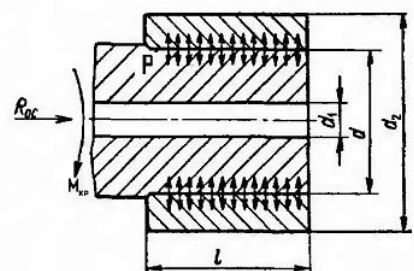


Перв. примен.	<b>СОДЕРЖАНИЕ</b>				
	ВВЕДЕНИЕ ..... 4 1 РАСЧЕТ ПОСАДОК ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ..... 5 1.1 Расчет посадки с натягом ..... 5 1.2 Расчет посадки с зазором ..... 11 2 ВЫБОР УНИВЕРСАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОЕДИНЕНИЯ С ЗАЗОРОМ ..... 16 3 РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ КАЛИБРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОЕДИНЕНИЯ С ЗАЗОРОМ..... 17 3.1 Расчет калибра-пробки ..... 17 3.2 Расчет калибра-скобы ..... 19 4 ВЫБОР ПОСАДОК ДЛЯ КОЛЕЦ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ..... 21 5 НАЗНАЧЕНИЕ И ВЫБОР ПОСАДОК ШЛИЦЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ ..... 27 6 РАСЧЕТ ПРЕДЕЛЬНЫХ КАЛИБРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ШЛИЦЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ..... 33 7 РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ, ВХОДЯЩИХ В СБОРОЧНЫЙ УЗЕЛ ..... 41 7.1 Расчет методом максимума-минимума ..... 41 7.2 Расчет методом регулирования ..... 43 8 РАСЧЕТ И НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И ВИДА СОПРЯЖЕНИЯ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ..... 47 9 ВЫБОР ПОСАДОК ОТВЕТСТВЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ ..... 51 ЗАКЛЮЧЕНИЕ ..... 55 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ..... 56				
Справ. №					
Подпись и дата					
Инв. №					
Взам. инв.					
Подпись и дата					
Инв. №					

Перв. примен.	<h2>ВВЕДЕНИЕ</h2> <p>В машиностроении созданы и освоены новые системы современных, надежных и современных машин для комплексной автоматизации производства, что позволяет выпускать продукцию высокого качества с наименьшими затратами труда; увеличивается выпуск автоматических линий, новых видов машин, приборов, аппаратов, отвечающих современным требованиям. Увеличивается доля изделий высшей категории качества в общем объеме их производства.</p> <p>Большое значение для развития машиностроения имеет организация производства машин и других изделий на основе взаимозаменяемости, создание и применении надежных средств технических измерений и контроля.</p> <p>Одной из основных задач конструктора в процессе проектирования новых и усовершенствования устаревших изделий, является подготовка чертежной документации, способствующей обеспечению необходимой технологичности и высокого качества изделий. Повышение эффективности труда и качества выпускаемой продукции связано с выбором необходимой точности изготовления изделий, расчетом размерных цепей, выбором шероховатости поверхностей, а также выбором отклонения от геометрической формы и расположения поверхностей.</p> <p>Целью курсовой работы по НТТИ является закрепление теоретических знаний, приобретение практических навыков по расчету и выбору посадок типовых соединений, по решению размерных цепей, простановки на чертежах обозначений посадок, предельных отклонений размеров и требований к точности формы и расположения поверхностей.</p>					
	Справ. №					
Инв. №	Подпись и дата	Инв. №	Взам. инв.	Подпись и дата	КР.НТТИ.06.00.00	Пис
						4
	Изм	Пис	№ докум	Под-		Да

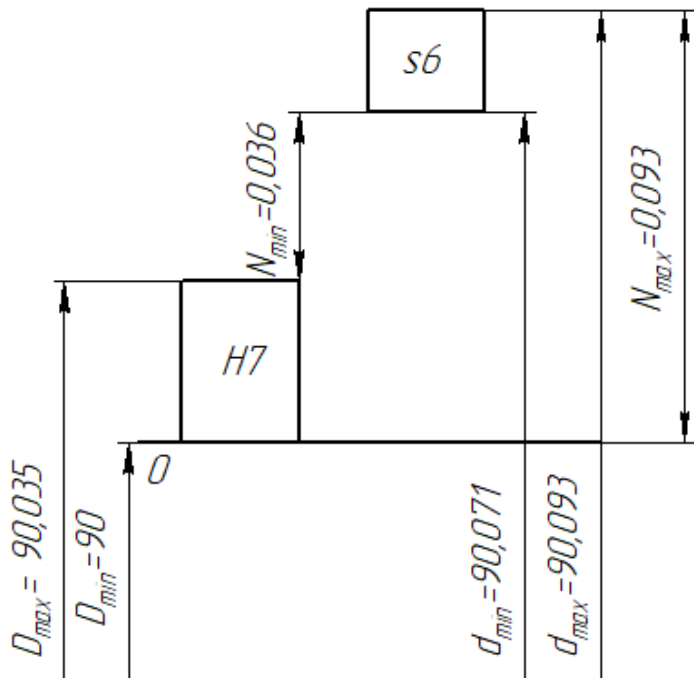
Перв. примен.	<h1 style="margin: 0;">1 РАСЧЕТ ПОСАДОК ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ</h1>																												
	<h2 style="margin: 0;">1.1 Расчет посадки с натягом</h2>																												
Справ. №																													
	<p>Рисунок 1- Эскиз соединения вала со втулкой</p>																												
<p>Таблица 1 – Исходные данные</p>																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th rowspan="2">d, мм</th> <th rowspan="2">d<sub>1</sub>, мм</th> <th rowspan="2">d<sub>2</sub>, мм</th> <th rowspan="2">l, мм</th> <th rowspan="2">Осевая сила R<sub>ос</sub>, кН</th> <th rowspan="2">Крутящий момент M<sub>кр</sub>, Н*м</th> <th colspan="2">Вал</th> <th colspan="2">Втулка</th> </tr> <tr> <th>Материал</th> <th>Шероховат ость, R<sub>zd</sub>, мкм</th> <th>Материал</th> <th>Шероховат ость, R<sub>zd</sub>, мкм</th> </tr> <tr> <td>90</td> <td>20</td> <td>150</td> <td>100</td> <td>–</td> <td>600</td> <td>Сталь 35</td> <td>2,5</td> <td>Сталь 45</td> <td>2,5</td> </tr> </table>						d, мм	d <sub>1</sub> , мм	d <sub>2</sub> , мм	l, мм	Осевая сила R <sub>ос</sub> , кН	Крутящий момент M <sub>кр</sub> , Н*м	Вал		Втулка		Материал	Шероховат ость, R <sub>zd</sub> , мкм	Материал	Шероховат ость, R <sub>zd</sub> , мкм	90	20	150	100	–	600	Сталь 35	2,5	Сталь 45	2,5
d, мм	d <sub>1</sub> , мм	d <sub>2</sub> , мм	l, мм	Осевая сила R <sub>ос</sub> , кН	Крутящий момент M <sub>кр</sub> , Н*м							Вал		Втулка															
						Материал	Шероховат ость, R <sub>zd</sub> , мкм	Материал	Шероховат ость, R <sub>zd</sub> , мкм																				
90	20	150	100	–	600	Сталь 35	2,5	Сталь 45	2,5																				
<p>Определяем требуемое минимальное удельное давление на контактных по- верхностях соединения</p> $[P_{min}] = \frac{2M_k}{\pi d_{н.с}^2 l f'} \tag{1.1}$ <p>где M<sub>к</sub> – крутящий момент, стремящийся повернуть одну деталь относительно другой, M<sub>к</sub> = 185 Н · м;</p> <p>l – длина контакта сопрягаемых поверхностей, l = 0,1;</p> <p>f – коэффициент трения при установившемся процессе распрессовки или поворачивания, f = 0,1 [1, с. 334, таблица 1.104];</p> <p>d<sub>н.с</sub> – номинальный диаметр соединения, d<sub>н.с</sub> = 0,09 м.</p> <p>Тогда</p>																													
Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	Инв. №																								
					<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">             КР.НТИТИ.06.00.00           </div>																								
<div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> <span>Изм</span> <span>Лист</span> <span>№ докум</span> <span>Под-</span> <span>Да</span> </div>					<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">             Лист 5           </div>																								

Перв. примен.	$[P_{min}] = \frac{2 \cdot 600}{\pi \cdot 0,09^2 \cdot 0,1 \cdot 0,1} = 4,7 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}.$				
	<p>Определяем необходимую величину наименьшего расчетного натяга</p> $N'_{min} = [P_{min}] d_{\text{н.с.}} \left( \frac{c_1}{E_1} + \frac{c_2}{E_2} \right), \tag{1.2}$				
Справ. №	<p>где <math>E_1</math> и <math>E_2</math> – модули упругости материалов соответственно охватываемой (вала) и охватывающей (отверстия) деталей, <math>E_1 = E_2 = 2 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2</math>;  <math>c_1, c_2</math> – коэффициенты Ламе, определяемые по формулам</p> $c_1 = \frac{1 + \left( \frac{d_1}{d_{\text{н.с.}}} \right)^2}{1 - \left( \frac{d_1}{d_{\text{н.с.}}} \right)^2} - \mu_1; \tag{1.3}$				
	$c_2 = \frac{1 + \left( \frac{d_{\text{н.с.}}}{d_2} \right)^2}{1 - \left( \frac{d_{\text{н.с.}}}{d_2} \right)^2} + \mu_2, \tag{1.4}$				
Подпись и дата	<p>где <math>\mu_1</math> – коэффициент Пуассона для охватываемой детали, <math>\mu_1 = 0,3</math>;  <math>\mu_2</math> – коэффициент Пуассона для охватывающей детали, <math>\mu_2 = 0,3</math>.  Тогда для сплошного вала (<math>d_1 = 0</math>)</p>				
	$c_1 = 1 - \mu_1.$				
Инв. №	<p>Для массивного корпуса (<math>d_2 \rightarrow \infty</math>)</p>				
	$c_2 = 1 + \mu_2;$				
Взам. инв.	$c_1 = \frac{1 + \left( \frac{0,02}{0,09} \right)^2}{1 - \left( \frac{0,02}{0,09} \right)^2} - 0,3 = 0,8;$				
Подпись и дата					
Инв. №					
<div> <div>Изм.</div> <div>Лист</div> <div>№ докум.</div> <div>Под-</div> <div>Да</div> </div> <div>КР.НТИТИ.06.00.00</div> <div> <div>Лист</div> <div>6</div> </div>					

Перв. примен.	$c_2 = \frac{1 + \left(\frac{0,09}{0,15}\right)^2}{1 - \left(\frac{0,09}{0,15}\right)^2} + 0,3 = 2,425.$ <p>Тогда</p> $N'_{min} = 4,7 \cdot 10^6 \cdot 0,09 \cdot \left(\frac{0,8}{2 \cdot 10^{11}} + \frac{2,425}{2 \cdot 10^{11}}\right) = 6,8 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 6,8 \text{ мкм.}$ <p>Определяем минимальный допустимый натяг по формуле</p> $[N_{min}] = N'_{min} + \gamma_{ш} + \gamma_t + \gamma_{ц} + \gamma_{п}, \tag{1.5}$ <p>где <math>\gamma_{ш}</math> – поправка, учитывающая снятие неровностей контактных поверхностей деталей при образовании соединения</p> $\gamma_{ш} = 5(Ra_D + Ra_d) = 1,2 \cdot (Rz_D + Rz_d); \tag{1.6}$ <p><math>\gamma_t</math> – поправка, учитывающая различие рабочей температуры деталей (<math>t_D</math> и <math>t_d</math>) и температуры сборки (<math>t_{сб}</math>), различие коэффициентов линейного расширения материалов соединяемых деталей (<math>\alpha_D</math> и <math>\alpha_d</math>)</p> $\gamma_t = -\Delta_t^N; \tag{1.7}$ $\Delta_t^N = d_{н.с.} (\alpha_d \Delta_{td} - \alpha_D \Delta_{tD}); \tag{1.8}$ <p>где <math>\alpha_d</math> и <math>\alpha_D</math> – коэффициенты линейного расширения материалов детали с отверстием и вала.</p> <p>Разность между рабочей температурой детали с отверстием и номинальной температурой</p> $\Delta_{tD} = t_D - 20\text{C}^\circ. \tag{1.9}$ <p>Разность между рабочей температурой вала и номинальной температурой</p> $\Delta_{td} = t_d - 20\text{C}^\circ; \tag{1.10}$ <p><math>\gamma_{ц}</math> – поправка, учитывающая ослабление натяга под действием центробежных сил;</p>				
	Справ. №				
Подпись и дата		Инв. №	Взам. инв.	Подпись и дата	Инв. №
	<div> <div>КР.НТИТИ.06.00.00</div> <div>Пис</div> <div>7</div> </div>				
<div> <div>Изм</div> <div>Пис</div> <div>№ докум</div> <div>Под-</div> <div>Да</div> </div>					

Перв. примен.	<p>для сплошного вала</p> $\gamma_{ц} = \frac{\vartheta^2 d_{н.с} \rho}{64} \left( \frac{3 + \mu}{E} \right), \quad (1.11)$ <p>где <math>\vartheta</math> – окружная скорость на наружной поверхности втулки, м/с;  <math>\rho</math> – плотность материала;  <math>\gamma_{п}</math> – добавка компенсирующая уменьшение натяга при повторных запрессовках.</p> <p>Тогда</p> $\gamma_{ш} = 1,2 \cdot (2,5 + 2,5) = 6 \text{ мкм};$ $\gamma_t = 0, \text{ так как температура } t_D = t_d = t_{сб} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C};$ $\gamma_{ц} = 0, \text{ так как детали не вращаются};$ $\gamma_{п} = 0 \text{ мкм (неразборное соединение).}$ <p>Тогда</p> $[N_{min}] = 6,8 + 6 = 12,8 \text{ мкм.}$				
	Справ. №				
Подпись и дата		<p>На основании теории наибольших касательных напряжений определяется максимальное допустимое удельное давление <math>[P_{max}]</math>, при котором отсутствует пластическая деформация на контактных поверхностях деталей.</p> <p>В качестве максимального допустимого удельного давления берется наименьшее из двух значений</p> $P_1 = 0,58 \delta_{т1} \left[ 1 - \left( \frac{d_1}{d_{н.с}} \right)^2 \right]; \quad (1.12)$ $P_2 = 0,58 \delta_{т2} \left[ 1 - \left( \frac{d_{н.с}}{d_2} \right)^2 \right], \quad (1.13)$ <p>где <math>\delta_{т1}</math> и <math>\delta_{т2}</math> – предел текучести материалов охватываемой и охватывающей детали.</p> <p>Тогда</p> $P_1 = 0,58 \cdot 31,4 \cdot 10^7 \left[ 1 - \left( \frac{0,02}{0,09} \right)^2 \right] = 17,31 \cdot 10^7 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2};$			
	Инв. №				
<div> <div>Изм.</div> <div>Лист</div> <div>№ докум.</div> <div>Под-</div> <div>Да</div> </div> <div> <div>КР.НТИТИ.06.00.00</div> <div>Лист</div> <div>8</div> </div>					

Перв. примен.	$P_2 = 0,58 \cdot 35,3 \cdot 10^7 \left[ 1 - \left( \frac{0,09}{0,15} \right)^2 \right] = 13,1 \cdot 10^7 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}.$ <p>Следовательно <math>[P_{max}] = 13,1 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2</math>.</p> <p>Определяем величину наибольшего расчетного натяга</p>				
	Справ. №	$N'_{max} = [P_{max}] d_{н.с} \left( \frac{c_1}{E_1} + \frac{c_2}{E_2} \right) = 13,1 \cdot 10^7 \cdot 0,09 \left( \frac{0,8}{2 \cdot 10^{11}} + \frac{2,425}{2 \cdot 10^{11}} \right) =$ $= 190 \text{ мкм.} \tag{1.14}$ <p>Определяем с учетом поправок к величине наибольшего расчетного натяга величину максимально допустимого натяга</p>			
Подпись и дата		Инв. №	Взам. инв.	Подпись и дата	Инв. №
	$[N_{max}] = 190 \cdot 1 + 6 = 196 \text{ мкм.}$ <p>Выбираем посадку из таблицы системы допусков и посадок [1, с. 153, таблица 1.49].</p> <p>Условия подбора посадки следующие:</p> <p>максимальный натяг <math>N_{max}</math> в подобранной посадке должен быть не больше <math>[N_{max}]</math></p>				
					$N_{max} \leq [N_{max}]; \tag{1.16}$ <p>минимальный натяг <math>N_{min}</math> в подобранной посадке с учетом возможных колебаний действующей нагрузки и других факторов должен быть</p>
					$N_{min} > [N_{min}]. \tag{1.17}$
Инв. №	<div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div>				<div> <div>КР.НТИТИ.06.00.00</div> <div>Пис</div> <div>9</div> </div>
Инв. №	Изм	Пис	№ докум	Под-	Да

Перв. примен.	Согласно [1, с. 153, таблица 1.49] выбираем посадку $\varnothing 90 \frac{H7}{s6} \left( \frac{+0,035}{+0,093} \right)$ , для которой $N_{max}^T = 93 < [N_{max}] = 196$ ; $N_{min}^T = 36 > [N_{min}] = 12,8$ .			
	Рассчитываем необходимое (максимальное) усилие при запрессовке собираемых деталей			
Справ. №	$R_{\Pi} = f_{\Pi} P_{\max} \pi d_{\text{н.с}} l,$			(1.18)
	где $f_{\Pi}$ – коэффициент трения при запрессовке			
	$f_{\Pi} = (1,15 \dots 1,2) f = 1,2 \cdot 0,1 = 0,12.$			(1.19)
	Тогда			
	$R_{\Pi} = 0,12 \cdot 13,1 \cdot 10^7 \cdot \pi \cdot 0,09 \cdot 0,15 = 212 \cdot 10^3 \text{ Н}.$			
	Удельное давление $P_{\max}$ при максимальном натяге $N_{max}$ в посадке определяется			
	$P_{\max} = \frac{N_{\max} - \gamma_{\text{ш}}}{d_{\text{н.с}} \left( \frac{c_1}{E_1} + \frac{c_1}{E_2} \right)} = \frac{(78 - 6) \cdot 10^{-6}}{0,09 \left( \frac{0,8}{2 \cdot 10^{11}} + \frac{2,425}{2 \cdot 10^{11}} \right)} = 4,96 \cdot 10^7 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}.$			(1.20)
	Строим схему расположения полей допусков (рисунок 1.1).			
				
