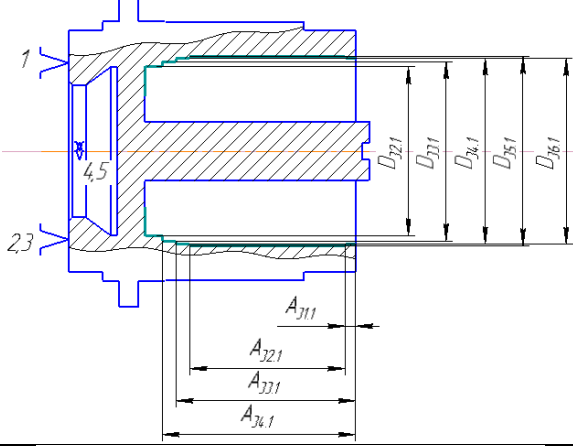
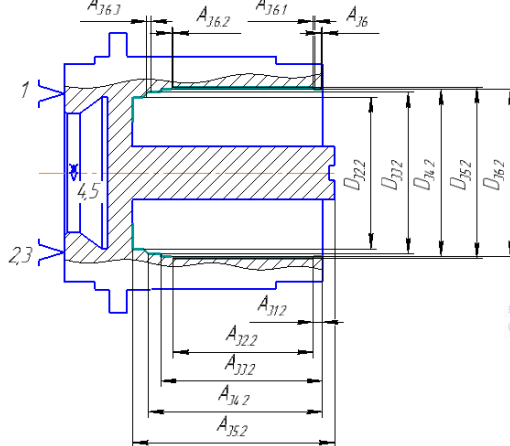
010	1		<p>Установ А</p> <p>– Точить по контуру, выдерживая размеры <math>\Phi D_{11}</math>, <math>A_{11}</math>, <math>A_{12}</math></p> <p>– <math>A_{12}=40</math> мм</p>
	2		<p>Установ Б</p> <p>– Точить по контуру, выдерживая размеры <math>\Phi D_{12}</math>, <math>\Phi D_{13}</math>, <math>\Phi D_{14}</math>, <math>A_{12}</math>, <math>A_{13}</math>, <math>A_{14}</math></p> <p>– Размер <math>\Phi D_{14}</math> точить напроход</p>
	3		<p>Сверлить заготовку сверлом <math>\Phi D_{15.1}</math> на расстояние <math>A_{15.1}</math></p>
	4		<p>Расточить отверстие, выдерживая размеры <math>\Phi D_{16.1}</math>, <math>\Phi D_{17.1}</math>, <math>\Phi D_{14}</math>, <math>A_{12}</math>, <math>A_{13}</math>, <math>A_{14}</math></p>

5		<p>Расточить отверстие, выдерживая размеры <math>\varnothing D_{16.2}</math>, <math>\varnothing D_{17.2}</math>, <math>A_{15}</math>, <math>A_{16}</math>, <math>A_{17.2}</math></p>
6		<p>Установ В Подрезать торец, выдерживая размер <math>A_{18}</math></p>
7		<p>Подрезать торец, выдерживая размер <math>A_{1.8.1}</math></p>
8		<p>Точить по контуру, выдерживая размеры <math>\varnothing D_{18}</math>, <math>\varnothing D_{19}</math>, <math>\varnothing D_{110}</math>, <math>A_{19}</math>, <math>A_{110}</math>, <math>A_{111}</math></p>

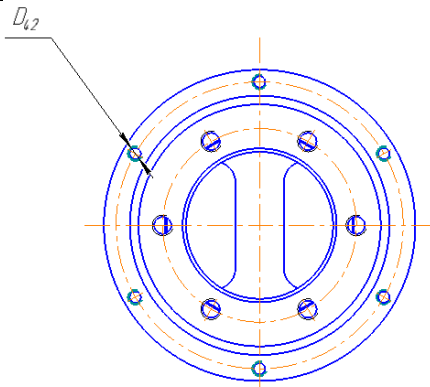
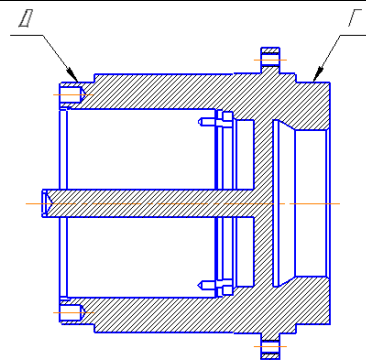


	9		<p>Сверлить заготовку сверлом <math>\Phi D_{111}</math> на расстояние <math>A_{112}</math></p>
	1		<p>Фрезеровать паз, выдерживая размеры <math>A_{21}, A_{22}</math></p>
015	2,3		<p>Выфрезеровать полость, выдерживая размеры <math>D_{21}, D_{22}, A_{23}</math></p>
	4,5		<p>Фрезеровать 2 отверстия насквозь, выдерживая размеры <math>A_{24}, A_{25}, R_{21}</math></p>

6, 7		<p>Фрезеровать 2 паза на глубину <math>A_{27}</math>, выдерживая размеры <math>D_{23}</math>, <math>A_{26}</math></p>
8		<p>Сверлить 6 отверстий сверлом диаметром <math>D_{24}</math> в упор</p>
9		<p>Развернуть одно отверстие в диаметр <math>D_{25}</math></p>
10		<p>Просверлить 6 отверстий сверлом диаметром <math>D_{26}</math> в упор</p>

	11		Нарезать резьбу в отверстиях диаметром $D_{26}$
	1		Точить штырёк $\Phi D_{31}$ в детали на расстояние $61^{+0,3}$
020	2		Точить внутреннюю поверхность заготовки по контуру, выдерживая размеры $\Phi D_{32.1}$ , $\Phi D_{33.1}$ , $\Phi D_{34.1}$ , $\Phi D_{35.1}$ , $\Phi D_{36.1}$ , $A_{31.1}$ , $A_{32.1}$ , $A_{33.1}$ , $A_{34.1}$
	3		Точить внутреннюю поверхность заготовки по контуру, выдерживая размеры $\Phi D_{32.2}$ , $\Phi D_{33.2}$ , $\Phi D_{34.2}$ , $\Phi D_{35.2}$ , $\Phi D_{36.2}$ , $A_{31.2}$ , $A_{32.2}$ , $A_{33.2}$ , $A_{36}$ , $A_{36.1}$ , $A_{36.2}$ , $A_{36.3}$ ,

	4		<p>Точить внутреннюю поверхность заготовки по контуру, выдерживая размеры <math>\Phi D_{37}</math>, <math>\Phi D_{38}</math>, <math>\Phi D_{39}</math>, <math>\Phi D_{310}</math>, <math>\Phi D_{311}</math>, <math>A_{36.4}</math>, <math>A_{37}</math>, <math>A_{38}</math>, <math>A_{39}</math>, <math>A_{3.10}</math>, <math>A_{3.11}</math></p>
025	1		<p>Сверлить 6 отверстий сверлом диаметром <math>D_{41}</math> в упор</p>
	2		<p>Нарезать резьбу в отверстиях диаметром <math>D_{41}</math> напроход</p>
	3		<p>Просверлить 6 отверстий сверлом диаметром <math>D_{42}</math> насквозь</p>

	4		Нарезать резьбу в отверстиях диаметром $D_{42}$ насквозь
030	1		Покрывать деталь Ан. Окс. Хр. Поверхности $\Gamma$ и $\Delta$ от покрытия защитить.

Полный маршрут обработки детали с указанием размеров, оснастки, а также используемых измерительных и режущих инструментов приведён в операционной карте.

#### 6. Размерная схема осевых размеров

Размерная схема осевых размеров приведена в приложении 1.

#### 7. Назначение допусков на осевые размеры

Используя методику определения допусков по [2, с.80], определим, что технологические допуски, заведомо больше заданных на чертеже. Однако данная в источниках [2] информация является устаревшей. Современные станки обеспечивают точность позиционирования инструмента до 10 мкм (пример: станок с ЧПУ модель 160НТ, производитель «Стерлитамакский станкостроительный завод»). Поэтому значения среднестатистической погрешности примем:

Значение среднестатистической погрешности $\omega_c$ (мм)		
Для черновой обработки	Для получистовой обработки	Для чистовой обработки
0,08-0,15	0,03-0,08	0,01-0,03

Допуски на осевые размеры сведём в таблицу (табл. 5)

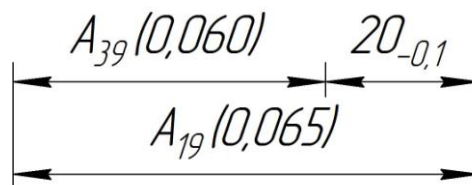
Таблица 5. Допуски на осевые размеры

№ технологического размера	Составляющие допуска, мм			Суммарное значение, мм	Обеспечиваемый конструкторский размер, мм
	$\omega_c$	$\rho$	$\varepsilon_y$		
$A_{01}$	-	3,0	-	3,000	-

$A_{11}$	0,150	1,5	0,15	1,800	-
$A_{12}$	0,150	1,5	0,05	1,700	-
$A_{13}$	0,150	-	0	0,150	-
$A_{14}$	0,150	-	0	0,150	-
$A_{15}$	0,080	-	0	0,080	-
$A_{16.1}$	0,080	-	0	0,080	-
$A_{16.2}$	0,080	-	0	0,080	$10^{+0,1}$
$A_{17.1}$	0,080	-	0	0,080	-
$A_{17.2}$	0,080	-	0	0,080	$16,5^{+0,2}$
$A_{18}$	0,030	0,09	0,05	0,170	-
$A_{1.8.1}$	0,030	-	0,05	0,080	$83_{-0,1}$
$A_{19}$	0,015	-	0,05	0,065	$78_{-0,1}$
$A_{1.10}$	0,080	-	-	0,080	-
$A_{1.11}$	0,080	-	-	0,080	-
$A_{1.12}$	0,080	-	-	0,080	$1^{+0,1}$
$A_{21}$	0,030	-	0,05	0,080	$1,3^{+0,2}$
$A_{22}$	0,500	-	-	0,500	-
$A_{23}$	0,080	-	0,05	0,130	-
$A_{24}$	0,500	-	-	0,500	-
$A_{25}$	0,500	-	-	0,500	-
$A_{26}$	0,030	-	-	0,030	-
$A_{27}$	0,030	-	-	0,030	$3^{+0,3}$
$A_{3.1.1}$	0,080	-	0,05	0,130	-
$A_{3.2.1}$	0,150	-	-	0,150	-
$A_{3.3.1}$	0,030	-	0,05	0,080	-
$A_{3.4.1}$	0,200	-	0,05	0,250	-
$A_{3.1.2}$	0,080	-	0,05	0,130	$2^{+0,2}$
$A_{3.2.2}$	0,150	-	-	0,150	$43^{+0,2}$
$A_{3.3.2}$	0,030	-	0,05	0,080	$47^{+0,1}$
$A_{3.4.2}$	0,200	-	0,05	0,250	$50^{+0,3}$
$A_{35}$	0,200	-	0,05	0,250	$61^{+0,3}$
$A_{36}$	0,2	-	-	0,2	$0,3 \pm 0,1 \times 45^\circ$
$A_{3.6.1}$	0,2	-	-	0,2	$0,3 \pm 0,1 \times 45^\circ$
$A_{3.6.2}$	0,2	-	-	0,4	$0,3 \pm 0,1 \times 45^\circ$
$A_{3.6.3}$	0,4	-	-	0,4	$1 \pm 0,2 \times 45^\circ$
$A_{3.6.4}$	0,4	-	-	0,4	$0,5 \pm 0,2 \times 45^\circ$
$A_{37}$	0,030	-	0,05	0,080	$9,9_{-0,1}$
$A_{38}$	0,030	-	0,05	0,080	$50^{+0,1}$
$A_{39}$	0,010	-	0,05	0,060	-
$A_{3.10}$	0,010	-	0,05	0,060	-
$A_{3.11}$	0,010	-	0,05	0,060	-

Как видно из таблицы, все допуски технологических размеров обеспечивают точность допусков конструкторских размеров. Однако в таблице указаны только размеры, которые выдерживаются непосредственно. Для конструкторских размеров, выдерживаемых через цепь технологических, составим схемы, чтобы проверить их обеспечение:

Для конструкторского размера  $20_{-0,1}$ :



Проверим обеспечение точности:

$$0,1 \geq 0,060 + 0,065$$

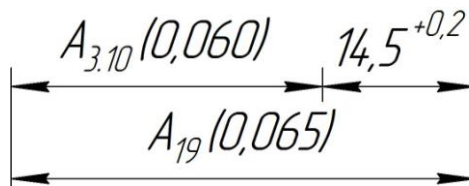
Условие обеспечения точности размера суммированием допусков не выполняется. Проверим, обеспечивается ли конструкторский размер при расчёте вероятностным методом:

$$0,1 \geq \sqrt{0,060^2 + 0,065^2}$$

$$0,1 \geq 0,088$$

Точность размера обеспечивается. Следовательно, дальнейший расчёт данных технологических размеров возможен только методом средних значений.

Для конструкторского размера  $14,5^{+0,2}$ :

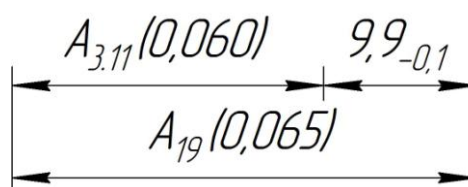


Проверим обеспечение точности:

$$0,2 \geq 0,060 + 0,065$$

Точность размера обеспечивается. Следовательно, дальнейший расчёт данных технологических размеров возможен как методом средних значений, так и методом максимумов-минимумов

Для конструкторского размера  $9,9_{-0,1}$ :



Проверим обеспечение точности:

$$0,1 \geq 0,060 + 0,065$$

Условие обеспечения точности размера суммированием допусков не выполняется. Проверим, обеспечивается ли конструкторский размер при расчёте вероятностным методом:

$$0,1 \geq \sqrt{0,060^2 + 0,065^2}$$

$$0,1 \geq 0,088$$

Точность размера обеспечивается. Следовательно, дальнейший расчёт данных технологических размеров возможен только методом средних значений.

#### 8. Расчёт минимальных припусков осевых размеров

Для расчёта минимальных припусков осевых размеров воспользуемся следующей формулой:

$$Z_{min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i \quad (5)$$

где  $Rz_{i-1}$  – высота неровностей профиля на предшествующем переходе;  $h_{i-1}$  – глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем слое;  $\rho_{i-1}$  – суммарное значение пространственных отклонений, полученных на предшествующем переходе;  $\varepsilon_i$  – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

Уточним, что некоторые размеры (размеры внутреннего контура после фрезерования и размеры внутреннего контура после растачивания) могут быть получены после снятия напуска.

Данные из формулы (5), для удобства, сведём в таблицу (табл. 6)

Таблица 6. Минимальные припуски на обработку осевых размеров

Название перехода	Обозначение припуска	Составляющее припуска, мкм				Суммарное значение припуска, мкм
		$Rz_{i-1}$	$h_{i-1}$	$\rho_{i-1}$	$\varepsilon_i$	
Черновое точение под базу	$Z_{11min}$	125	120	1583	100	1928
Черновое точение по контуру	$Z_{12min}$	125	120	1583	100	1928
Растачивание чистовое внутреннее	$Z_{16.2min}$	-	-	-	-	$\frac{3Z_{16.2}^D}{\sqrt{3}}$
Растачивание чистовое внутреннее	$Z_{17.2min}$	63	60	40	60	223
Черновая подрезка торца	$Z_{18min}$	125	120	90	60	395
Чистовая подрезка торца	$Z_{1.8.1min}$	63	60	90	60	273
Растачивание чистовое внутреннее	$Z_{35min}$	63	60	40	60	223



Точение чистовое наружное	$Z_{37min}$	63	60	40	60	223
Точение чистовое наружное	$Z_{39min} = Z_{3.10min} = Z_{3.11min}$	63	60	30	60	213

Минимальное значение припусков, снимаемых при чистовом растачивании у размеров  $A_{3.1.2}, A_{3.2.2}, A_{3.3.2}, A_{3.4.2}$  примем равными по значению припуску  $Z_{35min}$ , то есть  $Z_{35min} = Z_{3.1.2min} = Z_{3.2.2min} = Z_{3.3.2min} = Z_{3.4.2min}$ . Такое допущение возможно из-за съёма этого припуска по программе, задаваемой на станке с ЧПУ.

### 9. Расчёт осевых технологических размеров

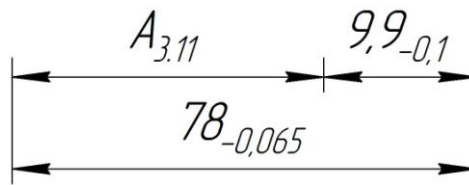
Сведём значения осевых конструкторских размеров в таблицу (табл.7), сопоставляя им те технологические размеры, которые непосредственно выдерживаются. Также следует учесть, что допуски на те размеры, которые выдерживаются непосредственно и в дальнейшем не участвуют в расчёте конструкторского размера как часть размерной цепи, можно увеличить.

