

Введение

Электродвигатели имеют широкое применение во всех отраслях промышленности, таких как машино- и станкостроение, деревообрабатывающая и текстильная индустрия, в сельском хозяйстве, системах промышленной вентиляции, транспортерах, подъемниках, насосном оборудовании и т.д. Все промышленные приводы, где требуется точная регулировка частоты вращения, реализованы именно на базе электродвигателя постоянного тока (ДП). Электрические машины на постоянных магнитах благодаря своей эффективности и большой плотности мощности широко используются в оборонной отрасли.

В выпускной квалификационной работе (ВКР) представлен технологический процесс (ТП) изготовления детали «коробка выводов электродвигателя ДП - 172». Потребность в таких электродвигателях высока. Томский электротехнический завод (ТЭТЗ) занимается выпуском данных электродвигателей, поэтому требуется совершенствование технологического процесса деталей, которые входят в состав данного электродвигателя.

ВКР состоит из четырех частей: технологическая, конструкторская, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение и социальная ответственность.

В технологической части проанализирован заводской технологический процесс изготовления детали «коробка выводов электродвигателя ДП - 172». Совершенствование ТП заключается в следующем:

- Фрезерные операции были переведены с универсальных станков на станок с ЧПУ (Вертикально-фрезерный S Mini Mill).
- Резка листа на заготовки переведена с универсальных станков на станок гидроабразивной резки (OMAX 55100).

За счет данных мероприятий уменьшилось количество установов и креплений детали, сократилось время обработки детали.

Проведен анализ служебного назначения детали. Выполнен расчет режимов резания, припусков на обработку для каждой операции, норм времени.

В конструкторской части сконструировано специальное станочное приспособление для операции 045 (сверлильная). Приспособление предназначено для точного сверления четырех отверстий в коробке выводов диаметром 4,5 мм. Выполнен расчет силы зажима и точности приспособления. Разработана последовательность сборки приспособления.

В части «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» рассчитаны затраты на научно – исследовательскую работу.

В части «социальная ответственность» рассмотрены вопросы производственной и экологической безопасности при изготовлении детали «коробка выводов электродвигателя» на предприятии «ТЭТЗ», с точки зрения наличия или возможности появления опасных и вредных факторов, а также их воздействия на рабочих.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Согласовано

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.		Альбицкая И.А.			
Проб.		Коротков В.С.			

ВКР.ТАМП.151001.ПЗ

Стадия	Лист	Листов
		1

ТПУ ИИЭО
Группа 3-4301

1. Технологическая часть

1.1 Назначение и конструкция детали

Коробка выводов электродвигателя представляет собой металлическую деталь, вспомогательная часть корпуса электромашин, благодаря которой повышается надежность герметизации. Такой технический результат достигается путем уменьшения протяженности герметизируемой поверхности и уплотнительного шнура в коробке выводов электрической машины.

Коробка выводов электродвигателя имеет кабельный ввод в виде втулки в боковой стенке, где выполнено отверстие с резьбой. Провода присоединяются к болтам или шпилькам, прикрепленным в отлив. Через изоляционную прокладку коробка выводов электродвигателя крепится к станине. В станине имеется отверстие, через которое подводятся проводники машины постоянного тока в коробку. Таким образом, коробка выводов электродвигателя способствует безопасной и бесперебойной работе двигателя.

1.2 Анализ технологичности конструкции детали

Деталь имеет сложную конструкцию. При обработке обеспечивается свободный доступ инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям, деталь имеет достаточную жесткость. Деталь имеет поверхности, которые могут быть использованы в качестве технологических баз.

Квалитет точности - 12,13,14.

Неуказанные предельные отклонения валов по $h14$, отверстий по $H14$, линейных размеров по $\pm \frac{IT14}{2}$.

Деталь изготавливается из дюралюминия Д16Т ГОСТ 4784-97.

Расшифровка:

Д – дюралюминий;

16 – номер сплава в серии;

Т – закаленный и естественно состаренный.

Д16 - это сплав алюминия с магнием и медью. Такие сплавы именуется дюралюминиями, а дюралюминии применяются в качестве конструкционных сплавов в авиационной и космической промышленности, благодаря их прочности и относительной лёгкости. В чистом виде Д16 применяется редко, так как в не закалённом состоянии обладает меньшей прочностью и твёрдостью. В большинстве же случаев в продаже присутствуют уже упроченные и состаренные естественным методом полуфабрикаты, маркируемые Д16Т. Твёрдость после закалки НВ=105 МПа.

Свойства материала Д16Т приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1.2.1 Химический состав

Fe	Si	Cr	Ti	Mn	Al	Cu	Mg	Zn
До 0,5	до 0,5	до 0,1	до 0,15	0,3- 0,9	90,9- 94,7	3,8- 4,9	1,2- 1,8	до 0,25

Таблица 1.2.2 Механические свойства

Сортамент	$\sigma_B, \text{МПа}$	$\sigma_T, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	термообработка
Плита, Гост 17232-99	345-420	245-275	3-7	Закалка и старение

Д16Т - это конструкционный термоупроченный и естественностаренный сплав в заготовке, который применяется в различных областях народного хозяйства.

Его применяют и для изготовления силовых элементов конструкций в авиатехнике: деталей обшивки, каркаса, шпангоутов, нервюр, тяги управления, лонжерон. Также из него выпускают и детали, работающие при температуре в пределах 120-230 °С — по ГОСТу.

Он применяется и в автомобильной промышленности для изготовления кузовов, труб и других достаточно прочных деталей.

Д16Т применяют для изготовления заклёпок с высокой прочностью на срез. Эти же заклёпки применяются для крепления других более мягких алюминиевых деталей, например из магналий АМг6.

1.3 Определение типа производства

Тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операций, который показывает число различных операций, закреплённых в среднем по цеху за каждым рабочим местом в течение месяца [5, с.16].

Определяется расчётное количество станков m_p для каждой операции по формуле:

$$m_p = \frac{N \cdot t_{ум} (t_{ум.к})}{60 \cdot F_{\delta} \cdot \eta_{з.н.}}$$

где N - годовой объём выпуска деталей, шт., $N = 3000$ шт/год;

$t_{ум} (t_{ум.к})$ - штучные или штучно - калькуляционные нормы времени для каждой операции, мин.;

F_{δ} - действительный годовой фонд времени, ч.;

$\eta_{з.н.}$ - нормативный коэффициент загрузки оборудования, $\eta_{з.н.} = 0,75-0,85$, принимаем $\eta_{з.н.} = 0,8$.

$$F_{\delta} = F_H - 3\% \cdot F_H,$$

где F_H - номинальный годовой фонд рабочего времени, при работе в 1 смену составляет 2016 час в 2016г., 3% - потери рабочего времени.

$$F_{\delta} = F_H - F_H \cdot 3\% = 2016 - 2016 \cdot 0,03 = 1955 \text{ час}.$$

Штучно-калькуляционное время $t_{ум.к}$ для основных операций техпроцесса определим по приближённым формулам:

$$t_{ум.к} = t_o \cdot \varphi.$$

Результаты расчетов норм времени t_o и $t_{ум.к}$ по операциям представлены в табл.1.3.1.

Таблица 1.3.1 Расчёт штучно-калькуляционного времени

№ операции	Операция	t_o , мин	Коэф-т φ	$t_{шт.к}$, мин
015	Фрезерная с ЧПУ	2,1	1,84	3,9
025	Фрезерная с ЧПУ	0,7	1,84	1,3
035	Фрезерная с ЧПУ	3,17	1,84	5,8
045	Фрезерная с ЧПУ	2,44	1,84	4,5
055	Фрезерная с ЧПУ	0,2	1,84	0,4

Определяем расчётное количество станков m_p :

- для фрезерной операции $m_p^{fp} = \frac{3000 \cdot 3,9}{60 \cdot 1955 \cdot 0,8} = 0,12$, ($p=1$ станок);

- для фрезерной операции с ЧПУ $m_p^{fp} = \frac{3000 \cdot 1,3}{60 \cdot 1955 \cdot 0,8} = 0,04$, ($p=1$ станок);

- для фрезерной операции с ЧПУ $m_p^{fp} = \frac{3000 \cdot 5,8}{60 \cdot 1955 \cdot 0,8} = 0,2$, ($p=1$ станок);

- для фрезерной операции с ЧПУ $m_p^{fp} = \frac{3000 \cdot 4,5}{60 \cdot 1955 \cdot 0,8} = 0,14$, ($p=1$ станок);

- для фрезерной операции с ЧПУ $m_p^{fp} = \frac{3000 \cdot 0,4}{60 \cdot 1955 \cdot 0,8} = 0,012$, ($p=1$ станок).

Принятое число рабочих мест p устанавливается округлением значений m_p .

Определяем значения фактического коэффициента загрузки по формуле:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{p}.$$

Количество операций, выполняемых на рабочем месте, определяем по формуле:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}.$$

Расчёт коэффициента закрепления операций представлен в табл. 1.3.2.

Таблица 1.3.2 Расчёт коэффициента закрепления операций

№	Операция	$t_{шт.к},$ <i>МИН</i>	m_p	p	$\eta_{з.ф.}$	O
015	Фрезерная с ЧПУ	3,9	0,12	1	0,12	6,7
025	Фрезерная с ЧПУ	1,3	0,04	1	0,04	20
035	Фрезерная с ЧПУ	5,8	0,2	1	0,2	4
045	Фрезерная с ЧПУ	4,5	0,014	1	0,14	5,7
055	Фрезерная с ЧПУ	0,4	0,012	1	0,012	66,7
				$\sum p = 5$		$\sum O = 103,1$

Коэффициент закрепления операций рассчитываем по формуле:

$$k_{з.о} = \frac{\sum O}{\sum p} = \frac{103,1}{5} = 20,6.$$

Определим тип производства: $20 \leq k_{з.о} \leq 40$ – производство мелкосерийное.

1.4 Выбор заготовки

С учетом технологических свойств материала детали (алюминий Д16Т), её габаритов и массы, требований к механическим свойствам, а также типом производства (мелкосерийное) выбираем в качестве исходной заготовки – прокат листовой, рис. 1.

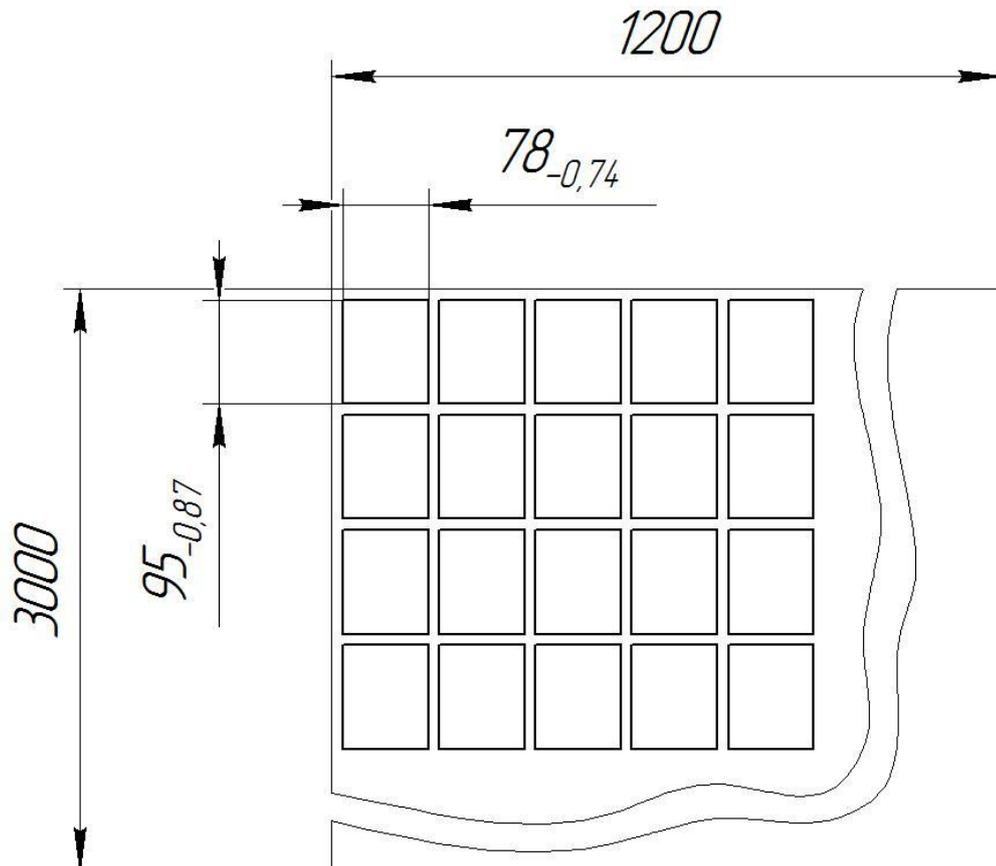


Рис.1.4.1 Заготовка

1.5 Анализ заводского технологического процесса

Базовый техпроцесс представлен в табл.1.5.1.