Инв. №	Рисунок 1.1 – Схема расположения полей допусков			
	КР.НТИТИ.06.00.00			Лист
				10
Инв. №	Изм.	Лист	№ докум.	Под- Да



Перв. примен.	<h2 style="margin: 0;">1.2 Расчет посадки с зазором</h2> <p style="margin: 10px 0;">Подобрать посадку для подшипника скольжения, работающего в условиях жидкостного трения при следующих исходных данных:</p> <p style="margin: 0;">Таблица 2 – Исходные данные</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th rowspan="2" style="width: 10%;">d, мм</th> <th rowspan="2" style="width: 10%;">l, мм</th> <th rowspan="2" style="width: 20%;">Марка масла индустриального</th> <th rowspan="2" style="width: 10%;">Радиальная нагрузка R, Н</th> <th rowspan="2" style="width: 10%;">Частота вращения вала n, об/мин</th> <th colspan="2" style="width: 20%;">Шероховатость поверхности Ra, мкм</th> <th rowspan="2" style="width: 10%;">Рабочая температура, °C</th> </tr> <tr> <th style="width: 10%;">Вала</th> <th style="width: 10%;">Ступицы</th> </tr> <tr> <td>90</td> <td>100</td> <td>50</td> <td>1500</td> <td>2200</td> <td>0,8</td> <td>2,0</td> <td>50</td> </tr> </table>					d, мм	l, мм	Марка масла индустриального	Радиальная нагрузка R, Н	Частота вращения вала n, об/мин	Шероховатость поверхности Ra, мкм		Рабочая температура, °C	Вала	Ступицы	90	100	50	1500	2200	0,8	2,0	50
	d, мм	l, мм	Марка масла индустриального	Радиальная нагрузка R, Н	Частота вращения вала n, об/мин						Шероховатость поверхности Ra, мкм			Рабочая температура, °C									
Вала						Ступицы																	
90	100	50	1500	2200	0,8	2,0	50																
Справ. №																							

Оптимальный зазор, обеспечивающий максимальную толщину масляного слоя

$$S_{\text{опт}} = \psi_{\text{опт}} d, \tag{1.21}$$

где  $\psi_{\text{опт}}$  – оптимальный относительный зазор;  
 $d$  – номинальный диаметр соединения, мм.

Оптимальный относительный зазор

$$\psi_{\text{опт}} = 0,293 K_{fe} \sqrt{\frac{\mu n}{P}}, \tag{1.22}$$

где  $K_{fe}$  – коэффициент, учитывающий угол обхвата и отношение длины к диаметру,  $K_{fe} = 1,05$  [12, с. 11, таблица 3.4];  
 $\mu$  – динамическая вязкость при  $t_n = 30$  °C;  
 $n$  – частота вращения,  $n = 2200$  об/мин;  
 $P$  – среднее удельное давление.

Динамическая вязкость

$$\mu = \mu_{50} \left( \frac{50}{t} \right)^m, \tag{1.23}$$

Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	КР.НТИТИ.06.00.00	Лист
	Изм	Лист	№ докум	Под-		Да

Перв. примен.	<p>где <math>\mu_{50}</math> – динамическая вязкость при <math>t_{п} = 50\text{ }^{\circ}\text{C}</math>, [1, с. 291, таблица 1.99];</p> <p><math>m</math> – показатель степени, зависящий от кинематической вязкости масла,</p> <p><math>m = 2,68</math> [12, с. 12, таблица 3.5];</p> <p>Тогда</p> $\mu = 45 \cdot 10^{-3} \left(\frac{50}{50}\right)^{2,7} = 0,045 \text{ Па} \cdot \text{с};$ <p>Определяем среднее удельное давление</p> $P = \frac{R}{ld}, \tag{1.24}$ <p>где <math>R</math> – радиальная нагрузка, <math>R = 1500 \text{ Н}</math>;</p> <p><math>l</math> – длина подшипника, <math>l = 0,1 \text{ м}</math>;</p> <p>Тогда</p> $P = \frac{1500}{0,1 \cdot 0,09} = 1,6 \cdot 10^6 \text{ Па}.$				
	Справ. №	$\psi_{\text{опт}} = 0,293 \cdot 1,05 \sqrt{\frac{0,045 \cdot 2200}{1,66 \cdot 10^6}} = 0,0075;$ $S_{\text{опт}} = 0,0075 \cdot 0,09 = 0,000675 \text{ м} = 0,675 \text{ мкм}.$ <p>Максимально возможная толщина масляного слоя между трущимися поверхностями</p> $[h_{\text{max}}] = H_{\text{max}}d, \tag{1.25}$ <p>где <math>H_{\text{max}}</math> – максимально возможная для данного режима относительная толщина масляного слоя</p> $H_{\text{max}} = 0,252\psi_{\text{опт}} = 0,252 \cdot 0,0075 = 0,00189. \tag{1.26}$ <p>Тогда</p> $[h_{\text{max}}] = 0,00189 \cdot 0,09 = 170 \text{ мкм}.$ <p>Средний зазор при нормальной температуре (20 °C)</p>			
Подпись и дата		Инв. №	Взам. инв.	Подпись и дата	Инв. №
	<div> <div>12</div> </div>				

Перв. примен.	$S_{cp} = S_{опт} - S_t; \tag{1.27}$				
	$S_t = (\alpha_a - \alpha_b)(t_{п} - 20)d, \tag{1.28}$				
Справ. №	<p>где <math>\alpha_a, \alpha_b</math> – коэффициенты линейного расширения материалов соответственно вкладыша и вала [1, с. 187, таблица 1.62].</p> <p>Тогда</p> $S_t = (18 \cdot 10^{-6} - 12 \cdot 10^{-6})(50 - 20)0,09 = 16,2 \text{ мкм};$ $S_{cp} = 675 - 16,2 = 659 \text{ мкм}.$ <p>По таблицам ГОСТ 25347-2013 подбираем посадку наиболее приемлемая посадка <math>\varnothing 90 \frac{H11}{a11} \left( \begin{smallmatrix} +0,220 \\ 0 \\ -0,380 \\ -0,600 \end{smallmatrix} \right)</math> с минимальным зазором <math>S_{min} = 380</math> мкм, максимальным зазором <math>S_{max} = 820</math> мкм, средним зазором <math>S_c = 600</math> мкм [1, с. 153, таблица 1.49].</p> <p>Определяем коэффициент относительной точности</p> $t = \frac{S_{cp}}{T_s} = \frac{600}{440} = 1,36. \tag{1.29}$ <p>Минимальное и максимальное значения зазора с учетом шероховатости сопрягаемых поверхностей и их температурных деформаций</p> $S_{д min} = S_{min} + S_t + 8(R_{aD} + R_{ad}) = 380 + 16,2 + 8(0,8 + 2) = 418,6 \text{ мкм}; \tag{1.30}$ $S_{д max} = S_{max} + S_t + 8(R_{aD} + R_{ad}) = 820 + 16,2 + 8(0,8 + 2) = 858,6 \text{ мкм}; \tag{1.31}$ <p>Толщина масляного слоя с учетом формул (1.34) и (1.35)</p> $h_{д min} = \frac{S_{д min}}{2} (1 - \varepsilon'); \tag{1.32}$ $h_{д max} = \frac{S_{д max}}{2} (1 - \varepsilon''); \tag{1.33}$				
	Подпись и дата	Инв. №	Взам. инв.	Подпись и дата	Инв. №
	<div> <div>Изм.</div> <div>Лист</div> <div>№ докум.</div> <div>Под-</div> <div>Ла</div> </div> <div>КР.НТИТИ.06.00.00</div> <div>Лист 13</div>				

Перв. примен.	где $\varepsilon'$ и $\varepsilon''$ – значение относительного эксцентриситета [12, с. 13, таблица 3.6]. Коэффициент нагруженности подшипника					
	$C_R' = 9,4 \frac{P \psi_{д min}^2}{\mu n};$ <div>(1.34)</div>					
Справ. №	$C_R'' = 9,4 \frac{P \psi_{д max}^2}{\mu n},$ <div>(1.35)</div>					
	где					
	$\psi_{д min} = \frac{S_{д min}}{d} = \frac{0,4186}{90} = 0,00465;$ <div>(1.36)</div>					
	$\psi_{д max} = \frac{S_{д max}}{d} = \frac{0,8586}{90} = 0,00954.$ <div>(1.37)</div>					
Тогда						
$C_R' = 9,4 \frac{0,166 \cdot 10^6 \cdot 0,00465^2}{0,045 \cdot 2200} = 0,34;$						
$C_R'' = 9,4 \frac{0,166 \cdot 10^6 \cdot 0,00954^2}{0,045 \cdot 2200} = 1,44.$						
Это значит						
$h_{д min} = \frac{418,6}{2} (1 - 0,3) = 146,51 \text{ мкм};$						
$h_{д max} = \frac{858,6}{2} (1 - 0,61) = 167,43 \text{ мкм}.$						
Условие наличия жидкостного трения						
$K_{ж.т.} = \frac{h_{д min}}{(R_{ад} + R_{ад}) + \Delta_{д}},$ <div>(1.38)</div>						
где $\Delta_{д}$ – добавка, учитывающая влияние прогиба вала и другие неучтенные факторы, $\Delta_{д} = 2 \text{ мкм}$ .						
Тогда						
$K_{ж.т.} = \frac{146,51}{4(0,8 + 2) + 2} = 11 > 2.$						
Инв. №					КР.НТИТИ.06.00.00	Лис
						14
	Изм	Лис	№ докум	Подп-	Дл	



Перв. примен.	<h2 style="margin: 0;">2 ВЫБОР УНИВЕРСАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОЕДИНЕНИЯ</h2>																						
	<p>Посадка <math>\varnothing 90 \frac{H7}{s6} \left( \begin{smallmatrix} +0,035 \\ 0 \\ +0,093 \\ +0,071 \end{smallmatrix} \right)</math>,</p> <p>Выбор измерительного инструмента для контроля размера отверстия <math>\varnothing 90H7</math> и размера вала <math>\varnothing 90s6</math> производится в соответствии со следующим условием:</p> $\delta_{\text{пр}} \leq [\delta_{\text{изм}}],$ <p>где <math>\delta_{\text{пр}}</math> - погрешность прибора;  <math>[\delta_{\text{изм}}]</math> - допуск погрешности инструмента.</p> <p>Для отверстия <math>\varnothing 90H7</math>: IT=35, <math>\delta = 10</math> мкм. Выбираем по ГОСТ 8.051-81          Учитывая условие <math>\delta_{\text{пр}} \leq [\delta_{\text{изм}}]</math> определяем <math>\delta = 5,5</math> мкм. Таким образом, это индикаторный нутрометр НИ.</p> <p>Для вала <math>\varnothing 90s6</math>: IT=22, <math>\delta = 6</math> мкм.</p> <p>Учитывая условие <math>\delta_{\text{пр}} \leq [\delta_{\text{изм}}]</math> определяем <math>\delta = 6</math> мкм. Таким образом, это вертикальный оптиметр с окуляром ОВО–1.</p> <p>Характеристики инструмента сведём в таблицу 2.1.</p> <p>Таблица 2.1-Характеристики инструмента</p>																						
Справ. №	<p>Таблица 2.1 – Результаты выбора универсальных средств измерения</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th style="width:30%;">Наименование</th> <th style="width:20%;">Предел измерений, мм</th> <th style="width:20%;">Цена деления основной шкалы, мм</th> <th style="width:20%;">Допускаемая погрешность, мм</th> </tr> <tr> <td>Нутрометр ГОСТ 9244-75</td> <td>50...100</td> <td>0,001</td> <td>±0,004</td> </tr> </table>										Наименование	Предел измерений, мм	Цена деления основной шкалы, мм	Допускаемая погрешность, мм	Нутрометр ГОСТ 9244-75	50...100	0,001	±0,004					
	Наименование	Предел измерений, мм	Цена деления основной шкалы, мм	Допускаемая погрешность, мм																			
Нутрометр ГОСТ 9244-75	50...100	0,001	±0,004																				
Подпись и дата	Инв. №	Взам. инв.	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th style="width:20%;">Наименование</th> <th style="width:15%;">Предел измерений, мм</th> <th style="width:15%;">Вариация показаний, мкм</th> <th style="width:15%;">Цена деления основной шкалы, мкм</th> <th style="width:15%;">Допускаемая погрешность, мм</th> </tr> <tr> <td>Оптиметр вертикальный с окуляром ОВО–1</td> <td>180</td> <td>0,1</td> <td>1</td> <td>±0,01</td> </tr> </table>							Наименование	Предел измерений, мм	Вариация показаний, мкм	Цена деления основной шкалы, мкм	Допускаемая погрешность, мм	Оптиметр вертикальный с окуляром ОВО–1	180	0,1	1	±0,01				
			Наименование	Предел измерений, мм	Вариация показаний, мкм	Цена деления основной шкалы, мкм	Допускаемая погрешность, мм																
Оптиметр вертикальный с окуляром ОВО–1	180	0,1	1	±0,01																			
Инв. №	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:10%; height: 20px;"></td> <td style="width:10%; height: 20px;"></td> <td style="width:10%; height: 20px;"></td> <td style="width:10%; height: 20px;"></td> <td style="width:10%; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="width:10%; height: 20px;"></td> <td style="width:10%; height: 20px;"></td> <td style="width:10%; height: 20px;"></td> <td style="width:10%; height: 20px;"></td> <td style="width:10%; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="width:10%; height: 20px;">Изм.</td> <td style="width:10%; height: 20px;">Лис</td> <td style="width:10%; height: 20px;">№ докум</td> <td style="width:10%; height: 20px;">Под-</td> <td style="width:10%; height: 20px;">Да</td> </tr> </table>															Изм.	Лис	№ докум	Под-	Да	КР.НТИТИ.06.00.00		Лис
Изм.	Лис	№ докум	Под-	Да																			
					16																		

Перв. примен.	<h2 style="text-align: center;">3 РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ КАЛИБРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОЕДИНЕНИЯ С НАТЯГОМ</h2> <h3>3.1 Расчет калибра-пробки</h3> <p>Расчет производится для калибра-пробки, рассчитанного в п. 1.1.</p> <p>Ø90H7      ES = + 0,035 мм; EI = 0.</p> <p>Максимальный диаметр</p> $D_{max} = d_{н.с} + ES = 90 + 0,035 = 90,035 \text{ мм.} \tag{3.1}$ <p>Минимальный диаметр</p> $D_{min} = d_{н.с} + EI = 90 + 0 = 90,0 \text{ мм.} \tag{3.2}$ <p>Для качества 7 и интервала размеров «св. 50 до 80 мм» отклонение и допуск калибров [3, с. 6, таблица 2]:</p> <p>z = 8 мкм = 0,008 мм; Y = 6 мкм = 0,006 мм; H = 6 мкм = 0,006 мм.</p> <p>Предельные отклонения калибров</p> $ПР_{max} = D_{min} + z + \frac{H}{2} = 90,0 + 0,008 + \frac{0,006}{2} = 90,011 \text{ мм;} \tag{3.3}$ $ПР_{min} = D_{min} + z - \frac{H}{2} = 90,0 + 0,008 - \frac{0,006}{2} = 90,005 \text{ мм;} \tag{3.4}$ $ПР_{изм} = D_{min} - Y = 90,0 - 0,006 = 89,994 \text{ мм;} \tag{3.5}$ $HE_{max} = D_{max} + \frac{H}{2} = 90,035 + \frac{0,006}{2} = 90,038 \text{ мм;} \tag{3.6}$ $HE_{min} = D_{max} - \frac{H}{2} = 90,035 - \frac{0,006}{2} = 90,032 \text{ мм.} \tag{3.7}$ <p>Исполнительные размеры калибров (проставление на чертеже)</p>				
	Справ. №				

Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	Исполнительные размеры калибров (проставление на чертеже)	<div>КР.НТИТИ.06.00.00</div> <div>17</div>

Справ. №	Перв. примен.
----------	---------------

$PR = \varnothing 90,011_{-0,006}$ ,  $HE = \varnothing 90,038_{-0,006}$ .  
 Схема расположения полей допусков приведена на рисунке 3.1.