Таблица 7. Соответствующие конструкторским технологические размеры

Конструкторский размер $K$ , мм	Технологический размер $A$
$10^{+0,1}$	$A_{16.2}$
$16,5^{+0,2}$	$A_{17.2}$
$83_{-0,1}$	$A_{1.8.1}$
$78_{-0,1}$	$A_{19}$
$1^{+0,1}$	$A_{1.12}$
$1,3^{+0,2}$	$A_{21}$
$3^{+0,3}$	$A_{27}$
$2^{+0,2}$	$A_{3.1.2}$
$43^{+0,2}$	$A_{3.2.2}$
$47^{+0,1}$	$A_{3.3.2}$
$50^{+0,3}$	$A_{3.4.2}$
$61^{+0,3}$	$A_{35}$
$0,3 \pm 0,1 \times 45^\circ$	$A_{36} = A_{3.61} = A_{3.62}$
$1 \pm 0,2 \times 45^\circ$	$A_{3.63} = A_{15}$
$0,5 \pm 0,2 \times 45^\circ$	$A_{3.64}$
$9,9_{-0,1}$	$A_{37}$
$50^{+0,1}$	$A_{38}$

Оставшиеся значения технологических размеров рассчитаем через цепи, начиная с последних:

1) Размер  $A_{3.11}$



В данной цепи конструкторский размер является замыкающим, поэтому формула для расчёта размера  $A_{3.11}$  примет вид:

$$9,9_{-0,1} = 78_{-0,065} - A_{3.11},$$

Откуда  $A_{3.11}$ :

$$A_{3.11} = 78_{-0,065} - 9,9_{-0,1}.$$

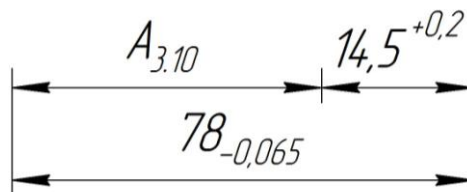
Расчёт размера произведём методом средних значений, т.е.:

$$A_{3.11}^{\text{cp}} = 77,968 - 9,85 = 68,118 \text{ мм.}$$

Тогда значение размера  $A_{3.11}$  с учётом допуска:

$$A_{3.11} = 68,14_{-0,06} \text{ мм}$$

2) Размер  $A_{3.10}$



В данной цепи, как и в предыдущей, конструкторский размер является замыкающим. Формула для расчёта размера  $A_{3.10}$  имеет вид:

$$14,5^{+0,2} = 78_{-0,065} - A_{3.10},$$

Откуда  $A_{3.10}$ :

$$A_{3.10} = 78_{-0,065} - 14,5^{+0,2}.$$

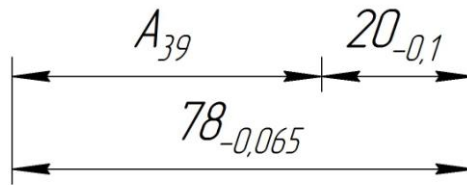
Расчёт размера произведём методом средних значений:

$$A_{3.10}^{\text{cp}} = 77,968 - 14,6 = 63,368 \text{ мм.}$$

Тогда значение размера  $A_{3.10}$  с учётом допуска:

$$A_{3.10} = 63,39_{-0,06} \text{ мм}$$

3) Размер  $A_{39}$



В данной цепи, как и в предыдущей, конструкторский размер является замыкающим. Формула для расчёта размера  $A_{39}$  имеет вид:

$$20_{-0,1} = 78_{-0,065} - A_{39},$$

Откуда  $A_{39}$ :

$$A_{39} = 78_{-0,065} - 20_{-0,1}.$$

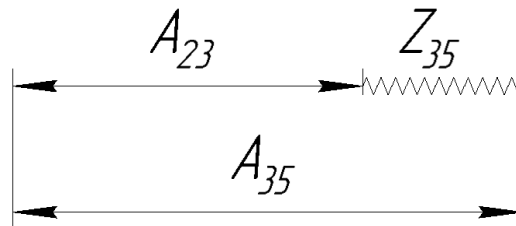
Расчёт размера произведём методом средних значений, т.е.:

$$A_{39}^{\text{cp}} = 77,968 - 19,95 = 58,018 \text{ мм.}$$

Тогда значение размера  $A_{39}$  с учётом допуска:

$$A_{39} = 58,04_{-0,06} \text{ мм.}$$

#### 4) Размер $A_{23}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $A_{23}$  имеет вид:

$$Z_{35} = A_{35} - A_{23},$$

Откуда  $A_{23}$ :

$$A_{23} = A_{35} - Z_{35},$$

где  $Z_{35}^{\text{cp}}$  — среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{35}^{\text{cp}} = \frac{2Z_{35\text{min}} + TA_{35} + TA_{23}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{35}^{\text{cp}} = \frac{2 \cdot 0,223 + 0,3 + 0,130}{2} = 0,438 \text{ мм}$$

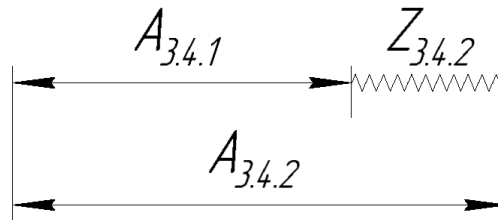
Тогда размер  $A_{23}$

$$A_{23}^{cp} = 61,15 - 0,438 = 60,712 \text{ мм.}$$

Значение размера  $A_{23}$  с учётом допуска:

$$A_{23} = 60,7 \pm 0,065 \text{ мм}$$

5) Размер  $A_{3.4.1}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $A_{3.4.1}$  имеет вид:

$$Z_{3.4.2} = A_{3.4.2} - A_{3.4.1},$$

Откуда  $A_{3.4.1}$ :

$$A_{3.4.1} = A_{3.4.2} - Z_{3.4.2},$$

где  $Z_{3.4.2}^{cp}$  — среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{3.4.2}^{cp} = \frac{2Z_{3.4.2min} + TA_{3.4.1} + TA_{3.4.2}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{3.4.2}^{cp} = \frac{2 \cdot 0,223 + 0,250 + 0,250}{2} = 0,473 \text{ мм}$$

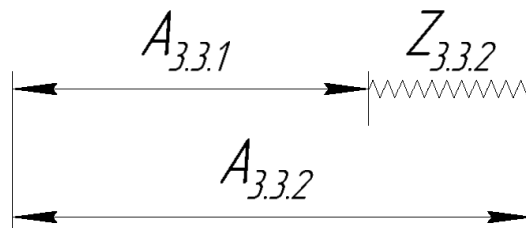
Тогда размер  $A_{3.4.1}$

$$A_{3.4.1}^{cp} = 50,150 - 0,473 = 49,677 \text{ мм.}$$

Значение размера  $A_{3.4.1}$  с учётом допуска:

$$A_{3.4.1} = 49,67 \pm 0,125 \text{ мм.}$$

6) Размер  $A_{3.3.1}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $A_{3.3.1}$  имеет вид:

$$Z_{3.3.2} = A_{3.3.2} - A_{3.3.1},$$

Откуда  $A_{3.3.1}$ :

$$A_{3.3.1} = A_{3.3.2} - Z_{3.3.2},$$

где  $Z_{3.3.2}^{cp}$  – среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{3.3.2}^{cp} = \frac{2Z_{3.3.2min} + TA_{3.3.1} + TA_{3.3.2}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{3.3.2}^{cp} = \frac{2 \cdot 0,223 + 0,080 + 0,080}{2} = 0,303 \text{ мм}$$

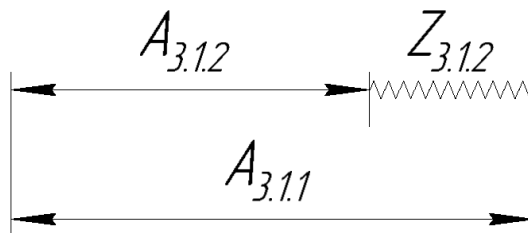
Тогда размер  $A_{3.3.1}$

$$A_{3.3.1}^{cp} = 47,050 - 0,303 = 46,747 \text{ мм.}$$

Значение размера  $A_{3.3.1}$  с учётом допуска:

$$A_{3.3.1} = 46,74 \pm 0,04 \text{ мм}$$

7) Размер  $A_{3.1.1}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $A_{3.1.1}$  имеет вид:

$$Z_{3.1.2} = A_{3.1.1} - A_{3.1.2},$$

Откуда  $A_{3.1.1}$ :

$$A_{3.1.1} = A_{3.1.2} + Z_{3.1.2},$$

где  $Z_{3.1.2}^{cp}$  – среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{3.1.2}^{cp} = \frac{2Z_{3.1.2min} + TA_{3.1.1} + TA_{3.1.2}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{3.1.2}^{cp} = \frac{2 \cdot 0,223 + 0,130 + 0,130}{2} = 0,353 \text{ мм}$$

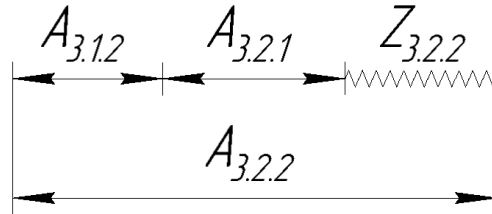
Тогда размер  $A_{3.1.1}$

$$A_{3.1.1}^{\text{cp}} = 2,100 + 0,353 = 2,453 \text{ мм.}$$

Значение размера  $A_{3.1.1}$  с учётом допуска:

$$A_{3.1.1} = 2,52_{-0,130} \text{ мм.}$$

8) Размер  $A_{3.2.1}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $A_{3.2.1}$  имеет вид:

$$Z_{3.2.2} = A_{3.2.2} - A_{3.2.1} - A_{3.1.2},$$

Откуда  $A_{3.2.1}$ :

$$A_{3.2.1} = A_{3.2.2} - Z_{3.2.2} - A_{3.1.2},$$

где  $Z_{3.2.2}^{\text{cp}}$  — среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{3.2.2}^{\text{cp}} = \frac{2Z_{3.2.2\text{min}} + TA_{3.2.2} + TA_{3.1.2} + TA_{3.2.1}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{3.2.2}^{\text{cp}} = \frac{2 \cdot 0,223 + 0,130 + 0,130 + 0,150}{2} = 0,428 \text{ мм}$$

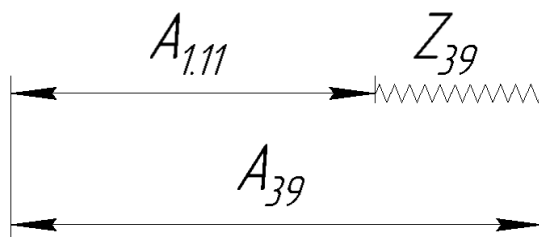
Тогда размер  $A_{3.2.1}$

$$A_{3.2.1}^{\text{cp}} = 43,100 - 0,428 - 2,100 = 40,572 \text{ мм.}$$

Значение размера  $A_{3.2.1}$  с учётом допуска:

$$A_{3.2.1} = 40,50^{+0,150} \text{ мм.}$$

9) Размер  $A_{1.11}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $A_{1.11}$  имеет вид:

$$Z_{39} = A_{39} - A_{1.11},$$

Откуда  $A_{1.11}$ :

$$A_{1.11}^{\text{cp}} = A_{39}^{\text{cp}} - Z_{39}^{\text{cp}},$$

где  $Z_{39}^{\text{cp}}$  — среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{39}^{\text{cp}} = \frac{2Z_{39\text{min}} + TA_{39} + TA_{1.11}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{39}^{\text{cp}} = \frac{2 \cdot 0,213 + 0,06 + 0,08}{2} = 0,283 \text{ мм}$$

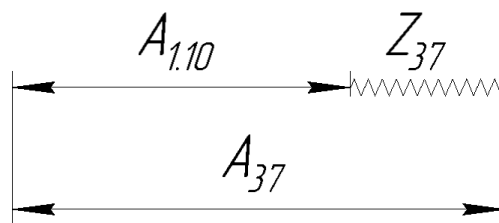
Тогда размер  $A_{1.11}$

$$A_{1.11}^{\text{cp}} = 58,018 - 0,283 = 57,735 \text{ мм.}$$

Значение размера  $A_{1.11}$  с учётом допусков:

$$A_{1.11} = 57,73 \pm 0,04$$

#### 10) Размер $A_{1.10}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $A_{1.10}$  имеет вид:

$$Z_{37} = A_{37} - A_{1.10},$$

Откуда  $A_{1.10}$ :

$$A_{1.10}^{\text{cp}} = 9,85 - Z_{37}^{\text{cp}},$$

где  $Z_{37}^{\text{cp}}$  — среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{37}^{\text{cp}} = \frac{2Z_{37\text{min}} + TA_{37} + TA_{1.10}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{37}^{\text{cp}} = \frac{2 \cdot 0,223 + 0,08 + 0,08}{2} = 0,303 \text{ мм}$$

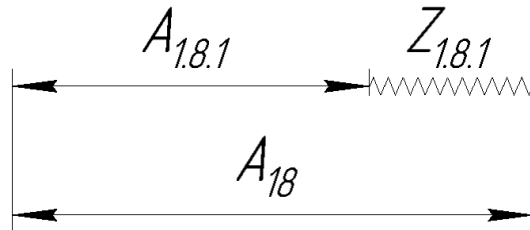
Тогда размер  $A_{1.10}$

$$A_{1.10}^{\text{cp}} = 9,85 - 0,303 = 9,547 \text{ мм.}$$

Значение размера  $A_{1.10}$  с учётом допуска:

$$A_{1.10} = 9,54 \pm 0,04 \text{ мм.}$$

11) Размер  $A_{18}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $A_{18}$  имеет вид:

$$Z_{1.8.1} = A_{18} - A_{1.8.1},$$

Откуда  $A_{18}$ :

$$A_{18}^{\text{cp}} = A_{1.8.1}^{\text{cp}} + Z_{1.8.1}^{\text{cp}},$$

где  $Z_{1.8.1}^{\text{cp}}$  — среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{1.8.1}^{\text{cp}} = \frac{2Z_{1.8.1\text{min}} + TA_{1.8.1} + TA_{18}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{1.8.1}^{\text{cp}} = \frac{2 \cdot 0,273 + 0,08 + 0,170}{2} = 0,398 \text{ мм}$$

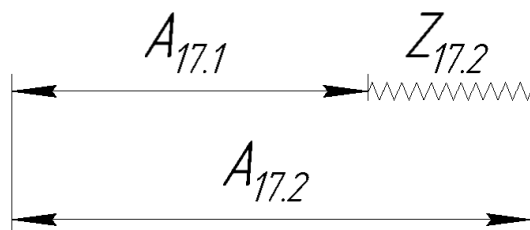
Тогда размер  $A_{1.11}$

$$A_{18}^{\text{cp}} = 82,95 + 0,398 = 83,348 \text{ мм.}$$

Значение размера  $A_{18}$  с учётом допуска:

$$A_{18} = 83,45_{-0,17} \text{ мм.}$$

12) Размер  $A_{17.1}$





В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $A_{17.1}$  имеет вид:

$$Z_{17.2} = A_{17.2} - A_{17.1},$$

Откуда  $A_{17.1}$ :

$$A_{17.1}^{\text{cp}} = A_{17.2}^{\text{cp}} - Z_{17.2}^{\text{cp}},$$

где  $Z_{17.2}^{\text{cp}}$  — среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{17.2}^{\text{cp}} = \frac{2Z_{17.2\text{min}} + TA_{17.2} + TA_{17.1}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{17.2}^{\text{cp}} = \frac{2 \cdot 0,223 + 0,080 + 0,080}{2} = 0,303 \text{ мм}$$

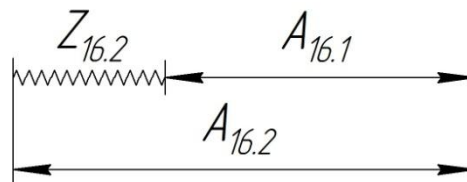
Тогда размер  $A_{17.1}$

$$A_{17.1}^{\text{cp}} = 16,6 - 0,303 = 16,297 \text{ мм.}$$

Значение размера  $A_{17.1}$  с учётом допуска:

$$A_{17.1} = 16,29 \pm 0,04 \text{ мм.}$$

### 13) Размер $A_{16.1}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $A_{16.1}$  имеет вид:

$$Z_{16.2} = A_{16.2} - A_{16.1},$$

Откуда  $A_{16.1}$ :

$$A_{16.1} = A_{16.2} - Z_{16.2}^{\text{cp}},$$

где  $Z_{16.2}^{\text{cp}}$  — среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{16.2}^{\text{cp}} = \frac{3Z_{16.2}^D}{\sqrt{3}},$$

Подставляя числа:

$$Z_{16.2}^{\text{cp}} = \frac{3 \cdot 0,435}{\sqrt{3}} = 0,785 \text{ мм}$$

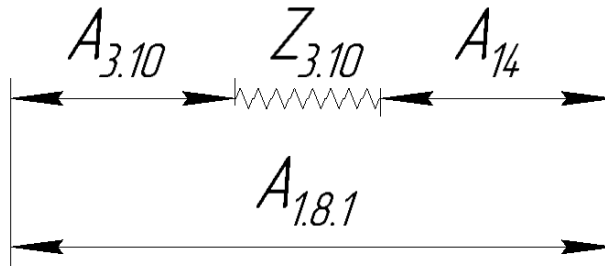
Тогда размер  $A_{16.1}$

$$A_{16.1}^{\text{cp}} = 10,05 - 0,785 = 9,265 \text{ мм.}$$

Значение размера  $A_{16.1}$  с учётом допуска:

$$A_{16.1} = 9,3_{-0,08} \text{ мм.}$$

14) Размер  $A_{14}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $A_{14}$  имеет вид:

$$Z_{3.10} = A_{1.8.1} - A_{3.10} - A_{14},$$

Откуда  $A_{14}$ :

$$A_{14} = A_{1.8.1} - A_{3.10} - Z_{3.10},$$

где  $Z_{3.10}^{\text{cp}}$  — среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{3.10}^{\text{cp}} = \frac{2Z_{3.10\text{min}} + TA_{1.8.1} + TA_{3.10} + TA_{14}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{3.10}^{\text{cp}} = \frac{2 \cdot 0,213 + 0,08 + 0,06 + 0,150}{2} = 0,358 \text{ мм}$$

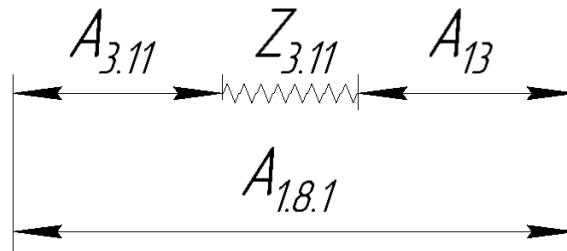
Тогда размер  $A_{14}$

$$A_{14}^{\text{cp}} = 82,95 - 63,368 - 0,358 = 19,224 \text{ мм.}$$

Значение размера  $A_{14}$  с учётом допуска:

$$A_{14} = 19,14^{+0,150} \text{ мм.}$$

15) Размер  $A_{13}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $A_{13}$  имеет вид:

$$Z_{3.11} = A_{1.8.1} - A_{3.11} - A_{13},$$

Откуда  $A_{13}$ :

$$A_{13} = A_{1.8.1} - A_{3.11} - Z_{3.11},$$

где  $Z_{3.11}^{\text{cp}}$  — среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{3.11}^{\text{cp}} = \frac{2Z_{3.11\text{min}} + TA_{1.8.1} + TA_{3.11} + TA_{13}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{3.11}^{\text{cp}} = \frac{2 \cdot 0,213 + 0,08 + 0,06 + 0,150}{2} = 0,358 \text{ мм}$$

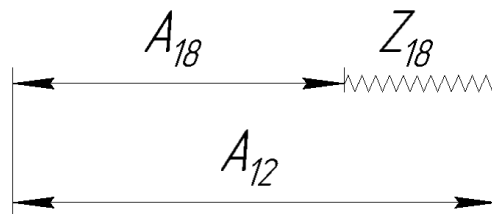
Тогда размер  $A_{13}$

$$A_{13}^{\text{cp}} = 82,95 - 68,118 - 0,358 = 14,474 \text{ мм.}$$

Значение размера  $A_{13}$  с учётом допуска:

$$A_{13} = 14,39^{+0,150} \text{ мм.}$$

16) Размер  $A_{12}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта припуска  $Z_{18}$  имеет вид:

$$Z_{18} = A_{12} - A_{18},$$

Откуда  $A_{12}$ :

$$A_{12}^{cp} = A_{18}^{cp} + Z_{18}^{cp},$$

где  $Z_{18}^{cp}$  – среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{18}^{cp} = \frac{2Z_{18min} + TA_{18} + TA_{12}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{18}^{cp} = \frac{2 \cdot 0,395 + 0,170 + 1,700}{2} = 1,330 \text{ мм}$$

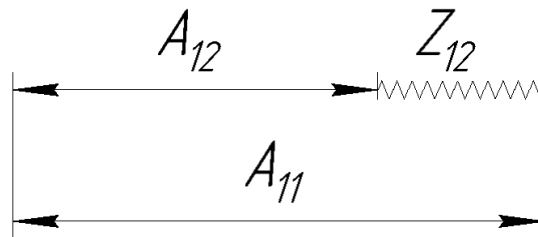
Тогда размер  $A_{12}$

$$A_{12}^{cp} = 83,348 + 1,330 = 84,678 \text{ мм.}$$

Значение размера  $A_{12}$  с учётом допуска:

$$A_{12} = 85,52_{-1,7} \text{ мм.}$$

17) Размер  $A_{11}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $A_{11}$  имеет вид:

$$Z_{12} = A_{11} - A_{12},$$

Откуда  $A_{11}^{cp}$ :

$$A_{11}^{cp} = A_{12}^{cp} + Z_{12}^{cp},$$

где  $Z_{12}^{cp}$  – среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{12}^{cp} = \frac{2Z_{12min} + TA_{12} + TA_{11}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{12}^{cp} = \frac{2 \cdot 1,928 + 1,700 + 1,800}{2} = 3,678 \text{ мм}$$

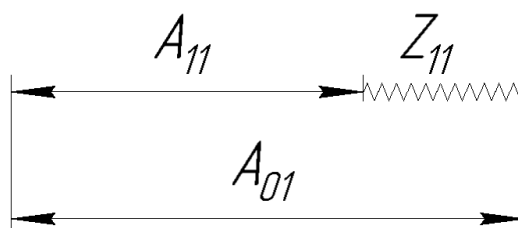
Тогда размер  $A_{11}$

$$A_{11}^{cp} = 84,678 + 3,678 = 88,356 \text{ мм.}$$

Значение размера  $A_{11}$  с учётом допуска:

$$A_{11} = 89,26_{-1,8} \text{ мм.}$$

18) Размер  $A_{01}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $A_{18}$  имеет вид:

$$Z_{11} = A_{01} - A_{11},$$

Откуда  $A_{01}$ :

$$A_{01}^{\text{cp}} = A_{11}^{\text{cp}} + Z_{11}^{\text{cp}},$$

где  $Z_{18}^{\text{cp}}$  – среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{11}^{\text{cp}} = \frac{2Z_{11\text{min}} + TA_{11} + TA_{01}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{11}^{\text{cp}} = \frac{2 \cdot 1,928 + 1,800 + 3,000}{2} = 4,328 \text{ мм}$$

Тогда размер  $A_{01}$

$$A_{01}^{\text{cp}} = 88,356 + 4,328 = 92,684 \text{ мм.}$$

Значение размера  $A_{01}$  с учётом допуска:

$$A_{01} = 94,19_{-3} \text{ мм.}$$

Переходим к расчёту диаметральных размеров.