Таблица 1.5.1. Заводской технологический процесс

Номер операции	Наименование и содержание операции	Модель станка
005 Транспортировка	Получение и транспортирование материала со склада	
010 Пилоотрезная	Резать 2 полосы в размер $1200 \times 450^{+5}$, согласно эскизу	Отрезной станок модели 8Б66
015 Транспортировка	Транспортирование на механический участок	
020 Фрезерная	Фрезеровать контур, выдерживая размеры $450^{+5} \times 103^{+1}$ согласно эскизу	Станок горизонтально-фрезерный 6Н82
025 Фрезерная	Резать 2 полосы в размер $86^{+1} \times 103^{+1}$, согласно эскизу	Станок горизонтально-фрезерный 6Н82
030 Фрезерная	Фрезеровать контур, выдерживая размеры $78_{-0,74} \times 95_{-0,87}$ согласно эскизу	Станок универсально-фрезерный 6Н81
035 Слесарная	Снять заусенцы и притупить острые кромки после фрезерной операции	
040 Контрольная	Контроль размеров по эскизам	
045 Фрезерная С ЧПУ	1.Фрезеровать бобышку, выдерживая размеры $17^{+0,2}, 24_{-0,3}$. 2.Сверлить отверстие $\varnothing 10^{+0,36}$, выдерживая размер $30^{+0,5}$. 3.Рассверлить отверстие $\varnothing 16,9^{+0,25}$, выдерживая размер $16 \pm 0,25$. 4.Зенковать фаску $2 \times 45^\circ$. 5.Фрезеровать радиусы, выдерживая размер R2, согласно эскизу.	Станок вертикально-фрезерный с ЧПУ NV-700
050 Контрольная	Контроль размеров по эскизам	
055 Фрезерная	1.Фрезеровать поверхность (1) в размер $24_{-0,52}$. 2.Фрезеровать 4 фаски, выдерживая размер $6 \times 45^\circ$. 3.Центровать 4 отверстия $\varnothing 4,5^{+0,3}$. 4.Сверлить 4 отверстия $\varnothing 4,5^{+0,3}$, выдерживая размеры $\varnothing 86 \pm 0,2, 7 \pm 1$. 5.Зенковать отверстия $\varnothing 4,5^{+0,3}$, выдерживая размер $0,5 \times 45^\circ$.	Станок вертикально-фрезерный SMINIMILL

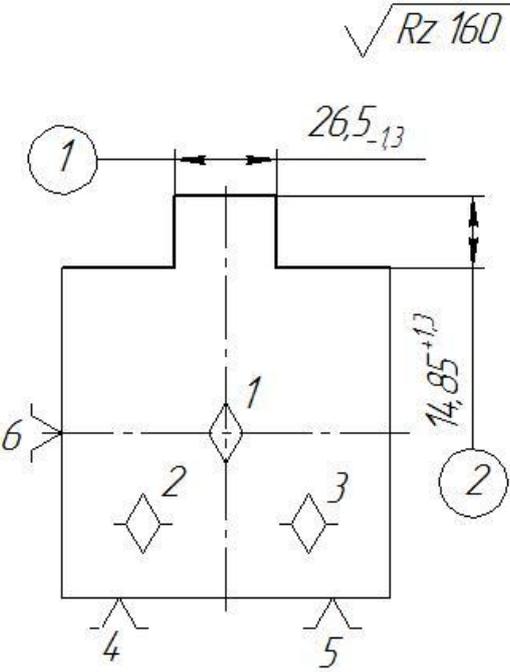
	6.Сверлить предварительно отверстие $\varnothing 16^{+0,43}$ насквозь. 7.Фрезеровать отверстие $\varnothing 16^{+0,43}$ до $\varnothing 65^{+0,74}$, выдерживая размер $20_{-0,22}$, согласно эскизу.	
060 Контрольная	Контроль размеров по эскизам	
065 Фрезерная	1.Фрезеровать наружный контур, выдерживая размеры $4_{-0,3}$, $20_{-0,22}$, $\varnothing 77,5_{-0,74}$, $R2$. 2.Центровать 4 отверстия $\varnothing 4,5^{+0,3}$. 3.Сверлить 4 отверстия $\varnothing 4,5^{+0,3}$, выдерживая размеры $30 \pm 0,26$, $40 \pm 0,31$. 4.Фрезеровать пазы под гайки, выдерживая размеры $R3,6$, $1 \pm 0,2$, $\angle 90^\circ$. 5.Фрезеровать канавку, выдерживая размеры $\varnothing 65_{-0,3}$, $\varnothing 74^{+0,3}$, $2,2^{+0,1}$, согласно эскизу.	Станок вертикально-фрезерный SMINIMILL
070 Контрольная	Контроль размеров по эскизам	
075 Фрезерная	Фрезеровать внутренний контур, выдерживая размеры $\varnothing 61^{+0,74}$, $20^{+0,52}$, $30^{+0,52}$, согласно эскизу.	Станок вертикально-фрезерный SMINIMILL
080 Контрольная	Контроль размеров по эскизам	
085 Слесарная	Снять заусенцы и притупить острые кромки после фрезерной операции	
090 Резьбонарезная	Ручная работа. Нарезать резьбу $M18 \times 1 - 7H$, выдерживая размер $12^{+0,43}$, согласно эскизу	
095 Обдувка		Камера обдувочная ОМА 4-6
100 Контрольная	Контроль размеров по эскизам	Стол ОТК
105	Транспортирование на участок гальваники	

Транспортировка		
110 Покрытие	Гальванообработка	
115 Транспортировка	Транспортирование в малярное отделение цеха	
120 Покрытие	Окрашивание	Камера пульверизационная ОМА 4-58
125 Контрольная	Контролировать деталь на соответствие чертежу	Стол ОТК
130 Транспортировка	Транспортирование в ЦКС цеха	

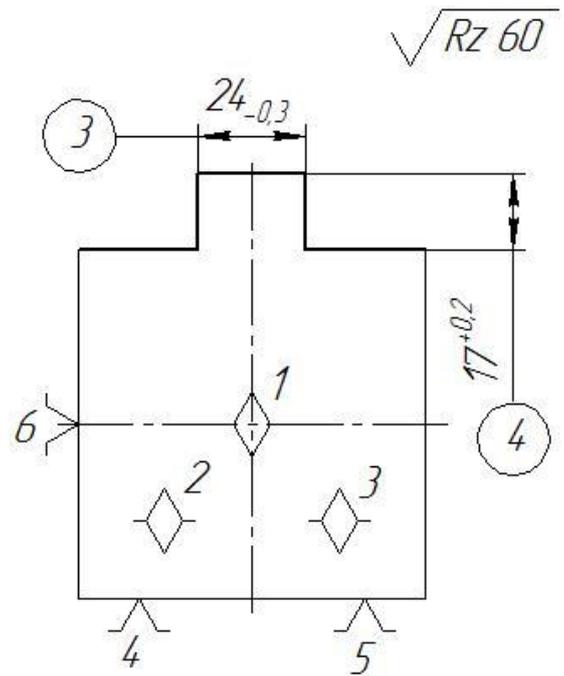
1.6 Принятый маршрутный технологический процесс

Совершенствованный маршрут технологии изготовления детали «коробка выводов электродвигателя ДП-172» представлен в виде табл.1.6.1, где также обозначены технологические базы и оборудование.

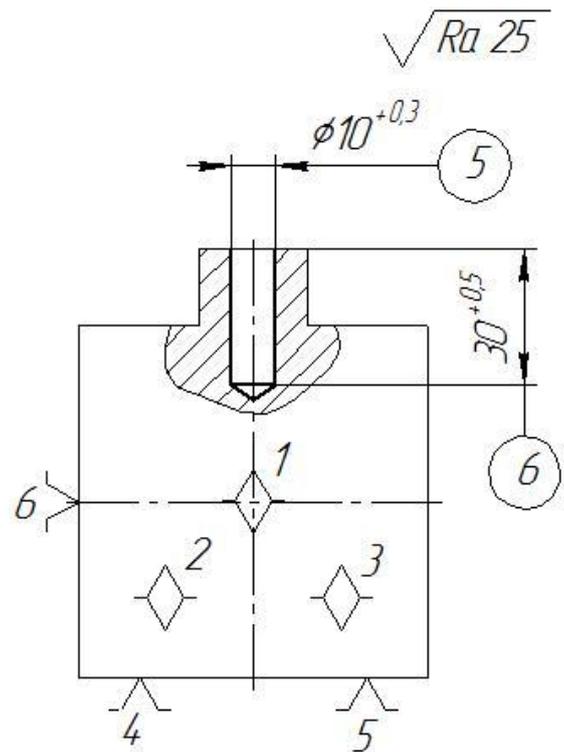
Таблица 1.6.1. Принятый маршрутный техпроцесс

005	Заготовительная 1.Резать лист 25x1200x3000 на заготовки.	
010	Контрольная Контроль размеров по эскизам.	
015	Фрезерная с ЧПУ Установить и закрепить заготовку. 1.Фрезеровать бобышку начерно, выдерживая размеры 1, 2.	 <p>The technical drawing shows a cross-section of a part with a central vertical hole. A horizontal dimension line at the top indicates a distance of $26,5_{-13}$ from the left edge to the start of the hole. A vertical dimension line on the right indicates a distance of $14,85^{+1,3}$ from the bottom edge to the top of the hole. A surface texture symbol $\sqrt{Rz 160}$ is located in the upper right corner. Circled numbers 1 and 2 are placed near the top and right edges respectively. A diamond-shaped symbol with the number 1 is located on the central vertical hole. Two diamond-shaped symbols with the number 2 are located on the lower part of the part. A dimension line with the number 6 is located on the left edge. Dimension lines with the numbers 4 and 5 are located at the bottom edge.</p>

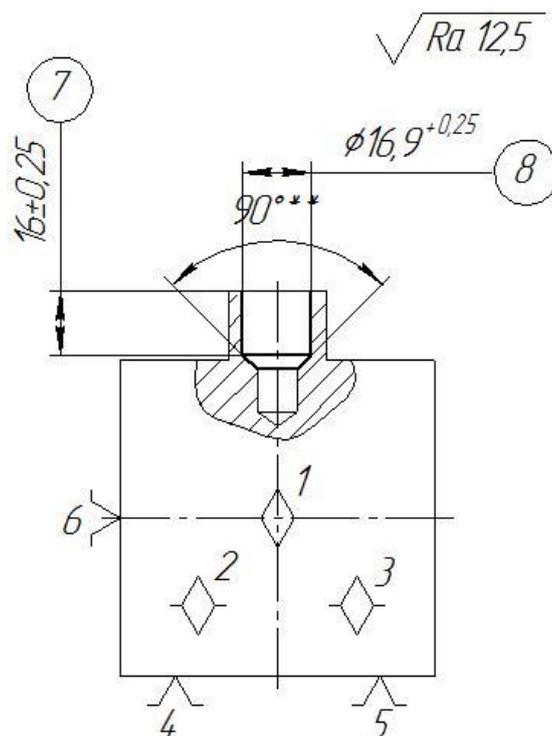
2. Фрезеровать бобышку, выдерживая размеры 3, 4.



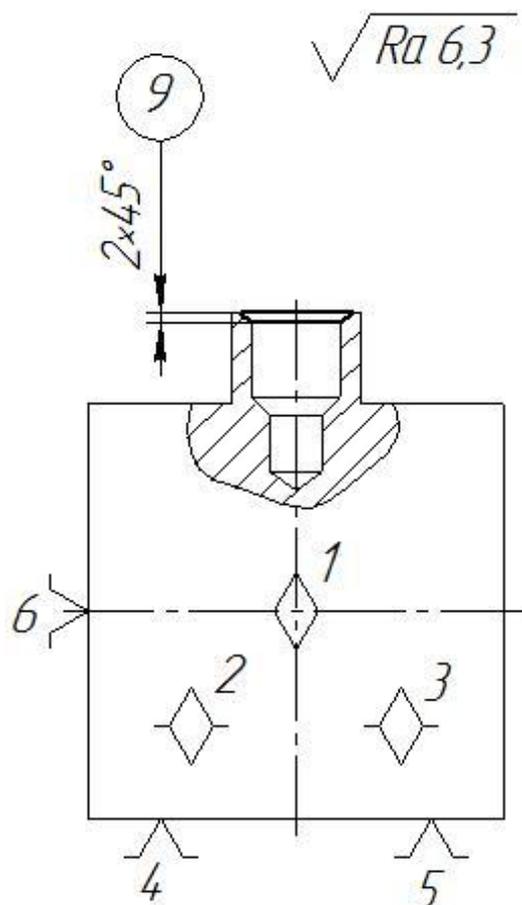
3. Сверлить отверстие, выдерживая размеры 5, 6.

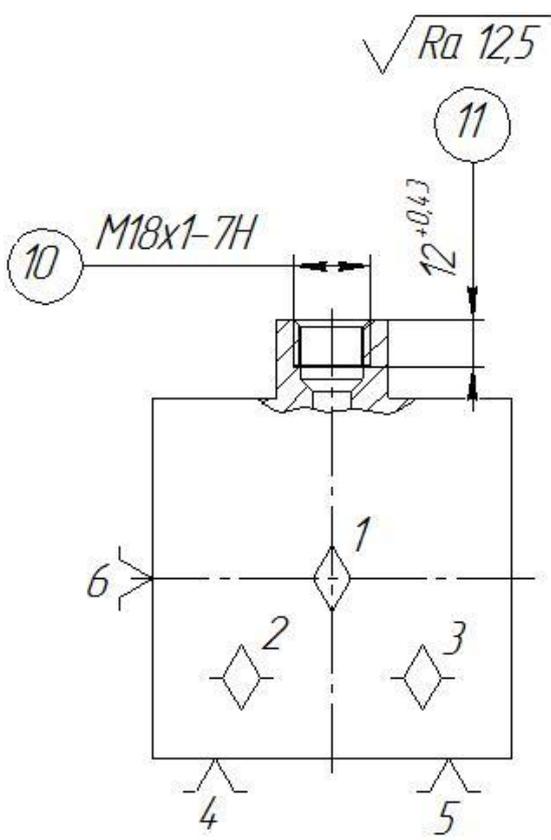
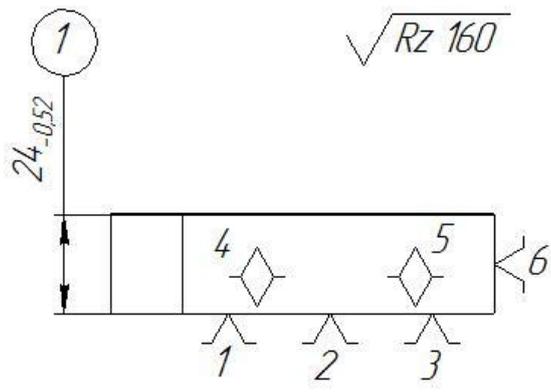


4. Рассверлить отверстие, выдерживая размер 7, 8.