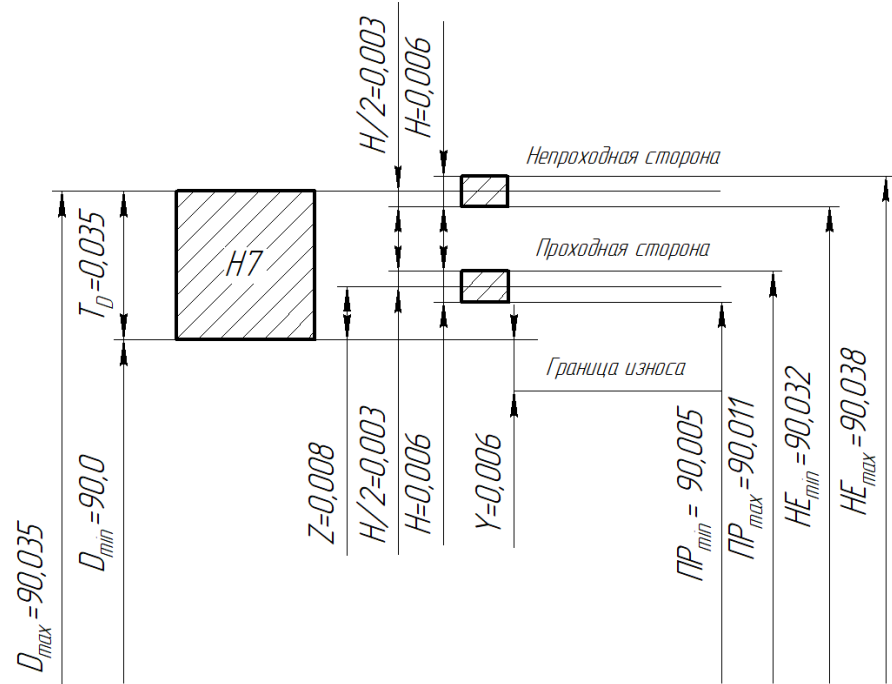


Рисунок 3.1 – Схема расположения полей допусков

На рисунке 3.2 приведены эскизы пробок.

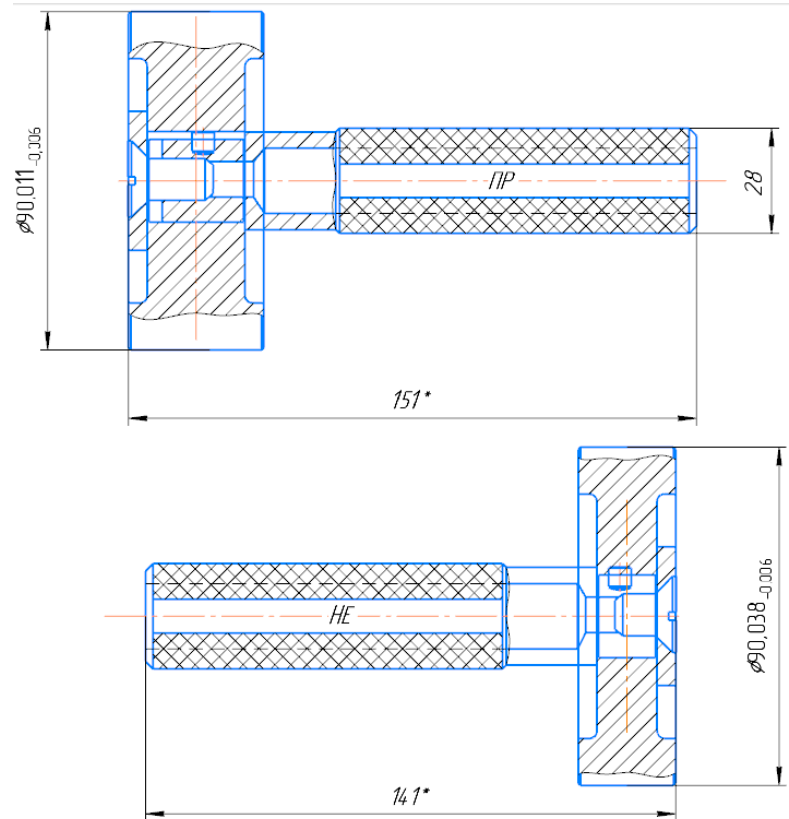


Рисунок 3.2 – Эскизы пробок

Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата
--------	----------------	------------	--------	----------------



Перв. примен.	<h3>3.2 Расчет калибра-скобы</h3> <p> <math>\varnothing 90s6 \quad es = 0,093 \text{ мм};</math>  <math>ei = 0,071 \text{ мм}.</math>            Максимальный диаметр         </p> $d_{max} = d_{н.с} + es = 90 + 0,093 = 90,093 \text{ мм.} \quad (3.8)$ <p>Минимальный диаметр</p> $d_{min} = d_{н.с} + ei = 90 + 0,071 = 90,071 \text{ мм.} \quad (3.9)$ <p>Для качества 6 и интервала размеров «св. 50 до 80 мм» отклонение и допуск калибров [3, с. 6, таблица 2]:</p> $z_1 = 8 \text{ мкм} = 0,008 \text{ мм};$ $Y_1 = 6 \text{ мкм} = 0,006 \text{ мм};$ $H_1 = 10 \text{ мкм} = 0,010 \text{ мм}.$ Предельные отклонения калибров $PR_{max} = d_{max} - z_1 + \frac{H_1}{2} = 90,093 - 0,008 + \frac{0,010}{2} = 90,090 \text{ мм}; \quad (3.10)$ $PR_{min} = d_{max} - z_1 - \frac{H_1}{2} = 90,071 - 0,008 - \frac{0,010}{2} = 90,080 \text{ мм}; \quad (3.11)$ $PR_{изм} = d_{max} + Y_1 = 90,093 + 0,006 = 90,099 \text{ мм}; \quad (3.12)$ $HE_{max} = d_{min} + \frac{H_1}{2} = 90,071 + \frac{0,010}{2} = 90,076 \text{ мм}; \quad (3.13)$ $HE_{min} = d_{min} - \frac{H_1}{2} = 90,071 - \frac{0,010}{2} = 90,066 \text{ мм.} \quad (3.14)$ <p>Исполнительные размеры калибров (проставление на чертеже)  <math>PR = \varnothing 90,080^{+0,010}, HE = \varnothing 90,066^{+0,010}.</math>            Схема расположения полей допусков приведена на рисунке 3.3.</p>				
	Справ. №				
Подпись и дата		Инв. №	Взам. инв.	Подпись и дата	Инв. №
	<div> <div>Изм</div> <div>Лист</div> <div>№ докум</div> <div>Под-</div> <div>Ла</div> <div>КР.НТИТИ.06.00.00</div> <div>19</div> </div>				

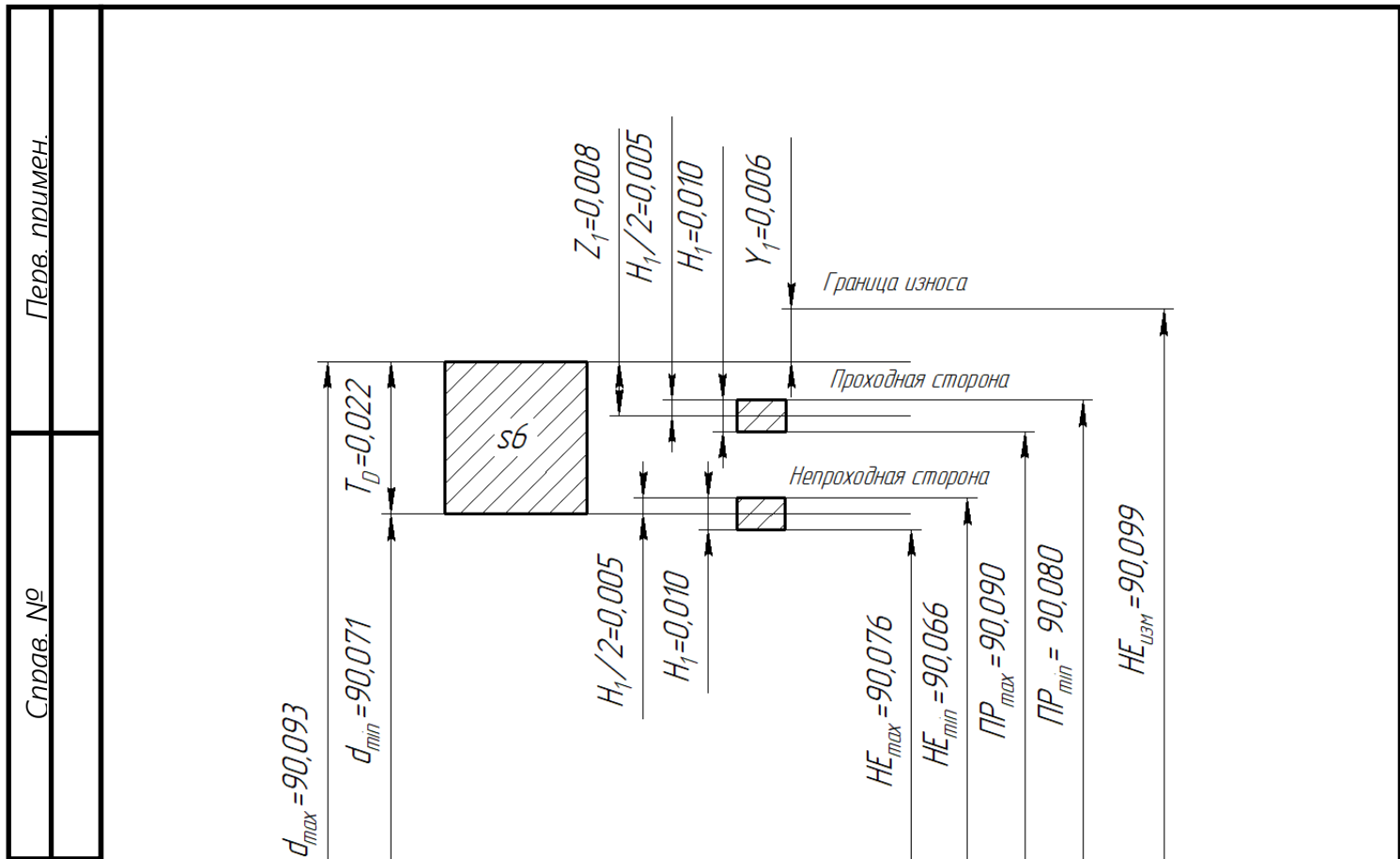


Рисунок 3.3 – Схема расположения полей допусков

Эскиз скобы проведен на рисунке 3.4.

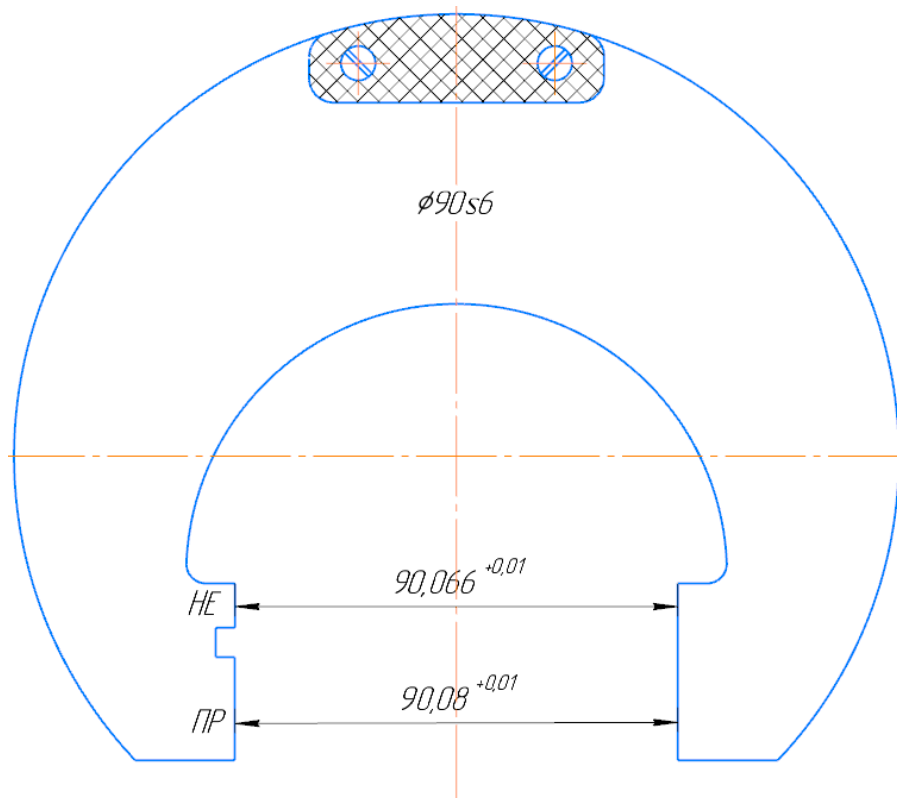
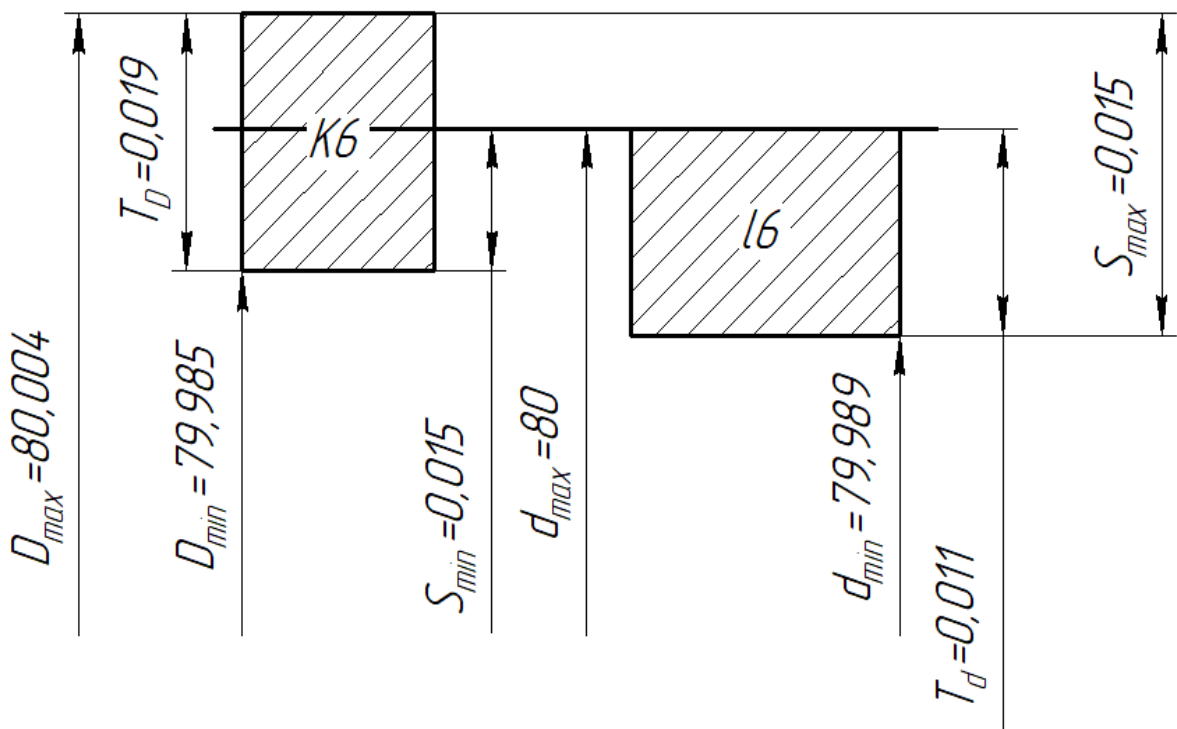