#### 10. Назначение допусков на диаметральные размеры

При назначении допусков на диаметральные размеры, следует учитывать, что для поверхностей вращения, является необходимость учета только погрешности закрепления, поскольку поверхность вращения не имеет погрешности базирования.

Как и ранее, сведём значение допусков на размеры в таблицу (табл. 8).

Таблица 8. Допуски на диаметральные размеры

№ технологического размера	Составляющие допуска, мм			Суммарное значение	Обеспечиваемый конструкторский размер
	$\omega_c$	$\rho$	$\varepsilon_y$		
$D_{01}$	-	3,000	-	3,000	-

$D_{11}$	0,250	0,050	-	0,300	-
$D_{12}$	0,250	0,050	-	0,300	-
$D_{13}$	0,250	0,050	-	0,300	-
$D_{14}$	0,250	0,050	-	0,300	$\emptyset 90_{-0,3}$
$D_{16.1}$	0,300	-	-	0,300	-
$D_{17.1}$	0,300	-	-	0,300	-
$D_{16.2}$	0,300	-	-	0,300	$\emptyset 42,5^{+0,3}$
$D_{17.2}$	0,300	-	-	0,300	$\emptyset 48^{+0,3}$
$D_{18}$	0,300	-	-	0,300	-
$D_{19}$	0,300	-	-	0,300	-
$D_{1.10}$	0,300	-	-	0,300	-
$D_{1.11}$	0,200	-	-	0,200	$\emptyset 6^{+0,2}$
$D_{21}$	0,300	-	-	0,300	-
$D_{22}$	0,300	-	-	0,300	-
$D_{23}$	0,300	-	-	0,300	$\emptyset 55,8^{+0,3}$
$D_{31}$	0,100	-	-	0,100	$\emptyset 8_{-0,1}$
$D_{32.1}$	0,300	-	-	0,300	-
$D_{33.1}$	0,200	-	-	0,200	-
$D_{34.1}$	0,100	-	-	0,100	-
$D_{35.1}$	0,200	-	-	0,200	-
$D_{36.1}$	0,100	-	-	0,100	-
$D_{32.2}$	0,300	-	-	0,300	$\emptyset 48^{+0,3}$
$D_{33.2}$	0,200	-	-	0,200	$\emptyset 53^{+0,2}$
$D_{34.2}$	0,100	-	-	0,100	$\emptyset 54^{+0,1}$
$D_{35.2}$	0,200	-	-	0,200	$\emptyset 54,6^{+0,2}$
$D_{36.2}$	0,100	-	-	0,100	$\emptyset 54^{+0,1}$
$D_{37}$	0,015	-	-	0,015	$\emptyset 70k6^{(+0,021)}_{(+0,002)}$
$D_{38}$	0,030	-	-	0,030	$\emptyset 75h7_{-0,03}$
$D_{39}$	0,100	-	-	0,100	$\emptyset 74,5_{-0,1}$
$D_{3.10}$	0,300	-	-	0,300	$\emptyset 75_{-0,3}$
$D_{3.11}$	0,015	-	-	0,015	$\emptyset 70k6^{(+0,021)}_{(+0,002)}$

Все имеющиеся в таблице размеры выдерживаются непосредственно, и для каждого технологического размера допуск является меньшим по значению, чем допуск на конструкторский размер, либо равен ему. Из этого следует, что все конструкторские размеры обеспечиваются. Переходим к расчёту минимальных припусков на диаметральные размеры.

#### 11. Расчёт минимальных припусков диаметральных размеров

Для удобства сведём все значения минимальных припусков на обработку диаметральных размеров в таблицу (табл. 9).

Таблица 9. Минимальные припуски на обработку диаметральных размеров

Название перехода	Обозначение припуска	Составляющее припуска, мкм				Суммарное значение припуска, мкм
		$Rz_{i-1}$	$h_{i-1}$	$\rho_{i-1}$	$\varepsilon_i$	

Черновое точение под базу	$Z_{14min}^D$	200	300	50	0	550
Чистовое растачивание внутреннее	$Z_{16.2min}^D$	63	60	30	0	153
Чистовое растачивание внутреннее	$Z_{17.2min}^D$	63	60	30	0	153
Черновое точение по контуру	$Z_{110min}^D$	200	300	50	0	550
Черновое фрезерование	$Z_{22min}^D$	125	120	50	0	295
Чистовое точение внутреннее	$Z_{31min}^D$	63	60	40	0	163
Чистовое растачивание внутреннее	$Z_{3.2.1min}^D$	125	120	50	0	295
Чистовое растачивание внутреннее	$Z_{3.2.2min}^D$	63	60	40	0	163
Чистовое растачивание внутреннее	$Z_{3.3.2min}^D$	63	60	40	0	163
Чистовое растачивание внутреннее	$Z_{3.4.2min}^D$	63	60	40	0	163
Чистовое растачивание внутреннее	$Z_{3.5.2min}^D$	63	60	40	0	163
Чистовое растачивание внутреннее	$Z_{3.6.2min}^D$	63	60	40	0	163
Точение чистовое наружное	$Z_{37min}^D$	63	60	40	0	163
Точение чистовое наружное	$Z_{38min}^D$	63	60	40	0	163
Точение чистовое наружное	$Z_{39min}^D$	63	60	40	0	163
Точение чистовое наружное	$Z_{3.10min}^D$	63	60	40	0	163
Точение чистовое наружное	$Z_{3.11min}^D$	63	60	40	0	163

После назначения допусков переходим к расчёту диаметральных технологических размеров.

## 12. Расчёт диаметральных технологических размеров

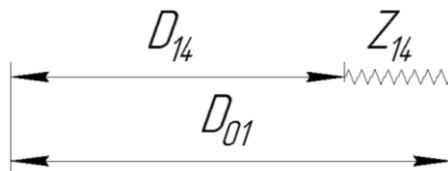
Сведём значения диаметральных конструкторских размеров в таблицу (табл.10), сопоставляя им те технологические размеры, которые непосредственно выдерживаются. Также следует учесть, что допуски на те размеры, которые выдерживаются непосредственно и в дальнейшем не участвуют в расчёте конструкторского размера как часть размерной цепи, можно увеличить до значения конструкторского, если этот допуск меньше.

Таблица 10. Соответствующие конструкторским технологические размеры

Конструкторский размер $K$ , мм	Технологический размер $A$
$\emptyset 90_{-0,3}$	$D_{14}$
$\emptyset 75_{-0,3}$	$D_{3.10}$
$\emptyset 75h7_{(-0,03)}$	$D_{38}$
$\emptyset 74,5_{-0,1}$	$D_{39}$
$\emptyset 70k6^{(+0,021)}_{(+0,002)}$	$D_{37} = D_{3.11}$
$\emptyset 55,8^{+0,3}$	$D_{23}$
$\emptyset 54,6^{+0,2}$	$D_{35.2}$
$\emptyset 54^{+0,1}$	$D_{34.2} = D_{36.2}$
$\emptyset 53^{+0,2}$	$D_{33.2}$
$\emptyset 48^{+0,3}$	$D_{17.2} = D_{32.2}$
$\emptyset 42,5^{+0,3}$	$D_{16.2}$
$\emptyset 8_{-0,1}$	$D_{31}$
$\emptyset 6^{+0,2}$	$D_{1.11}$

Оставшиеся значения технологических размеров рассчитаем через цепи, как и в случае с осевыми размерами методом средних значений:

1) Размер  $D_{01}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $D_{01}$  имеет вид:

$$Z_{14} = D_{01} - D_{14},$$

Откуда  $D_{01}$ :

$$D_{01}^{\text{cp}} = D_{14}^{\text{cp}} + Z_{14}^{\text{cp}},$$

где  $Z_{14}^{\text{cp}}$  – среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{14}^{\text{cp}} = \frac{2Z_{14\text{min}} + TD_{01} + TD_{14}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{14}^{\text{cp}} = \frac{2 \cdot 0,550 + 3,000 + 0,300}{2} = 2,200 \text{ мм}$$

Тогда размер  $D_{01}$

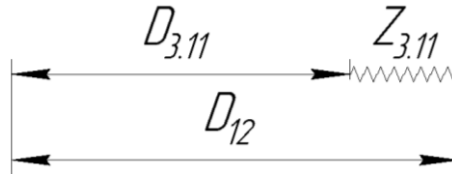


$$D_{01}^{cp} = 89,85 + 2,200 = 92,05 \text{ мм.}$$

Значение размера  $D_{01}$  с учётом допуска:

$$D_{01} = 93,55_{-3} \text{ мм.}$$

2) Размер  $D_{12}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $D_{12}$  имеет вид:

$$Z_{3.11} = D_{12} - D_{3.11},$$

Откуда  $D_{12}$ :

$$D_{12}^{cp} = D_{3.11}^{cp} + Z_{3.11}^{cp},$$

где  $Z_{3.11}^{cp}$  — среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{3.11}^{cp} = \frac{2Z_{3.11min} + TD_{12} + TD_{3.11}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{3.11}^{cp} = \frac{2 \cdot 0,163 + 0,300 + 0,015}{2} = 0,321 \text{ мм}$$

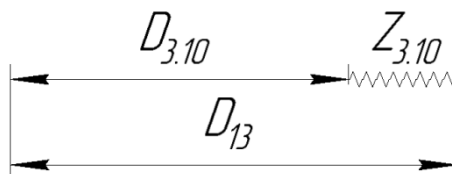
Тогда размер  $D_{12}$

$$D_{12}^{cp} = 70,011 + 0,321 = 70,332 \text{ мм.}$$

Значение размера  $D_{12}$  с учётом допуска:

$$D_{12} = 70,49_{-0,300} \text{ мм.}$$

3) Размер  $D_{13}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $D_{13}$  имеет вид:

$$Z_{3.10} = D_{13} - D_{3.10},$$

Откуда  $D_{13}$ :

$$D_{13}^{cp} = D_{3.10}^{cp} + Z_{3.10}^{cp},$$

где  $Z_{3.10}^{cp}$  — среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{3.10}^{cp} = \frac{2Z_{3.10min} + TD_{13} + TD_{3.10}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{3.10}^{cp} = \frac{2 \cdot 0,163 + 0,300 + 0,300}{2} = 0,463 \text{ мм}$$

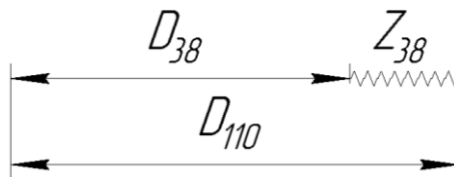
Тогда размер  $D_{13}$

$$D_{13}^{cp} = 74,850 + 0,463 = 75,313 \text{ мм.}$$

Значение размера  $D_{13}$  с учётом допуска:

$$D_{13} = 75,47_{-0,300} \text{ мм.}$$

4) Размер  $D_{110}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $D_{13}$  имеет вид:

$$Z_{38} = D_{110} - D_{38},$$

Откуда  $D_{110}$ :

$$D_{110}^{cp} = D_{38}^{cp} + Z_{38}^{cp},$$

где  $Z_{38}^{cp}$  — среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{38}^{cp} = \frac{2Z_{38min} + TD_{110} + TD_{38}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{38}^{cp} = \frac{2 \cdot 0,163 + 0,300 + 0,030}{2} = 0,328 \text{ мм}$$

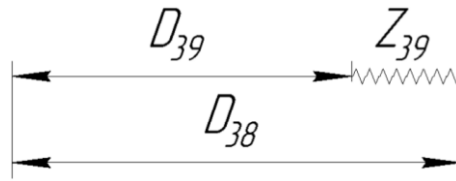
Тогда размер  $D_{110}$

$$D_{110}^{cp} = 74,985 + 0,328 = 75,313 \text{ мм.}$$

Значение размера  $D_{110}$  с учётом допуска:

$$D_{110} = 75,47_{-0,300} \text{ мм.}$$

5) Припуск  $Z_{39}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для его расчёта имеет вид:

$$Z_{39} = D_{38} - D_{39},$$

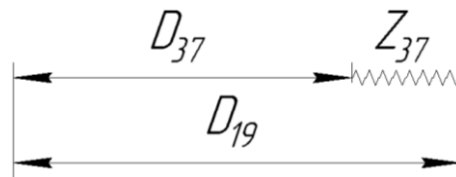
Рассчитаем среднее значение припуска  $Z_{39}^{cp}$  по формуле:

$$Z_{39}^{cp} = \frac{2Z_{39min} + TD_{39} + TD_{38}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{39}^{cp} = \frac{2 \cdot 0,163 + 0,1 + 0,030}{2} = 0,228 \text{ мм}$$

6) Размер  $D_{19}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $D_{19}$  имеет вид:

$$Z_{37} = D_{19} - D_{37},$$

Откуда  $D_{19}$ :

$$D_{19}^{cp} = D_{37}^{cp} + Z_{37}^{cp},$$

где  $Z_{37}^{cp}$  — среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{37}^{cp} = \frac{2Z_{37min} + TD_{19} + TD_{37}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{37}^{cp} = \frac{2 \cdot 0,163 + 0,300 + 0,015}{2} = 0,321 \text{ мм}$$

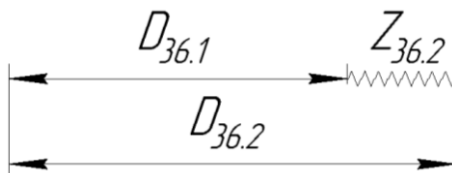
Тогда размер  $D_{19}$

$$D_{19}^{cp} = 70,011 + 0,321 = 70,332 \text{ мм.}$$

Значение размера  $D_{19}$  с учётом допуска:

$$D_{19} = 70,49_{-0,300} \text{ мм.}$$

7) Размер  $D_{36.1}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $D_{36.1}$  имеет вид:

$$Z_{36.2} = D_{36.2} - D_{36.1},$$

Откуда  $D_{36.1}$ :

$$D_{36.1}^{cp} = D_{36.2}^{cp} - Z_{36.2}^{cp},$$

где  $Z_{36.2}^{cp}$  — среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{36.2}^{cp} = \frac{2Z_{36.2min} + TD_{36.2} + TD_{36.1}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{36.2}^{cp} = \frac{2 \cdot 0,163 + 0,100 + 0,100}{2} = 0,263 \text{ мм}$$

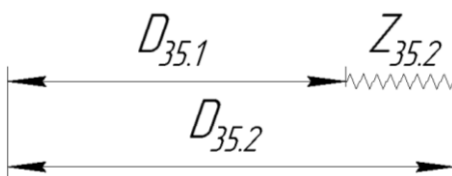
Тогда размер  $D_{36.1}$

$$D_{36.1}^{cp} = 54,050 - 0,263 = 53,827 \text{ мм.}$$

Значение размера  $D_{36.1}$  с учётом допуска:

$$D_{36.1} = 53,78^{+0,100} \text{ мм.}$$

8) Размер  $D_{35.1}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $D_{35.1}$  имеет вид:

$$Z_{35.2} = D_{35.2} - D_{35.1},$$

Откуда  $D_{35.1}$ :

$$D_{35.1}^{\text{cp}} = D_{35.2}^{\text{cp}} - Z_{35.2}^{\text{cp}},$$

где  $Z_{35.2}^{\text{cp}}$  — среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{35.2}^{\text{cp}} = \frac{2Z_{35.2\text{min}} + TD_{35.2} + TD_{35.1}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{35.2}^{\text{cp}} = \frac{2 \cdot 0,163 + 0,200 + 0,200}{2} = 0,363 \text{ мм}$$

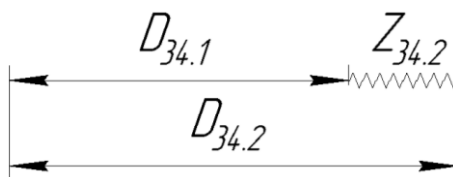
Тогда размер  $D_{35.1}$

$$D_{35.1}^{\text{cp}} = 54,700 - 0,363 = 54,337 \text{ мм.}$$

Значение размера  $D_{35.1}$  с учётом допуска:

$$D_{35.1} = 54,23^{+0,200} \text{ мм.}$$

9) Размер  $D_{34.1}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $D_{34.1}$  имеет вид:

$$Z_{34.2} = D_{34.2} - D_{34.1},$$

Откуда  $D_{34.1}$ :

$$D_{34.1}^{\text{cp}} = D_{34.2}^{\text{cp}} - Z_{34.2}^{\text{cp}},$$

где  $Z_{34.2}^{\text{cp}}$  — среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{34.2}^{\text{cp}} = \frac{2Z_{34.2\text{min}} + TD_{34.2} + TD_{34.1}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{34.2}^{\text{cp}} = \frac{2 \cdot 0,163 + 0,100 + 0,100}{2} = 0,263 \text{ мм}$$