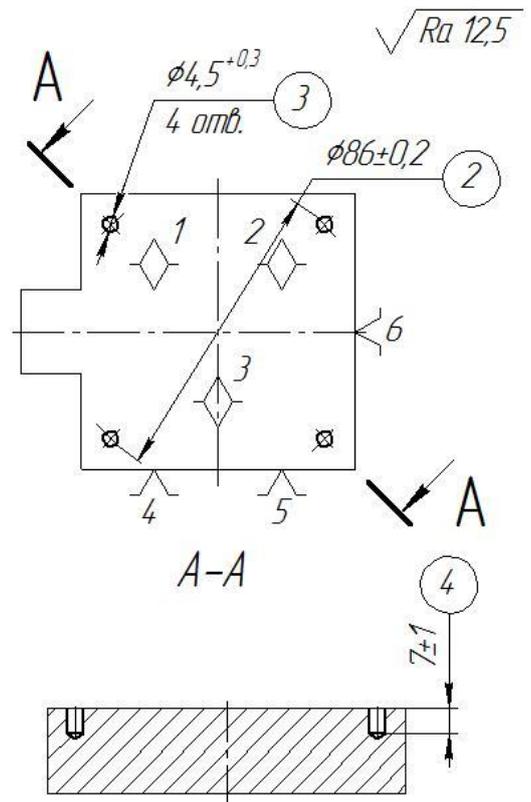


5. Зенковать фаску, выдерживая размеры 9.

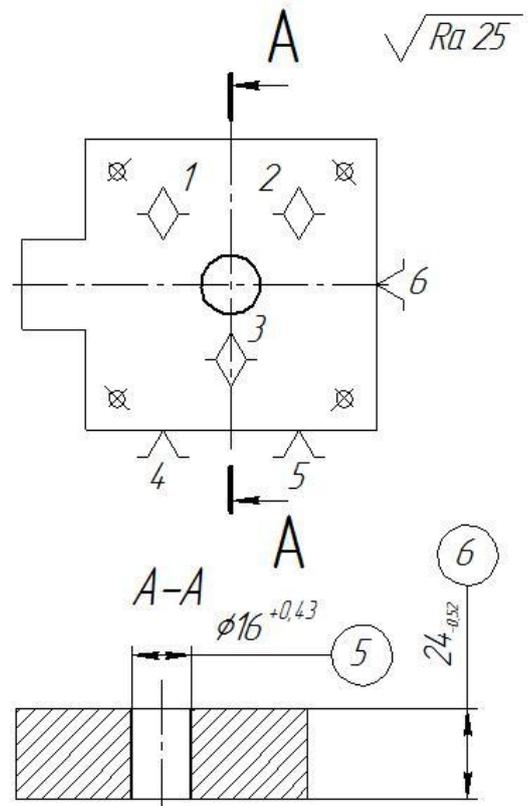


	<p>6. Нарезать резьбу, выдерживая размеры 10, 11.</p>	 <p>Technical drawing showing a cross-section of a threaded part. The drawing includes a detail of the thread with the specification $M18 \times 1-7H$. Dimensions are indicated: 10 (thread length), 11 (total length), and 12 (dimension with tolerance $+0.013$). Surface roughness is specified as $\sqrt{Ra\ 12,5}$. Callouts 1, 2, 3, 4, 5, and 6 indicate inspection points on the part.</p>
<p>020</p>	<p>Контрольная Контроль размеров по эскизам.</p>	
<p>025</p>	<p>Фрезерная с ЧПУ Установить и закрепить заготовку. 1. Фрезеровать поверхность, выдерживая размер 1.</p>	 <p>Technical drawing showing a cylindrical part. The drawing includes a detail of the surface with the specification $\sqrt{Rz\ 160}$. Dimension 1 is indicated with a tolerance of -0.052. Callouts 4, 5, and 6 indicate inspection points on the part.</p>

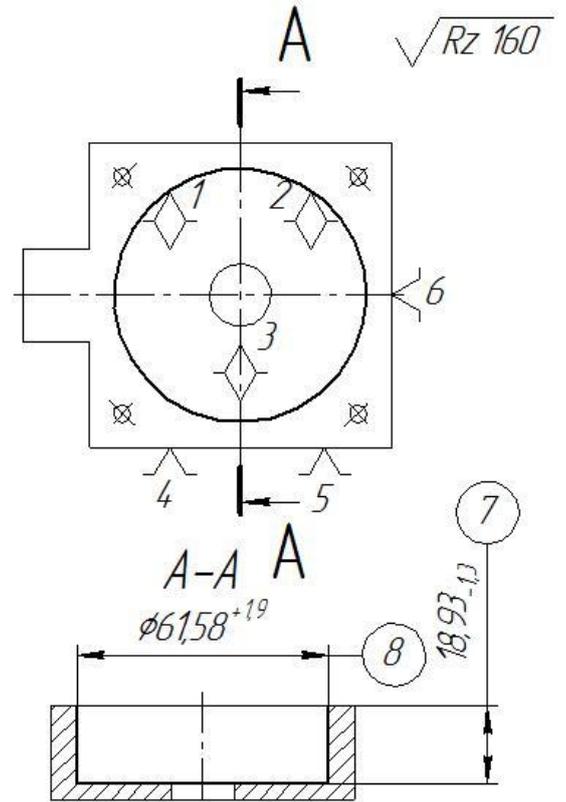
2. Сверлить отверстия, выдерживая размеры 2, 3, 4.



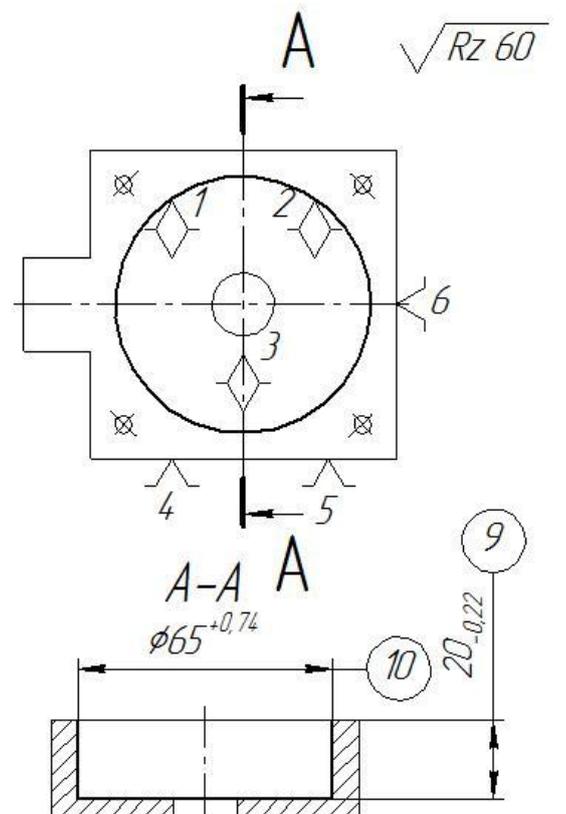
3. Сверлить отверстие, выдерживая размеры 5, 6.



4. Фрезеровать отверстие начерно,
выдерживая размеры 7, 8.

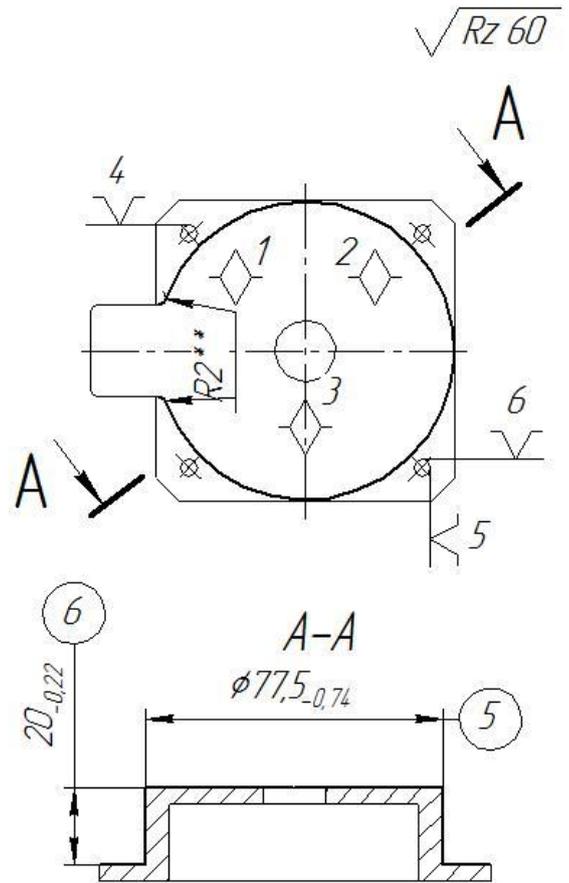


5. Фрезеровать отверстие,
выдерживая размеры 9, 10.

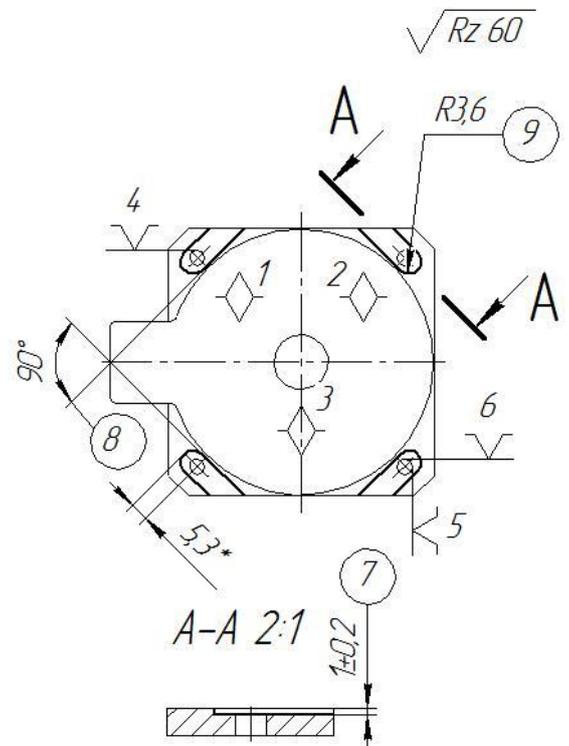


030	Контрольная Контроль размеров по эскизам.	
035	Фрезерная с ЧПУ Установить и закрепить заготовку. 1. Фрезеровать фаски, выдерживая размер 1. 2. Фрезеровать радиусы, выдерживая размер 2.	
	3. Фрезеровать наружный контур, начерно выдерживая размеры 3, 4.	

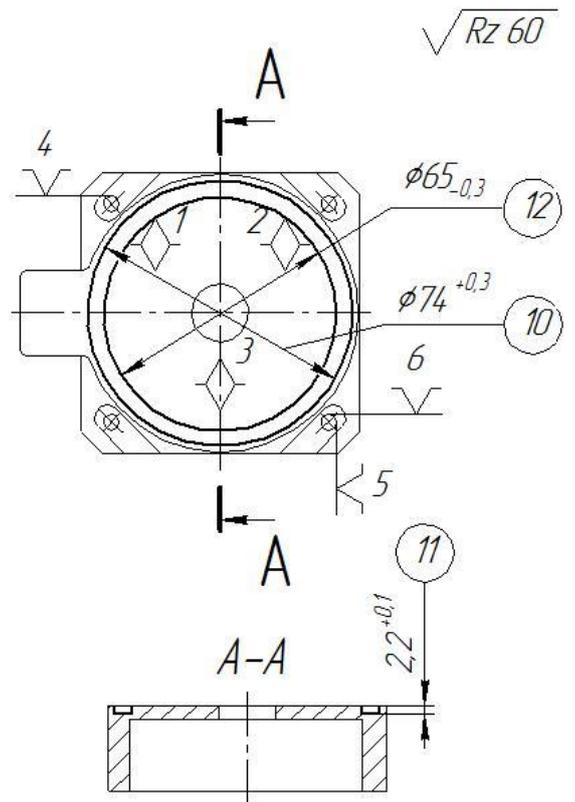
4. Фрезеровать наружный контур, выдерживая размеры 5, 6.



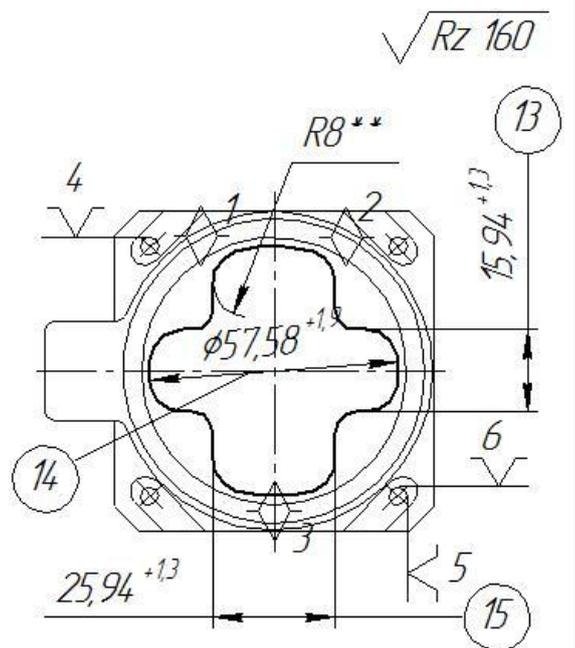
5. Фрезеровать пазы под гайки, выдерживая размеры 7, 8, 9.



6. Фрезеровать канавку,
выдерживая размеры 10, 11, 12.



7. Фрезеровать внутренний контур
начерно на глубину $4_{-0,3}$,
выдерживая размеры 13, 14, 15.



	<p>8. Фрезеровать внутренний контур на глубину $4_{-0,3}$, выдерживая размеры 16, 17, 18.</p>	
<p>040</p>	<p>Контрольная Контроль размеров по эскизам.</p>	
<p>045</p>	<p>1.Сверлить отверстия насквозь, выдерживая размеры 1, 2, 3.</p>	
<p>050</p>	<p>Контрольная Контроль размеров по эскизам.</p>	

055	<p>Фрезерная с ЧПУ</p> <p>Установить и закрепить заготовку.</p> <p>1. Зенковать фаски, выдерживая размер 1.</p> <p>2. Зенковать фаски, выдерживая размер 2.</p>	<p>Technical drawing showing two top views and a cross-section A-A of a part. The top views are labeled with dimensions 1, 2, 3, 4, 5, and 6. The cross-section A-A shows chamfered edges with a 45-degree angle and dimensions 1 and 2. A surface texture symbol is present: $\sqrt{Rz 60}$.</p>
060	<p>Контрольная</p> <p>Контроль размеров по эскизам.</p>	
065	<p>Слесарная</p> <p>Снять заусенцы и притупить острые кромки.</p>	
070	<p>Гальванообработка</p>	
075	<p>Покрытие</p> <p>Окрашивание</p>	
080	<p>Контрольная</p> <p>Контроль размеров на соответствие чертежу</p>	

1.7 Определение припусков на обработку

Припуск – это слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности.