Рисунок 3.4 – Эскиз скобы

Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	Справ. №	Перв. примен.	<h2 style="text-align: center; margin: 0;">4 ВЫБОР ПОСАДОК ДЛЯ КОЛЕЦ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ</h2> <p>Исходные данные и размеры:  тип подшипника – 6-208 [4];  нагрузка – 2100 Н;  режим работы подшипника – легкий;  <math>d = 40</math> мм; <math>D = 80</math> мм; <math>B = 18</math> мм; <math>r = 2</math> мм.</p> <p>Так как</p> $\frac{P}{C_p} = \frac{2100}{32000} = 0,065 < 0,07$ <p>то режим работы легкий.  Задаёмся видами нагружения колёс:</p> <p>1. Внутреннее – местное нагружение</p> <p>Выбираем посадку <math>\varnothing 40 \frac{L6}{js6} \left( \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.01 \\ +0.008 \\ -0.008 \end{smallmatrix} \right)</math></p> <p style="margin-left: 40px;"> <math>d_{max} = d + es = 40 + 0,008 = 40,008</math> мм;  <math>d_{min} = d + ei = 40 - 0.008 = 39,992</math> мм.  <math>D_{max} = D + ES = 40</math> мм;  <math>D_{min} = D + EI = 35 - 0.01 = 39.99</math> мм.  <math>N_{max} = es - EI = 0.008 + 0.01 = 0.018</math> мм;  <math>N_{min} = ei - ES = -0.008 - 0 = 0.008</math> мм.  <math>T_n = (ES - EI) + (es - ei) = (0 + 0.01) + (0.008 + 0.008) = 0.026</math> мм. </p>

Изм.	Лист	№ докум.	Под-	Да	КР.НТИТИ.06.00.00	Лист 21
------	------	----------	------	----	-------------------	------------

Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	Перв. примен.	
					Справ. №	
<p>Рисунок 9 – Схема расположения полей допусков для местно нагруженного кольца</p> <p>2. Наружное – циркуляционное нагружение</p> <p>Принимаем посадку <math>\varnothing 80 \frac{K6}{l6} \left( \begin{smallmatrix} +0,004 \\ -0,015 \\ 0 \\ -0,011 \end{smallmatrix} \right)</math>.</p> $d_{max} = d + es = 80 + 0 = 80 \text{ мм};$ $d_{min} = d + ei = 80 - 0,011 = 79,989 \text{ мм.}$ $D_{max} = D + ES = 80 + 0,004 = 80,004 \text{ мм};$ $D_{min} = D + EI = 79,985 \text{ мм.}$ $S_{max} = ES - ei = 0,004 + 0,011 = 0,015 \text{ мм};$ $S_{min} = EI - es = -0,015 - 0 = -0,015 \text{ мм};$ $T_S = S_{max} - S_{min} = 0,015 + 0,015 = 0,03 \text{ мм.}$						
						
<p>Рисунок 10 – Схема расположения полей допусков для циркуляционное нагруженного кольца</p>						
Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	Лист	
					22	

Изм.	Лист	№ докум.	Под-	Да
------	------	----------	------	----

КР.НТИТИ.06.00.00

<div> <div>Инв. №</div> <div>Подпись и дата</div> <div>Взам. инв.</div> <div>Инв. №</div> <div>Подпись и дата</div> <div>Справ. №</div> <div>Перв. примен.</div> </div>																										
<div> <div>Изм</div> <div>Лист</div> <div>№ докум</div> <div>Под-</div> <div>Да</div> <div>КР.НТИТИ.06.00.00</div> <div>Лист</div> <div>23</div> </div>																										

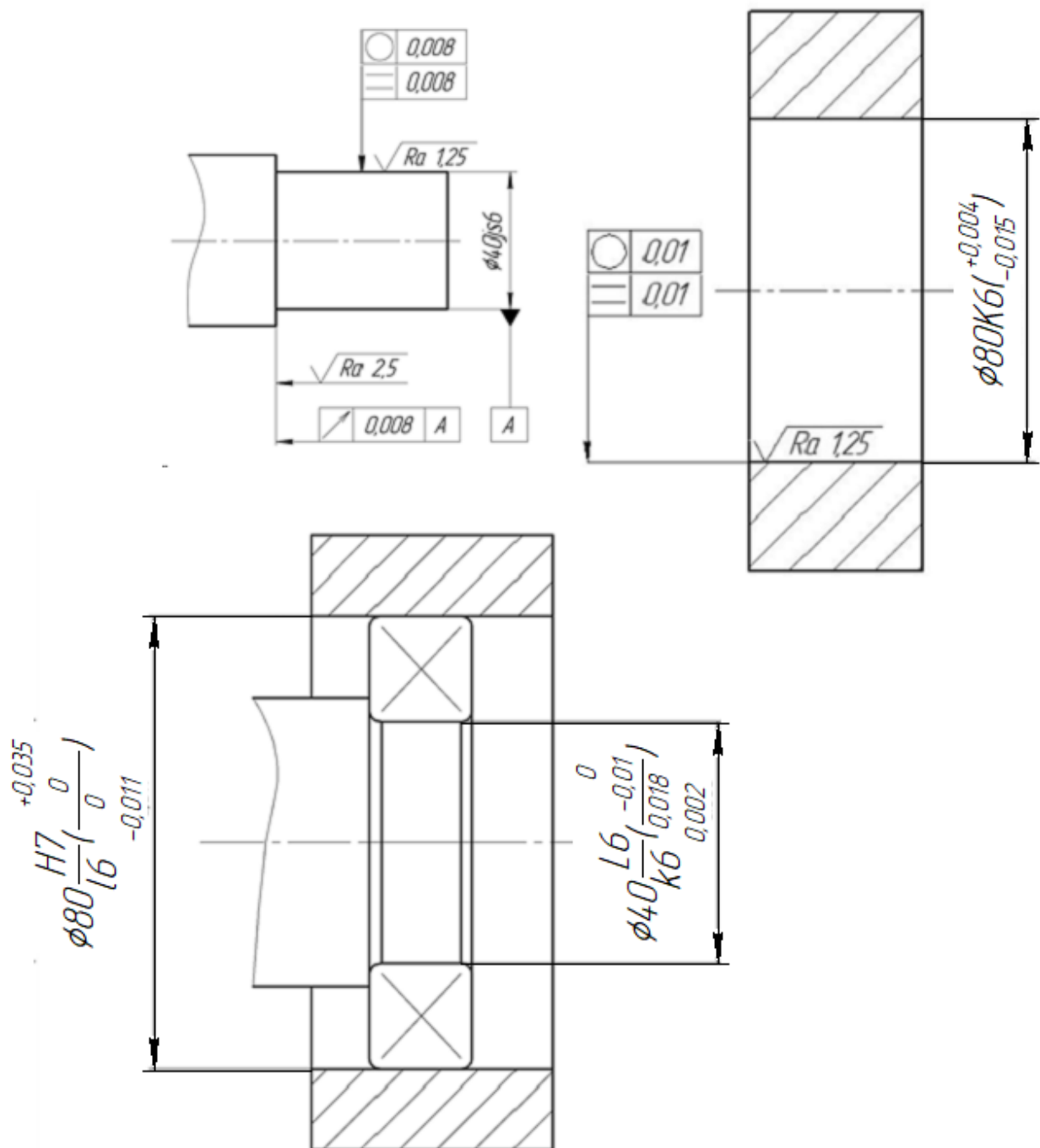


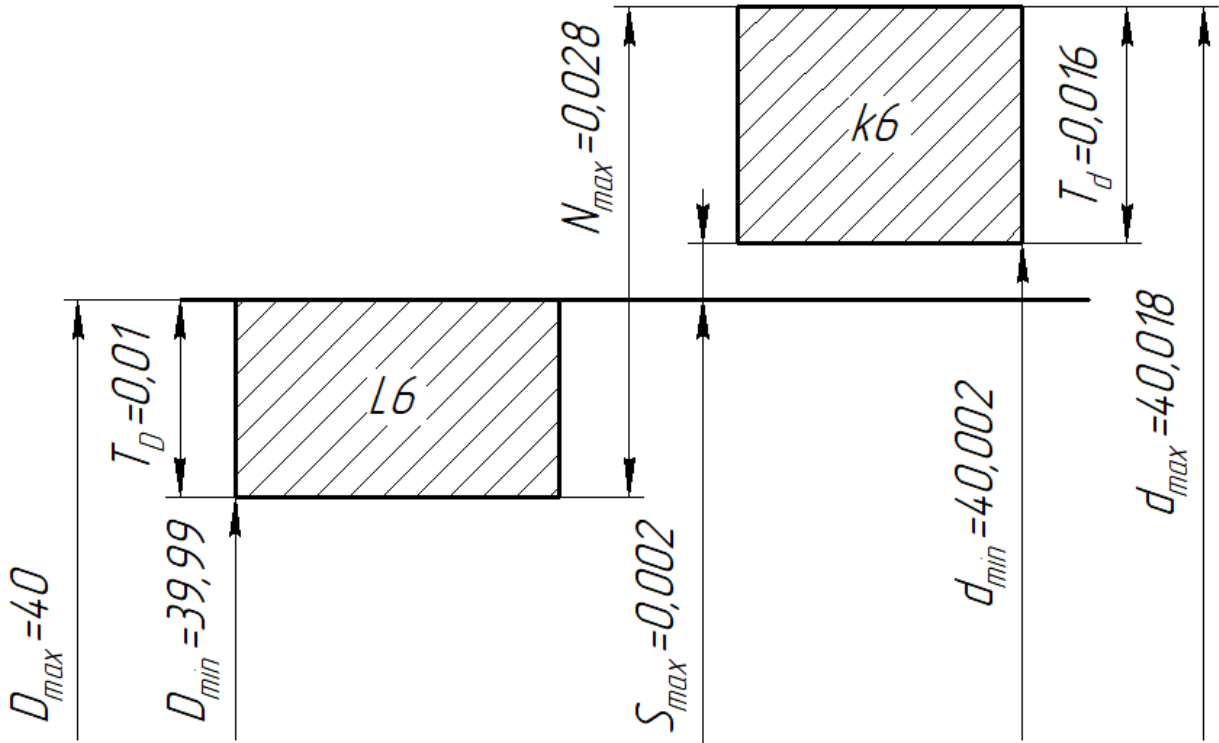
Рисунок 11 – Эскиз подшипникового узла и деталей, входящих в него  
Определим режим работы подшипника  
1. Внутреннее – циркуляционное нагружение

Принимаем посадку  $\phi 40 \frac{L6}{k6} \left( \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,01 \\ 0,018 \\ 0,002 \end{smallmatrix} \right)$ .

$$d_{max} = d + es = 40 + 0,018 = 40,018 \text{ мм;}$$

$$d_{min} = d + ei = 40 + 0,002 = 40,002 \text{ мм;}$$

$$D_{max} = D + ES = 40 \text{ мм;}$$

Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	Справ. №	Перв. примен.	$D_{min} = D + EI = 40 - 0,01 = 39.99 \text{ мм.}$ $N_{max} = es - EI = 0,018 + 0,01 = 0.028 \text{ мм;}$ $S_{max} = ES - ei = 0 - 0,002 = -0.002 \text{ мм;}$ $S_{cp} = \frac{S_{max} - N_{max}}{2} = \frac{0,028 + 0,002}{2} = 0,015 \text{ мм.}$
							
Рисунок 12 – Схема расположения полей допусков для местно нагруженного кольца							
$T_D = ES - EI = 0 + 0.01 = 0.01 \text{ мм;}$ $T_d = es - ei = 0,018 - 0.002 = 0.016 \text{ мм}$ <p>Определим среднеквадратичное отклонение зазора</p> $\sigma_N = \frac{1}{6} \sqrt{T_D^2 + T_d^2} = \frac{1}{6} \sqrt{1^2 + 16^2} = 2.67.$ <p>Пределы интегрирования</p> $z = \frac{S_{cp}}{\sigma_N} = \frac{15}{2.67} = 5,618$ <p>Функция <math>\Phi(Z)</math> при <math>Z=5,618</math> (табл. 1, с.12): <math>\Phi(Z) \approx 0,49999</math>. Так как <math>z &gt; 0</math>, то вероятность натяга</p> $P'_N = 0,5 + \Phi(z) = 0,5 + 0,49999 = 0,99999. \tag{4.1}$ <p>Процент натяга составляет более 95%, поэтому данная посадка</p>							
Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	КР.НТИТИ.06.00.00		
					Пис 24		
Изм	Пис	№ докум	Под-	Да			

Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	Справ. №	Перв. примен.

применима.

2. Наружное – местное нагружение

Применим посадку  $\varnothing 80 \frac{H7}{l6} \left( \begin{smallmatrix} +0.035 \\ 0 \\ -0.011 \end{smallmatrix} \right)$ .