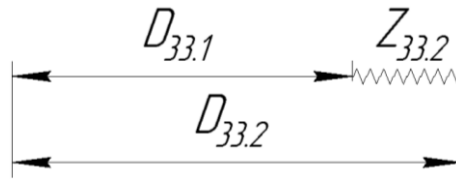
Тогда размер  $D_{34.1}$

$$D_{34.1}^{\text{cp}} = 54,050 - 0,263 = 53,827 \text{ мм.}$$

Значение размера  $D_{34.1}$  с учётом допуска:

$$D_{34.1} = 53,78^{+0,100} \text{ мм.}$$

10) Размер  $D_{33.1}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $D_{33.1}$  имеет вид:

$$Z_{33.2} = D_{33.2} - D_{33.1},$$

Откуда  $D_{33.1}$ :

$$D_{33.1}^{\text{cp}} = D_{33.2}^{\text{cp}} - Z_{33.2}^{\text{cp}},$$

где  $Z_{33.2}^{\text{cp}}$  — среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{33.2}^{\text{cp}} = \frac{2Z_{33.2\text{min}} + TD_{33.2} + TD_{33.1}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{33.2}^{\text{cp}} = \frac{2 \cdot 0,163 + 0,200 + 0,200}{2} = 0,263 \text{ мм}$$

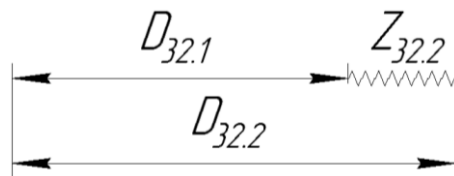
Тогда размер  $D_{33.1}$

$$D_{33.1}^{\text{cp}} = 53,1 - 0,263 = 52,837 \text{ мм.}$$

Значение размера  $D_{33.1}$  с учётом допуска:

$$D_{33.1} = 52,73^{+0,200} \text{ мм.}$$

11) Размер  $D_{32.1}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $D_{32.1}$  имеет вид:

$$Z_{32.2} = D_{32.2} - D_{32.1},$$

Откуда  $D_{32.1}$ :

$$D_{32.1}^{cp} = D_{32.2}^{cp} - Z_{32.2}^{cp},$$

где  $Z_{32.2}^{cp}$  — среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{32.2}^{cp} = \frac{2Z_{32.2min} + TD_{32.2} + TD_{32.1}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{32.2}^{cp} = \frac{2 \cdot 0,163 + 0,300 + 0,300}{2} = 0,463 \text{ мм}$$

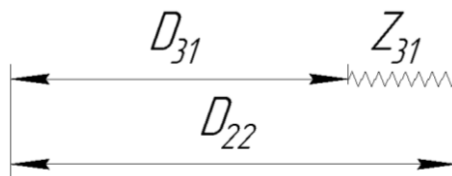
Тогда размер  $D_{32.1}$

$$D_{32.1}^{cp} = 48,15 - 0,463 = 47,687 \text{ мм.}$$

Значение размера  $D_{32.1}$  с учётом допуска:

$$D_{32.1} = 47,53^{+0,300} \text{ мм.}$$

12) Размер  $D_{22}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $D_{31}$  имеет вид:

$$Z_{31} = D_{22} - D_{31},$$

Откуда  $D_{22}$ :

$$D_{22}^{cp} = D_{31}^{cp} + Z_{31}^{cp},$$

где  $Z_{31}^{cp}$  — среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{31}^{cp} = \frac{2Z_{31min} + TD_{22} + TD_{31}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{31}^{cp} = \frac{2 \cdot 0,163 + 0,300 + 0,100}{2} = 0,363 \text{ мм}$$

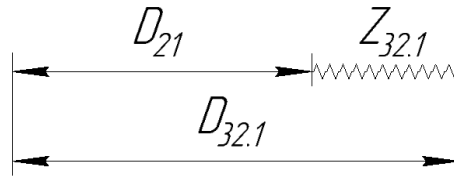
Тогда размер  $D_{22}$

$$D_{22}^{cp} = 7,95 + 0,363 = 8,313 \text{ мм.}$$

Значение размера  $D_{22}$  с учётом допуска:

$$D_{22} = 8,47_{-0,300} \text{ мм.}$$

13) Размер  $D_{21}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $D_{21}$  имеет вид:

$$Z_{32.1} = D_{32.1} - D_{21},$$

Откуда  $D_{21}$ :

$$D_{21}^{\text{cp}} = D_{32.1}^{\text{cp}} - Z_{32.1}^{\text{cp}},$$

где  $Z_{32.1}^{\text{cp}}$  — среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{32.1}^{\text{cp}} = \frac{2Z_{32.1\text{min}} + TD_{21} + TD_{32.1}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{32.1}^{\text{cp}} = \frac{2 \cdot 0,295 + 0,300 + 0,300}{2} = 0,595 \text{ мм}$$

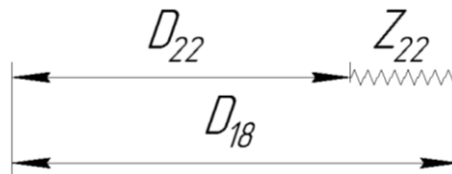
Тогда размер  $D_{21}$

$$D_{21}^{\text{cp}} = 47,687 - 0,595 = 47,092 \text{ мм.}$$

Значение размера  $D_{21}$  с учётом допуска:

$$D_{21} = 46,94^{+0,3} \text{ мм.}$$

14) Размер  $D_{18}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $D_{18}$  имеет вид:

$$Z_{22} = D_{18} - D_{22},$$

Откуда  $D_{18}$ :



$$D_{18}^{cp} = D_{22}^{cp} + Z_{22}^{cp},$$

где  $Z_{22}^{cp}$  — среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{22}^{cp} = \frac{2Z_{22min} + TD_{22} + TD_{18}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{22}^{cp} = \frac{2 \cdot 0,295 + 0,300 + 0,300}{2} = 0,595 \text{ мм}$$

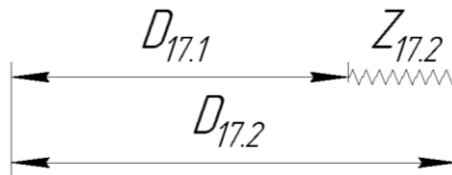
Тогда размер  $D_{18}$

$$D_{18}^{cp} = 8,313 + 0,595 = 8,908 \text{ мм.}$$

Значение размера  $D_{18}$  с учётом допуска:

$$D_{18} = 9,06_{-0,300} \text{ мм.}$$

15) Размер  $D_{17.1}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $D_{17.1}$  имеет вид:

$$Z_{17.2} = D_{17.2} - D_{17.1},$$

Откуда  $D_{17.1}$ :

$$D_{17.1}^{cp} = D_{17.2}^{cp} - Z_{17.2}^{cp},$$

где  $Z_{17.2}^{cp}$  — среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{17.2}^{cp} = \frac{2Z_{17.2min} + TD_{17.2} + TD_{17.1}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{17.2}^{cp} = \frac{2 \cdot 0,153 + 0,300 + 0,300}{2} = 0,453 \text{ мм}$$

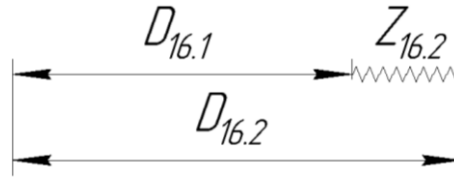
Тогда размер  $D_{17.1}$

$$D_{17.1}^{cp} = 48,15 - 0,453 = 47,697 \text{ мм.}$$

Значение размера  $D_{17.1}$  с учётом допуска:

$$D_{17.1} = 47,54^{+0,300} \text{ мм.}$$

16) Размер  $D_{16.1}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $D_{16.1}$  имеет вид:

$$Z_{16.2} = D_{16.2} - D_{16.1},$$

Откуда  $D_{16.1}$ :

$$D_{16.1}^{\text{cp}} = D_{16.2}^{\text{cp}} - Z_{16.2}^{\text{cp}},$$

где  $Z_{16.2}^{\text{cp}}$  — среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{16.2}^{\text{cp}} = \frac{2Z_{16.2\text{min}} + TD_{16.2} + TD_{16.1}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{16.2}^{\text{cp}} = \frac{2 \cdot 0,153 + 0,300 + 0,300}{2} = 0,453 \text{ мм}$$

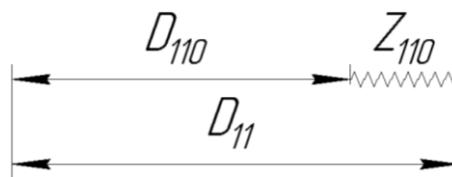
Тогда размер  $D_{16.1}$

$$D_{16.1}^{\text{cp}} = 42,65 - 0,453 = 42,197 \text{ мм.}$$

Значение размера  $D_{16.1}$  с учётом допуска:

$$D_{16.1} = 42,04^{+0,300} \text{ мм.}$$

17) Размер  $D_{11}$



В данной цепи припуск является замыкающим звеном. Формула для расчёта размера  $D_{11}$  имеет вид:

$$Z_{110} = D_{11} - D_{110},$$

Откуда  $D_{11}$ :

$$D_{11}^{\text{cp}} = D_{110}^{\text{cp}} + Z_{110}^{\text{cp}},$$

где  $Z_{110}^{\text{cp}}$  — среднее значение припуска, которое рассчитывается по формуле:

$$Z_{110}^{cp} = \frac{2Z_{110min} + TD_{11} + TD_{110}}{2},$$

Подставляя числа:

$$Z_{110}^{cp} = \frac{2 \cdot 0,550 + 0,300 + 0,300}{2} = 0,85 \text{ мм}$$

Тогда размер  $D_{11}$

$$D_{11}^{cp} = 75,313 + 0,85 = 76,163 \text{ мм.}$$

Значение размера  $D_{11}$  с учётом допуска:

$$D_{11} = 76,32_{-0,300} \text{ мм.}$$

На этом расчёт технологических размеров заканчивается. Переходим к следующему пункту – расчёту и назначению режимов резания.

### 13. Расчёт и назначение режимов резания

Расчёт режимов резания проведём по методике, указанной в [4, с.261-275]. При назначении элементов режимов резания ( $V$  – скорость резания, м/мин,  $S$  – подача в мм/об) учитывают характер обработки тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования.

Режимы резания будем рассчитывать по переходам для каждой из операций:

#### 1. Ленточно-отрезная операция

Подачу и скорость резания примем исходя из рекомендации [4, с.293]:

$S_m$ , мм/мин	$V$ , м/мин
90	10

#### 2. Операции токарные с ЧПУ.

Резцы из быстрорежущей стали Р6М5 и с твёрдосплавными пластинами ВК8

Для расчёта скорости резания  $V$ , м/мин:

$$V = \frac{C_v K_v}{T^m t^x s^y} \quad (6)$$

где  $C_v, K_v$  – поправочные коэффициенты,  $T$  – стойкость инструмента, мин,  $t$  – глубина резания, мм,  $s$  – подача мм/об,  $m, x, y$  – показатели степеней, которые назначаются по справочнику. Примем следующие данные:

$C_v$	$T$ , мин	$t$ , мм	$S$ , об/мин	$x$	$y$	$m$
328	45	2	0,8	0,12	0,25	0,28

Коэффициент  $K_v$  для алюминиевого сплава Д16Т:

$$K_v = K_{mv}K_{pv}K_{iv}, \quad (7)$$

где  $K_{mv}$  – коэффициент, учитывающий материала заготовки,  $K_{pv}$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности,  $K_{iv}$  – коэффициент, учитывающий материал инструмента. По таблицам, приведённым в [4, с.261-275]:

$K_{mv}$	$K_{pv}$	$K_{iv}$
0,8	0,9	2,5

Тогда коэффициент  $K_v$ :

$$K_v = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 2,5 = 1,8$$

Оставшиеся коэффициенты так же назначим по [4, с.261-275]:

Тогда  $V$ :

$$V = \frac{328 \cdot 1,8}{45^{0,28} 2^{0,12} 0,8^{0,5}} = 191 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 191}{\pi \cdot 92,05} = 660,48 \text{ об/мин.}$$

Далее определим составляющую силы резания  $P_z$ :

$$P_z = 10C_p t^x S^y V^n K_p, \quad (8)$$

где  $C_p, K_p$  – поправочные коэффициенты.

Определим  $K_p$ :

$$K_p = K_{mp}K_{\varphi p}K_{\gamma p}K_{rp}, \quad (9)$$

где  $K_{mp}, K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{rp}$  – поправочные коэффициенты. Значение коэффициентов по [4, с.261-275]:

$K_{mp}$	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{rp}$
2,75	1,08	1	0,93

Тогда  $K_p$ :

$$K_p = 2,75 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 0,93 = 2,762$$

$C_p$	x	y	n
40	1	0,75	0

Значение силы  $P_z$ :

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 2^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 191^0 \cdot 2,762 = 1869 \text{ Н.}$$

Мощность привода  $N$  определим по формуле (10):

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (10)$$

$$N = \frac{1869 \cdot 191}{1020 \cdot 60} = 5,84 \text{ кВт}$$

Этот же режим примем для переходов 2, 4, 6, 8, изменяя количество оборотов в минуту шпинделя там, где изменяется диаметр обрабатываемой поверхности.

Для поверхностей, которые обрабатываются начисто на операции 010 (переходы 5 и 7) и на операции 020 существуют рекомендации [4, с.271], по которым принимаем:

$V$ , м/мин	$s$ , мм/об	$t$ , мм
400	0,1	0,15

Тогда число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 400}{\pi \cdot 92,05} = 1383 \text{ об/мин.}$$

Для чистовых операций будем использовать твёрдосплавную пластину ВК3.

### 3. Операция фрезерная с ЧПУ

Инструменты – фрезы быстрорежущие, материал Р6М5  $\emptyset 1$  мм,  $\emptyset 12$  мм и  $\emptyset 16$  мм.

Расчёт окружной скорости фрезы произведём по формуле:

$$V = \frac{C_v D^q K_v}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} \quad (11)$$

где  $C_v, K_v$  – поправочные коэффициенты,  $D$  – диаметр фрезы, мм,  $T$  – стойкость инструмента, мин,  $t$  – глубина резания, мм,  $s$  – подача мм/об,  $B$  – ширина фрезерования, мм,  $z$  – число зубьев фрезы,  $m, x, y, u, p$  – показатели степеней, которые назначаются по справочнику [4, с. 289]. Примем следующие данные:

Параметр	Значение	Параметр	Значение
$C_v$	185,5	$z$	3
$D$ , мм	16	$q$	0,45
$K_v$	1,8	$x$	0,30
$T$ , мин	60	$y$	0,20
$t$ , мм	16	$u$	0,20
$s_z$ , мм	0,12	$p$	0,10
$B$ , мм	16	$m$	0,20

С учётом всех коэффициентов скорость резания:

$$V = \frac{185,5 \cdot 16^{0,45} \cdot 1,8}{60^{0,20} \cdot 16^{0,30} \cdot 0,12^{0,20} \cdot 16^{0,20} \cdot 3^{0,10}} = 175,482 \approx 175 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения фрезы  $n$ :

$$n = \frac{1000V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 175}{\pi \cdot 16} = 3482 \text{ об/мин.}$$

Сила резания при фрезеровании рассчитывается по формуле:

$$P_z = \frac{10C_p t^x s_z^y B^u z K_{mp}}{D^q n^w}, \quad (12)$$

где  $z$  – число зубьев фрезы,  $n$  – частота вращения фрезы, об/мин.

Значения  $C_p$  и коэффициентов найдём по таблице [4, с. 291]

$C_p$	$x$	$y$	$u$	$q$	$w$
22,6	0,86	0,72	1,0	0,86	0

Тогда сила резания:

$$P_z = \frac{10 \cdot 22,6 \cdot 16^{0,86} \cdot 0,12^{0,72} \cdot 16^1 \cdot 3 \cdot 2,75}{16^{0,86} \cdot 1} = 6482 \text{ Н.}$$

Крутящий момент на шпинделе  $M_{кр}$ , Н · м:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{6482 \cdot 16}{200} = 518,56 \approx 519 \text{ Н · м.}$$

Эффективная мощность резания  $N_e$ :

$$N_e = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = 18,535 \text{ кВт}$$

#### 4. Режимы резания для сверления

Сверло из быстрорежущей стали Р6М5

Скорость резания сверления  $V$ , м/мин:

$$V = \frac{C_v D^q K_v}{T^m s^y}, \quad (13)$$

где  $C_v, K_v$  – поправочные коэффициенты,  $D$  – диаметр сверления,  $T$  – стойкость инструмента, мин,  $t$  – глубина резания, мм,  $s$  – подача мм/об. Примем следующие данные:

$D$ , мм	$T$ , мин	$S$ , мм/об
4,5	20	0,2

Значения показателя степеней назначим по [4, с. 278]:

$C_v$	$q$	$y$	$m$
36,3	0,25	0,55	0,125

Значение коэффициента  $K_v$  складывается из:

$$K_v = K_{mv}K_{iv}K_{lv}, \quad (14)$$

где  $K_{mv}, K_{iv}, K_{lv}$  – поправочные коэффициенты на обрабатываемый материал, инструментальный материал и глубину резания соответственно. По таблицам [4, с.277-281] назначаем:

$K_{mv}$	$K_{iv}$	$K_{lv}$
0,8	1,0	1,0

$$K_v = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,8$$

Скорость резания:

$$V = \frac{36,3 \cdot 4^{0,25} \cdot 0,8}{20^{0,125} \cdot 0,2^{0,55}} = 68,4 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 68,4}{\pi \cdot 4} = 5446 \text{ об/мин}$$

Крутящий момент  $M_{кр}$  и осевую силу  $P_0$  рассчитаем по формулам:

$$M_{кр} = 10C_M D^q S^y K_p, \quad (15)$$

$$P_0 = 10C_P D^q S^y K_p, \quad (16)$$

где  $C_M, C_P, K_p$  – поправочные коэффициенты по таблицам [4, с.263, 281]:

Для момента			Для силы			-
$C_M$	$q$	$y$	$C_P$	$q$	$y$	$K_p$
0,005	2,0	0,8	9,8	1,0	0,7	2,762

Тогда момент и осевая сила:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,005 \cdot 4^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 2,762 = 0,610 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_0 = 10 \cdot 9,8 \cdot 4,5^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 2,762 = 1195 \text{ Н}$$

Мощность резания  $N$  определим по формуле:

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750} = 0,341 \text{ кВт}$$

## 5. Режимы резания для нарезания резьбы

Метчики из быстрорежущей стали Р6М5  $\emptyset 4$  и  $\emptyset 6$

Скорость резания нарезания резьбы  $V$ , м/мин:

$$V = \frac{C_v D^q K_v}{T^{m_s y}}, \quad (17)$$

Значения коэффициентов:

$C_v$	$x$	$y$	$q$	$m$	$T$ , мин
20	-	0,5	1,2	0,9	90

Тогда скорость резания:

$$V = \frac{20 \cdot 4^{1,2} \cdot 1,8}{90^{0,9} \cdot 1^{0,5}} = 3,31 \text{ м/мин.}$$

Тангенциальная составляющая силы резания  $P_z$ , Н:

$$P_z = \frac{10C_p P^y K_p}{i^u}, \quad (18)$$

где  $P$  – шаг резьбы, мм,  $i$  – число рабочих ходов.