Минимальный припуск на обработку противоположащих плоскостей поверхностей или торцевых, обрабатываемых параллельно (двухсторонний припуск) определяется по формуле [4, с.96]:

$$2z_{\min} = 2[(R_z + h + \Delta_{\Sigma})_{i-1} + \varepsilon_{yi}], \quad (1)$$

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

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

$\Delta_{\Sigma i-1}$ – суммарное пространственное отклонение обрабатываемой поверхности, полученного на предшествующем переходе или операции, мкм;

ε_i – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе, мкм.

Минимальный припуск на обработку плоской поверхности или торцевой (односторонний припуск) определяется по формуле [4, с.95]:

$$z_{\min} = (R_z + h + \Delta_{\Sigma})_{i-1} + \varepsilon_{yi}. \quad (2)$$

Минимальный припуск на обработку наружных или внутренних цилиндрических поверхностей (двухсторонний припуск) определяется по формуле [4, с.96]:

$$2z_{\min} = 2[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}]. \quad (3)$$

Максимальный припуск (двухсторонний) определяется по формуле [4, с.97]:

$$2z_{\max i} = 2z_{\min i} + T_{i-1} + T_i, \quad (4)$$

где T_{i-1} – допуск размера на предшествующем переходе;

T_i – допуск размера на выполняемом переходе.

Максимальный припуск (односторонний) определяется по формуле [4, с.97]:

$$z_{\max i} = z_{\min i} + T_{i-1} + T_i. \quad (5)$$

Предельные промежуточные размеры для наружных поверхностей определяются по формулам [4, с.100]:

- при одностороннем припуске (плоскости)

$$A_{\max i-1} = A_{\max i} + z_{\min i} + T_{i-1}, \quad (6)$$

$$A_{\min i-1} = A_{\max i} + z_{\min i}; \quad (7)$$

- при двухстороннем припуске (наружная цилиндрическая)

$$A_{\max i-1} = A_{\max i} + 2z_{\min i} + T_{i-1}, \quad (8)$$

$$A_{\min i-1} = A_{\max i} + 2z_{\min i}; \quad (9)$$

Предельные промежуточные размеры для внутренних поверхностей определяются по формулам:

- при одностороннем припуске (плоскости)

$$A_{\max i-1} = A_{\min i} - z_{\min i}, \quad (10)$$

$$A_{\min i-1} = A_{\min i} - (z_{\min i} + T_{i-1}); \quad (11)$$

- при двухстороннем припуске (внутренняя цилиндрическая, плоскости при параллельной обработке)

$$A_{\max i-1} = A_{\min i} - 2z_{\min i}, \quad (12)$$

$$A_{\min i-1} = A_{\min i} - (2z_{\min i} + T_{i-1}); \quad (13)$$

1. Расчет припусков и технологических размеров поверхности $24_{-0,3}$.

Расчет припусков на обработку производим по выше указанной формуле (1).

Результаты расчетов сводим в табл.1.7.1.

Таблица 1.7.1. Расчет припусков и технологических размеров поверхности

$24_{-0,3}$

Вид заготовки и план обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Допуск T_i , мм	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$	Предельные размеры		Номинальное значение размера
	$R_{z_{i-1}}$	h_{i-1}	$\Delta_{\Sigma_{i-1}}$	ε_{yi}				A_{\min}	A_{\max}	
Фрезерная:										
-черновая	160	100	500	100	1,3			25,2	26,5	$26,5_{-1,3}$
-черновая окончательно	60				0,3	1,7	3,3	23,7	24	$24_{-0,3}$

Минимальный припуск на обработку по формуле (1):

$$2z_{\min} = 2(160 + 100 + 500 + 100) = 1,7 \text{ мм.}$$

Максимальный припуск на обработку по формуле (4):

$$2z_{\max i} = 1,7 + 1,3 + 0,3 = 3,3 \text{ мм.}$$

Предельные промежуточные размеры по формулам (8), (9):

$$A_{\min i-1} = 24 + 1,7 = 25,2 \text{ мм.}$$

$$A_{\max i-1} = 24 + 1,7 + 1,3 = 26,5 \text{ мм.}$$

2. Расчет припусков и технологических размеров поверхности $17^{+0,2}$.

Расчет припусков на обработку производим по выше указанной формуле (2).

Результаты расчетов сводим в табл. 1.7.2.

Таблица 1.7.2. Расчет припусков и технологических размеров поверхности $17^{+0,2}$.

Вид заготовки и план обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Допуск T_i мм	z_{\min}	z_{\max}	Предельные размеры		Номинальное значение размера
	$R_{z_{i-1}}$	h_{i-1}	$\Delta_{\Sigma i-1}$	ε_{yi}				A_{\min}	A_{\max}	
Фрезерная:										
-черновая	160	100	500	100	1,3			14,85	16,15	$14,85^{+1,3}$
-черновая окончательно	40				0,2	0,85	2,35	17	17,2	$17^{+0,2}$

Минимальный припуск на обработку по формуле (2):

$$z_{\min} = 150 + 100 + 100 + 100 = 0,85 \text{ мм.}$$

Максимальный припуск на обработку по формуле (5):

$$z_{\max i} = 0,85 + 1,3 + 0,2 = 2,35 \text{ мм.}$$

Предельные промежуточные размеры по формулам (10), (11):

$$A_{\max i-1} = 17 - 0,85 = 16,15 \text{ мм.}$$

$$A_{\min i-1} = 17 - (0,85 + 1,3) = 14,85 \text{ мм.}$$

3. Расчет припусков и технологических размеров поверхности $\varnothing 65^{+0,74}$

Расчет припусков на обработку производим по выше указанной формуле (3).

Результаты расчетов сводим в табл.1.7.3.

Таблица 1.7.3. Расчет припусков и технологических размеров поверхности $\varnothing 65^{+0,74}$.

Вид заготовки и план обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Допуск T , мм	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$	Предельные размеры		Номинальное значение размера
	$R_{z_{i-1}}$	h_{i-1}	$\Delta_{\Sigma i-1}$	ε_{yi}				A_{\min}	A_{\max}	
Фрезерная:										
-черновая	160	100	500	100	1,9			61,58	63,48	$\varnothing 61,58^{+1,9}$
-черновая окончательно	60				0,74	1,52	4,16	65	65,74	$\varnothing 65^{+0,74}$

Минимальный припуск на обработку по формуле (3):

$$2z_{\min} = 2(150 + 100 + \sqrt{500^2 + 100^2}) = 1,52 \text{ мм.}$$

Максимальный припуск на обработку по формуле (4):

$$2z_{\max i} = 1,52 + 1,9 + 0,74 = 4,16 \text{ мм.}$$

Предельные промежуточные размеры по формулам (12), (13):

$$A_{\max i-1} = 65 - 1,52 = 61,58 \text{ мм,}$$

$$A_{\min i-1} = 65 - (1,52 + 1,9) = 63,48 \text{ мм.}$$

4. Расчет припусков и технологических размеров поверхности $20_{-0,22}$.

Расчет припусков на обработку производим по выше указанной формуле (3).

Результаты расчетов сводим в табл.1.7.4.

Таблица 1.7.4. Расчет припусков и технологических размеров поверхности
20_{-0,22}

Вид заготовки и план обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Допуск T, мм	2z _{min}	2z _{max}	Предельные размеры		Номинальное значение размера
	R _{z_{i-1}}	h _{i-1}	Δ _{Σ_{i-1}}	ε _{yi}				A _{min}	A _{max}	
Фрезерная:										
-черновая	160	100	500	100	1,3			17,63	18,93	18,93 _{-1,3}
-черновая окончательно	60				0,22	0,85	2,37	19,78	20	20 _{-0,22}

Минимальный припуск на обработку по формуле (2):

$$z_{\min} = 150 + 100 + 100 + 100 = 0,85 \text{ мм.}$$

Максимальный припуск на обработку по формуле (5):

$$z_{\max i} = 0,85 + 1,3 + 0,22 = 2,37 \text{ мм.}$$

Предельные промежуточные размеры по формулам (10), (11):

$$A_{\max i-1} = 19,78 - 0,85 = 18,93 \text{ мм.}$$

$$A_{\min i-1} = 19,78 - (0,85 + 1,3) = 17,63 \text{ мм.}$$

5. Расчет припусков и технологических размеров поверхности Ø77,5_{-0,74}.

Расчет припусков на обработку производим по выше указанной формуле (3).

Результаты расчетов сводим в табл.1.7.5.

Таблица 1.7.5. Расчет припусков и технологических размеров поверхности
Ø77,5_{-0,74}

Вид заготовки и план обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Допуск T, мм	2z _{min}	2z _{max}	Предельные размеры		Номинальное значение размера
	R _{z_{i-1}}	h _{i-1}	Δ _{Σ_{i-1}}	ε _{yi}				A _{min}	A _{max}	
Фрезерная:										
-черновая	160	100	500	630	2,2			79,6	81,8	Ø81,8 _{-2,2}
-черновая окончательно	60				0,74	2,1	5,04	76,76	77,5	Ø77,5 _{-0,74}

Минимальный припуск на обработку по формуле (3):

$$2z_{\min} = 2(150 + 100 + \sqrt{500^2 + 630^2}) = 12,1 \text{ мм.}$$

Максимальный припуск на обработку по формуле (4):

$$2z_{\max i} = 2,1 + 2,2 + 0,74 = 5,04 \text{ мм.}$$

Предельные промежуточные размеры по формулам (8), (9):

$$A_{\min i-1} = 77,5 + 2,1 = 79,6 \text{ мм};$$

$$A_{\max i-1} = 77,5 + 2,1 + 2,2 = 81,8 \text{ мм.}$$

6. Расчет припусков и технологических размеров поверхности $20_{-0,22}$.

Расчет припусков на обработку производим по выше указанной формуле (3).

Результаты расчетов сводим в табл. 1.7.6.

Таблица 1.7.6. Расчет припусков и технологических размеров поверхности $20_{-0,22}$

Вид заготовки и план обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Допуск T , мм	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$	Предельные размеры		Номинальное значение размера
	$R_{z_{i-1}}$	h_{i-1}	$\Delta_{\Sigma i-1}$	ε_{y_i}				A_{\min}	A_{\max}	
Фрезерная:										
-черновая	160	100	500	630	1,3			17,1	18,4	$18,93_{-1,3}$
-черновая окончательно	60				0,22	1,38	2,9	19,78	20	$20_{-0,22}$

Минимальный припуск на обработку по формуле (2):

$$z_{\min} = 150 + 100 + 100 + 630 = 1,38 \text{ мм.}$$

Максимальный припуск на обработку по формуле (5):

$$z_{\max i} = 1,38 + 1,3 + 0,22 = 2,9 \text{ мм.}$$

Предельные промежуточные размеры по формулам (10), (11):

$$A_{\max i-1} = 19,78 - 1,3 = 18,4 \text{ мм.}$$

$$A_{\min i-1} = 19,78 - (1,38 + 1,3) = 17,1 \text{ мм.}$$

7. Расчет припусков и технологических размеров поверхности $\varnothing 61^{+0,74}$.

Расчет припусков на обработку производим по выше указанной формуле (3).

Результаты расчетов сводим в табл.1.7.7.

Таблица 1.7.7. Расчет припусков и технологических размеров поверхности $\varnothing 61^{+0,74}$.

Вид заготовки и план обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Допуск T , мм	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$	Предельные размеры		Номинальное значение размера
	$R_{z_{i-1}}$	h_{i-1}	$\Delta_{\Sigma_{i-1}}$	ε_{y_i}				A_{\min}	A_{\max}	
Фрезерная:										
-черновая	160	100	500	100	1,9			57,58	59,48	$\varnothing 57,58^{+1,9}$
-черновая окончательно	60				0,74	1,52	4,16	61	61,74	$\varnothing 61^{+0,74}$