$d_{max} = d + es = 80 \text{ мм};$   
 $d_{min} = d + ei = 80 - 0,011 = 79,989 \text{ мм.}$   
 $D_{max} = D + ES = 80 + 0,035 = 80,035 \text{ мм};$   
 $D_{min} = D + EI = 80 - 0 = 80 \text{ мм};$   
 $S_{max} = ES - ei = 0.035 + 0.011 = 0.046 \text{ мм};$   
 $N_{max} = es - EI = 0 - 0 = 0 \text{ мм.}$   
 $S_{cp} = \frac{S_{max} - N_{max}}{2} = \frac{0.046 - 0}{2} = 0.023 \text{ мм.}$

The diagram illustrates the fit between a shaft (H7) and a housing (l6). Key dimensions and tolerances are indicated:

- Shaft (H7):**
  - Maximum diameter:  $D_{max} = 80,035$
  - Minimum diameter:  $D_{min} = 80$
  - Upper tolerance:  $T_D = 0,035$
- Housing (l6):**
  - Maximum diameter:  $d_{max} = 80$
  - Minimum diameter:  $d_{min} = 79,989$
  - Lower tolerance:  $T_d = 0,011$
- Fit Parameters:**
  - Maximum clearance:  $S_{max} = 0,046$
  - Minimum clearance:  $N_{max} = 0$

Изм.	Лист	№ докум.	Под-	Да	КР.НТИТИ.06.00.00	Лист
						25

Перв. примен.	<p>Рисунок 13 – Схема расположения полей допусков для циркуляционно нагруженного кольца</p> $T_D = ES - EI = 0.035 + 0 = 0.035 \text{ мм};$ $T_d = es - ei = 0 + 0.011 = 0.011 \text{ мм}$ <p>Определим среднеквадратичное отклонение зазора</p> $\sigma_N = \frac{1}{6} \sqrt{T_D^2 + T_d^2} = \frac{1}{6} \sqrt{35^2 + 11^2} = 6.11$ <p>Пределы интегрирования</p> $z = \frac{S_{\text{ср}}}{\sigma_N} = \frac{23}{6.11} = 3,7$ <p>Функция <math>\Phi(Z)</math> при <math>Z=3,7</math> (табл. 1, с.12): <math>\Phi(Z) \approx 0,4993</math>.          Так как <math>z &gt; 0</math>, то вероятность натяга</p> $P'_N = 0,5 + \Phi(z) = 0,5 + 0,4993 = 0,9993. \tag{4.2}$ <p>Процент натяга составляет более 95%, поэтому данная посадка применима.</p> <p>Рассчитываем величину радиального посадочного зазора</p> $g = g_n - \Delta d_{1нб}$ <p>где <math>g_n</math> – начальный радиальный зазор</p> $g_{н.ср.} = \frac{g_{н.нб} + g_{н.нм}}{2} = \frac{12 + 29}{2} = 20,5 \text{ мкм}$ <p><math>\Delta d_{1нб}</math>-величина деформации</p> $\Delta d_{1нб} = 0.85N \frac{d}{d_0} = 0,85 \cdot 6 \cdot \frac{40}{50} = 4,1 \text{ мкм}$ <p><math>D_0</math>- приведенный наружный диаметр внутреннего кольца</p> $d_0 = d + \frac{D - d}{4} = 40 + \frac{80 - 40}{4} = 50 \text{ мм}$ <p>Тогда,</p> $g = 20,5 - 4,1 = 16,4 \text{ мкм}$ <p>Величина осевого зазора достаточна</p>				
	Справ. №				
Подпись и дата		Инв. №	Взам. инв.	Подпись и дата	Инв. №
	<div> <div>Изм</div> <div>Лист</div> <div>№ докум</div> <div>Под-</div> <div>Ла</div> </div> <div>КР.НТИТИ.06.00.00</div> <div> <div>Лист</div> <div>26</div> </div>				



## 27

Определяем предельные зазоры

$$S_{max} = D_{max} - d_{min} = 36,25 - 35,53 = 0,72 \text{ мм}; \tag{5.7}$$

$$S_{min} = D_{min} - d_{max} = 36 - 35,69 = 0,31 \text{ мм}; \tag{5.8}$$

$$S_c = \frac{S_{max} + S_{min}}{2} = \frac{0,72 + 0,31}{2} = 0,515 \text{ мм}. \tag{5.9}$$

Допуск посадки

$$T_s = T_D + T_d = 0,16 + 0,25 = 0,41 \text{ мм}. \tag{5.10}$$

Схема расположения полей допусков представлена на рисунке 5.1.

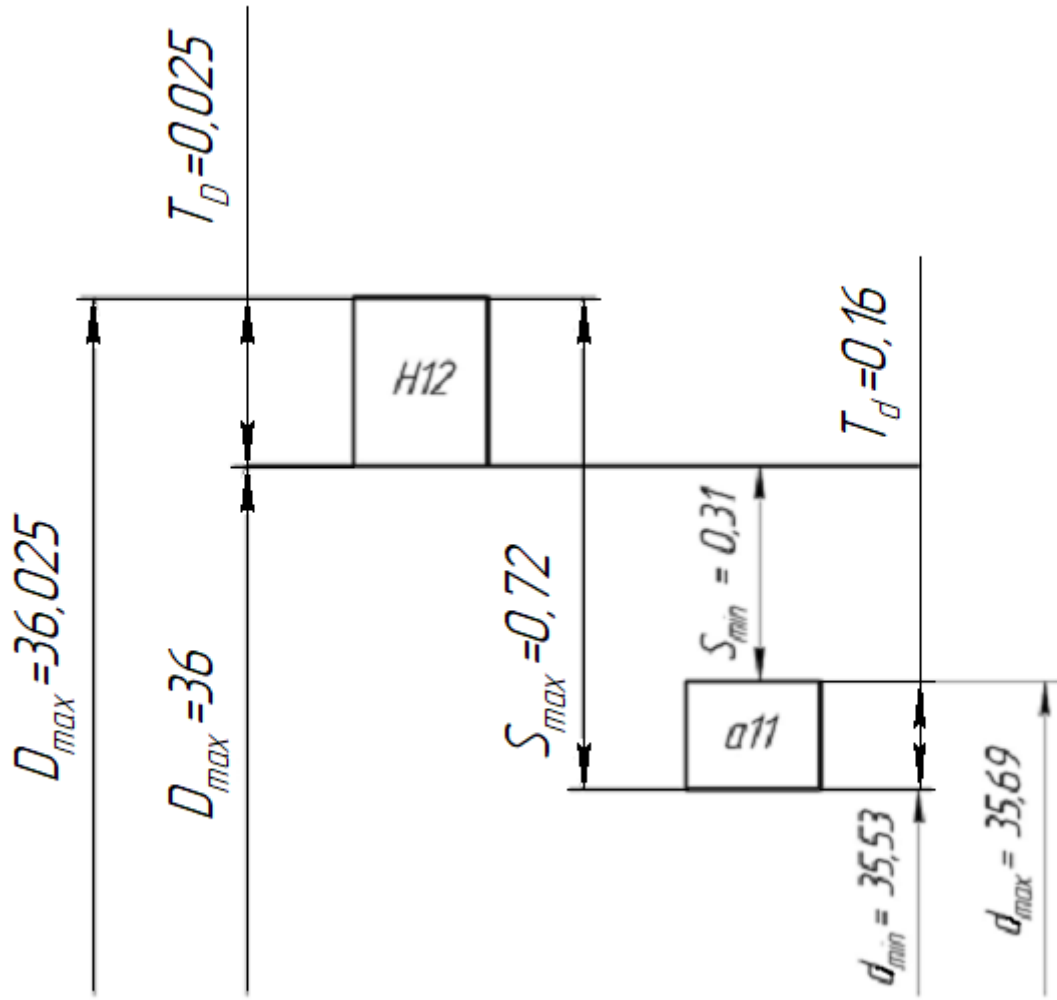


Рисунок 5.1 – Схема расположения полей допусков

Перв. примен.	$\varnothing 32 \frac{H7}{f7};$ $ES = +0,025 \text{ мм}; \quad es = -0,025 \text{ мм};$ $EI = 0 \text{ мм}; \quad ei = -0,05 \text{ мм}.$ Определяем предельные размеры вала и отверстия				
	$d_{max} = d + es = 32 + (-0,025) = 31,975 \text{ мм};$ <span style="float:right">(5.11)</span>				
Справ. №	$d_{min} = d + ei = 32 + (-0,05) = 31,950 \text{ мм};$ <span style="float:right">(5.12)</span>				
	$D_{max} = d + ES = 32 + 0,025 = 32,025 \text{ мм};$ <span style="float:right">(5.13)</span>				
	$D_{min} = d + EI = 32 + 0 = 32 \text{ мм}.$ <span style="float:right">(5.14)</span>				
Допуск размера вала и допуск размера отверстия					
$T_d = d_{max} - d_{min} = 31,975 - 31,950 = 0,025 \text{ мм};$				(5.15)	
$T_D = D_{max} - D_{min} = 32,025 - 32 = 0,025 \text{ мм}.$				(5.16)	
Определяем предельные зазоры					
Подпись и дата	$S_{max} = D_{max} - d_{min} = 32,025 - 31,950 = 0,075 \text{ мм};$				(5.17)
	$S_{min} = D_{min} - d_{max} = 32 - 31,975 = 0,025 \text{ мм};$				(5.18)
Инв. №	$S_c = \frac{S_{max} + S_{min}}{2} = \frac{0,075 + 0,025}{2} = 0,05 \text{ мм}.$				(5.19)
Допуск посадки					
Взам. инв.	$T_s = T_D + T_d = 0,025 + 0,025 = 0,05 \text{ мм}.$				(5.20)
Схема расположения полей допусков представлена на рисунке 5.2.					
Подпись и дата					
Инв. №					
КР.НТИТИ.06.00.00					Пис
					29
Изм	Пис	№ докум	Под-	Да	

Справ. №					Перв. примен.				
Инв. №					Подпись и дата				
Взам. инв.					Инв. №				
Подпись и дата					Подпись и дата				
Инв. №					Подпись и дата				

Рисунок 5.2 – Схема расположения полей допусков

$6 \frac{H8}{h7};$   
 $ES = +0,018 \text{ мм}; \quad es = 0 \text{ мм};$   
 $EI = 0 \text{ мм}; \quad ei = -0,012 \text{ мм}.$   
Определяем предельные размеры вала и отверстия

$$d_{max} = d + es = 6 + 0 = 6 \text{ мм}; \tag{5.21}$$

$$d_{min} = d + ei = 6 + (-0,012) = 5,988 \text{ мм}; \tag{5.22}$$

$$D_{max} = d + ES = 6 + 0,018 = 6,018 \text{ мм}; \tag{5.23}$$

$$D_{min} = d + EI = 6 + 0 = 6 \text{ мм}. \tag{5.24}$$

Допуск размера вала и допуск размера отверстия

$$T_d = d_{max} - d_{min} = 6 - 5,988 = 0,012 \text{ мм}; \tag{5.25}$$

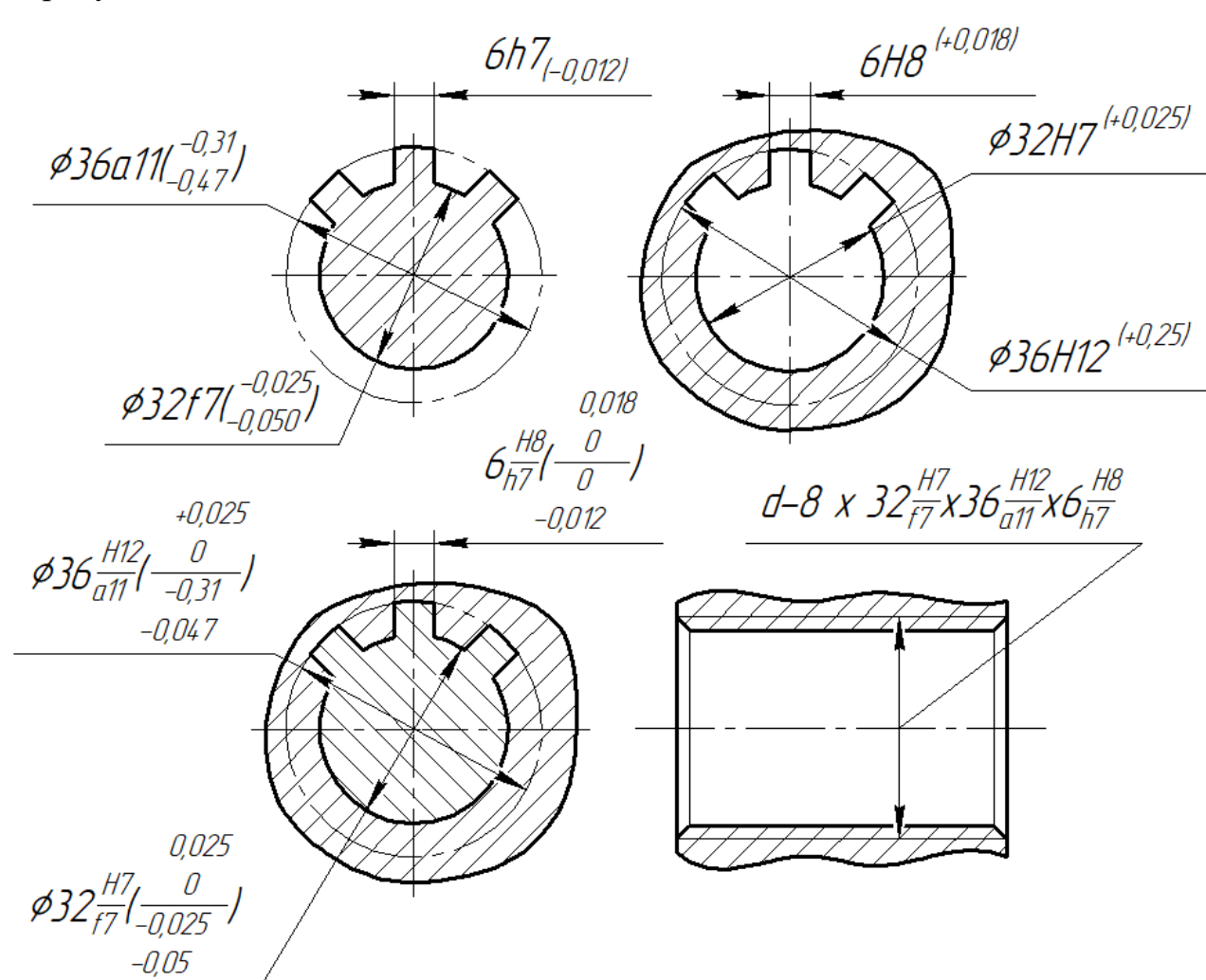
$$T_D = D_{max} - D_{min} = 6,018 - 6 = 0,018 \text{ мм}. \tag{5.26}$$

Определяем предельные зазоры

$$S_{max} = D_{max} - d_{min} = 6,018 - 5,988 = 0,03 \text{ мм}; \tag{5.27}$$

Изм	Лист	№ докум	Под-	Да	КР.НТИТИ.06.00.00	Лист
						30



Перв. примен.	<p>Эскизы шлицевого соединения и его деталей с указанием полей допусков, предельных отклонений сопрягаемых и несопрягаемых поверхностей приведены на рисунке 5.4.</p>  <p>The drawing shows four cross-sectional views of a keyway connection. The top-left view shows a shaft with a keyway, with dimensions <math>6h7_{(-0,012)}</math> and <math>\phi 36a11_{(-0,31/-0,47)}</math>. The top-right view shows a hub with a keyway, with dimensions <math>6H8^{(+0,018)}</math>, <math>\phi 32H7^{(+0,025)}</math>, and <math>\phi 36H12^{(+0,25)}</math>. The bottom-left view shows another shaft view with dimensions <math>\phi 32f7_{(-0,025/-0,050)}</math>, <math>\phi 36_{a11}^{H12}(\frac{+0,025}{0}/\frac{0}{-0,31})</math>, and <math>\phi 32_{f7}^{H7}(\frac{0,025}{0}/\frac{0}{-0,025})</math>. The bottom-right view shows a hub with a keyway, with dimensions <math>6_{h7}^{H8}(\frac{0,018}{0}/\frac{0}{-0,012})</math> and <math>d-8 \times 32_{f7}^{H7} \times 36_{a11}^{H12} \times 6_{h7}^{H8}</math>. A detail view of the keyway is also shown.</p>				
Справ. №					
Инв. №	Подпись и дата				
	Инв. №				
	Взам. инв.				
	Подпись и дата				
	<div> <div>КР.НТИТИ.06.00.00</div> <div> <div>Лист</div> <div>32</div> </div> </div>				

Перв. примен.	6 РАСЧЕТ ПРЕДЕЛЬНЫХ КАЛИБРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ШЛИЦЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ				
	Расчет производится для шлицевого соединения, рассчитанного в разделе 5. Привести эскизы калибров для контроля шлицевого вала и шлицевой втулки с указанием точности изготовления размеров, шероховатостей, допусков форм и расположение поверхностей.				
Справ. №	Шлицевое соединение $d - 8 \times 32 \frac{H7}{f7} \times 36 \frac{H12}{a11} \times 6 \frac{H8}{h7}$ .				
	Расчет комплексного калибра-пробки. Размеры калибра-пробки согласно [8, с. 3, таблица 1]				
Подпись и дата	$d_k = d_{min} - Z_d \pm \frac{H_d}{2};$ (6.1)				
	$D_k = (D_{min} - Z'_D) \pm \frac{H'_d}{2};$ (6.2)				
	$b_k = b_{min} - Z_D \pm \frac{H_b}{2};$ (6.3)				
	$b_{k-W} = b_{min} - Y_b;$ (6.4)				
	$d_{k-W} = d_{min} - Y_d,$ (6.5)				
Инв. №	где $d_k$ – номинальный внутренний диаметр калибра-пробки; $d$ – номинальный внутренний диаметр втулки и вала; $D_k$ – номинальный наружный диаметр калибра-пробки; $D_{min}$ – наименьший диаметр втулки; $Z_D, Z_b$ – расстояние от середины поля допуска на изготовление калибра-пробки до соответствующего наименьшего предельного размера втулки; $H_D$ – допуск на изготовление калибра-пробки по центрирующему диаметру; $b_k$ – номинальный толщина зуба калибра-пробки; $b_{min}$ – наименьшая ширина паза; $H_b$ – допуск на изготовление калибра-пробки по толщине зубов; $b_{k-W}$ – предельные размеры изношенного внутреннего диаметра калибра-пробки; $Y_b, Y_D$ – допустимый выход размера изношенного калибра-пробки за границу поля допуска вала;				
	КР.НТИТИ.06.00.00				
Инв. №	Лист 33				