Крутящий момент  $M_{кр}$ , Н · м:

$$M_{кр} = 10C_M D^q P^y K_p, \quad (19)$$

Коэффициенты:

$C_M$	$C_p$	$q$	$y$	$u$	$K_p$
0,0022	-	1,8	1,5	0	2,75

Крутящий момент  $M_{кр}$  и тангенциальная составляющая силы  $P_z$ :

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0022 \cdot 4^{1,8} \cdot 1^{1,5} \cdot 2,75 = 0,734 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 1^{1,5} \cdot 2,75}{1} = 27,5 \text{ Н.}$$

Мощность при нарезании резьбы  $N$ , кВт:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{27,5 \cdot 3,31}{1020 \cdot 60} = 0,0015 \text{ кВт}$$

## 6. Режимы резания при развёртывании

Развёртка из быстрорежущей стали Р6М5

Скорость резания сверления  $V$ , м/мин:

$$V = \frac{C_v D^q K_v}{T^m t^x s^y}, \quad (20)$$

где  $C_v, K_v$  – поправочные коэффициенты,  $D$  – диаметр сверления,  $T$  – стойкость инструмента, мин,  $t$  – глубина резания, мм,  $s$  – подача мм/об. Примем следующие данные:

$D$ , мм	$T$ , мин	$t$ , мм	$s$ , мм/об
4,5	20	0,25	0,2



Значения показания степеней назначим по [4, с. 278]:

$C_v$	$q$	$x$	$y$	$m$
23,2	0,2	0,1	0,5	0,3

Значение коэффициента  $K_v$  складывается из:

$$K_v = K_{mv}K_{iv}K_{lv}, \quad (21)$$

где  $K_{mv}, K_{iv}, K_{lv}$  – поправочные коэффициенты на обрабатываемый материал, инструментальный материал и глубину резания соответственно. По таблицам [4, с.277-281] назначаем:

$K_{mv}$	$K_{iv}$	$K_{lv}$
0,8	1,0	1,0

$$K_v = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,8$$

Скорость резания:

$$V = \frac{23,2 \cdot 4,5^{0,2} \cdot 0,8}{20^{0,3} \cdot 0,25^{0,1} \cdot 0,2^{0,5}} = 26,22 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 70}{\pi \cdot 4,5} = 1855 \text{ об/мин}$$

Крутящий момент  $M_{кр}$  рассчитаем по формулам:

$$M_{кр} = \frac{C_p t^x s_z^y D z}{2 \cdot 100}, \quad (22)$$

где  $C_p$  – поправочный коэффициент по таблице [4, с.274]:

$C_p$	$x$	$y$	$K_p$
40	1,0	0,75	2,762

Тогда момент:

$$M_{кр} = \frac{40 \cdot 0,25^1 \cdot 0,042^{0,75} \cdot 4,5 \cdot 6}{200} = 0,125 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Мощность резания  $N$ , кВт, определим по формуле:

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750} = 0,024 \text{ кВт.}$$

#### 14. Расчёт основного времени

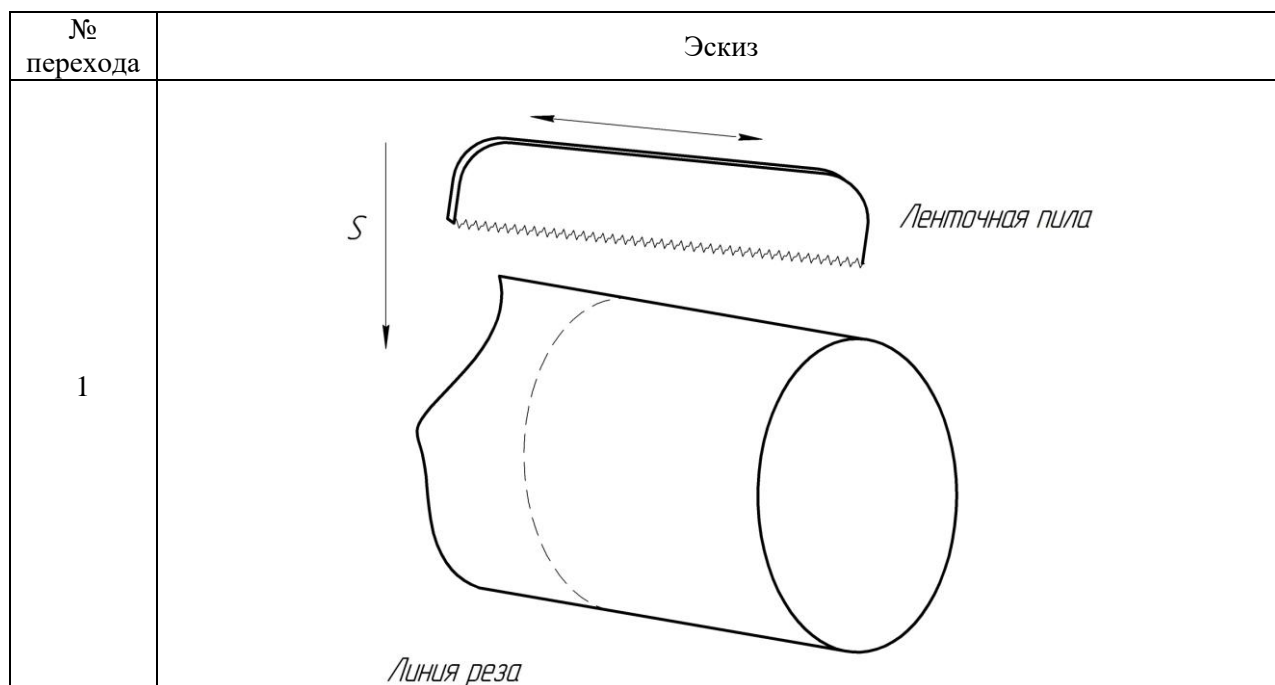
Основное время для отрезной операции рассчитается как

$$T_o = \frac{L}{S}, \quad (23)$$

где  $L$  – диаметр заготовки, мм,  $s$  – подача ленточного полотна, мм/мин. Тогда основное время для отрезной операции:

$$T_o = \frac{100}{90} = 1,111 \text{ мин.}$$

Эскиз ленточнопильной операции:



Для токарных работ основное время будет рассчитано по формуле:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{sn}, \quad (24)$$

где  $L$  – суммарная длина рабочего хода инструмента, мм,  $i$  – количество рабочих ходов,  $n$  – частота вращения шпинделя, об/мин,  $s$  – подача инструмента, мм/об. Учтём, что суммарная длина рабочего хода инструмента  $L$  состоит из:

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (25)$$

где  $l$  – длина обрабатываемой поверхности, мм,  $l_1$  – длина врезания инструмента, мм,  $l_2$  – длина перебега инструмента, мм.

Для всех переходов операции токарной с ЧПУ данные сведём в таблицу:

Таблица 11. Основное время для токарной операции

Операция	Переход	Число рабочих ходов	Длина в направлении подачи, мм	Подача, мм/об	Частота вращения, об/мин	Основное время $T_o$ , мин
010	1	3	136,05	0,8	661	0,772
	2	7	165,711	0,8	661	1,056

	4	6	21	0,8	1431	0,110
	5	1	20	0,1	2996	0,067
	6	1	41	0,8	800	0,064
	7	3	41	0,1	1671	0,736
	8	7	105	0,8	868	0,825
	Итого					3,631

Все переходы обозначим эскизами и сведём их в таблицу:

Эскизы для токарных переходов:

№ перехода	Эскиз движения инструмента
1	
2	
4, 5	



Данные по переходам 3 и 9 операции токарной с ЧПУ будут приведены в разделе расчёта основного времени для сверлильной операции. Переходим к расчёту основного времени для фрезерной операции.

Для фрезерной операции:

Наиболее сложный процесс расчёта – расчёт движения фрезы при получении размера  $D_{21}$ . Примем, что фреза будет двигаться по спирали, сделав 12 витков с углублением и 13ый без углубления. Длина спирали  $L$ , мм:

$$L = n\sqrt{(2\pi r)^2 + h^2}, \quad (26)$$

Где  $n$  – число витков спирали,  $r$  – радиус, по которому движется инструмент (коррекция инструмента на центр фрезы),  $h$  – шаг между витками, мм.

Инструмент движется по такой спирали дважды, получая разные длины:

$$L_1 = 12\sqrt{(2\pi \cdot 12,454)^2 + 5^2} + 2\pi \cdot 12,454 = 1019 \text{ мм.}$$

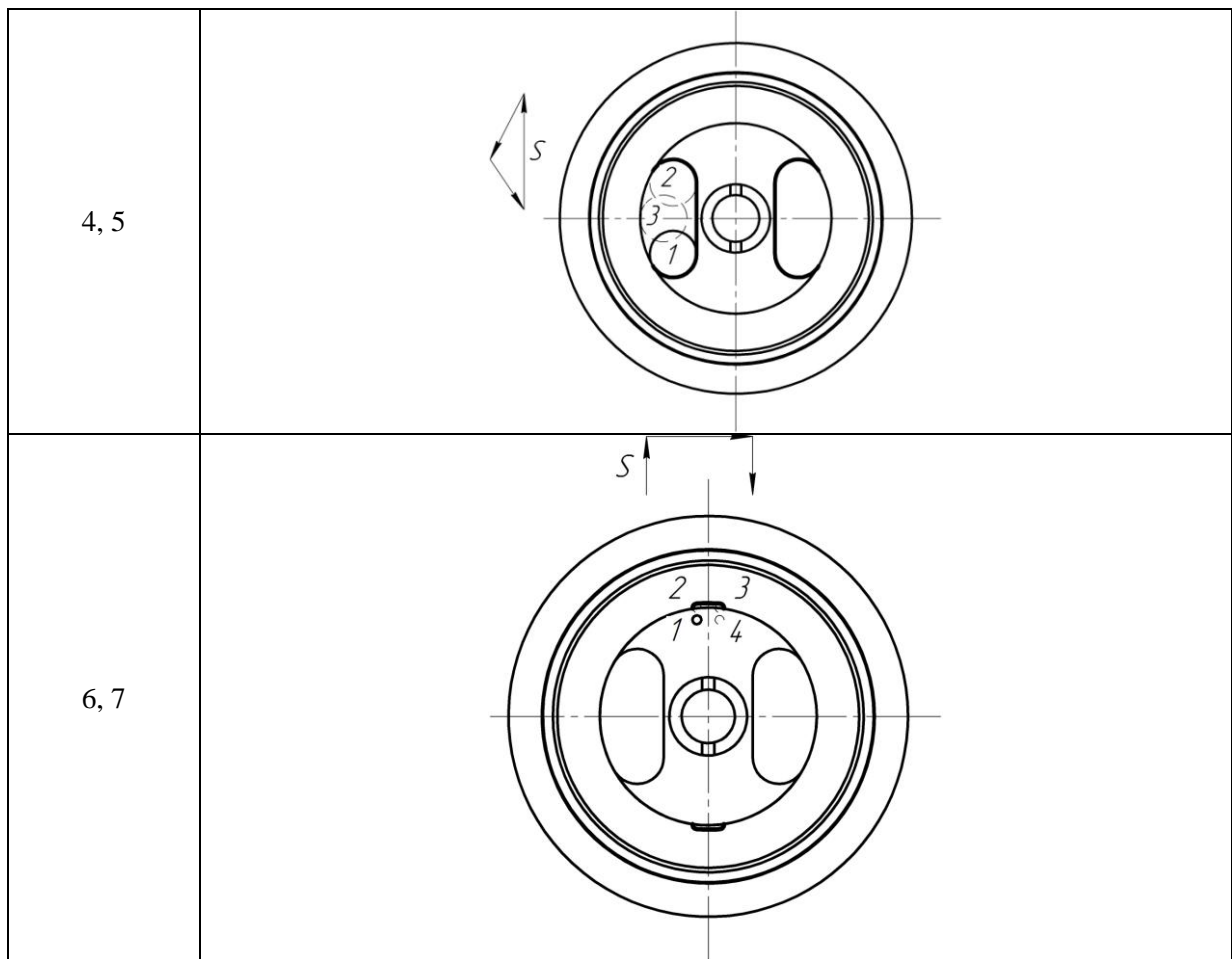
$$L_2 = 12\sqrt{(2\pi \cdot 16,141)^2 + 5^2} + 2\pi \cdot 16,141 = 1320 \text{ мм}$$

Таблица 12. Основное время для фрезерной операции

Операция	Переход	Число рабочих ходов	Длина в направлении подачи, мм	Подача, мм/об	Частота вращения, об/мин	Основное время $T_0$ , мин
015	1	1	8	0,06	3000	0,044
	2	1	1019	0,12	3482	2,439
	3	1	1320	0,12	3482	3,159
	4	1	80	0,12	3600	0,185
	5	1	80	0,12	3600	0,185
	6	1	7	0,12	2900	0,020
	7	1	7	0,12	2900	0,020
Итого						6,052

Эскизы для фрезерных переходов, а также сверлильных:

№ перехода	Эскиз
1	
2, 3	



Токарная операция с ЧПУ:

Таблица 13. Основное время для токарной операции

Операция	Переход	Число рабочих ходов	Длина в направлении подачи, мм	Подача, мм/об	Частота вращения, об/мин	Основное время $T_0$ , мин
020	1	2	64	0,1	4500	0,284
	2	3	74	0,8	1270	0,218
	3	2	80	0,1	2652	0,603
	4	2	76,5	0,1	1850	0,827
					Итого	1,932

Эскизы для токарных переходов:

№ перехода	Эскиз
1	
2	
3	
4	

Сверлильная операция:

Основное время для сверлильных переходов и перехода развёртывания определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L}{nS}, \quad (27)$$

Для определения основного времени при резбонарезании метчиками используем следующую формулу:

$$T_0 = \frac{L + L_{всп}}{nP}, \quad (28)$$

где  $L_{всп}$  – длина вспомогательного хода метчика, мм,  $P$  – шаг резьбы.

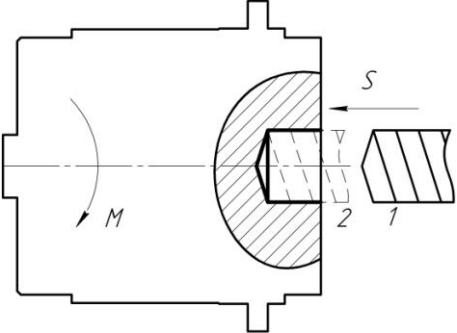
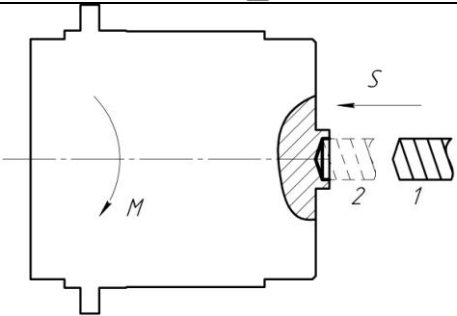
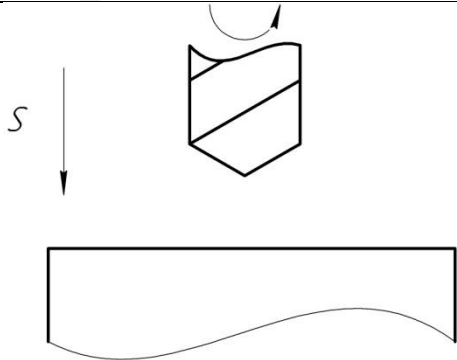
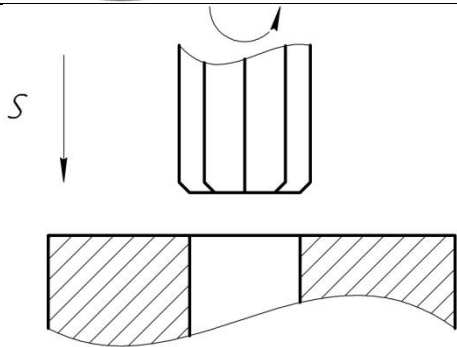
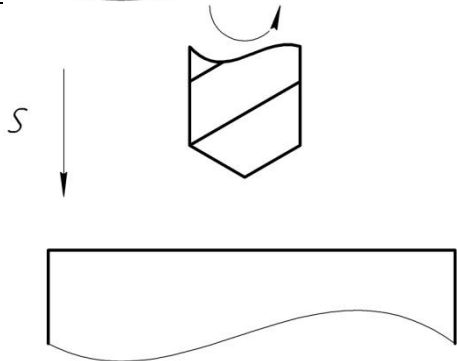
Данные сведём в таблицу, разбивая на операции и переходы, в которых присутствует сверление.

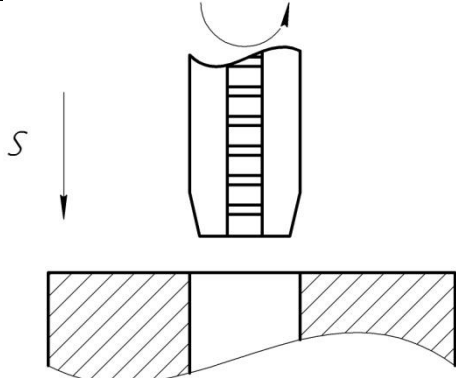
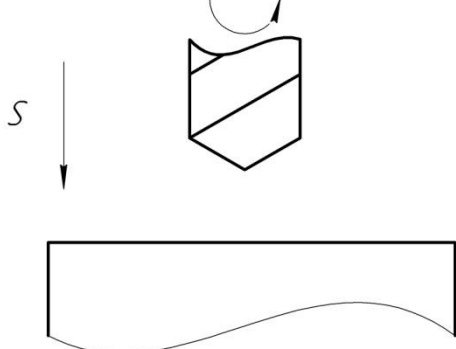
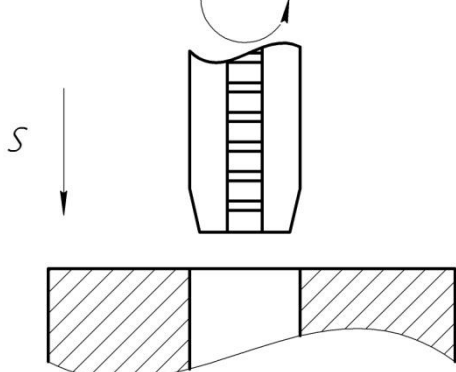
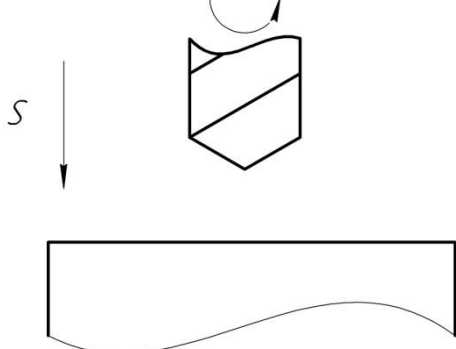
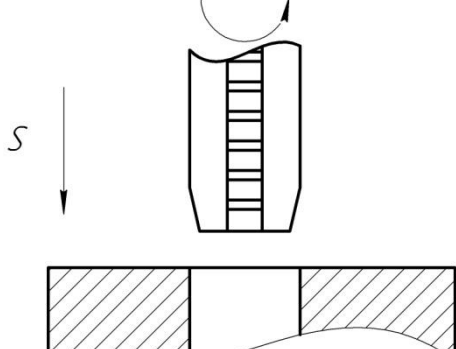
Таблица 14. Основное время для сверлильных переходов

Операция	Переход	Число рабочих ходов	Длина в направлении подачи, мм	Подача, мм/об	Частота вращения, об/мин	Основное время $T_0$ , мин
010	3	1	16,5	0,2	1629	0,051
	9	1	3,3	0,2	1205	0,014
015	8	6	8	0,2	1205	0,199
	9	1	8	0,2	1855	0,022
	10	6	18	0,2	1089	0,496
	11	6	16	0,7	315	0,493
025	1	6	39	0,2	1205	0,970
	2	6	35	1	429	0,531
	3	6	7,5	0,2	1089	0,207
	4	6	7,5	0,7	315	0,318
Итого						3,301



Эскизы для сверлильных переходов и переходов нарезания резьбы:

№ опер.	№ перехода	Эскиз
010	3	
	9	
015	8	
	9	
	10	

	11	
025	1	
	2	
	3	
	4	

Для расчёта штучно-калькуляционного времени  $T_{шт-к}$ , воспользуемся методикой, изложенной в [1, с. 102], где  $T_{шт-к}$  в серийном производстве для всех операций, кроме шлифовальной, определяется как:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_0 + (T_{у.с.} + T_{з.о.} + T_{уп} + T_{из}) + T_{об.от}, \quad (29)$$

где  $T_{п-з}$  – подготовительно-заключительное время, мин,  $n$  – количество деталей в настроечной партии, шт,  $T_0$  – основное время, мин,  $T_{у.с.}$  – время на установку и снятие детали, мин,  $T_{з.о.}$  – время на закрепление и открепление детали, мин,  $T_{уп}$  – время на приёмы управления, мин,  $T_{из}$  – время на измерение детали, мин,  $T_{об.от}$  – время на обслуживание рабочего места и отдых, мин.