Минимальный припуск на обработку по формуле (3):

$$2z_{\min} = 2(150 + 100 + \sqrt{500^2 + 100^2}) = 1,52 \text{ мм.}$$

Максимальный припуск на обработку по формуле (4):

$$2z_{\max i} = 1,52 + 1,9 + 0,74 = 4,16 \text{ мм.}$$

Предельные промежуточные размеры по формулам (12), (13):

$$A_{\max i-1} = 61 - 1,52 = 59,48 \text{ мм,}$$

$$A_{\min i-1} = 61 - (1,52 + 1,9) = 57,58 \text{ мм.}$$

1.8 Размерный анализ

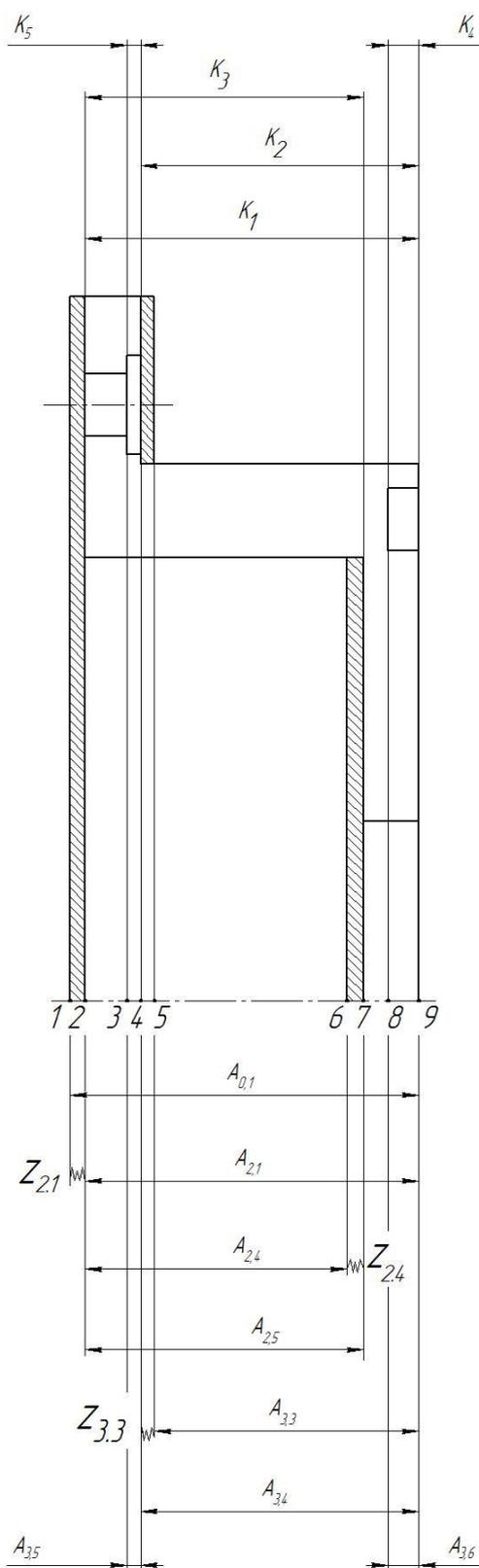


Рис.1.8.1 Размерная схема технологического процесса

Таблица 1.8.1 Размерный анализ технологического процесса

Проверяемые размеры	Схемы размерных цепей	Уравнения размерных цепей и вычисление значений замыкающих звеньев
K_1		$K_1 = A_{2,1} = 24_{-0,52}$ Размер выдерживается непосредственно.
K_2		$K_2 = A_{3,4} = 20_{-0,22}$ Размер выдерживается непосредственно.
K_3		$K_3 = A_{2,5} = 20_{-0,22}$ Размер выдерживается непосредственно.
K_4		$K_4 = A_{3,6} = 2,2^{+0,1}$ Размер выдерживается непосредственно.
K_5		$K_5 = A_{3,5} = 1 \pm 0,2$ Размер выдерживается непосредственно.
$z_{2,1}$		$z_{2,1} = A_{0,1} - A_{2,1} =$ $25^{+0,2}_{-0,8} - 24_{-0,52} = 1^{+0,72}_{-0,8}$
$z_{2,4}$		$z_{2,4} = A_{2,5} - A_{2,4} =$ $20_{-0,22} - 18,93_{-1,3} = 1,07^{+1,3}_{-0,22}$
$z_{3,3}$		$z_{3,3} = A_{3,4} - A_{3,3} =$ $20_{-0,22} - 18,4_{-1,3} = 1,6^{+1,3}_{-0,22}$

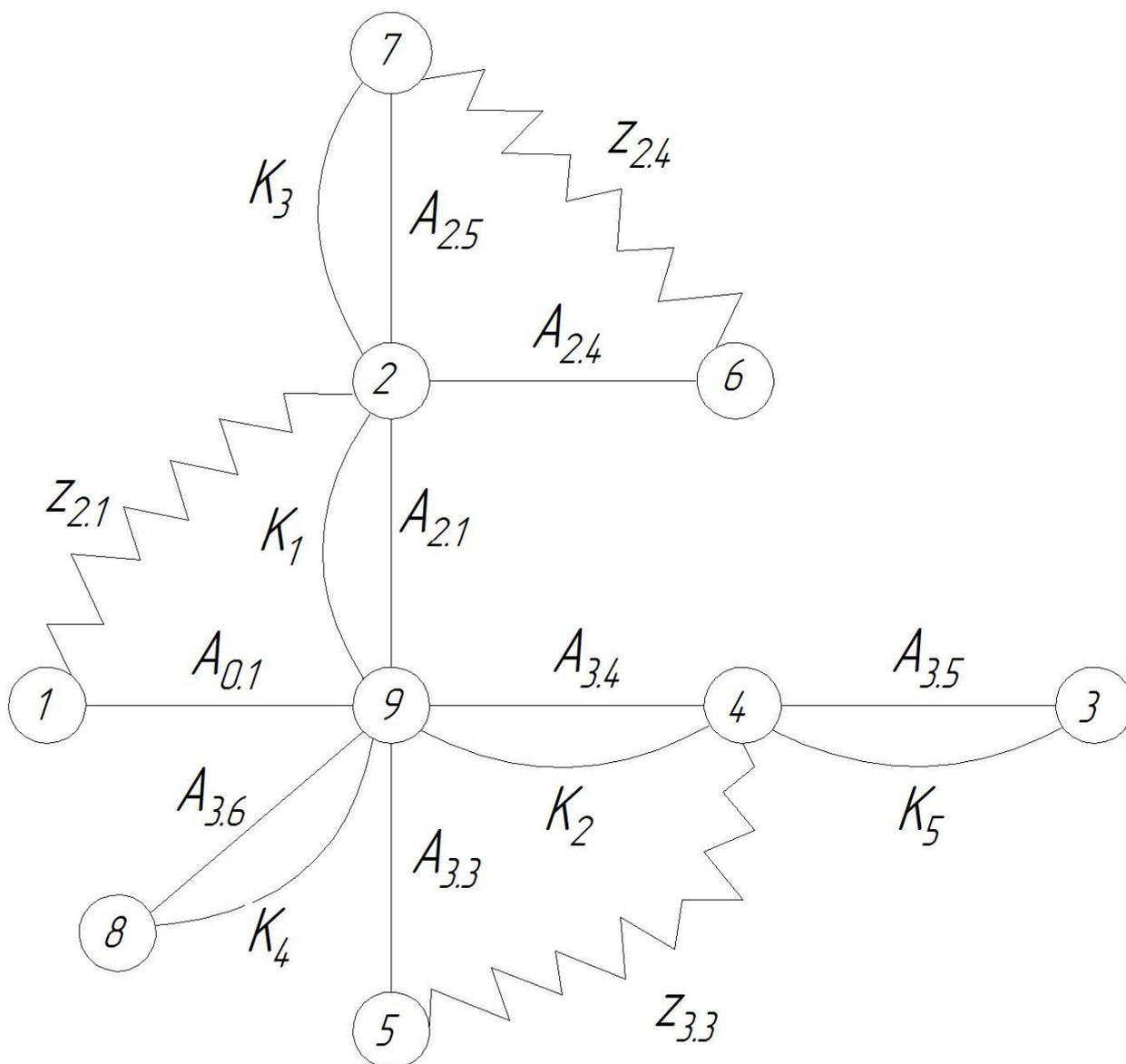


Рис.1.8.2 Граф технологических размерных цепей

1.9 Выбор технологического оборудования

Для изготовления детали «коробка выводов электродвигателя ДП - 172» выбираем следующее оборудование:

1. Для заготовительной операции (005): Станок гидроабразивной резки - OMAX 55100.



Рис.1.9.1 Станок гидроабразивной резки - OMAX 55100

1.9.1 Технические характеристики станка OMAX 55100

Габариты станка	3937 x 2388 мм
Высота	2998 мм
Рабочая зона	3200 x 1650 мм
Вес (резервуар с водой)	10 000 кг
Точность движения	±0,025 мм
Скорость	Стандарт 4572 мм/мин.
Уровень шума	Ниже 80 дБ (при резке в воде)

2. Для фрезерных операций: S Mini Mill вертикально-фрезерный компактный обрабатывающий центр.



Рис.1.9.2 S Mini Mill вертикально-фрезерный компактный обрабатывающий центр

1.9.2 Технические характеристики станка S Mini Mill

Габариты станка	2489 x1981x 2034 мм
Наибольшая частота вращения шпинделя	10 000 об/мин
Максимальная мощность векторного двигателя шпинделя	11,2 кВт
Наибольший крутящий момент	4600 об/мин
Рабочая зона	914 x 305 мм
Масса станка	1542 кг

1.10 Определение режимов резания

010 Фрезерная с ЧПУ

Переход 1.

1. Глубина фрезерования $t=16$ мм, ширина фрезерования $B=17$ мм.

2. Подача по табл. 83 [2, с.213]: $S_{zT} = 0,05$ мм / зуб .

Поправочные коэффициенты на подачу на зуб фрезы выбираем по табл.82 [2, стр.218]:

$K_{S_M} = 0,9$ - твердость обрабатываемого материала (HB=105);

$K_{S_{II}} = 0,8$ - материал режущей части фрезы (твердый сплав);

$K_{S_Z} = 0,7$ - отношение фактического числа зубьев фрезы к нормативному ($z_\phi / z_n = 1,33$);

$K_{S_l} = 1$ - отношение вылета фрезы к диаметру ($D=16$ мм, $l=33$ мм).

С учетом поправочных коэффициентов определяем подачу S_z по формуле:

$$S_z = S_{zT} \cdot K_{S_M} \cdot K_{S_{II}} \cdot K_{S_Z} \cdot K_{S_l};$$

$$S_z = 0,05 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,0252 \text{ мм / зуб.}$$

Подача в мм/об:

$$S_o = S_z \cdot z,$$

$$S_o = 0,0252 \cdot 4 = 0,01 \text{ мм / об.}$$

3. Скорость резания по табл.86 [2, с.226]: $V_T = 80$ м / мин .

Поправочные коэффициенты на скорость резания выбираем по табл.86 [2, с.228]:

$K_{V_o} = 1,25$ - обрабатываемый материал;

$K_{V_{II}} = 1$ - материал режущей части фрезы;

$K_{V_T} = 1,1$ - период стойкости режущей части фрезы;

$K_{V_B} = 0,93$ - отношение фактической ширины фрезерования к нормативной;

$K_{V_{II}} = 1$ - состояние поверхности заготовки;

$K_{V_{Ж}} = 1$ - наличие охлаждения.

С учетом поправочных коэффициентов определяем скорость резания V по формуле:

$$V = V_T \cdot K_{V_O} \cdot K_{V_{II}} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_{Bl}} \cdot K_{V_{II}} \cdot K_{V_{Ж}};$$

$$V = 80 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,93 \cdot 1 \cdot 1 = 102,3 \text{ м / мин.}$$

4. Мощность резания по табл.86 [2, с.226]: $N_T = 1,03 \text{ кВт}$.

Поправочные коэффициенты на мощность резания выбираем по табл.86 [2, с.228]:

$K_{N_o} = 1,25$ - обрабатываемый материал;

$K_{N_{II}} = 1$ - материал режущей части фрезы;

$K_{N_T} = 1,1$ - период стойкости режущей части фрезы;

$K_{N_B} = 0,93$ - отношение фактической ширины фрезерования к нормативной;

$K_{N_{II}} = 1$ - состояние поверхности заготовки;

$K_{N_{Ж}} = 1$ - наличие охлаждения.

С учетом поправочных коэффициентов определяем скорость резания N по формуле:

$$N = N_T \cdot K_{N_o} \cdot K_{N_{II}} \cdot K_{N_T} \cdot K_{N_{Bl}} \cdot K_{N_{II}} \cdot K_{N_{Ж}};$$

$$N = 1,03 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,93 \cdot 1 \cdot 1 = 1,27 \text{ кВт.}$$

5. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 102,3}{3,14 \cdot 16} = 2036,2 \text{ мин}^{-1}$$

6. Сила резания по табл.88 [2, с.231]: $P_{y_T} = 755 \text{ Н}$, $P_{z_T} = 2355 \text{ Н}$.

Поправочные коэффициенты на силы резания выбираем по табл.88 [2, с.232]:

$K_{P_o} = 0,8$ - обрабатываемый материал;

$K_{P_M} = 1,25$ - твердость обрабатываемого материала;

$K_{P_z} = 1$ - число зубьев фрезы;

$K_{P_B} = 1$ - ширина фрезерования.

С учетом поправочных коэффициентов определяем силы резания P_y, P_z по формуле:

$$P = P_T \cdot K_{P_o} \cdot K_{P_M} K_{P_z} \cdot K_{P_B};$$

$$P_y = 755 \cdot 0,8 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 = 755H;$$

$$P_z = 2355 \cdot 0,8 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 = 2355H.$$

Переход 2.

1. Глубина фрезерования $t=16$ мм, ширина фрезерования $B=17$ мм.

2. Подача по табл. 83 [2, с.213]: $S_{z_T} = 0,03 \text{ мм} / \text{зуб}$.

Поправочные коэффициенты на подачу на зуб фрезы выбираем по табл.82 [2, стр.218]:

$K_{S_M} = 0,9$ - твердость обрабатываемого материала (HB=105);

$K_{S_{II}} = 0,8$ - материал режущей части фрезы (твердый сплав);

$K_{S_Z} = 0,7$ - отношение фактического числа зубьев фрезы к нормативному ($z_\phi / z_n = 1,33$);

$K_{S_I} = 1$ - отношение вылета фрезы к диаметру ($D=4$ мм, $l=9$ мм).

С учетом поправочных коэффициентов определяем подачу S_z по формуле:

$$S_z = S_{z_T} \cdot K_{S_M} \cdot K_{S_{II}} \cdot K_{S_Z} \cdot K_{S_I};$$

$$S_z = 0,03 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,015 \text{ мм} / \text{зуб}.$$

Подача в мм/об:

$$S_o = S_z \cdot z,$$

$$S_o = 0,015 \cdot 4 = 0,06 \text{ мм/об.}$$

3. Скорость резания по табл.86 [2, с.226]: $V_T = 40 \text{ м/мин.}$

Поправочные коэффициенты на скорость резания выбираем по табл.86 [2, с.228]:

$K_{V_o} = 1,25$ - обрабатываемый материал;

$K_{V_{II}} = 1$ - материал режущей части фрезы;

$K_{V_T} = 1,1$ - период стойкости режущей части фрезы;

$K_{V_B} = 0,9$ - отношение фактической ширины фрезерования к нормативной;

$K_{V_{II}} = 1$ - состояние поверхности заготовки;

$K_{V_{ж}} = 1$ - наличие охлаждения.