Перв. примен.	<p><math>D_{k-w}</math> – предельные размеры изношенных наружных диаметров калибра-пробки.  <math>D_{min} = 35,53 \text{ мм}; b_{min} = 6 \text{ мм}; d_{min} = 32 \text{ мм}</math>  Отклонения и допуск диаметра калибра-пробки [8, с. 5, таблица 2]  <math>Z_d = 8,5 \text{ мкм}; H_d = 7 \text{ мкм}; Y_d = 19 \text{ мкм}.</math>  Отклонения и допуск размера <math>b_k</math> калибр-пробки [8, с. 5, таблица 3]  <math>Z_b = 10 \text{ мкм}; H_b = 4 \text{ мкм}; Y_b = 16 \text{ мкм}.</math>  Для нецентрирующего диаметра [8, с. 10, таблица 6]  <math>Z'_D = 80 \text{ мкм}; H'_D = 25 \text{ мкм}.</math>  Тогда</p>				
	Справ. №	<p> <math display="block">D_{max} = (35,53 - 0,08) + \frac{0,025}{2} = 35,4625 \text{ мм};</math> <math display="block">D_{min} = (35,53 - 0,08) - \frac{0,025}{2} = 35,4375 \text{ мм};</math> <math display="block">d_{kmax} = 32 - 0,0085 + \frac{0,007}{2} = 31,995 \text{ мм};</math> <math display="block">d_{kmin} = 32 - 0,0085 - \frac{0,007}{2} = 31,988 \text{ мм};</math> <math display="block">D_{k-w} = 35,53 - 0,019 = 35,511 \text{ мм};</math> <math display="block">b_{kmax} = 6 - 0,010 + \frac{0,004}{2} = 5,992 \text{ мм};</math> <math display="block">b_{kmin} = 6 - 0,010 - \frac{0,004}{2} = 5,988 \text{ мм};</math> <math display="block">b_{k-w} = 6,01 - 0,016 = 5,994 \text{ мм}.</math> </p>			
Подпись и дата		Инв. №	Взам. инв.	<p>Накопленная погрешность шага не должна превышать 5 мкм [8, с. 10, таблица 7]. Допуск симметричности зуба калибра-пробки относительно оси поверхности <math>d_k</math> равен 8 мм [8, с. 11, таблица 8]. Допуск параллельности боковых сторон зуба калибра-пробки относительно оси поверхности <math>D_k</math> равен 4 мкм [8, с. 11, таблица 8].</p> <p>На рисунке 6.1 приведена схема расположения поля допуска центрирующего диаметра D пробки.</p>	
	Подпись и дата			Инв. №	<div> <div>Изм</div> <div>Лист</div> <div>№ докум</div> <div>Под-</div> <div>Ла</div> </div> <div>КР.НТИТИ.06.00.00</div> <div>Лист</div> <div>34</div>



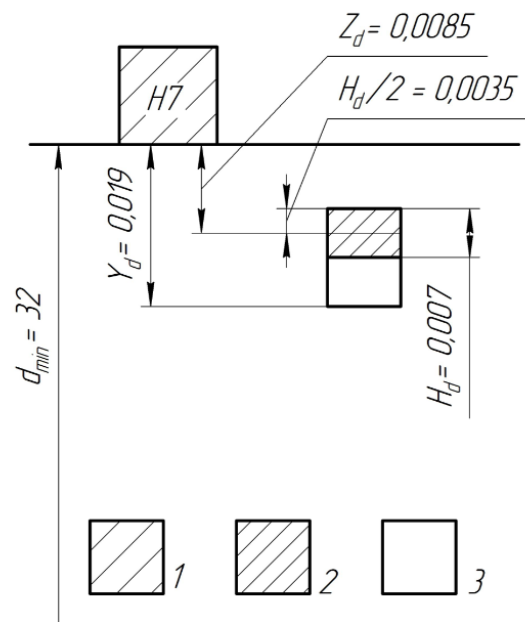


Рисунок 6.1 – Схема расположения поля допуска центрирующего диаметра пробки:  
1 – поле допуска центрирующего диаметра втулки; 2 – поле допуска на изготовление калибра-пробки; 3 – поле износа калибра-пробки

На рисунке 6.2 приведена схема расположения поля допуска размера  $b_k$  калибра-пробки.

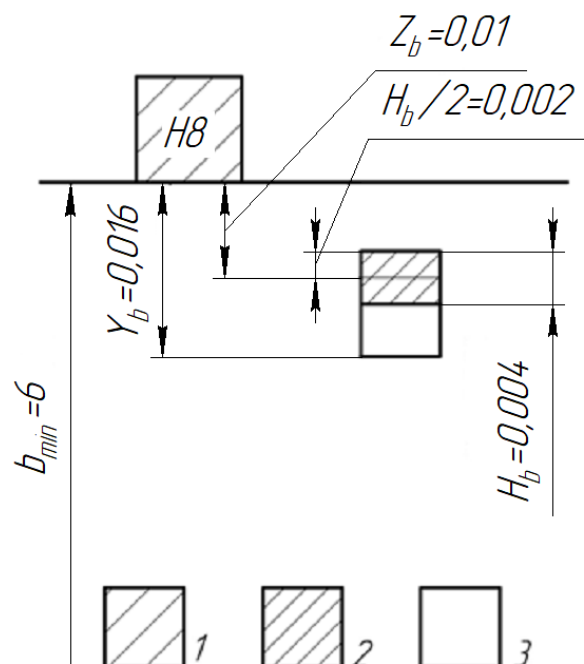


Рисунок 6.2 – Схема расположения поля допуска размера  $b_k$  калибра-пробки:  
1 – поле допуска размера  $b$  втулки; 2 – поле допуска на изготовление калибра-пробки;  
3 – поле износа калибра-пробки

Схема расположения поля допуска нецентрирующего диаметра втулки приведена на рисунке 6.3.

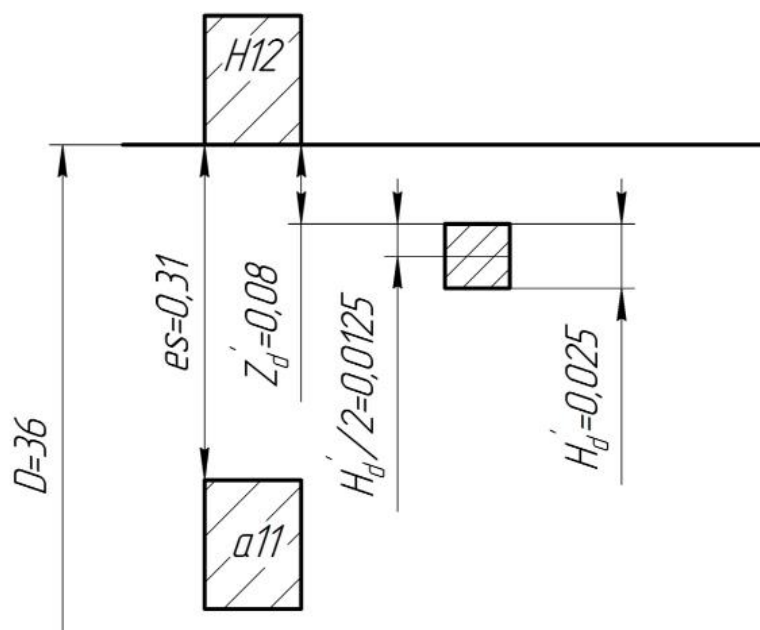


Рисунок 6.3 – Схема расположения поля допуска нецентрирующего диаметра втулки:  
1 – поле допуска нецентрирующего диаметра втулки; 2 – поле допуска на изготовление калибра-пробки; h7 – поле допуска калибра-пробки

Эскиз калибра-пробки приведен на рисунке 6.4.

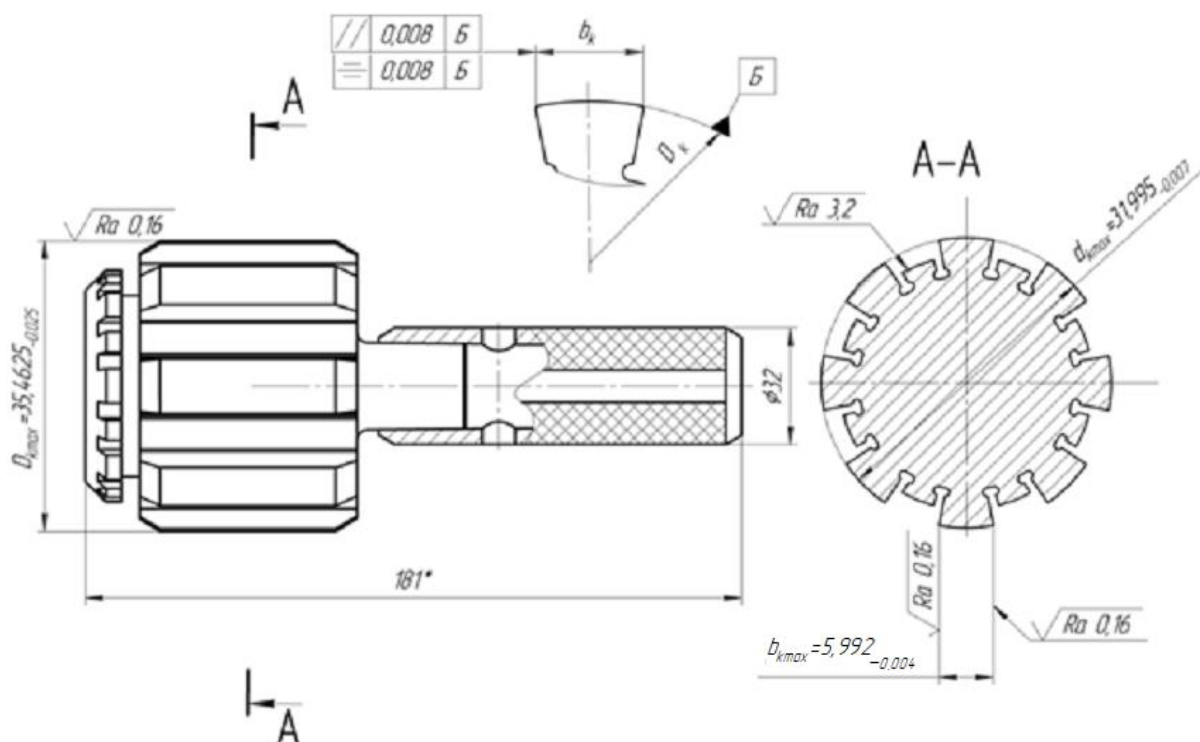
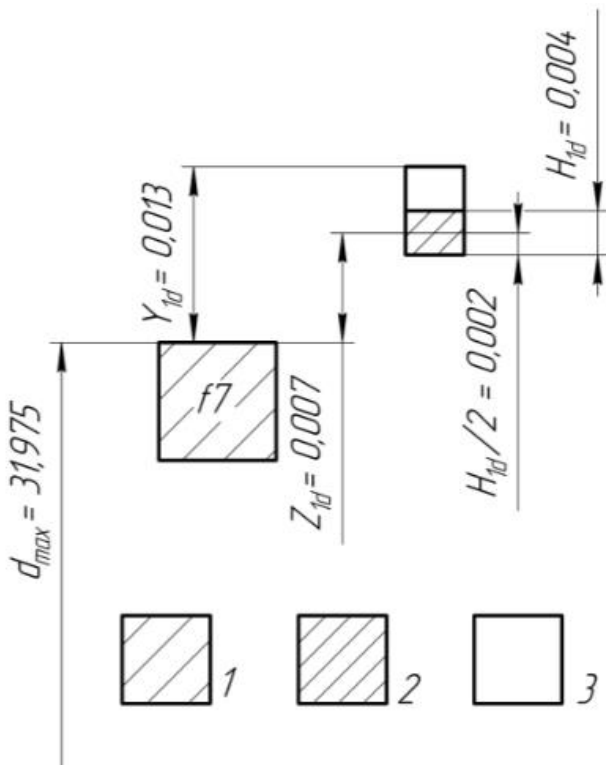


Рисунок 6.4 – Эскиз калибра-пробки

Расчет комплексного калибра-кольца [8, с. 3, таблица 1].

Перв. примен.					$d_k = d_{max} + Z_{1d} \pm \frac{H_{1d}}{2}; \tag{6.6}$			
					$d_{k-W} = d_{min} + Y_{1d}, \tag{6.7}$			
Справ. №					$D_k = (D_{max} + Z'_D) \pm \frac{H'_D}{2}; \tag{6.8}$			
					$b_k = b_{max} + Z_{1b} \pm \frac{H_{1b}}{2}; \tag{6.9}$			
					$b_{k-W} = b_{max} + Y_{1b}, \tag{6.10}$			
					<p>где <math>d_{max}</math> – наибольший диаметр вала <math>d</math>;  <math>D_{max}</math> – наибольший диаметр <math>D</math> вала;  <math>H_{1b}</math> – допуск на изготовление калибра по ширине паза <math>b</math>;  <math>H_{1D}</math> – допуск на изготовление калибра-кольца по центрирующему диаметру;  <math>Z_{1D}, Z_{1b}</math> – расстояние от середины поля допуска на изготовление калибра-кольца до соответствующего наименьшего предельного размера втулки;  <math>Y_{1b}</math> – допустимый выход размера изношенного калибра-кольца за границу поля допуска вала;  <math>b_{max}</math> – наибольшая толщина паза;  <math>D_{max} = 35,69</math> мм; <math>b_{max} = 5,982</math> мм; <math>d_{max} = 31,975</math> мм  Отклонения и допуск диаметра калибра-пробки [8, с. 7, таблица 4]  <math>Z_{1d} = 7</math> мкм; <math>H_{1d} = 4</math> мкм; <math>Y_{1d} = 13</math> мкм.  Отклонения и допуск размера <math>b_k</math> калибр-пробки [8, с. 8, таблица 5]  <math>Z_{1b} = 10</math> мкм; <math>H_{1b} = 4</math> мкм; <math>Y_{1b} = 16</math> мкм.  Отклонения и допуск нецентрирующего диаметра <math>D_k</math> [8, с. 10, таблица 6]  <math>= 185</math> мкм; <math>= 25</math> мкм.  Тогда</p>			
Подпись и дата					$d_{kmax} = 31,975 + 0,007 \pm \frac{0,004}{2} = 31,97 \text{ мм};$			
Инв. №					$d_{kmin} = 31,975 + 0,007 - \frac{0,004}{2} = 31,966 \text{ мм};$			
Взам. инв.					$d_{k-W} = 31,975 + 0,013 = 31,988 \text{ мм};$			
Подпись и дата					$D_{kmax} = 35,69 + 0,185 + \frac{0,025}{2} = 35,8875 \text{ мм};$			
Инв. №					КР.НТИТИ.06.00.00			
	Изм	Лист	№ докум	Под-	Ла			
						Пис		
						37		

Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	Перв. примен.
Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	Справ. №
<div><math display="block">D_{kmin} = 35,69 + 0,185 - \frac{0,025}{2} = 35,8625\text{мм};</math><math display="block">b_{kmax} = 5,982 + 0,01 + \frac{0,004}{2} = 5,996 \text{ мм};</math><math display="block">b_{kmin} = 5,982 + 0,01 - \frac{0,004}{2} = 5,99 \text{ мм};</math><math display="block">b_{k-W} = 5,982 + 0,016 = 5,998 \text{ мм}.</math></div> <p>Накопленная погрешность шага не должна превышать 6 мкм [8, с. 10, таблица 7]. Допуск симметричности зуба калибра-пробки относительно оси поверхности <math>D_k</math> равен 8 мм [8, с. 11, таблица 8]. Допуск параллельности боковых сторон зуба калибра-пробки относительно оси поверхности <math>D_k</math> равен 4 мкм [8, с. 11, таблица 8].</p> <p>Схема расположения поля допуска центрирующего диаметра приведена на рисунке 6.5.</p> <div></div> <p>Рисунок 6.5 – Схема расположения поля допуска центрирующего диаметра: 1 – поле допуска размера d вала; 2 – поле допуска изготовления калибра-кольца; 3 – поле износа калибра-кольца</p>					
КР.НТИТИ.06.00.00					Лист
Изм	Лист	№ докум	Под-	Да	38

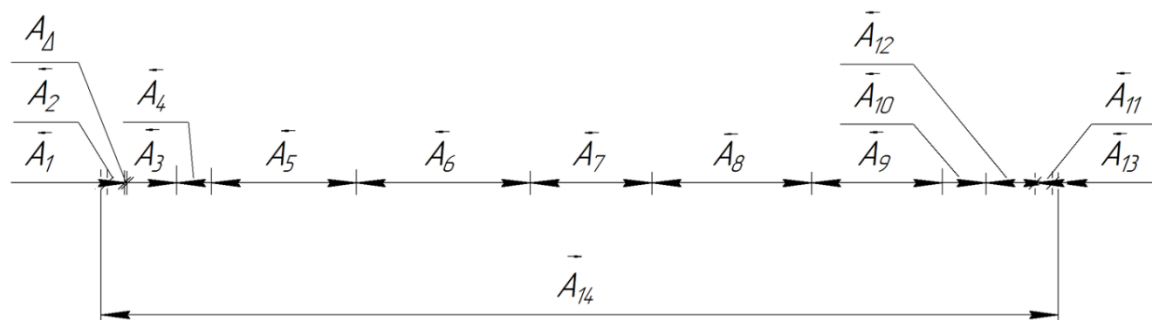
					Справ. №	Перв. примен.
<p>Схема расположения поля допуска размера <math>b_k</math> калибра-кольца приведена на рисунке 6.6.</p>						
<p>Рисунок 6.6 – Схема расположения поля допуска размера <math>b_k</math> калибра-кольца:  1 – поле допуска размера <math>b</math> вала; 2 – поле допуска изготовления калибра-кольца; 3 – поле износа калибра-кольца</p>						
<p>Схема расположения поля допуска нецентрирующего диаметра втулки расположен на рисунке 6.7.</p>						
<p>Рисунок 6.7 – Схема расположения поля допуска нецентрирующего диаметра втулки:  1 – поле допуска нецентрирующего диаметра втулки; 2 – поле допуска на изготовление калибра-кольца; Н8 – поле допуска <math>d_k</math> калибра-кольца</p>						
Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата		
					КР.НТИТИ.06.00.00	
Изм	Лист	№ докум	Под-	Да	39	

Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	Справ. №	Перв. примен.	<p>Эскиз калибра-кольца приведен на рисунке 6.8.</p>
Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата			<p>КР.НТИТИ.06.00.00</p>
Изм	Лист	№ докум	Под-	Да			<p>Лист 40</p>

# 7 РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ, ВХОДЯЩИХ В СБОРОЧНЫЙ УЗЕЛ

## 7.1 Расчет методом максимума-минимума

Схема размерной цепи приведена в графической части работы.



Определение номинальных размеров составляющих звеньев.

$A_1 = 2$ ;  $A_2 = 8$ ;  $A_3 = 18$ ;  $A_4 = 12$ ;  $A_5 = 52$ ;  $A_6 = 62$ ;  $A_7 = 44$ ;  $A_8 = 57$ ;  $A_9 = 47$ ;  $A_{10} = 15$ ;  $A_{11} = 8$ ;  $A_{12} = 18$ ;  $A_{13} = 2$ ;  $A_{14} = 346,1$ .

$$\begin{aligned} \overline{A_{12}} &= \overline{A_{\Delta}} + \overrightarrow{A_1} + \overrightarrow{A_2} + \overrightarrow{A_3} + \overrightarrow{A_4} + \overrightarrow{A_5} + \overrightarrow{A_6} + \overrightarrow{A_7} + \overrightarrow{A_8} + \overrightarrow{A_9} + \overrightarrow{A_{10}} + \overrightarrow{A_{11}} + \\ &+ \overrightarrow{A_{13}} + \overrightarrow{A_{14}} = 1,1 + 2 + 8 + 18 + 12 + 52 + 62 + 44 + 57 + 47 + 15 + 8 + \\ &+ 18 + 2 = 346,1 \text{ мм} \end{aligned} \quad (7.1)$$

Определение средней точности размерной цепи или числа единиц допуска. Устанавливаем значение  $i$  для составляющих звеньев кроме стандартных  $A_1$  и  $A_9$  [9, с. 20, таблица 2.2]

$$\begin{aligned} a &= \frac{T_{\Delta} - \sum_{i=1}^{H_c} T_{ic}}{\sum_{i=1}^{H-1} i_i} = \\ &= \frac{700 - (21 + 21)}{0,55 + 0,9 + 1,08 + 1,86 + 1,86 + 1,56 + 1,86 + 1,56 + 1,08 + 0,9 + 0,55 + 3,54} = \\ &= 38,03 \text{ мкм}. \end{aligned} \quad (7.2)$$

Найденное число единиц допуска лежит в пределах стандартных значений  $a = 25$  (8 квалитет) и  $a = 40$  (9 квалитет) [9, с. 22, таблица 2.3]. Отсюда следует, что часть звеньев должна изготавливаться по 8 квалитету, а часть – по 9 квалитету. Результаты расчета сводятся в таблицу 7.1.

					КР.НТИТИ.06.00.00	Лис
Изм	Лис	№ докум	Под-	Да		42



Перв. примен.	$-25 = 294 \text{ мкм.}$				
	<p>Координата середины поля допуска увязачного звена</p> $\overleftarrow{\Delta}_{12} = 50 + (-11) + (-10,5) + (-13,5) + (-23) + (-23) + (-19,5) + (-23) + (-19,5) + (-13,5) + (-11) + (-10,5) = -128 \text{ мкм}$				
Справ. №	<p>Определение предельных отклонений увязачного звена</p> $\Delta_{B\Delta} = \sum_{i=1}^n \Delta_{B i}^{\rightarrow} - \sum_{n+1}^{m-1} \Delta_{H i}^{\leftarrow}; \tag{7.4}$ $\Delta_{H\Delta} = \sum_{i=1}^n \Delta_{H i}^{\rightarrow} - \sum_{n+1}^{m-1} \Delta_{B i}^{\leftarrow}. \tag{7.5}$				
	<p>Тогда</p> $\Delta_{B12} = 400 + (-12,5) + (-22) + (-21) + (-27) + (-46) + (-46) + (-39) + (-46) + (-39) + (-27) + (-22) + (-21) + (-12,5) = 19 \text{ мкм};$ $\Delta_{H12} = -300 + 12,5 + 12,5 = -275 \text{ мкм.}$				
Подпись и дата	<p>Проверка производится для координат середины полей допусков</p> $\Delta_{0\Delta} = \sum_{i=1}^{n-1} \Delta_{oi}^{\rightarrow} + \sum_{n+1}^{m-1} \Delta_{oi}^{\leftarrow}. \tag{7.6}$				
	<p>Тогда</p> $-128 = \frac{19 + (-275)}{2} = 0.$				
Взам. инв.	<p>Это говорит о правильности проведенных вычислений.</p>				
Подпись и дата	<h2>7.2 Расчет методом регулирования</h2>				
	<p>Схема размерной цепи приведена в графической части. Номинальные размеры составляющих звеньев были определены в п. 7.1.</p>				
Инв. №	<div> <div>Изм</div> <div>Лист</div> <div>№ докум</div> <div>Под-</div> <div>Да</div> </div>				<div>КР.НТИТИ.06.00.00</div> <div>Пис</div> <div>43</div>

Перв. примен.	<p>Выбор и назначение допусков на составляющие звенья. Считаем, что для размеров звеньев экономически приемлемым является 12-й квалитет. Назначаем по этому квалитету допуски на все размеры, кроме допусков на монтажную высоту подшипников, которые принимаются согласно [10] и на звено <math>\overline{A_1}</math>, которое выбрали в качестве компенсатора.</p> <p>Наибольшая величина компенсации</p>				
Справ. №	$T_{\Delta p} = \sum_{i=1}^{m-1}  \Sigma_i  T_i = 150 + 21 + 180 + 300 + 300 + 250 + 300 + 250 +$ $+ 180 + 120 + 21 + 100 - 570 - 700 + T_1. \quad (7.7)$				
	<p>Тогда</p> $T_1 = 700 + 570 - 150 - 21 - 180 - 300 - 300 - 250 - 300 - 250 - 180 -$ $- 150 - 21 - 100 = -932 \text{ мкм.}$				
Подпись и дата	<p>Следовательно, при самом неблагоприятном сочетании размеров надо с компенсатора снять слой материала толщиной 0,932 мм.</p> <p>Определение предельных размеров компенсатора.</p> <p>Вначале определяем координату середины поля допуска звена</p>				
Инв. №	$\Delta_{\overline{0}iy}^{\leftarrow} = \Delta_{o\Delta} - \sum_{i=1}^{n-1} \Delta_{\Delta oi}^{\rightarrow} - \sum_{n+1}^{m-1} \Delta_{\overline{oi}}^{\leftarrow} - \Delta_{o\Delta}. \quad (7.8)$				
Взам. инв.	<p>Отсюда</p> $\overline{\Delta_1} = 50 - 75 - 10,5 - 90 - 150 - 150 - 125 - 150 - 125 -$ $- 90 - 75 - 10,5 + 285 = -716 \text{ мкм;}$				
Подпись и дата	$\overline{A_1^{min}} = \overline{A_1} + \overline{\Delta_1} - \frac{ T_1 }{2} = 2 + (-0,716) - \frac{0,932}{2} = 0,818 \text{ мм;} \quad (7.9)$				
Инв. №	$\overline{A_1^{max}} = \overline{A_1} + \overline{\Delta_1} + \frac{ T_1 }{2} = 2 + (-0,716) + \frac{0,932}{2} = 1,75 \text{ мм.} \quad (7.10)$				
<p>В таблице 7.2 приведены результаты расчета.</p>					
КР.НТИТИ.06.00.00					Лис
Изм	Лис	№ докум	Под-	Ла	44

Перв. примен.										
Справ. №										
Подпись и дата										
Инв. №										
Взам. инв.										
Подпись и дата										
Инв. №										

**Таблица 7.2 – Результаты поэтапных расчетов отклонений размеров составляющих звеньев размерной цепи методом регулирования**

Обозначение	Номинальный размер, мм	i, мкм	Обозначение основного отклонения	Квалитет	Допуск	Верхнее отклонение В	Нижнее отклонение Н	Середина поля допуска
					Мкм			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
A <sub>Δ</sub>	1,1	—	—	—	700	400	-300	50
$\overrightarrow{A_{1(к)}}$	2	—	—	—	-932	—	—	-716
$\overrightarrow{A_2}$	8	0,9	h	12	150	0	-150	-75
$\overrightarrow{A_3}$ (станд.)	18	—	—	—	21	0	-21	-10,5
$\overrightarrow{A_4}$	12	1,08	h	12	180	0	-180	-90
$\overrightarrow{A_5}$	52	1,86	h	12	300	0	-300	-150
$\overrightarrow{A_6}$	62	1,86	h	12	300	0	-300	-150
$\overrightarrow{A_7}$	44	1,56	h	12	250	0	-250	-125
$\overrightarrow{A_8}$	57	1,86	h	12	300	0	-300	-150
$\overrightarrow{A_9}$	47	1,56	h	12	250	0	-250	-125
$\overrightarrow{A_{10}}$	15	1,08	h	12	180	0	-180	-90
$\overrightarrow{A_{11}}$	8	0,9	h	12	150	0	-150	-75
$\overleftarrow{A_{12}}$ (станд.)	18	—	—	—	21	0	-21	-10,5
$\overrightarrow{A_{13}}$	2	0,55	js	12	100	50	-50	0
$\overrightarrow{A_{14}}$ (увяз.)	346,1	3,54	h	12	570	0	-570	-285

**Определение числа ступеней компенсации**

$$N_{min} = \frac{\sum_j^{m-2} T_j}{T_{\Delta} - T_{\kappa}}, \quad (7.11)$$

где  $\sum_j^{m-2} T_j$  – сумма допусков составляющих звеньев без допуска на компенсатор;

					КР.НТИТИ.06.00.00	Лис
Изм	Лис	№ докум	Под-	Да		45

Перв. примен.	$T_k$ – допуск на отдельный компенсатор в комплекте				
	$T_k = (0,1 \dots 0,3)T_\Delta = 0,2 \cdot 700 = 140 \text{ мкм.}$ (7.12)				
Справ. №	Принимаем $T_k = 140 \text{ мкм}$ (13 квалитет). Тогда				
	$N_{min} = \frac{150 + 21 + 180 + 300 + 300 + 250 + 300 + 250 + 180 + 150 + 21 + 100 - 570}{700 - 140} = 2,91.$				
	Число ступеней компенсации следует всегда округлять в большую сторону, так как определяется наименьшее число ступеней. [9, с. 46, формула (3.55)]. Принимаем $N = 3$ .				
	Величина ступени компенсации				
Подпись и дата	$\Delta = \sum_{d=1}^{n-2} T_j =$				
	$= \frac{150 + 21 + 180 + 300 + 300 + 250 + 300 + 250 + 180 + 150 + 21 + 100 - 570}{5} = 326,4 \text{ мкм.}$ (7.13)				
Инв. №	Размеры компенсаторов в комплекте				
	$k_1 = \overleftarrow{A_1^{min}} = 0,818_{-0,14} \text{ мм;}$ (7.14)				
Взам. инв.	$k_2 = \overleftarrow{A_1^{min}} + \Delta = 0,818 + 0,3144 = 1,13_{-0,14} \text{ мм.}$ (7.15)				
	$k_3 = \overleftarrow{A_1^{min}} + 2\Delta = 0,818 + 2 \cdot 0,3144 = 1,44_{-0,14} \text{ мм.}$ (7.16)				
Подпись и дата	$k_4 = \overleftarrow{A_1^{min}} + 3\Delta = 0,818 + 3 \cdot 0,3144 = 1,76_{-0,14} \text{ мм.}$ (7.17)				
	$k_5 = \overleftarrow{A_1^{min}} + 4\Delta = 0,818 + 4 \cdot 0,3144 = 2,07_{-0,14} \text{ мм.}$ (7.18)				
Инв. №					
	КР.НТИТИ.06.00.00				
Изм. Лис. № докум. Под- Да					
Пис					
46					