Данные по времени гальванической операции возьмём из [6].

Сведём все данные в таблицу:

Таблица 15. Штучно-калькуляционное время изготовления детали

Номер операции	$T_0$	$T_B$			$T_{оп}$	$T_{об.от}$	$T_{шт}$	$T_{п-з}$	$T_{шт-к}$
		$T_{у.с.} + T_{з.о.}$	$T_{уп}$	$T_{из}$					
005	1,111	0,123	0,020	0,160	1,414	0,085	1,499	0,006	1,505
010	3,696	0,282	0,450	0,160	4,588	0,512	5,100	0,014	5,114
015	7,262	0,202	0,360	0,130	7,954	0,555	8,509	0,010	8,519
020	1,932	0,282	0,270	0,160	2,644	0,512	3,156	0,014	3,170
025	2,026	0,150	0,960	3,240	6,376	0,632	7,008	0,009	7,014
030	46,800	0,480	0,100	0,150	47,530	0,951	48,481	0,020	48,501
								Итого	73,823

Выбранное оборудование:

Таблица 16. Используемое оборудование

Операция	Станок
1. Отрезная	Ленточнопильный станок MBS-910DAS Мощность 2,1 кВт
2. Токарная с ЧПУ	Токарно-револьверный станок с ЧПУ Goodway GA-2000 Мощность 15 кВт Скорость вращения шпинделя до 4800 об/мин Количество позиций в револьверной головке 12
3. Фрезерная с ЧПУ	Универсальный фрезерный станок с ЧПУ DMG MORI DMU 50 ecoline Мощность 25 кВт Скорость вращения шпинделя до 14000 об/мин Количество инструментов в магазине 16
4. Сверлильная	Универсальный сверлильный станок 2Т140 Мощность 2,2 кВт Скорость вращения шпинделя до 1500 об/мин
5. Гальваническая	Ванна гальваническая сварная

Используемый режущий инструмент:

Таблица 17. Используемый режущий инструмент

Наименование инструмента	ГОСТ
Резец подрезной 20x12x120 P6M5	18871-73
Резец проходной упорный 20x12x120 P6M5	18870-73
Резец расточной для глухих отверстий 20x12x120 P9	18873-73
Резец расточной 16x16x140 для глухих отверстий BK3	18883-73
Резец расточной 8x18x100 для глухих отверстий BK3	
Резец для контурного точения 20x16x120 BK3	20872-80
Сверло с цилиндрическим хвостовиком $\varnothing 20,0$ P6M5	10902-77
Сверло с цилиндрическим хвостовиком $\varnothing 6,0$ P6M5	
Сверло с цилиндрическим хвостовиком $\varnothing 4,5$ P6M5	
Сверло с цилиндрическим хвостовиком $\varnothing 4$ P6M5	
Фреза концевая $\varnothing 16$ мм, P6M5, цельная, 3-перая, конический хвостовик	17026-71
Фреза концевая $\varnothing 2$ мм, P6M5, цельная, 3-перая, конический хвостовик	17026-71
Фреза концевая $\varnothing 1$ мм, P6M5, цельная, 3-перая, конический хвостовик	17026-71
Развертка машинная $\varnothing 4H7$	1672-80
Метчик машинно-ручной M4 P6M5	3266-81
Метчик машинно-ручной M6 P6M5	

Используемый измерительный инструмент:

Таблица 18. Используемый измерительный инструмент

Наименование инструмента	ГОСТ
Штангенциркуль ШЦЦ-1-125-0,01 (цифровой электронный штангенциркуль)	166-89
Микрометр гладкий МК-75	6507-90
Нутромер индикаторный НИ 50-100	868-82
Калибр-пробка M4	18465-73
Калибр-пробка M6	

### Конструкторская часть

Целью конструкторской части выпускной квалификационной работы является проектирование оснастки для одной из операций. Операцией для проектирования оснастки было выбрано сверление, так как в изготавливаемой детали имеется большое количество отверстий, расположение которых должно быть строго определённым. Внешний вид приспособления вместе с деталью, а также сборочный чертеж и чертежи составных частей приведены в приложениях.

Для сверления отверстий с помощью приспособления, требуется ориентировать заготовку по уже полученным отверстиям, одно из которых, для использования его в качестве базы, будет иметь повышенную точность. Базирование детали будет происходить по наиболее точным поверхностям, а именно по шейке детали с размерами  $\varnothing 70k6^{(+0,021/+0,002)}$  и полученному точному отверстию на верхнем торце детали с диаметром  $\varnothing 4,5^{+0,02}$ . Оснастка состоит из 2 частей – верхняя и нижняя опоры. Нижней опорой будем считать ту часть оснастки, на которую опирается верхний торец детали. Верхняя плита, в которой просверлены кондукторные отверстия, будет базироваться по установленным в нижней плите штырям, 2 из которых будут ориентировать её положения, а другие 2 будут служить для общей жёсткости конструкции. Для создания усилия зажима усилия зажима будет достаточно веса детали и веса верхней части приспособления. Внешний вид заготовки приведён в сборочном чертеже и на рис. 1.

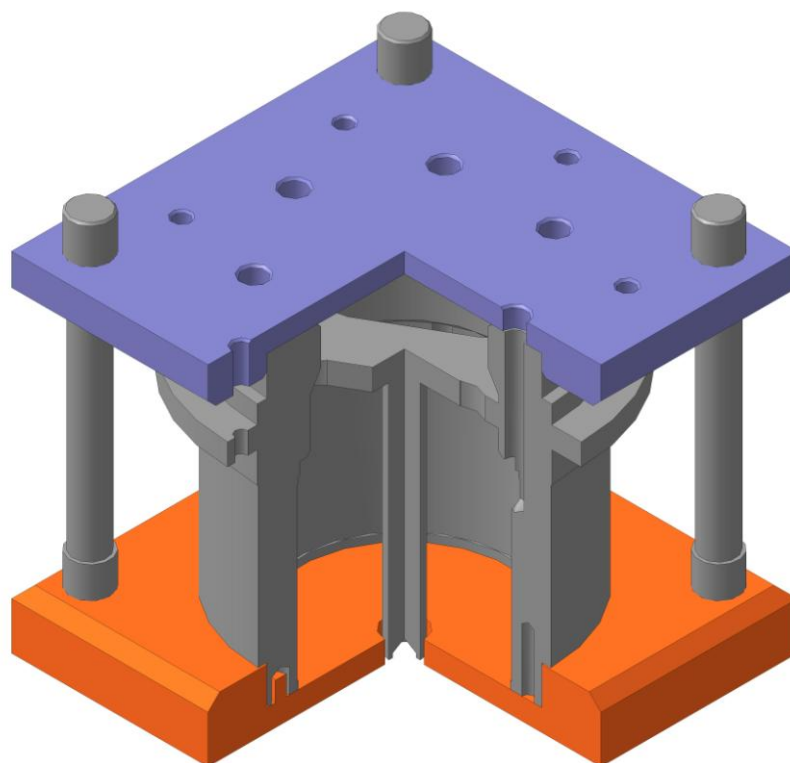


Рис. 1. Внешний вид приспособления для сверления

В результате установки детали в приспособление, возникнут погрешности базирования. В правильно спроектированном приспособлении данная погрешность будет меньше, чем допуск для получаемого размера. Как видно на рисунке 2 (Рис. 2) приспособление должно обеспечивать точность базирования  $<0,2$  мм. Погрешность базирования в приспособлении будет складываться из погрешности базирования по наружной поверхности с  $\varnothing 70k6^{(+0,021)}_{(+0,002)}$  и погрешности базирования на пальце.

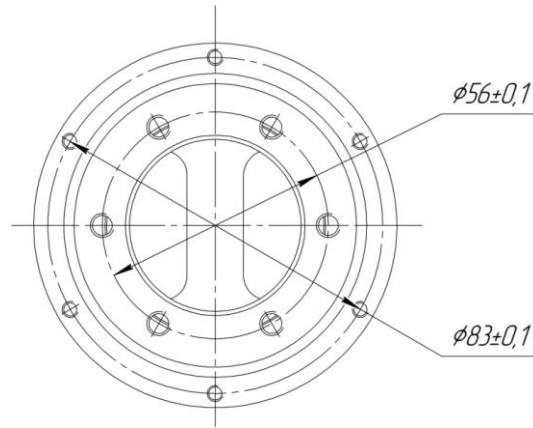


Рис 2. Вид детали с заднего торца

Выберем посадки таким образом, чтобы суммарное значение погрешности базирования было меньше допуска:

$$\varepsilon_6 = 2S_{1max} + S_{2max} \leq 0,2 \text{ мм}, \quad (30)$$

где  $S_{1max}$  – зазор при посадке на наружную поверхность опоры двигателя,  $S_{2max}$  – зазор при посадке на палец. По справочнику [5] назначаем посадки с условием (9).

Для наружной поверхности (посадка в системе отверстия):

$$\varnothing 70 \frac{H8^{(+0,046)}_{(+0)}}{k6^{(+0,021)}_{(+0,002)}},$$

Для этой посадки  $S_{1min} = 21$  мкм,  $S_{1max} = 44$  мкм

Для посадки на палец (посадка в системе вала):

$$\varnothing 4,5 \frac{F7^{(+0,022)}_{(+0,010)}}{h6^{(+0)}_{(-0,008)}},$$

Для этой посадки  $S_{2min} = 10$  мкм,  $S_{2max} = 30$  мкм

Погрешность базирования:

$$\varepsilon_6 = 2 \cdot 44 + 30 = 118 \text{ мкм} < 200 \text{ мкм}$$

Возникающий в результате сверления и нарезания резьбы максимальный момент  $M_{кр} = 1,522 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

Для удержания заготовки в неподвижном состоянии требуется, чтобы максимальный момент, возникающий при резании, был меньше либо равен приложенным к телу фиксирующим силам, а именно:

$$M_{кр} \leq R(F_{тр1} + F_{тр2}), \quad (31)$$

где  $F_{тр}$  – сила трения покоя между деталью и приспособлением, Н,  $r$  – плечо приложения силы трения, м.

Силу трения рассчитаем как:

$$F_{тр1} = \mu N_1, \quad (32)$$

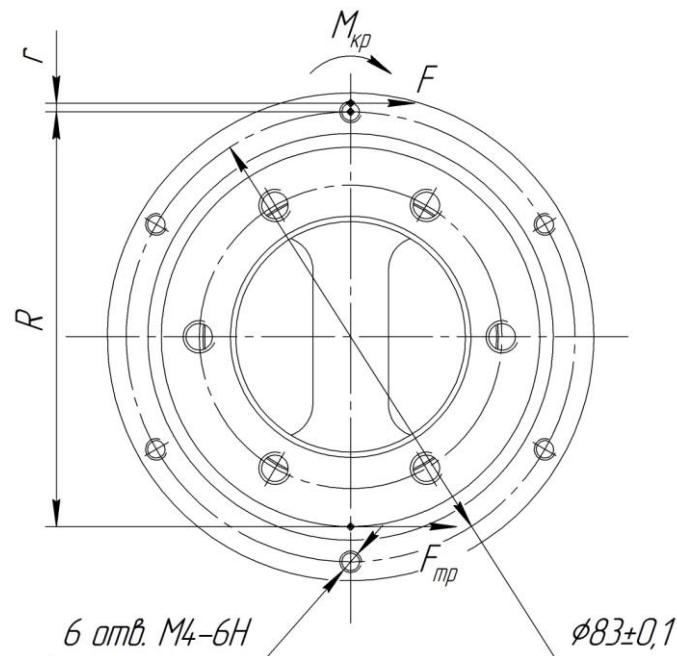
$$F_{тр2} = \mu N_2, \quad (32)$$

где  $\mu$  – коэффициент трения между деталью и приспособлением,  $\mu = 0,61$ ,  $N_1$  – сила реакции опоры равная весу заготовки и весу верхней части приспособления, Н,  $N_2$  – сила реакции опоры равная весу верхней части приспособления, Н. Вес детали = 0,4 кг = 3,92 Н, вес верхней части приспособления 1,5 кг = 14,79 Н. Суммарно  $N_1 = 18,71$  Н.

Моменты, возникающие от сил трения нижней и верхней частей приспособления:

$$M_{тр} = \mu R(F_{тр1} + F_{тр2}), \quad (34)$$

$$M_{тр} = 0,61 \cdot 0,0675 \cdot (18,71 + 14,79) = 1,563 \text{ Н} \cdot \text{м}$$



Тогда момент трения  $M_{тр} \geq M_{кр}$  и при выполнении операций сверления и нарезания резьбы веса заготовки и верхней части приспособления будет достаточно для того, чтобы заготовка оставалась неподвижной.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Л21	Решикову Константину Сергеевичу

Институт	кибернетики	Кафедра	ТАМП
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Машиностроение

### Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

### Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

**Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**

### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский Владимир Юрьевич	кандидат наук		

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л21	Решиков Константин Сергеевич		



Цель раздела – расчет себестоимости и цены изделия, изготавливаемого согласно разработанному технологическому процессу в типовых производственных условиях.

## 1. Общие положения

Себестоимость продукции представляет собой интегральную стоимостную оценку используемых при ее изготовлении сырья, материалов, топлива, энергии, трудовых и природных ресурсов, основных средств (оборудование, производственные площади, сооружения), нематериальных активов, а также других затрат на ее производство и реализацию.

При расчете себестоимости используется группировка затрат по статьям калькуляции. Помимо решения комплекса задач технико-экономического анализа и планирования работы предприятия, калькуляция себестоимости единицы продукции необходима для расчета цены и рентабельности продукции. Объектом калькулирования при выполнении ВРК является деталь, изготавливаемая серийно или на однопредметной поточной линии, т. е. в условиях массового производства.

Для промышленных предприятий рекомендуется следующая группировка калькуляционных статей:

1. Сырье и материалы;
2. Покупные комплектующие изделия, полуфабрикаты и услуги производственного характера; (не учитывается, т.к. полуфабрикаты отсутствуют);
3. Возвратные отходы (вычитаются);
4. Топливо и энергия на технологические цели;
5. Основная заработная плата производственных рабочих;
6. Дополнительная заработная плата производственных рабочих;
7. Налоги, отчисления в бюджет и внебюджетные фонды;
8. Расходы на подготовку и освоение производства;
9. Погашение стоимости инструментов и приспособлений целевого назначения;
10. Расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования;
11. Общецеховые расходы;
12. Технологические потери;
13. Общехозяйственные расходы;
14. Потери от брака;
15. Прочие производственные расходы;
16. Расходы на реализацию.

В зависимости от полноты охвата данных статей на предприятии рассчитываются следующие виды себестоимости:

- цеховая, включающая статьи с 1-й по 12-ю;
- производственная, включающая статьи с 1-й по 15-ю, т.е. исчисляемая как цеховая с добавлением ряда статей, учитывающих затраты, носящие общезаводской характер;
- полная, включающая все 16 статей.

При выполнении ВКР следует опустить статьи:

- расходы на подготовку и освоение производства, т.к. задание на ВКР не предполагает подготовку нового вида продукции;
- технологические потери, т.к. они не характерны для разрабатываемых процессов;
- потери от брака, т.к. они не учитываются в плановых и нормативных калькуляциях;
- прочие производственные расходы, т.к. они связаны со спецификой производства на конкретных предприятиях.

## 2. Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Статья включает стоимость основных материалов, входящих непосредственно в состав изготавливаемого изделия (детали), а также вспомогательных материалов, используемых на технологические цели. Стоимость материалов определяется по нормам их расхода и ценам приобретения с учетом наценок и надбавок на единицу материала в натуральном выражении. Транспортно-заготовительные расходы прибавляются к стоимости сырья, материалов, а также покупных изделий, полуфабрикатов и топлива.

Затраты на основные материалы для каждого ( $i$ -го) вида в отдельности рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{моi}} = w_i \cdot C_{\text{mi}} \cdot (1 + k_{\text{тз}}), \quad (35)$$

где  $w_i$  – норма расхода материала  $i$ -го вида на изделие (деталь), кг/ед;  $C_{\text{mi}}$  – цена материала  $i$ -го вида, ден. ед./кг.,  $i = 1$ ;  $k_{\text{тз}}$  – коэффициент транспортно-заготовительных расходов ( $k_{\text{тз}} = 0,06$ ).

Цена материалов  $C_i$  принимается на основе прейскурантной (оптовой) цены.

Расчет нормы расходного материала

$$w = V\rho = \pi \cdot \left(\frac{D_{01}^{\text{cp}}}{2}\right)^2 \cdot A_{01}^{\text{cp}} \cdot \rho, \quad (36)$$

где  $V$  – объем заготовки,  $\text{м}^3$ ,  $\rho$  – плотность алюминия,  $\rho = 2712 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;

$$w = \pi \left(\frac{0,1}{2}\right)^2 \cdot 92,7 \cdot 2712 = 1,975 \text{ кг}$$

Цену материала примем из каталога  $C_{Mi} = 249 \frac{\text{руб}}{\text{кг}}$ , с учетом НДС;

Тогда затраты на основной материал по формуле (Вставить номер) будут равны:

$$C_{Mo} = 1,975 \cdot 249 \cdot (1 + 0,06) = 521,3 \text{ руб}$$

Расчет затрат на вспомогательные материалы каждого ( $j$ -го) вида  $C_{MVi}$  выполняется по формуле

$$C_{MVi} = N_{MVi} \cdot C_{MVi} \cdot (1 + k_{ТЗ}), \quad (37)$$

где  $N_{MVi}$  – норма расхода  $j$ -го вспомогательного материала на изделие (деталь), кг;  $C_{MVi}$  – цена  $j$ -го вспомогательного материала, ден. ед./кг.