С учетом поправочных коэффициентов определяем скорость резания V по формуле:

$$V = V_T \cdot K_{V_o} \cdot K_{V_{II}} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_B} \cdot K_{V_{II}} \cdot K_{V_{ж}};$$

$$V = 40 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 49,5 \text{ м/мин.}$$

4. Мощность резания по табл.86 [2, с.226]: $N_T = 0,25 \text{ кВт.}$

Поправочные коэффициенты на мощность резания выбираем по табл.86 [2, с.228]:

$K_{N_o} = 1,25$ - обрабатываемый материал;

$K_{N_{II}} = 1$ - материал режущей части фрезы;

$K_{N_T} = 1,1$ - период стойкости режущей части фрезы;

$K_{N_B} = 0,9$ - отношение фактической ширины фрезерования к нормативной;

$K_{N_{II}} = 1$ - состояние поверхности заготовки;

$K_{N_{ж}} = 1$ - наличие охлаждения.

С учетом поправочных коэффициентов определяем скорость резания N по формуле:

$$N = N_T \cdot K_{N_o} \cdot K_{N_{II}} \cdot K_{N_T} \cdot K_{N_{BI}} \cdot K_{N_{II}} \cdot K_{N_{ж}};$$

$$N = 0,25 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,31 \text{ км/м.}$$

5. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 49,5}{3,14 \cdot 4} = 3941,1 \text{ мин}^{-1}$$

6. Сила резания по табл.88 [2, с.231]: $P_{y_T} = 675 \text{ Н}$, $P_{z_T} = 2245 \text{ Н}$.

Поправочные коэффициенты на силы резания выбираем по табл.88 [2, с.232]:

$K_{P_o} = 0,8$ - обрабатываемый материал;

$K_{P_M} = 1,25$ - твердость обрабатываемого материала;

$K_{P_z} = 1$ - число зубьев фрезы;

$K_{P_B} = 1$ - ширина фрезерования.

С учетом поправочных коэффициентов определяем силы резания P_y, P_z по формуле:

$$P = P_T \cdot K_{P_o} \cdot K_{P_M} \cdot K_{P_z} \cdot K_{P_B};$$

$$P_y = 755 \cdot 0,8 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 = 675 \text{ Н};$$

$$P_z = 2355 \cdot 0,8 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 = 2245 \text{ Н}.$$

Переход 3.

1. Глубина резания $t=30$ мм, диаметр отверстия $\varnothing 10$ мм.

2. Подача по табл. 46 [2, с.127]: $S_{or} = 0,35 \text{ мм / зуб}$.

Поправочные коэффициенты на подачу выбираем по табл.53 [2, стр.142]:

$K_{S_M} = 1$ - обрабатываемый материал.

С учетом поправочных коэффициентов определяем подачу S_o по формуле:

$$S_o = S_{o_T} \cdot K_{S_M};$$

$$S_o = 0,35 \cdot 1 = 0,35 \text{ мм/об.}$$

3. Скорость резания по табл. 46 [2, с.127]: $V_T = 45,7 \text{ м/мин.}$

Поправочные коэффициенты на скорость резания выбираем по табл.53 [2, с.142-150]:

$K_{V_M} = 1$ - обрабатываемый материал;

$K_{V_{II}} = 1$ - материал режущей части инструмента;

$K_{V_T} = 1$ - период стойкости инструмента;

$K_{V_w} = 1$ - состояние поверхности заготовки;

$K_{V_{II}} = 1$ - покрытие инструментального материала;

$K_{V_{ж}} = 1$ - наличие охлаждения;

$K_{V_3} = 1$ - форма заточки инструмента.

С учетом поправочных коэффициентов определяем скорость резания V по формуле:

$$V = V_T \cdot K_{V_M} \cdot K_{V_{II}} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_w} \cdot K_{V_{II}} \cdot K_{V_{ж}} \cdot K_{V_3};$$

$$V = 45,7 \cdot 1 = 45,7 \text{ м/мин.}$$

4. Мощность резания по табл. 46 [2, с.127]: $N_T = 0,78 \text{ кВт.}$

Поправочные коэффициенты на мощность резания выбираем по табл.53 [2, с.142]:

$K_{N_M} = 1$ - обрабатываемый материал.

С учетом поправочных коэффициентов определяем скорость резания N по формуле:

$$N = \frac{N_T}{K_{N_M}};$$

$$N = \frac{0,78}{1} = 0,78 \text{ кВт.}$$

5. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 45,7}{3,14 \cdot 10} = 1441 \text{ мин}^{-1}$$

6. Сила резания по табл. 46 [2, с.127]: $P_T = 645 \text{ Н}$.

Поправочные коэффициенты на силы резания выбираем по табл.53 [2, с.142]:

$K_{P_M} = 1$ - обрабатываемый материал.

С учетом поправочных коэффициентов определяем силы резания P по формуле:

$$P = \frac{P_T}{K_{P_M}};$$

$$P = \frac{645}{1} = 645 \text{ Н.}$$

Переход 4.

1. Глубина резания $t=16$ мм, диаметр отверстия $\varnothing 16,9$ мм.

2. Подача по табл. 47 [2, с.129]: $S_{o_T} = 1,92 \text{ мм / зуб}$.

Поправочные коэффициенты на подачу выбираем по табл.53 [2, стр.142]:

$K_{S_M} = 1$ - обрабатываемый материал.

С учетом поправочных коэффициентов определяем подачу S_o по формуле:

$$S_o = S_{o_T} \cdot K_{S_M};$$

$$S_o = 1,92 \cdot 1 = 1,92 \text{ мм / об.}$$

3. Скорость резания по табл. 47 [2, с.129]: $V_T = 34,6 м/мин$.

Поправочные коэффициенты на скорость резания выбираем по табл.53 [2, с.142-150]:

$K_{V_M} = 1$ - обрабатываемый материал;

$K_{V_{II}} = 1$ - материал режущей части инструмента;

$K_{V_T} = 1$ - период стойкости инструмента;

$K_{V_w} = 1$ - состояние поверхности заготовки;

$K_{V_{II}} = 1$ - покрытие инструментального материала;

$K_{V_{ж}} = 1$ - наличие охлаждения;

$K_{V_3} = 1$ - форма заточки инструмента.

С учетом поправочных коэффициентов определяем скорость резания V по формуле:

$$V = V_T \cdot K_{V_M} \cdot K_{V_{II}} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_w} \cdot K_{V_{II}} \cdot K_{V_{ж}} \cdot K_{V_3};$$

$$V = 34,6 \cdot 1 = 34,6 м/мин.$$

4. Мощность резания по табл. 47 [2, с.129]: $N_T = 0,25 кВт$.

Поправочные коэффициенты на мощность резания выбираем по табл.53 [2, с.142]:

$K_{N_M} = 1$ - обрабатываемый материал.

С учетом поправочных коэффициентов определяем скорость резания N по формуле:

$$N = \frac{N_T}{K_{N_M}};$$

$$N = \frac{0,25}{1} = 0,25 кВт.$$

5. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 34,6}{3,14 \cdot 17} = 648_{мин}^{-1}$$

6. Сила резания по табл. 47 [2, с.129]: $P_T = 615H$.

Поправочные коэффициенты на силы резания выбираем по табл.53 [2, с.142]:

$K_{P_M} = 1$ - обрабатываемый материал.

С учетом поправочных коэффициентов определяем силы резания P по формуле:

$$P = \frac{P_T}{K_{P_M}};$$

$$P = \frac{615}{1} = 615H.$$

Переход 5.

1. Глубина резания $t=2$ мм, диаметр отверстия $\varnothing 16,9$ мм.

2. Подача по табл. 51 [2, с.140]: $S_{от} = 0,17$ мм / зуб .

Поправочные коэффициенты на подачу выбираем по табл.53 [2, стр.142]:

$K_{S_M} = 1$ - обрабатываемый материал.

С учетом поправочных коэффициентов определяем подачу S_o по формуле:

$$S_o = S_{от} \cdot K_{S_M};$$

$$S_o = 0,17 \cdot 1 = 0,17 \text{ мм / об.}$$

3. Скорость резания по табл. 51 [2, с.140]: $V_T = 26,5$ м / мин .

Поправочные коэффициенты на скорость резания выбираем по табл.53 [2, с.142-150]:

$K_{V_M} = 1$ - обрабатываемый материал;

$K_{V_H} = 1$ - материал режущей части инструмента;

$K_{V_T} = 1$ - период стойкости инструмента;

$K_{V_w} = 1$ - состояние поверхности заготовки;

$K_{V_{II}} = 1$ - покрытие инструментального материала;

$K_{V_{ж}} = 1$ - наличие охлаждения;

$K_{V_3} = 1$ - форма заточки инструмента.

С учетом поправочных коэффициентов определяем скорость резания V по формуле:

$$V = V_T \cdot K_{V_M} \cdot K_{V_{II}} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_w} \cdot K_{V_{II}} \cdot K_{V_{ж}} \cdot K_{V_3};$$

$$V = 26,5 \cdot 1 = 26,5 \text{ м/мин.}$$

4. Мощность резания по табл. 51 [2, с.140]: $N_T = 0,2 \text{ кВт}$.

Поправочные коэффициенты на мощность резания выбираем по табл.53 [2, с.142]:

$K_{N_M} = 1$ - обрабатываемый материал.

С учетом поправочных коэффициентов определяем скорость резания N по формуле:

$$N = \frac{N_T}{K_{N_M}};$$

$$N = \frac{0,2}{1} = 0,2 \text{ кВт.}$$

5. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 26,5}{3,14 \cdot 16,9} = 499,3 \text{ мин}^{-1}$$

6. Сила резания по табл. 51 [2, с.140]: $P_T = 43 \text{ Н}$.

Поправочные коэффициенты на силы резания выбираем по табл.53 [2, с.142]:

$K_{P_M} = 1$ - обрабатываемый материал.

С учетом поправочных коэффициентов определяем силы резания P по формуле:

$$P = \frac{P_T}{K_{P_M}};$$
$$P = \frac{43}{1} = 43Н.$$

Переход 6.

1. Глубина резания $t=12$ мм, диаметр отверстия $\varnothing 18$ мм.
2. Скорость резания по табл. 50 [2, с.137]: $V_T = 40,2м/мин$.

Поправочные коэффициенты на скорость резания выбираем по табл.53 [2, с.142-150]:

$K_{V_M} = 1$ - обрабатываемый материал;

$K_{V_K}^* = 1$ - материал режущей части инструмента.

С учетом поправочных коэффициентов определяем скорость резания V по формуле:

$$V = V_T \cdot K_{V_M} \cdot K_{V_K}^* ;$$
$$V = 40.2 \cdot 1 \cdot 1 = 40.2м/мин.$$

3. Мощность резания по табл. 50 [2, с.137]: $N_T = 0,06кВт$.

Поправочные коэффициенты на мощность резания выбираем по табл.53 [2, с.142]:

$K_{N_M} = 1$ - обрабатываемый материал.

С учетом поправочных коэффициентов определяем скорость резания N по формуле:

$$N = \frac{N_T}{K_{N_M}};$$
$$N = \frac{0,06}{1} = 0,06кВт.$$

4. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 40,2}{3,14 \cdot 18} = 712_{\text{мин}}^{-1}$$

5. Сила резания по табл. 50 [2, с.137]: $P_T = 2H$.

Поправочные коэффициенты на силы резания выбираем по табл.53 [2, с.142]:

$K_{P_M} = 1$ - обрабатываемый материал.

С учетом поправочных коэффициентов определяем силы резания P по формуле:

$$P = \frac{P_T}{K_{P_M}};$$

$$P = \frac{2}{1} = 2H.$$

6. Крутящий момент по табл. 50 [2, с.137]: $M_{крТ} = 0,6H \cdot м$.

Поправочные коэффициенты выбираем по табл.53 [2, с.142,148]:

$K_{M_M} = 1$ - обрабатываемый материал.

С учетом поправочных коэффициентов определяем крутящий момент $M_{кр}$ по формуле:

$$M_{кр} = \frac{M_{крТ}}{K_{M_M}};$$

$$M_{кр} = \frac{0,6}{1} = 0,6H \cdot м.$$

Определяем режимы резания всех остальных переходов и операций, полученные значения заносим в карту технологического процесса.

1.10.1 Режимы резания для фрезерных операций

№ опер.	№ пер.	Подача S_o , мм/об	Скорость V , м/мин	Мощность M , кВт	Частота вращения шпинделя n , об/мин
015	1	0,1	102,3	1,03	2037
	2	0,06	49,5	0,31	3942
	3	0,35	45,7	0,78	1441
	4	1,92	34,6	0,25	649
	5	0,17	26,5	0,2	500
	6		40,2	0,06	712
025	1	0,2	215,9	0,34	4297
	2	0,18	46,7	0,32	3234
	3	0,56	38,5	2	755
	4	0,1	102,3	1,03	2037
	5	0,04	49,5	0,3	3942
035	1	0,1	127,5	0,79	2538
	2	0,17	161,1	0,55	3207
	3	0,1	102,3	1,03	2037
	4	0,04	75,6	0,2	6019
	5	0,1	82,5	0,5	6568
	6	0,1	60,5	0,38	4817
	7	0,18	121	1,56	2409
	8	0,1	55	034	4379
045	1	0,18	46,7	0,32	3234
055	1	0,11	30,8	0,09	2281
	2	0,11	30,8	0,09	2281

1.11 Нормирование технологического процесса

Расчет норм времени выполняется для всех операций технологического процесса [5, с.37].

В серийном производстве определяют норму штучно-калькуляционного времени:

$$T_{шт.к.} = T_{шт.} + \frac{T_{п.з.}}{n}, \text{мин.} \quad (14)$$

где $T_{шт.}$ – норма штучного времени, мин.;

$T_{пз}$ – подготовительно–заключительное время, мин.;

n – годовая программа выпуска.