При отсутствии данных для расчета по формуле можно приближенно принять

$$C_{MB} = C_{Mo} \cdot 0,02, \quad (38)$$

$$C_{MB} = 521,3 \cdot 0,02 = 10,4 \text{ руб},$$

Полные затраты, включаемые в данную статью, равны сумме:

$$C_M = C_{Mo} + C_{MB}, \quad (39)$$

$$C_M = 521,3 + 10,4 = 531,7 \text{ руб}.$$

### **3. Расчет затрат по статье «Покупные комплектующие и полуфабрикаты»**

Данная статья не применяется для калькулирования. Разработанный технологический процесс не предусматривает приобретение полуфабрикатов.

### **4. Расчет затрат по статье «Возвратные изделия и полуфабрикаты»**

Данная статья включает стоимость отходов по цене их реализации на сторону, данная величина исключается из производственной себестоимости продукции. Расчет выполняется по формуле

$$C_{от} = M_{от} \cdot C_{от} = (V_{чр} - V_{чст}) \cdot (1 - \beta) \cdot C_{от}, \quad (40)$$

где  $M_{от}$  – количество отходов в физических единицах, получаемых при изготовлении единицы продукции, кг;  $C_{от}$  – цена отходов,  $C_{от} = 46 \frac{\text{руб}}{\text{кг}}$ ;  $V_{чр}$  – масса заготовки, кг;  $V_{чст}$  – чистая масса детали, кг;  $\beta$  – доля безвозвратных потерь,  $\beta = 0,02$ .

Тогда стоимость отходов:

$$C_{от} = (1,975 - 0,4) \cdot (1 - 0,02) \cdot 46 = 71 \text{ руб}.$$

### **5. Расчет затрат по статье «Топливо и энергия на технологические цели»**

На данную статью относится стоимость электроэнергии, затрачиваемой на технологические цели.

Расчет ведется по формуле:

$$C_{ТЭ} = Ц_{ТЭ} \cdot P_{ТЭ} \cdot (1 + k_{ТЭ}), \quad (41)$$

где  $Ц_{ТЭ}$  – тариф единицы ресурса, руб;  $P_{ТЭ}$  – расход энергии на единицу продукции, кВт;  $k_{ТЭ}$  – коэффициент транспортно-заготовительных расходов ( $k_{ТЭ}=0$ );

$$P_{ТЭ} = (2653,975) \cdot 1,05 / (0,91 \cdot 60) = 51,038 \text{ кВт} \cdot \text{ч},$$

Тариф на электроэнергию взят на сайте (<http://ensb.tomsk.ru/>)  $Ц_{ТЭ} = 5,33$  руб/кВт · ч;

Тогда стоимость электроэнергии:

$$C_{ТЭ} = 5,33 \cdot 51,038 \cdot (1 + 0) = 272,033 \text{ руб.}$$

## **6. Расчет затрат по статье «Основная заработная плата производственных рабочих»**

В данную статью включаются затраты на оплату труда рабочих, непосредственно связанных с изготовлением продукции. Расчет следует произвести по формуле

$$C_{озп} = \sum_{i=1}^{K_0} \frac{t_i^{\text{шт.к}}}{60} \cdot \text{чтс}_i \cdot k_{\text{пр}}, \quad (42)$$

где  $t_i^{\text{шт.к}}$  – штучное время выполнения  $i$ -й операции, мин;  $K_0$  – количество операций в процессе;  $\text{чтс}_i$  – часовая тарифная ставка на  $i$ -й операции из таблицы [14], для 4го разряда,  $k_{\text{пр}}$  – коэффициент, учитывающий доплаты, выплаты и премии, предусмотренные законодательством о труде. При проектировании следует принять его равным 1,4.

$$C_{озп} = \frac{73,752}{60} \cdot 82,96 \cdot 1,4 = 142,8 \text{ руб}$$

## **7. Расчет затрат по статье «Дополнительная заработная плата производственных рабочих»**

В данной статье учитываются предусмотренные законодательством о труде выплаты за непроработанное на производстве время: оплата очередных, дополнительных и учебных отпусков; оплата времени, связанного с прохождением медицинских осмотров и выполнением государственных обязанностей и т.п. Расчет дополнительной зарплаты выполняется по формуле

$$C_{дзп} = C_{озп} \cdot k_{\text{д}},$$

где  $C_{озп}$  – основная зарплата, руб.;  $k_{\text{д}}$  – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату,  $k_{\text{д}} = 0,1$ .

$$C_{дзп} = 142,8 \cdot 0,1 = 14,3 \text{ руб.}$$

## **8. Расчет затрат по статье «Налоги, отчисления в бюджет и внебюджетные фонды»**

Сюда включаются отчисления по установленным законодательством нормам в пенсионный фонд, в фонд социальной защиты населения, на обязательное медицинское страхование, на другие социальные нужды. Затраты по данной статье выполняются по формуле

$$C_n = \frac{(C_{\text{озп}} + C_{\text{дзп}}) \cdot (C_{\text{с.н.}} + C_{\text{стр}})}{100}, \quad (43)$$

где  $C_{\text{озп}}$  – основная зарплата производственных рабочих, руб.;  $C_{\text{дзп}}$  – дополнительная зарплата производственных рабочих, руб.;  $C_{\text{с.н.}}$  – ставка социального налога (принять 30 %);  $C_{\text{стр}}$  – ставка страховых взносов по прочим видам обязательного страхования (принять 0,7%);

$$C_n = \frac{(142,8 + 14,3) \cdot (47,1 + 11)}{100} = 91,3 \text{ руб}$$

### 9. Расчет затрат по статье «Погашение стоимости инструментов и приспособлений целевого назначения»

В данной статье отражается переносимая на изделие в процессе его изготовления стоимость специальных инструментов и приспособлений, а также моделей, кокилей, опок, штампов и пресс-форм, предназначенных для производства строго определенных изделий. Расчет выполняется по специальной упрощенной методике. При выполнении ВКР эта статья рассчитывается только в том случае, если разрабатываемый технологический процесс предусматривает изготовление специальной оснастки. Затраты на оснастку общего назначения принято относить на следующую статью калькуляции.

### 10. Расчет затрат по статье «Расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования»

Эта статья является комплексной и включает следующие виды расходов:

- a. амортизация оборудования и ценного инструмента (оснастки), обозначение  $C_a$ ;
- b. эксплуатация оборудования (кроме расходов на ремонт);
- c. ремонт оборудования;
- d. внутривозовское перемещение грузов;
- e. погашение стоимости инструментов и приспособлений общего назначения;
- f. прочие расходы.

**Элемент «а».** Амортизация оборудования определяется на основе норм амортизации и балансовой стоимости соответствующего оборудования, для расчета ее годовой величины используется следующая формула

$$A_{\text{год}} = \sum_{i=1}^T \Phi_i \cdot H_{ai} + \sum_j^m \Phi_i \cdot H_{ai}, \quad (44)$$

где  $\Phi_i$  – первоначальная (балансовая) стоимость единицы оборудования  $i$ -го типа,  $i = 1, \dots, T$ ;  $T$  – количество типов используемого оборудования;  $\Phi_j$  – то же для  $j$ -го типа оснастки  $j=1, \dots, m$ ;  $m$  – количество типов используемой оснастки;  $N_{обi}$  и  $N_{оснj}$  – соответствующие нормы амортизации.

Станок	Балансовая стоимость, руб
Ленточнопильный MBS-910DAS	303 600
Токарный с ЧПУ Goodway GA-2000	6 989 100
Фрезерный с ЧПУ DMG DMU 50 ecoline	9 200 000
Универсальный сверлильный 2Т140	651 580

Приспособление	Балансовая стоимость, руб
Токарный 3х кулачковый патрон (3 штуки)	28 701
Спецприспособление для сверления	43 500

Норма амортизации в общем виде определяется по формуле

$$N_a = \frac{1}{T_{\text{пи}}}, \quad (45)$$

где  $T_{\text{пи}}$  – срок полезного использования, лет. Для всех станков примем:

$$N_a = \frac{1}{10} = 0,1$$

Для всех приспособлений примем:

$$N_a = \frac{1}{3} = 0,33$$

$$A_{\text{год}} = (303600 + 6989100 + 9200000 + 651580) \cdot 0,1 + (28701 + 43500) \cdot 0,3 \\ = 1736000 \text{ руб.}$$

Ожидаемая средняя загрузка используемого оборудования определяется с помощью величины

$$l_{\text{кр}} = \frac{N_{\text{в}} \sum_{i=1}^P t_i^{\text{шт.к}}}{\sum_{i=1}^P F_i},$$

где  $N_{\text{в}}$  – годовой объем выпуска изделия (детали), шт.;  $P$  – количество операций в технологическом процессе;  $t_i^{\text{шт.к}}$  – штучно-калькуляционное время на  $i$ -й операции процесса,  $i = 1, \dots, P$ ;  $F_i$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования, используемого на  $i$ -й операции с учетом принятого количества рабочих смен.

Для металлорежущих станков 1–30 категорий ремонтной сложности при двухсменном режиме работы  $F_i = 4029$  часов, при более высокой сложности – 3904 часа.

$$l_{\text{кр}} = \frac{3000 \cdot (1,505 + 5,114 + 8,519 + 3,170 + 7,014 + 48,501)}{4029 \cdot 60} = 0,916,$$

Так как, получившиеся  $l_{кр} \geq 0,6$ , то

$$C_a = \left( \frac{A_{год}}{N_B} \right) = \frac{1736000}{3000} = 578,70 \text{ руб.}$$

**Элемент «b»** (эксплуатация оборудования) включает в себя:

- полные затраты на содержание (основная зарплата + дополнительная зарплата + все виды отчислений) рабочих занятых обслуживанием машин и оборудования (слесарей, наладчиков, электромонтеров и др. категорий), непосредственно не занятых изготовлением продукции; Принимается в размере 40 % от полной зарплаты и отчислений от нее основных рабочих, занятых изготовлением данной продукции, т.е.

$$C_{экс} = (C_{озп} + C_{дзп} + C_n) \cdot 0,4 = (142,8 + 14,3 + 91,3) \cdot 0,4 = 99,36 \text{ руб.}$$

- стоимость материалов, расходуемых для обеспечения работы оборудования, принимается в размере 20% от величины амортизации, т.е.

$$C_{мэкс} = C_a \cdot 0,2 = 578,7 \cdot 0,2 = 115,74 \text{ руб}$$

- затраты на все виды энергии и воду, потребляемые в процессе работы оборудования. В ВКР учитываются только затраты на электроэнергию по формуле

$$C_{эл.п} = C_э \cdot K_п \cdot \sum_{i=1}^P W_i \cdot K_{mi} \cdot t_i^{маш}$$

где  $C_э$  – тариф на электроэнергию ден. ед. / кВт.ч.;  $K_п$  – коэффициент, учитывающий потери мощности в сети (1,05);  $W_i$  – мощность электропривода оборудования, используемого на  $i$ -й операции;  $K_{mi}$  – коэффициент загрузки оборудования по мощности (при невозможности определения с помощью расчета принимается равным 0,6–0,7);

$$W = (1,060 + 4,508 + 6,167 + 0,017 + 0,642 + 0,013 + 0,374 + 0,142 + 4,818 + 0,005 + 0,051 + 45,207 + 58,552 + 2,319 + 2,319 + 0,023 + 0,023 + 0,068 + 0,001 + 0,169 + 0,001 + 0,055 + 0,042 + 0,116 + 0,160 + 0,331 + 0,001 + 0,071 + 0,001) / 60 = 2,121 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

$$C_{эл.п} = 5,33 \cdot 1,05 \cdot 2,121 \cdot 0,6 = 7,122 \text{ руб.}$$

**Элемент «с»** (ремонт оборудования) включает затраты на заработную плату и отчисления от нее в бюджет и внебюджетные фонды для рабочих, занятых ремонтом оборудования; затраты на материалы, потребляемые в процессе выполнения ремонтных работ; услуги ремонтных цехов предприятия и сторонних организаций. Они определяются укрупнено на основе норматива затрат – 120% от основной зарплаты основных производственных рабочих, т.е.

$$C_{рем} = C_{озп} \cdot 1,2 = 142,8 \cdot 1,2 = 171,36 \text{ руб}$$

**Элемент «д»** (перемещение грузов) включает расходы на содержание и эксплуатацию транспортных средств: стоимость горючего, запчастей, смазочных и прочих материалов, оплату труда занятых на транспортных операциях рабочих, стоимость транспортных услуг других подразделений предприятия и сторонних организаций. При выполнении ВКР эти затраты допускается не учитывать, т.к. это потребовало бы дополнительных данных о производственном процессе, а их доля в себестоимости как правило невелика (менее 1%).

**Элемент «е»** (погашение стоимости инструментов и ...), в эту группу включаются все виды технологического оснащения универсального характера со сроком службы менее одного года. Расчет производится по формуле

$$C_{\text{ион}} = \frac{(1 + k_{\text{тз}}) \cdot \sum_{i=1}^P C_{\text{и}} \cdot t_{\text{рез.и}} \cdot m_i}{T_{\text{ст.и.}} \cdot n_i},$$

где  $C_{\text{и}}$  – цена инструмента, используемого на  $i$ -й операции,  $i = 1, \dots, P$ ;  $t_{\text{рез.и}}$  – время работы инструмента, применяемого на  $i$ -й операции, мин.;  $m_i$  – количество одновременно используемых инструментов, ( $m_i = 1$ );  $T_{\text{ст.и.}}$  – период стойкости инструмента (время резания между переточками), мин., (см. прил. 5);  $n_i$  – возможное количество переточек (правок) инструмента, для резцов 4;  $k_{\text{тз}}$  – коэффициент транспортно-заготовительных расходов ( $k_{\text{тз}} = 0,06$ ). Данные сведём в таблицу

Наименование инструмента	Время работы, мин	Стойкость, мин	Цена, руб	$\frac{C_{\text{и}} \cdot t_{\text{рез.и}} \cdot m_i}{T_{\text{ст.и.}} \cdot n_i}$
Резец подрезной 20x12x120 P6M5	1,359	45	125	1,887
Резец проходной упорный 20x12x120 P6M5	1,359	45	125	1,887
Резец расточной для глухих отверстий 20x12x120 P9	0,110	45	250	0,153
Резец расточной для глухих отверстий 16x16x140 BK3	0,067	45	100	0,037
Резец расточной 8x18x100 глухих отверстий BK3	0,614	45	300	1,842
Резец для контурного точения 20x16x120 BK3	0,827	45	88	0,404
Сверло с цилиндрическим хвостовиком Ø20,0 P6M5	0,051	35	450	0,219
Сверло с цилиндрическим хвостовиком Ø6,0 P6M5	0,984	35	20	0,187
Сверло с цилиндрическим хвостовиком Ø4,5 P6M5	0,199	35	25	0,047



Сверло с цилиндрическим хвостовиком Ø4 P6M5	0,703	35	18	0,121
Фреза концевая Ø16 мм, P6M5, цельная, 3-перая, конический хвостовик	5,598	40	300	14,920
Фреза концевая Ø1 мм, P6M5, цельная, 3-перая, конический хвостовик	0,044	20	630	0,693
Фреза концевая Ø1 мм, P6M5, цельная, 3-перая, конический хвостовик	0,040	20	640	0,640
Развертка машинная Ø4H7	0,022	20	45	0,025
Метчик машинно-ручной М4 P6M5	0,811	20	100	4,055
Метчик машинно-ручной М6 P6M5	0,531	20	200	5,310

$$C_{\text{ион}} = (1 + 0,06) \cdot (3,774 + 0,153 + 0,037 + 1,842 + 0,404 + 0,219 + 0,187 + 0,047 + 0,121 + 14,920 + 0,693 + 0,640 + 0,025 + 4,055 + 5,310) = 34,373 \text{ руб.}$$

Элемент «f» (прочие расходы) включает такие затраты, которые не вошли в состав выше рассмотренных элементов. При выполнении ВКР они не рассчитываются.

### 11. Расчет затрат по статье «Общеховые расходы»

Данная статья учитывает затраты на содержание руководителей и специалистов аппарата управления цехом; амортизацию и затраты на содержание и ремонт зданий, сооружений и инвентаря общехового назначения; затраты на мероприятия по обеспечению нормальных условий труда и техники безопасности и другие расходы цеха, связанные с управлением и обслуживанием производства. Общеховые расходы распределяются между выпускаемыми изделиями пропорционально основной зарплате производственных рабочих с помощью нормативного коэффициента  $k_{\text{оп}}$ , рассчитываемого отдельно по каждому цеху. При отсутствии конкретных заводских данных его следует принять равным 50 – 80 %, от основной зарплаты производственных рабочих, т.е.

$$C_{\text{оп}} = C_{\text{озп}} \cdot k_{\text{оп}} = 142,8 \cdot 0,8 = 114,24 \text{ руб.}$$

### 12. Расчет затрат по статье «Технологические потери»

К данной статье относится стоимость полуфабрикатов, деталей, сборочных единиц изделий, не соответствующих нормативной документации при условии, что это несоответствие возникает вследствие неполного знания физических и химических процессов, несовершенства технологического оборудования и измерительной аппаратуры. Такие потери предусматриваются технологическим процессом. Они допускаются в

электронном, оптико-механическом, литейном, кузнечном, термическом, гальваническом и некоторых других производствах. При выполнении ВКР статья не рассчитывается.

### **13. Расчет затрат по статье «Общехозяйственные расходы»**

На данную статью относятся затраты по общему управлению предприятием, не связанные непосредственно с процессом производства и включающие в себя затраты на содержание административно-управленческого персонала; амортизационные отчисления и расходы на содержание и ремонт основных средств управленческого и общехозяйственного назначения (офисного оборудования, зданий и сооружений); расходы на отопление, освещение и оплату предприятия; плату за воду и землю и т.д. Расчет производится с помощью коэффициента  $k_{\text{ох}}$ , устанавливающего нормативное соотношение между величиной данных затрат и основной зарплатой производственных рабочих. Рекомендуемое значение  $k_{\text{ох}} = 0,5$ , т.е.

$$C_{\text{ох}} = C_{\text{озп}} \cdot k_{\text{ох}} = 142,8 \cdot 0,5 = 71,4 \text{ руб.}$$

### **14. Расчет затрат по статье «Потери брака»**

Статья учитывает стоимость окончательно забракованной продукции, а также затраты по исправлению брака, она учитывается только в отчетных калькуляциях. В ВКР эти затраты не рассчитываются.

### **15. Расчет затрат по статье «Прочие производственные расходы»**

На данную статью относятся непредвиденные расходы, расходы на гарантийное обслуживание продукции и др. В ВКР эти затраты также не рассчитываются.