Норма штучного времени для всех операций:

$$T_{шт.} = T_{он} + T_{обс} + T_{отд}, \text{мин.} \quad (15)$$

Вспомогательное время определяется по формуле:

$$T_{вс} = 0,5 \times T_o, \text{ мин.} \quad (16)$$

Время на обслуживание рабочего места $T_{обс}$, отдых и естественные надобности $T_{отд}$ в серийном производстве дается в процентах от оперативного [1, с.214].

$$T_{обс.отд} = \%T_{он}, \text{ мин.} \quad (17)$$

Оперативное время определяется по формуле:

$$T_{он} = T_o + T_{вс}, \text{ мин.} \quad (18)$$

Основное время определяем по формуле:

$$T_o = L \cdot y \cdot i / (n \cdot S), \text{ мин.} \quad (19)$$

где L – расчётная длина обработки, мм;

y – величина врезания и перебега, мм;

i – число рабочих ходов;

n – частота вращения шпинделя, об/мин.;

S – подача, мм/об (мм/мин.).

Операция 015 фрезерная с ЧПУ

Переход 1.

$$T_O = \frac{27+11}{2037 \cdot 0,1} \cdot 4 = 0,75 \text{ мин};$$

$$T_{BC} = 0,5 \times 0,75 = 0,37 \text{ мин};$$

$$T_{он} = 0,75 + 0,37 = 1,12 \text{ мин};$$

$$T_{\text{обс.отд}} = 0,08 \cdot 1,12 = 0,089 \text{ мин};$$

$$T_{\text{ит}} = 1,12 + 0,089 = 1,21 \text{ мин.}$$

Переход 2.

$$T_O = \frac{27+8}{3942 \cdot 0,06} \cdot 4 = 0,59 \text{ мин};$$

$$T_{BC} = 0,5 \times 0,59 = 0,3 \text{ мин};$$

$$T_{он} = 0,59 + 0,3 = 0,89 \text{ мин};$$

$$T_{\text{обс.отд}} = 0,08 \cdot 0,89 = 0,07 \text{ мин};$$

$$T_{\text{ит}} = 0,89 + 0,07 = 0,96 \text{ мин.}$$

Переход 3.

$$T_O = \frac{30+4}{1441 \cdot 0,35} \cdot 1 = 0,07 \text{ мин};$$

$$T_{BC} = 0,5 \times 0,07 = 0,035 \text{ мин};$$

$$T_{он} = 0,07 + 0,035 = 0,1 \text{ мин};$$

$$T_{\text{обс.отд}} = 0,08 \cdot 0,1 = 0,008 \text{ мин};$$

$$T_{\text{ит}} = 0,1 + 0,008 = 0,1 \text{ мин.}$$

Переход 4.

$$T_O = \frac{16+11}{649 \cdot 1,92} \cdot 1 = 0,02 \text{ мин};$$

$$T_{BC} = 0,5 \times 0,02 = 0,01 \text{ мин.}$$

$$T_{он} = 0,02 + 0,01 = 0,03 \text{ мин};$$

$$T_{\text{обс.отд}} = 0,08 \cdot 0,03 = 0,003 \text{ мин};$$

$$T_{\text{ит}} = 0,03 + 0,003 = 0,03 \text{ мин.}$$

Переход 5.

$$T_O = \frac{2}{500 \cdot 0,17} \cdot 1 = 0,02 \text{ мин.};$$

$$T_{BC} = 0,5 \times 0,02 = 0,012 \text{ мин.};$$

$$T_{он} = 0,02 + 0,012 = 0,032 \text{ мин.};$$

$$T_{\text{обс.отд}} = 0,08 \cdot 0,032 = 0,003 \text{ мин.};$$

$$T_{\text{ит}} = 0,032 + 0,003 = 0,035 \text{ мин.}$$

Переход 6.

$$T_O = \frac{12+3}{712} \cdot 1 = 0,02 \text{ мин.};$$

$$T_{BC} = 0,5 \times 0,02 = 0,01 \text{ мин.};$$

$$T_{он} = 0,02 + 0,01 = 0,03 \text{ мин.};$$

$$T_{\text{обс.отд}} = 0,08 \cdot 0,03 = 0,003 \text{ мин.};$$

$$T_{\text{ит}} = 0,03 + 0,003 = 0,033 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время для операции 015 на наладку станка и установку приспособления (тиски) $T_{п.з.} = 16 \text{ мин}$ [1, с.217].

Годовая программа выпуска $n = 3000$ шт/год.

Норма штучно-калькуляционного времени для операции 015:

$$T_{\text{шт.к.}} = 1,21 + 0,96 + 0,1 + 0,03 + 0,035 + 0,033 + \frac{16}{3000} = 2,3 \text{ мин.}$$

Операция 025 фрезерная с ЧПУ

Переход 1.

$$T_O = \frac{96+11}{4297 \cdot 0,2} \cdot 5 = 0,62 \text{ мин.};$$

$$T_{BC} = 0,5 \times 0,62 = 0,31 \text{ мин.};$$

$$T_{он} = 0,62 + 0,31 = 0,93 \text{ мин.};$$

$$T_{\text{обс.отд}} = 0,08 \cdot 0,93 = 0,075 \text{ мин.};$$

$$T_{\text{ит}} = 0,93 + 0,075 = 1,01 \text{ мин.}$$

Переход 2.

$$T_O = \frac{7+2}{3234 \cdot 0,18} \cdot 4 = 0,06 \text{ мин};$$

$$T_{BC} = 0,5 \times 0,06 = 0,03 \text{ мин};$$

$$T_{on} = 0,06 + 0,03 = 0,09 \text{ мин};$$

$$T_{\text{обс.отд}} = 0,08 \cdot 0,09 = 0,007 \text{ мин};$$

$$T_{\text{ит}} = 0,09 + 0,007 = 0,1 \text{ мин}.$$

Переход 3.

$$T_O = \frac{24+8}{755 \cdot 0,56} \cdot 4 = 0,08 \text{ мин};$$

$$T_{BC} = 0,5 \times 0,08 = 0,038 \text{ мин};$$

$$T_{on} = 0,08 + 0,038 = 0,11 \text{ мин};$$

$$T_{\text{обс.отд}} = 0,08 \cdot 0,1 = 0,008 \text{ мин};$$

$$T_{\text{ит}} = 0,11 + 0,008 = 0,12 \text{ мин}.$$

Переход 4.

$$T_O = \frac{180+11}{2034 \cdot 0,1} \cdot 2 = 1,88 \text{ мин};$$

$$T_{BC} = 0,5 \times 1,88 = 0,9 \text{ мин}.$$

$$T_{on} = 1,88 + 0,9 = 2,8 \text{ мин};$$

$$T_{\text{обс.отд}} = 0,08 \cdot 2,8 = 0,23 \text{ мин};$$

$$T_{\text{ит}} = 2,8 + 0,23 = 3,03 \text{ мин}.$$

Переход 5.

$$T_O = \frac{188+9}{3942 \cdot 0,04} \cdot 1 = 1,25 \text{ мин};$$

$$T_{BC} = 0,5 \times 1,25 = 0,63 \text{ мин};$$

$$T_{on} = 1,25 + 0,63 = 1,88 \text{ мин};$$

$$T_{\text{обс.отд}} = 0,08 \cdot 1,88 = 0,15 \text{ мин};$$

$$T_{\text{ит}} = 1,88 + 0,15 = 2,03 \text{ мин}.$$

Подготовительно-заключительное время для операции 025 на наладку станка и установку приспособления (тиски) $T_{п.з.}=16$ мин [1, с.217].

Годовая программа выпуска $n=3000$ шт/год.

Норма штучно-калькуляционного времени для операции 015:

$$T_{шт.к.} = 1,01 + 0,1 + 0,12 + 3,03 + 2,03 + \frac{16}{3000} = 6,3 \text{ мин.}$$

Операция 035 фрезерная с ЧПУ

Переход 1.

$$T_O = \frac{8,5 + 11}{2538 \cdot 0,1} \cdot 4 = 0,31 \text{ мин;}$$

$$T_{BC} = 0,5 \times 0,31 = 0,15 \text{ мин;}$$

$$T_{он} = 0,31 + 0,15 = 0,46 \text{ мин;}$$

$$T_{обс.отд} = 0,08 \cdot 0,46 = 0,04 \text{ мин;}$$

$$T_{итт} = 0,46 + 0,04 = 0,5 \text{ мин.}$$

Переход 2.

$$T_O = \frac{3,14 + 8}{3207 \cdot 0,17} \cdot 2 = 0,04 \text{ мин;}$$

$$T_{BC} = 0,5 \times 0,04 = 0,02 \text{ мин;}$$

$$T_{он} = 0,04 + 0,02 = 0,06 \text{ мин;}$$

$$T_{обс.отд} = 0,08 \cdot 0,06 = 0,005 \text{ мин;}$$

$$T_{итт} = 0,06 + 0,005 = 0,065 \text{ мин.}$$

Переход 3.

$$T_O = \frac{282 + 11}{2037 \cdot 0,1} \cdot 1 = 1,4 \text{ мин;}$$

$$T_{BC} = 0,5 \times 1,4 = 0,7 \text{ мин;}$$

$$T_{он} = 1,4 + 0,07 = 2,1 \text{ мин;}$$

$$T_{обс.отд} = 0,08 \cdot 2,1 = 0,17 \text{ мин;}$$

$$T_{итт} = 2,1 + 0,17 = 2,27 \text{ мин.}$$

Переход 4.

$$T_O = \frac{282+9}{6019 \cdot 0,04} \cdot 3 = 3,6 \text{ мин};$$

$$T_{BC} = 0,5 \times 3,6 = 1,8 \text{ мин.}$$

$$T_{on} = 3,6 + 1,8 = 5,4 \text{ мин};$$

$$T_{\text{обс.отд}} = 0,08 \cdot 5,4 = 0,43 \text{ мин};$$

$$T_{\text{итт}} = 5,4 + 0,43 = 5,83 \text{ мин.}$$

Переход 5.

$$T_O = \frac{7+9}{6568 \cdot 0,1} \cdot 8 = 0,2 \text{ мин};$$

$$T_{BC} = 0,5 \times 0,2 = 0,1 \text{ мин};$$

$$T_{on} = 0,2 + 0,1 = 0,3 \text{ мин};$$

$$T_{\text{обс.отд}} = 0,08 \cdot 0,3 = 0,02 \text{ мин};$$

$$T_{\text{итт}} = 0,3 + 0,02 = 0,3 \text{ мин.}$$

Переход 6.

$$T_O = \frac{220+9}{4817 \cdot 0,1} \cdot 2 = 0,95 \text{ мин};$$

$$T_{BC} = 0,5 \times 0,95 = 0,47 \text{ мин};$$

$$T_{on} = 0,95 + 0,47 = 1,42 \text{ мин};$$

$$T_{\text{обс.отд}} = 0,08 \cdot 1,42 = 0,11 \text{ мин};$$

$$T_{\text{итт}} = 1,42 + 0,11 = 1,53 \text{ мин.}$$

Переход 7.

$$T_O = \frac{131+11}{2409 \cdot 0,18} \cdot 1 = 0,33 \text{ мин};$$

$$T_{BC} = 0,5 \times 0,33 = 0,17 \text{ мин};$$

$$T_{on} = 0,33 + 0,17 = 0,5 \text{ мин};$$

$$T_{\text{обс.отд}} = 0,08 \cdot 0,5 = 0,04 \text{ мин};$$

$$T_{\text{итт}} = 0,5 + 0,04 = 0,54 \text{ мин.}$$

Переход 8.

$$T_O = \frac{240 + 9}{4379 \cdot 0,1} \cdot 1 = 0,57 \text{ мин};$$

$$T_{BC} = 0,5 \times 0,57 = 0,28 \text{ мин};$$

$$T_{on} = 0,57 + 0,28 = 0,85 \text{ мин};$$

$$T_{обс.отд} = 0,08 \cdot 0,85 = 0,07 \text{ мин};$$

$$T_{ит} = 0,85 + 0,07 = 0,92 \text{ мин}.$$

Подготовительно-заключительное время для операции 035 наладку станка и установку приспособления (установ на два пальца) $T_{п.з.}=16$ мин [1, с.217].

Годовая программа выпуска $n=3000$ шт/год.

Норма штучно-калькуляционного времени для операции 015:

$$T_{шт.к.} = 0,5 + 0,065 + 2,27 + 5,83 + 0,3 + 1,53 + 0,54 + 0,92 + \frac{16}{3000} = 12,1 \text{ мин}.$$

Операция 045 фрезерная с ЧПУ

Переход 1.

$$T_O = \frac{4 + 2,5}{3234 \cdot 0,18} \cdot 4 = 0,04 \text{ мин};$$

$$T_{BC} = 0,5 \times 0,04 = 0,02 \text{ мин};$$

$$T_{on} = 0,04 + 0,02 = 0,06 \text{ мин};$$

$$T_{обс.отд} = 0,08 \cdot 0,06 = 0,005 \text{ мин};$$

$$T_{ит} = 0,06 + 0,005 = 0,065 \text{ мин}.$$

Подготовительно-заключительное время для операции 045 наладку станка и установку приспособления (специальное приспособление) $T_{п.з.}=16$ мин [1, с.217].

Годовая программа выпуска $n=3000$ шт/год.

Норма штучно-калькуляционного времени для операции 015:

$$T_{шт.к.} = 0,065 + \frac{16}{3000} = 0,07 \text{ мин}.$$

Операция 055 фрезерная с ЧПУ

Переход 1.

$$T_O = \frac{0,5}{2281 \cdot 0,11} \cdot 8 = 0,02 \text{ мин};$$

$$T_{BC} = 0,5 \times 0,02 = 0,01 \text{ мин};$$

$$T_{on} = 0,02 + 0,01 = 0,03 \text{ мин};$$

$$T_{обс.отд} = 0,08 \cdot 0,03 = 0,002 \text{ мин};$$

$$T_{итт} = 0,03 + 0,002 = 0,032 \text{ мин.}$$

Переход 2.

$$T_O = \frac{0,5}{2281 \cdot 0,11} \cdot 8 = 0,02 \text{ мин};$$

$$T_{BC} = 0,5 \times 0,02 = 0,01 \text{ мин};$$

$$T_{on} = 0,02 + 0,01 = 0,03 \text{ мин};$$

$$T_{обс.отд} = 0,08 \cdot 0,03 = 0,002 \text{ мин};$$

$$T_{итт} = 0,03 + 0,002 = 0,032 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время для операции 045 наладку станка и установку приспособления (тиски) $T_{п.з.} = 16 \text{ мин}$ [1, с.217].