### **16. Расчет затрат по статье «Расходы на реализацию»**

Статья включает затраты, связанные с реализацией изготовленной продукции: на хранение и упаковку на складах готовой продукции; на доставку продукции на станции и в порты отправления; на рекламу и сбытовую сеть; на комиссионные сборы посреднических организаций и пр. Данные расходы рекомендуется принять равными 1% от производственной себестоимости, т.е. от суммы затрат по всем предыдущим статьям.

$$C_{\text{рлз}} = \sum C_i \cdot 0.01 = (521,3 + 10,4 + 71 + 272,033 + 142,8 + 14,3 + 91,3 + 578,7 + 99,36 + 115,74 + 7,122 + 171,36 + 34,373 + 114,24 + 71,4) \cdot 0,01 = 23,154 \text{ руб.}$$

### **17. Расчет прибыли**

Прибыль от реализации изделия в зависимости от конкретной ситуации может определяться различными способами. Если исполнитель работы не располагает данными для применения «сложных» методов, то прибыль следует принять в размере  $5 \div 20$  % от полной себестоимости проекта.

$$П = \sum C_i \cdot 0.2 = (521,3 + 10,4 + 71 + 272,033 + 142,8 + 14,3 + 91,3 + 578,7 + 99,36 + 115,74 + 7,122 + 171,36 + 34,373 + 114,24 + 71,4) \cdot 0,2 = 463,086 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{полн}} = 2315,428 \text{ руб.}$$

### **18. Расчет НДС**

$$\text{НДС} = C_{\text{полн}} \cdot 0,18 = 2055,884 \cdot 0,18 = 416,777 \text{ руб.}$$

### **19. Цена изделия**

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС.

$$\text{Цена} = C_{\text{полн}} + \text{П} + \text{НДС} = 2315,428 + 463,086 + 416,777 = 3195,291 \text{ руб.}$$

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Л21	Решикову Константину Сергеевичу

Институт	кибернетики	Кафедра	ТАМП
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	Машиностроение

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<b>1. Характеристика объекта исследования и области его применения</b>	Объектом исследования является процесс производства детали «опора двигателя», а также содержащиеся в производственном цеху станки и сопутствующее оборудование.
--	---

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<b>1. Производственная безопасность</b> 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.	1.1. Выявленные вредные факторы (по ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ). –Повышенный уровень шума на рабочем месте; –Недостаточная освещенность рабочей зоны; –Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; –Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; –Повышенный уровень вибрации. 1.2. Выявленные опасные факторы (по ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ): –Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; –Незащищенные подвижные элементы металлообрабатывающих станков: вращение заготовки, движение различных элементов станков.
<b>2. Экологическая безопасность</b>	Анализ влияния факторов производства детали на окружающую среду.
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b>	Приведены возможные для данного предприятия чрезвычайные ситуации и способы их устранения.
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b>	Приведены требования к организации рабочего места с соблюдением требований безопасности сотрудника.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Мезенцева И. Л.			

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л21	Решиков Константин Сергеевич		

## Введение

В данном разделе выпускной квалификационной работы, объектом исследования является процесс производства детали «опора двигателя», а также содержащиеся в производственном цеху станки и оборудование, участвующие в производстве детали, и их воздействие на организм человека и окружающую среду. Деталь изготавливается из термообработанного алюминиевого сплава Д16Т, и в дальнейшем будет использоваться для нужд космической отрасли.

Во время изготовления детали оператор станка или рабочий подвергается ряду опасных и вредных факторов. К опасным факторам можно отнести: повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;

незащищенные подвижные элементы металлообрабатывающих станков. К вредным факторам относятся: повышенный уровень шума на рабочем месте; недостаточная освещенность рабочей зоны; повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенный уровень вибрации.

### 1. Производственная безопасность

#### 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.

При производстве детали «опора двигателя» на участке цеха используется следующее оборудование: токарный станок с ЧПУ, фрезерный станок с ЧПУ, сверлильный станок. Производственные условия на участке характеризуются наличием следующих вредных факторов

– Источники шума, которыми являются металлорежущие станки и находящиеся в этом же цехе дополнительное оборудование. Допустимые уровни шума на рабочих местах относятся к широкополосному шуму. В качестве защиты использовать звукопоглощающие покрытия с  $\alpha \geq 0,5$ , защитные кожухи, перфорированные экраны.

Табл. 1 Допустимые уровни звука

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровень звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Лаборатории для проведения экспериментальных работ	94	87	82	78	75	73	71	70	80
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий	99	92	86	83	80	78	76	74	85

Шум, возникающий при работе производственного оборудования и превышающий нормативные значения, воздействует на центральную и вегетативную нервную систему человека, органы слуха. Работающий в условиях длительного шумового воздействия испытывает раздражительность, головную боль, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, нарушение сна. Если невозможно уменьшить шум, действующий на работников, до допустимых уровней, то необходимо

использовать средства индивидуальной защиты (СИЗ) — противошумные вкладыши из ультратонкого волокна “Беруши” одноразового использования.

– Недостаточная освещенность рабочей зоны приводит к перенапряжению органов зрения, в результате чего снижается острота зрения, и человек быстро устает, работает менее продуктивно, возникает потенциальная опасность несчастных случаев и, кроме того, длительное, плохое освещение может привести к профессиональным заболеваниям (близорукость и др.). Причиной плохой освещенности в цехе является снижение уровня естественной освещенности в связи с загрязнением остекленных поверхностей световых проемов, стен и потолков. Средство коллективной и индивидуальной защиты – установка источников освещения по СНиП 23-05-95. Нормы коэффициента естественного освещения (КЕО) и коэффициента пульсации  $K_p$  приведены в табл. 2.

Таблица 2. Нормы коэффициента естественного освещения (КЕО) и коэффициента пульсации  $K_p$

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд и подразряд зрительной работы	Продолжительность зрительной работы, %	Искусственное освещение		Естественное Освещение	
				Освещение рабочей поверхности	$K_p$ , %	КЕО, %, при	
						Верхнем или комб.	Боковым
Средней точности	Более 0,5 мм	В 1 2	70	150	20	2	0,5

– Активную роль на безопасность работы оказывают показатели микроклимата. Согласно ГОСТ 12.1.005-88 устанавливается комплекс оптимальных и допустимых метеорологических условий для помещения рабочей зоны, включающий значение температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха. Допустимые и оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне помещения цеха приведены в табл. 3.

Таблица 3. Допустимые и оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне помещения цеха

Категория работы	Период года	Температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость воздуха, м/с	
		оптим	допуст	оптим	допустимая	оптимальн	допустим
Средней тяжести, Па	Холодный	18-20	17-23	40-60	не более 75	не более 0,2	не более 0,3
	Тёплый	21-23	18-27	40-60	не более 55 при 28°С 60 при 27°С 65 при 26°С	не более 0,3	0,2-0,4

Категория работы	Период года	Температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость воздуха, м/с	
		оптим	допуст	оптим	допустимая	оптимальн	допустим
							70 при 25°С 75 при 24°С

– Загрязненный воздух рабочей зоны. Процесс резания сопровождается пылевыведением, которое возникает за счет скалывания режущей части инструмента, образование стружки и появление пылевых частиц обрабатываемого материала. Также в процессе резания испаряется СОЖ. Химический состав пыли определяет многообразие воздействия ее на организм. Специфическое влияние проявляется, прежде всего, при вдыхании пыли; меньшее значение имеет заглатывание ее со слюной и слезью. Вдыхание пыли преимущественно может вызывать поражение органов дыхания — бронхит, пневмокониоз или развитие общих реакций — аллергии и интоксикации. Неспецифическое действие пыли проявляется в заболеваниях верхних дыхательных путей, слизистой оболочки глаз, кожных покровов. Вдыхание пыли может способствовать развитию пневмонии, туберкулеза, рака легких. В качестве средства коллективной защиты для этого типа вредного фактора используется вентиляция, при интенсивном проявлении фактора – респираторы. Нормируется по ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ.

– Источником вибраций в основном является металлообрабатывающее оборудование, а причиной возникновения вибрации при работе станков являются неуравновешенные силовые воздействия. Вибрация нормируется в соответствии с ГОСТ 12.1.012-90. В качестве меры защиты могут выступать: спец. одежда, поглощающая обувь, коврики. Воздействие производственной вибрации на человека вызывает изменения как физиологического, так и функционального состояния организма человека. Изменения в функциональном состоянии организма проявляются в повышении утомляемости, увеличении времени двигательной и зрительной реакции, нарушении вестибулярных реакций и координации движений. Все это ведет к снижению производительности труда. Изменения в физиологическом состоянии организма — в развитии нервных заболеваний, нарушении функций сердечно-сосудистой системы, нарушении функций опорно-двигательного аппарата, поражении мышечных тканей и суставов, нарушении функций органов внутренней секреции. Все это приводит к возникновению вибрационной болезни. К способам борьбы с вибрацией относятся снижение вибрации в источнике (улучшение конструкции машин, статическая и динамическая балансировка вращающихся частей машин), виброгашение (увеличение эффективной массы путем присоединения машины к фундаменту), виброизоляция (применение виброизоляторов пружинных, гидравлических, пневматических, резиновых и др.) вибродемпфирование (применение материалов с большим внутренним трением), применение индивидуальных средств защиты (виброзащитные обувь, перчатки со специальными упруго-демпфирующими элементами, поглощающими вибрацию). Предельно допустимый уровень вибраций приведен в табл. 4.

Таблица 4. *Предельнодопустимые значения производственной локальной вибрации*

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	* Предельно допустимые значения по осям $X_z, Y_z, Z_z$			
	виброускорения		виброскорости	
	м/с <sup>2</sup>	дБ	м/с · 10 <sup>-2</sup>	дБ
8	1,4	123	2,8	115

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	* Предельно допустимые значения по осям $X_d, Y_d, Z_d$			
	виброускорения		виброскорости	
	м/с <sup>2</sup>	дБ	м/с · 10 <sup>-2</sup>	дБ
16	1,4	123	1,4	109
31,5	2,8	129	1,4	109
63	5,6	135	1,4	109
125	11,0	141	1,4	109
250	22,0	147	1,4	109
500	45,0	153	1,4	109
1000	89,0	159	1,4	109
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни	2,0	126	2,0	112

\* Работа в условиях воздействия вибрации с уровнями, превышающими настоящие санитарные нормы более чем на 12 дБ (в 4 раза) по интегральной оценке или в какой-либо активной полосе, не допускается.

## 1.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.

Анализ опасных факторов производится с указанием средств защиты индивидуальной и коллективной. Производственные условия на участке характеризуются наличием следующих опасных факторов (по ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ)

– Электрический ток, так как в цехе будет использоваться сеть с напряжением 380/220 В. По степени поражения людей электрическим током помещение цеха относится к особо опасным, так как имеет место:

а) наличие токопроводящего пола (железобетонный пол),  
б) возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциями зданий, механизмами с одной стороны, и металлическим корпусом электрооборудования – с другой.

– Незащищенные подвижные элементы металлообрабатывающих станков: вращение заготовки, движение различных элементов станков.

Для уменьшения воздействий опасных факторов рекомендуется использовать следующие меры:

- 1) Использование средств индивидуальной защиты: очки, спец.одежда, головные уборы, специальная обувь.
- 2) Применение профилактических испытаний станка и его узлов: на механическую прочность, на электрическую проводимость, на надёжность срабатывания предохранительных устройств-блокировок.
- 3) Использование и применение специальных средств обеспечения безопасности: защитное контурное заземление  $R_3 \leq 4$  Ом. средства дробления сливной стружки в процессе резания, искусственное освещение станков, ограничители шума УЗД=97дБА, ПДУ=80дБА и вибрации  $f=18$ Гц, ПДУ=92дБ, манипуляторы с программным управлением.
- 4) Ограждение опасных зон: движущихся частей станков и механизмов, режущих инструментов, обрабатываемого материала, токоведущих частей электрооборудования, зоны выделения стружки. Также, средство защиты – механизм, не позволяющий работать станку с открытой дверью.



5) Применение предохранительных устройств: от перегрузки станка, от перехода движущихся узлов за установленные пределы, от внезапного падения или повышения напряжения электрического тока.

6) Использование системы дистанционного управления: управление станком осуществляется с помощью стойки ЧПУ, которая включает в себя клавиатуру для ввода команд и дисплей. Стойка ЧПУ расположена вне опасной зоны станка.

7) Использование сигнализации безопасности: цветовой и знаковой.

8) Отключающие устройства станка, в том числе аварийные, окрашены в красный сигнальный цвет согласно. При нарушении технологического процесса на станке предусмотрены сигнальные лампы, окрашенные в красный цвет. Открытые и не полностью закрытые движущиеся части оборудования окрашены в желтый цвет. На шкафах с электрооборудованием станка нанесен знак «Осторожно! Электрическое напряжение».

9) Применение расстояния и габаритных размеров безопасности: габаритные размеры рабочих мест, безопасные расстояния между станками и элементами производственного помещения, габаритные размеры, габаритные размеры подвеса электрических проводов.

10) Необходимой мерой безопасности является освещение в соответствии с требованиями норм и правил СНиП 23-05-95 для общего освещения производственных помещений механических цехов рекомендуется применять преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ и ЛД со светильниками типа ОД или ПВЛ.

Для местного освещения при точных работах с блестящими металлическими поверхностями рекомендуется использовать люминесцентные лампы ЛД и ЛХБ.

11) Для снижения вероятности возникновения пожара проводится необходимый инструктаж, соблюдаются правила при работе с электрооборудованием, на рабочих местах запрещено курить и пользоваться источниками открытого огня. В качестве мер противопожарной защиты на участке и в цехе предусмотрены средства пожаротушения. Для тушения пожаров водой используются внутренние и внешние водопроводы, а в качестве первичных средств пожаротушения пенные огнетушители ОХВП-10, углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5, и ОУ-8 1-у штуку на 700м<sup>2</sup> площади, ящики с песком 1-ин на 500м<sup>2</sup> площади.

## **2. Экологическая безопасность**

Механическая обработка металлов на станках сопровождается выделением пыли, стружки, туманов масел и эмульсий, которые через вентиляционную систему выбрасываются из помещений.

– При обработке деталей на металлорежущих станках от 15 до 20% массы заготовки превращается в металлическую стружку, поэтому возникает важная проблема уборки стружки от станков и последующей ее утилизации и переработки. Деталь «опора двигателя» изготовлена из алюминия, стружка после обработки идет на брикетирование и переработку.

– В цехе для ликвидации тяжелого ручного труда и снижения травматизма процесс уборки стружки механизирован. Метод уборки стружки осуществляется с помощью СОЖ (гидротранспортировка), которая сначала удаляет стружку из зоны резания в наклонный желоб, установленный с уклоном в 1° под станком, а далее перемещающей стружку по наклонным желобам в отстойник, оттуда эмульсия вновь подается насосом к станку. Из отстойника стружка, попадает на транспортер, движется в специальное помещение, находящееся за пределами цеха и перегружается в специальные металлические ящики.

После полного заполнения ящики со стружкой с помощью самоходного погрузчика отвозятся на специальные площадки со всего завода и централизованно поступают на переработку. При транспортировании стружки на специальные перерабатывающие предприятия происходят потери металла до 20-25% в результате коррозии и в виде прямых потерь, что загрязняет окружающую среду. На самом предприятии при отсутствии специализированных участков по переработке стружки, алюминиевая стружка может использоваться в собственном литейном производстве в виде брикетов или россыпью. Причем при использовании стружки россыпью до 30% металла сгорает. Поэтому на рассматриваемом производстве переработка стружки производится методом горячего брикетирования, расположенной на специализированном участке цеха.

– Также огромное значение имеет очистка вентиляционных выбросов от механических примесей. Это происходит аппаратами мокрого и сухого пылеулавливания, волокнистыми фильтрами и электрофильтрами.

– Очистку и обезвреживание газовых составляющих выбросов производства осуществляют конденсационным методом, заключающимся в охлаждении паровоздушной смеси ниже точки росы в специальных теплообменниках – конденсаторах.

Защита от тончайшей пыли и металообразивной стружки, а также от выбросов вредных газов осуществляется вытяжными трубами, воздухоборниками, отсосами. Воздух, проходя через многочисленные фильтры, очищается, а пыль и грязь поступает в отходы.

– Загрязнение водных ресурсов металлорежущими станками может произойти при чистке станков и его узлов. Такая чистка производится на специальном месте оборудованном стоком с фильтрами, задерживающими грязь, масла, кислоты.

На предприятиях машиностроительной промышленности очистка сточных вод осуществляется, как правило, в отстойниках, шлаконакопителях, нефти - и маслоловушках. Очищенные воды в большинстве случаев используются в системах оборотного водоснабжения. При этом вода основного источника или из других циклов водопользования идёт на компенсацию потерь оборотной воды.

### **3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Из возможных чрезвычайных ситуаций техногенного характера может быть выделено возгорание в цехе/производственном участке при несоблюдении предписанных норм пожарной безопасности или же вследствие короткого замыкания или проблем с токопроводящим оборудованием. Поэтому следует:

- 1) Проводить профилактические мероприятия, инструктажи рабочих.
- 2) В каждом цехе должны быть предусмотрены меры эвакуации, например, запасные выходы, пожарные проходы.
- 3) Обязаны присутствовать средства пожаротушения (в качестве первичных средств пожаротушения пенные огнетушители ОХВП-10, углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5, и ОУ-8 1 штуку на 700м<sup>2</sup> площади, ящики с песком 1 на 500м<sup>2</sup> площади).
- 4) В доступном месте должны висеть инструкции по действиям при пожаре с указанием последовательности действий, а также планов эвакуации с телефонами спецслужб, куда стоит сообщить о возникновении чрезвычайной ситуации.
- 5) Обязательно наличие звуковой пожарной сигнализации.
- 6) Система пожарной сигнализации включается в общезаводскую/общецеховую систему пожарных извещателей кольцевого типа. Оповещение рабочих происходит через местную связь (радиосвязь).

### **4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Так как данный вид работ подразумевает возможное наличие угроз жизни (таких как работа в запылённом помещении, работа с горячим металлом, работа с подвижными частями механизмов), следует обеспечить работника всеми необходимыми мерами защиты – рабочими перчатками, для уменьшения травм от острых краёв металла; очками, для исключения попадания инородных тел в глаза и область глаз; спец.одеждой, как мерой индивидуальной защиты работника, а также другими средствами защиты в зависимости от выполняемой сотрудником работы. Каждому работнику должно быть предоставлено рабочее место с учётом специфики работы – если это сборочное место, то оно должно быть оснащено всем необходимым для сборки инструментом, должно быть удобным, а также освещённым в зависимости от размера собираемой детали; если это место работника-токаря, то рядом должны находиться инструментальные шкафы со всем необходимым инструментом, перед станком должна быть ровная и удобная поверхность, уровень света также должен быть достаточен для работы, чтобы сотруднику не приходилось подключать другие источники света.

### Список используемой литературы

1. Горбачевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. – 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с четвертого издания 1983 г. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
2. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: учебное пособие / В. Ф. Скворцов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2006. – 99 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1985. 656 с., ил.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1985. 496 с., ил.
5. Допуски и посадки; Справочник. В 2-х ч./ В. Д. Мягков, М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1982. – Ч.1. 543 ., ил.
6. Общемашиностроительные нормативы времени на гальванические покрытия и механическую подготовку поверхностей до и после покрытия [электронный ресурс]// [http://www.libussr.ru/doc\\_ussr/usr\\_13808.htm](http://www.libussr.ru/doc_ussr/usr_13808.htm), свободный – Загл. с экрана (дата обращения 22.04.2016)
7. Методические указания к выполнению раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» выпускной квалификационной работы для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 15.03.01 «Машиностроение» / сост. В.Ю. Конотопский; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 22 с.
8. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/Сост. С.В. Романенко, Ю.В. Анищенко – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 11 с.