Годовая программа выпуска $n = 3000 \text{ шт/год}$.

Норма штучно-калькуляционного времени для операции 015:

$$T_{шт.к.} = 0,032 + 0,032 + \frac{16}{3000} = 0,07 \text{ мин.}$$

Расчеты норм времени по всем операциям сводим в табл.1.11.1.

Таблица 1.11.1 Сводная таблица норм времени

№ операции	№ перехода	наименование операции	основное время, мин	вспомогательное время, мин	оперативное время, мин	время обслуживания, отдых, мин	штучное время, мин	подготовительно-заключительное время, мин	величина партии	штучно-калькуляционное время, мин
015	1	Фрезерная с ЧПУ	0,75	0,37	1,12	0,089	1,21	16	3000	1,2
	2		0,53	0,3	0,89	0,07	0,96			0,96
	3		0,07	0,035	0,1	0,008	0,1			0,11
	4		0,02	0,01	0,03	0,003	0,003			0,04
	5		0,02	0,012	0,032	0,003	0,035			0,04
	6		0,02	0,01	0,03	0,003	0,033			0,039
	∑						2,34			2,39
025	1		0,62	0,31	0,93	0,075	1,01			1,01
	2		0,06	0,03	0,09	0,007	0,1			0,1
	3		0,08	0,038	0,11	0,008	0,12			0,13
	4		1,88	0,9	2,8	0,23	3,03			3,04
	5		1,25	0,63	1,88	0,15	2,03			2,03
	∑						6,29			6,32
	035		1	0,31	0,15	0,46	0,04			0,5
2			0,14	0,02	0,06	0,005	0,065			0,07
3			1,4	0,7	2,1	0,17	2,27			2,33
4			3,6	1,8	5,4	0,43	5,83			5,87
5			0,2	0,1	0,3	0,002	0,3			0,32
6			0,95	0,47	1,42	0,11	1,53			1,54
7			0,33	0,17	0,5	0,04	0,54			0,54
8			0,57	0,28	0,85	0,07	0,92			0,93
∑							11,9			12,1
045	1		0,04	0,02	0,06	0,005	0,065			0,077
	∑						0,065			0,077
055	1		0,02	0,01	0,03	0,002	0,032			0,037
	2		0,02	0,01	0,03	0,002	0,032			0,037
	∑						0,064			0,074

2. Конструкторская часть

2.1 Описание конструкции и принципа работы приспособления

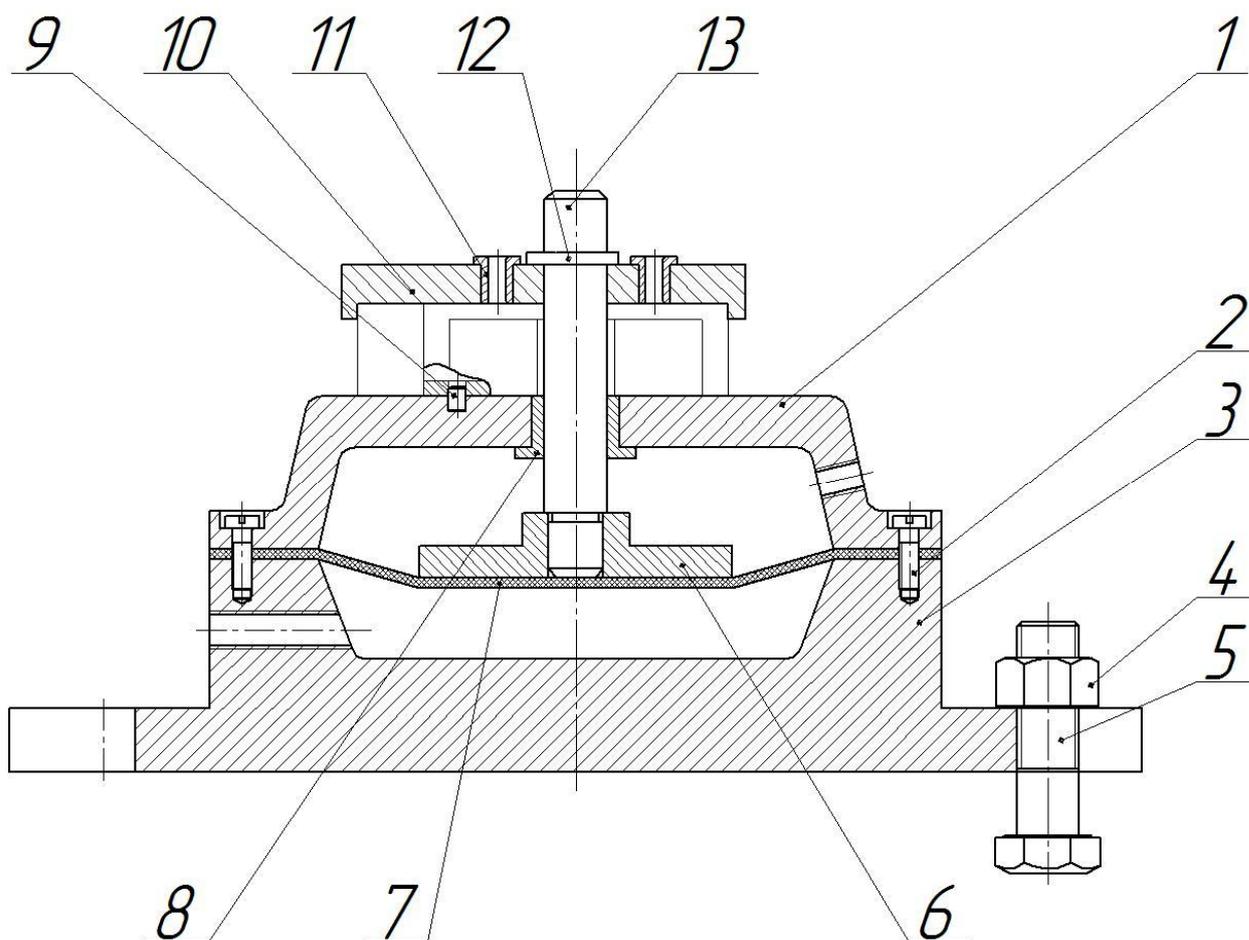


Рис.2.1.1 Приспособление для сверления отверстий

Приспособление служит для точного сверления четырех отверстий. Корпус приспособления состоит из двух частей: верхней 1 и нижней 3. В корпус приспособления встроена мембранная пневмокамера. Деталь устанавливается на верхнюю часть корпуса 1, фиксируется двумя штифтами 9 по отверстиям диаметром 4,5 мм. Плита 10 с кондукторными втулками 11 имеет контур заготовки. Шток 13 имеет паз для разрезной шайбы 12 для зажима плиты с заготовкой. Зажим осуществляется с помощью штока 13, приводимого в движение диском 6 с помощью сжатого воздуха.

2.2 Расчет точности приспособления

При выполнении операции 045 определяем необходимую точность приспособления для обеспечения следующих требований и размеров:

- допуск межцентрового расстояния между кондукторными втулками $30 \pm 0,26$ мм, $40 \pm 0,31$ мм.

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

Определим необходимую точность приспособления, исходя из формулы, изложенной в [6, с.151]:

$$\varepsilon_{np} \leq \delta - k_T \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_o)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_u^2 + (k_{T2} \cdot \omega)^2},$$

где: $\delta = 0,26$ мм – половина допуска выполняемого размера;

$k_T = 1,2$ – коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения, [6, с. 151];

$k_{T1} = 0,8$ – коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках, [6, с. 151];

$k_{T2} = 0,5$ – коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, не зависящими от приспособления, [6, с. 152];

$\varepsilon_6 = 0$ погрешность базирования заготовки в приспособлении;

$\varepsilon_3 = 0,07$ мм – погрешность закрепления заготовки, возникающая в результате действия сил зажима, [2, с. 81];

$\varepsilon_y = 0$ мм - погрешность установки приспособления на станке, [6, с. 169];

$\varepsilon_n = 0,01$ мм – погрешность положения заготовки, возникающая в результате износа установочных элементов приспособления, [6, с. 169];

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

$\omega = 0,06$ – экономическая точность обработки, [6, с. 211].

$$\varepsilon_{np} \leq 0,26 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0,07^2 + 0^2 + 0,01^2 + 0,005^2 + (0,5 \cdot 0,06)^2} = 0,16$$

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

2.3 Расчет привода зажимного устройства

В качестве привода зажимного устройства применяем пневмокамеру двухстороннего действия.

Расчет привода зажимного устройства по формуле [6, с.235]:

$$P = \frac{\pi \cdot (D + d)^2}{16} \cdot p$$
$$P = \frac{3,14 \cdot (80 + 16)^2}{16} \cdot 0,4 = 723,5H$$

где P – усилие зажима;

d – диаметр штока, мм;

p – давление сжатого воздуха, МПа;

D – диаметр диска, мм.

2.4 Разработка последовательности сборки приспособления

Таблица 2.5.1 Технологический процесс сборки приспособления

№ операции	Наименование операции	Содержание операции
005	Сборка диска (Сб.6)	1.Диск 6 склеить с мембраной 7.
010	Установка штока (Сб.13)	1.Шток 13 запрессовать на диск (Сб.6).
015	Сборка основания (Сб.1,3)	1.Установить штифты 9 в верхнюю часть основания 1. 2.Протереть и запрессовать втулку 8 в верхнюю часть основания 1. 3.Соединить верхнюю часть основания 1 со штоком (Сб.13) и нижней частью основания 3. 4.Закрепить винтами 2. 5.Установить деталь на основание.
020	Сборка плиты (Сб.10)	1.Протереть и запрессовать втулки 11.
025	Установка плиты (Сб.10)	1.Установить плиту (Сб.10) на деталь. 2.Закрепить разрезной шайбой 12.
030	Контрольная	1.Проверить легкость хода штока. 2.Проверить плотность посадки втулок.
035	Установка основания (Сб.1,3)	1.Закрепить основание на столе станка болтом 5 и гайкой 4.

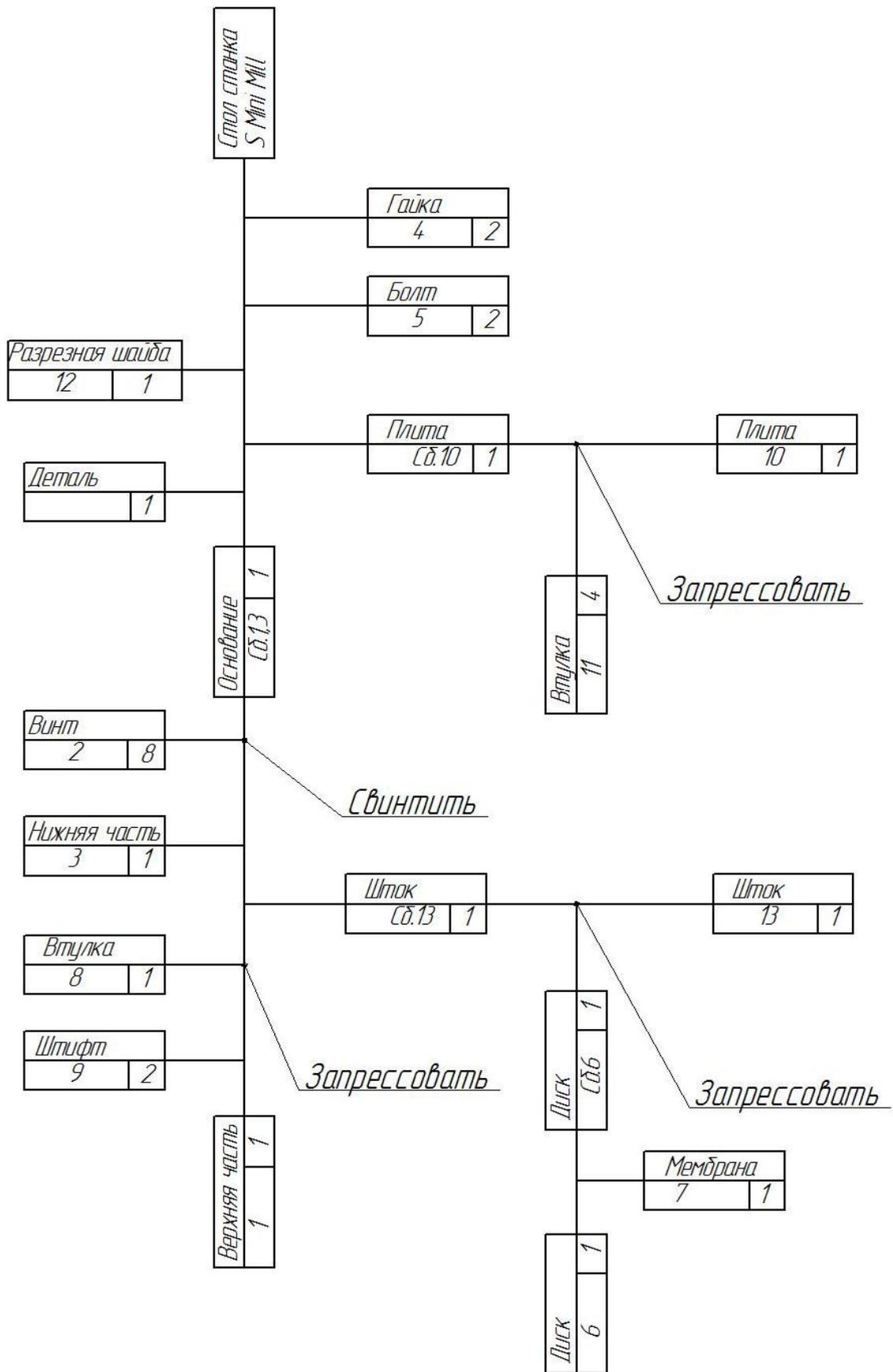


Рис.2.5.1 Схема сборки приспособления