Перв. примен.	<div style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">8 РАСЧЕТ И НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И ВИДА СОПРЯЖЕНИЯ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ</div> <div style="margin-top: 20px;"> <p>Исходные данные:</p> <p><math>m = 6</math> мм;</p> <p><math>Z_1 = 25</math>;</p> <p><math>Z_2 = 50</math>;</p> <p><math>n = 360</math> об/мин;</p> <p>Рабочая температура передачи 80 °С;</p> <p>Рабочая температура корпуса 75 °С.</p> <p>Определяем межосевое расстояние</p> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 40px;"> <math>a_w = 0,5(Z_1 + Z_2)m = 0,5(25 + 50) \cdot 6 = 225</math> мм. <span style="float: right;">(8.1)</span> </div> <div style="margin-top: 20px;"> <p>Делительный диаметр</p> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;"> <math>d_1 = Z_1 m = 25 \cdot 6 = 150</math> мм; <span style="float: right;">(8.2)</span> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;"> <math>d_2 = Z_2 m = 50 \cdot 6 = 300</math> мм. <span style="float: right;">(8.3)</span> </div> </div> <div style="margin-top: 20px;"> <p>Окружная скорость передачи</p> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;"> <math>V = \frac{\pi d_1 n}{60 \cdot 1000} = \frac{\pi \cdot 150 \cdot 360}{60 \cdot 1000} = 2,82 \frac{\text{м}}{\text{с}}</math> <span style="float: right;">(8.4)</span> </div> </div> <div style="margin-top: 20px;"> <p>Так как окружная скорость передачи меньше 6, то степень точности зубчатой передачи – 8; степень точности по нормам плавности работы – 8; степень точности по нормам контакта зубьев – 8.</p> <p>Показатели для контроля зубчатого соединения приведены в таблице 8.1. Данные показатели устанавливаются согласно [11].</p> </div> <div style="margin-top: 20px;"> <p>Таблица 8.1 – Комплексные показатели и допуски для их контроля</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 35%;">Наименование показателей</th> <th style="width: 20%;">Норма</th> <th style="width: 25%;">Условное обозначение допуска</th> <th style="width: 20%;">Величина допуска, мкм</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Колебание измерительного межосевого расстояния за оборот зубчатого колеса</td> <td>Кинематическая точность</td> <td><math>F_i''</math></td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Радиальное биение зубчатого венца</td> <td>Кинематическая точность</td> <td><math>F_r</math></td> <td>71</td> </tr> </tbody> </table> </div>					Наименование показателей	Норма	Условное обозначение допуска	Величина допуска, мкм	Колебание измерительного межосевого расстояния за оборот зубчатого колеса	Кинематическая точность	$F_i''$	100	Радиальное биение зубчатого венца	Кинематическая точность	$F_r$	71
	Наименование показателей	Норма	Условное обозначение допуска	Величина допуска, мкм													
Колебание измерительного межосевого расстояния за оборот зубчатого колеса	Кинематическая точность	$F_i''$	100														
Радиальное биение зубчатого венца	Кинематическая точность	$F_r$	71														
Справ. №																	

Подпись и дата	Инв. №	Взам. инв.	Подпись и дата	Инв. №	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 2px;"></div> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 2px;"></div> </div> </div>				
					<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 2px;"></div> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 2px;"></div> </div> </div>				

Перв. примен.	<p>Продолжение таблицы 8.1</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Допуск на местную кинематическую погрешность зубчатого колеса</td> <td rowspan="5" style="width: 15%; text-align: center; vertical-align: middle;">Плавность работы</td> <td style="width: 20%; text-align: center;"><math>f_i'</math></td> <td style="width: 35%; text-align: center;">50</td> </tr> <tr> <td>Предельные отклонения шага</td> <td style="text-align: center;"><math>f_{Pt}</math></td> <td style="text-align: center;">±28</td> </tr> <tr> <td>Предельные отклонения шага зацепления</td> <td style="text-align: center;"><math>f_{Pb}</math></td> <td style="text-align: center;">±26</td> </tr> <tr> <td>Допуск на погрешность профиля зуба</td> <td style="text-align: center;"><math>f_f</math></td> <td style="text-align: center;">22</td> </tr> <tr> <td>Колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе</td> <td style="text-align: center;"><math>f_i''</math></td> <td style="text-align: center;">40</td> </tr> <tr> <td>Суммарное пятно контакта</td> <td style="text-align: center;">Контакт зубьев</td> <td>По длине</td> <td style="text-align: center;">40%</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>По высоте</td> <td style="text-align: center;">50%</td> </tr> </table>					Допуск на местную кинематическую погрешность зубчатого колеса	Плавность работы	$f_i'$	50	Предельные отклонения шага	$f_{Pt}$	±28	Предельные отклонения шага зацепления	$f_{Pb}$	±26	Допуск на погрешность профиля зуба	$f_f$	22	Колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе	$f_i''$	40	Суммарное пятно контакта	Контакт зубьев	По длине	40%			По высоте	50%
	Допуск на местную кинематическую погрешность зубчатого колеса	Плавность работы	$f_i'$	50																									
Предельные отклонения шага	$f_{Pt}$		±28																										
Предельные отклонения шага зацепления	$f_{Pb}$		±26																										
Допуск на погрешность профиля зуба	$f_f$		22																										
Колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе	$f_i''$		40																										
Суммарное пятно контакта	Контакт зубьев	По длине	40%																										
		По высоте	50%																										
Справ. №	<p>Выбор вида сопряжения.</p> <p>Боковой зазор, соответствующий температурной компенсации</p> $j_{n_1} = 0,684a_w[\alpha_{p1}(t_1 - 20^\circ) - \alpha_{p2}(t_2 - 20^\circ)], \quad (8.5)$ <p>где <math>a_w</math> – межосевое расстояние, <math>a_w = 250</math> мм.</p> <p><math>\alpha_{p1}</math> – ч, <math>\alpha_{p1} = 11,5 \cdot 10^{-6} \text{ c}^{-1}</math> [1, с. 187, таблица 1.62];</p> <p><math>\alpha_{p2}</math> – коэффициент линейного расширения для материалов корпуса, <math>\alpha_{p2} = 10,5 \cdot 10^{-6} \text{ c}^{-1}</math> [1, с. 187, таблица 1.62];</p> <p><math>t_1</math> – предельная температура зубчатых колес для которых рассчитывается боковой зазор, <math>t_1 = 80^\circ \text{C}</math>;</p> <p><math>t_2</math> – предельная температура корпуса для которого рассчитывается боковой зазор, <math>t_2 = 75^\circ \text{C}</math>.</p> <p>Тогда</p> $j_{n_1} = 0,684 \cdot 225 \cdot [11,5 \cdot 10^{-6}(80 - 20) - 10,5 \cdot 10^{-6}(75 - 20)] = 17,3 \text{ мкм.}$ <p>Величина бокового зазора, необходимая для размещения слоя смазки</p> $j_{n_2} = (10 \dots 30)t = 20 \cdot 6 = 120 \text{ мкм.} \quad (8.6)$ <p>Таким образом гарантированный зазор</p> $j_{n \min} \geq j_{n_1} + j_{n_2} = 17,3 + 120 = 137,3 \text{ мкм.} \quad (8.7)$																												

Инв. №	Подпись и дата	Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	Изм.	Лист	48

КР.НТИТИ.06.00.00

Перв. примен.	<p>Выбираем вид сопряжения В, для которого <math>j_{n\ min} = 185</math> мкм [11, с. 22, таблица 13].</p> <p>Наименьший свободный угловой поворот зубчатого колеса (<math>\alpha = 20^\circ</math>)</p> $\Delta\varphi_{min} = \frac{2j_{n\ min}}{mZ \cos \alpha} 206;$ <p>Тогда</p> $\Delta\varphi_{min1} = \frac{2 \cdot 185}{5 \cdot 25 \cdot \cos 20} \cdot 206 = 649 \text{ с} = 13'9'';$ $\Delta\varphi_{min2} = \frac{2 \cdot 185}{5 \cdot 50 \cdot \cos 20} \cdot 206 = 324 \text{ с} = 6'35''.$ <p>Принимаем [11]:</p> <p>вид сопряжения зубчатых колес В;</p> <p>вид допуска на боковой зазор b;</p> <p>класс отклонения V.</p> <p>Условное обозначение передачи: 8–В ГОСТ 1643-81.</p> <p>Расшифровка: Цилиндрическая передача со степенью точности 8 по нормам кинематической точности, со степенью 8 по нормам плавности, со степенью 8 по нормам контакта зубьев, с видом сопряжения В, видом допуска на боковой зазор b и соответствием между видом сопряжения и классом отклонения межосевого расстояния.</p> <p>Длина общей нормали [1, с. 360, таблица 5.30]</p> $W = W_1 m,$ <p>где <math>W_1</math> – длина общей нормали при <math>m = 1</math> мм;</p> <p><math>m</math> – модуль зацепления.</p> <p>Тогда</p> $W_I = 4,778 \cdot 6 = 28,668 \text{ мм};$ $W_{II} = 13.984 \cdot 6 = 83,904 \text{ мм}.$ <p>Предельные отклонения для <math>Z_1 = 25</math> [11, с. 24-25, таблицы 16-17]</p> $E_{w_{ms}} = -(140 + 18) = -158 \text{ мкм};$				
	Справ. №				

Подпись и дата	Инв. №	Взам. инв.	Подпись и дата	Инв. №	КР.НТИТИ.06.00.00	Лист
						49
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дат		

Перв. примен.	Допуск на среднюю длину общей нормали $T_{w_m} = 100$ мкм [11, с. 26, таблица 18]. Нижнее отклонение длины общей нормали $( E_{w_{ms}}  + T_{w_m}) = -(158 + 100) = -258$ мкм. (8.11) Тогда $W_I = 28,668 \begin{smallmatrix} -0,158 \\ -0,258 \end{smallmatrix}$				
	Справ. №	Предельные отклонения для $Z_2 = 50$ [11, с. 24-25, таблицы 16-17] $E_{w_{ms}} = -(180 + 18) = -198$ мкм; (8.12) Допуск на среднюю длину общей нормали $T_{w_m} = 100$ мкм [11, с. 26, таблица 18]. Нижнее отклонение длины общей нормали $( E_{w_{ms}}  + T_{w_m}) = -(198 + 100) = -298$ мкм; (8.13) Тогда $W_{II} = 83,904 \begin{smallmatrix} -0,198 \\ -0,298 \end{smallmatrix}$			
Подпись и дата		Допуск на радиальное биение $Fd_a = 0,16d_I + 10 = 0,16 \cdot 150 + 10 = 34$ мкм. Принимаем $Fd_a = 34$ мкм.			
	Инв. №	Инв. №	Взам. инв.	Подпись и дата	Инв. №
<div>Изм. Лист № докум. Под- Да</div> <div>КР.НТИТИ.06.00.00</div>					Лист 50



## 9 ВЫБОР ПОСАДОК ОТВЕТСТВЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Выбираем посадку подшипника:

внутреннего кольца на вал  $\varnothing 40 \frac{L6}{k6}$ ;

наружного кольца в корпусе  $\varnothing 80 \frac{H7}{l6}$ .

Посадка зубчатого колеса на вал  $\varnothing 45 \frac{H7}{r6}$ .

Шпоночное соединение:

шпонка – паз вала  $14 \frac{N9}{h9}$ ;

шпонка – паз втулки  $12 \frac{N9}{h9}$ .

Крышка подшипника в корпус  $\varnothing 80 \frac{H7}{f9}$ .

Эскиз вала приведен на рисунке 9.1.

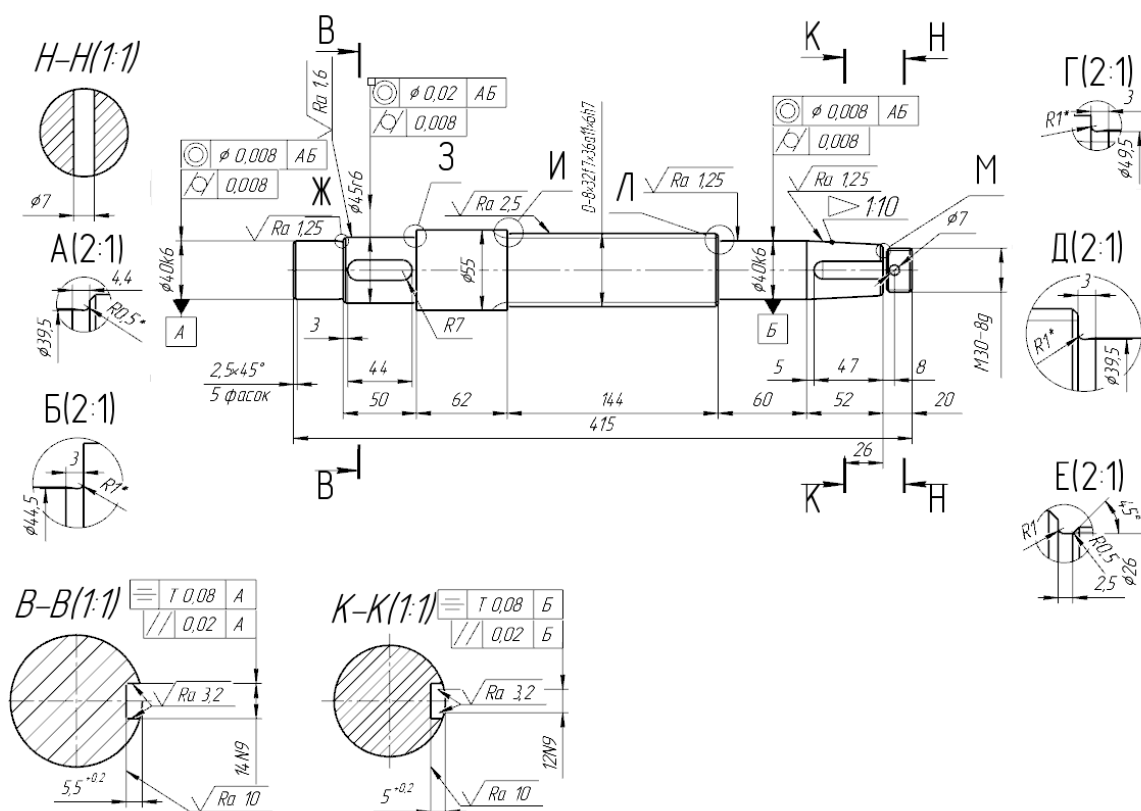


Рисунок 9.1 – Эскиз вала

Эскиз зубчатого колеса приведен на рисунке 9.2.

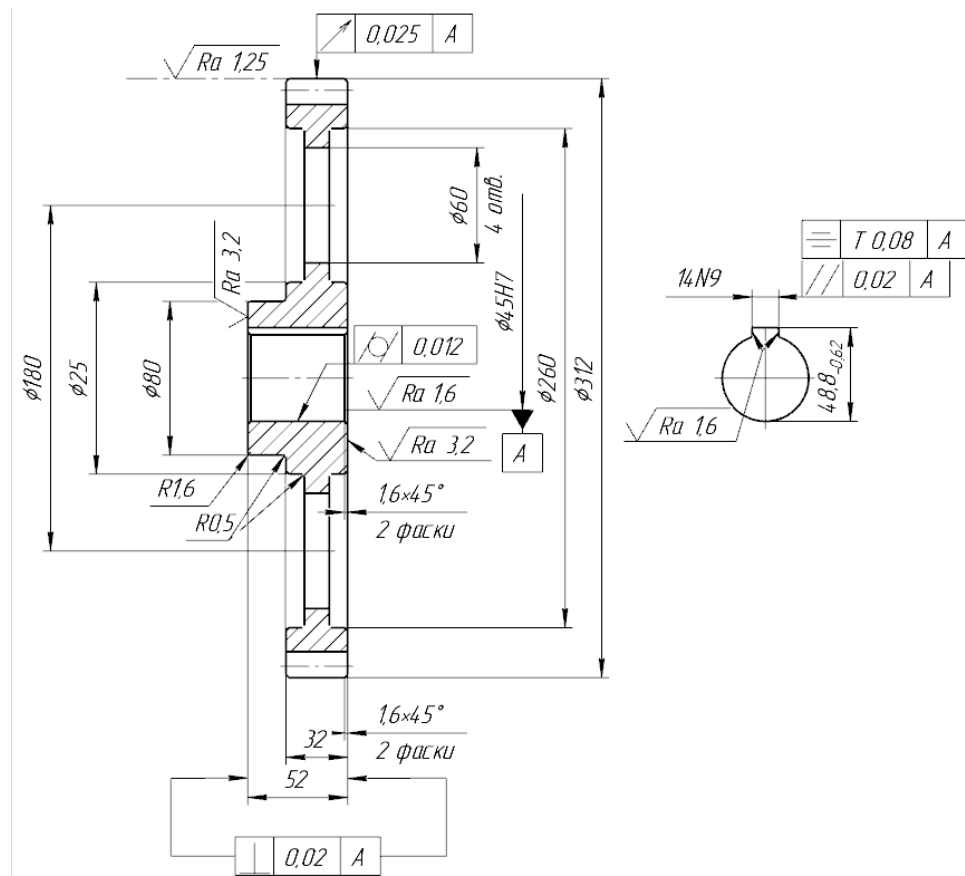


Рисунок 9.2 – Эскиз зубчатого колеса

Эскиз крышки подшипника приведен на рисунке 9.3.

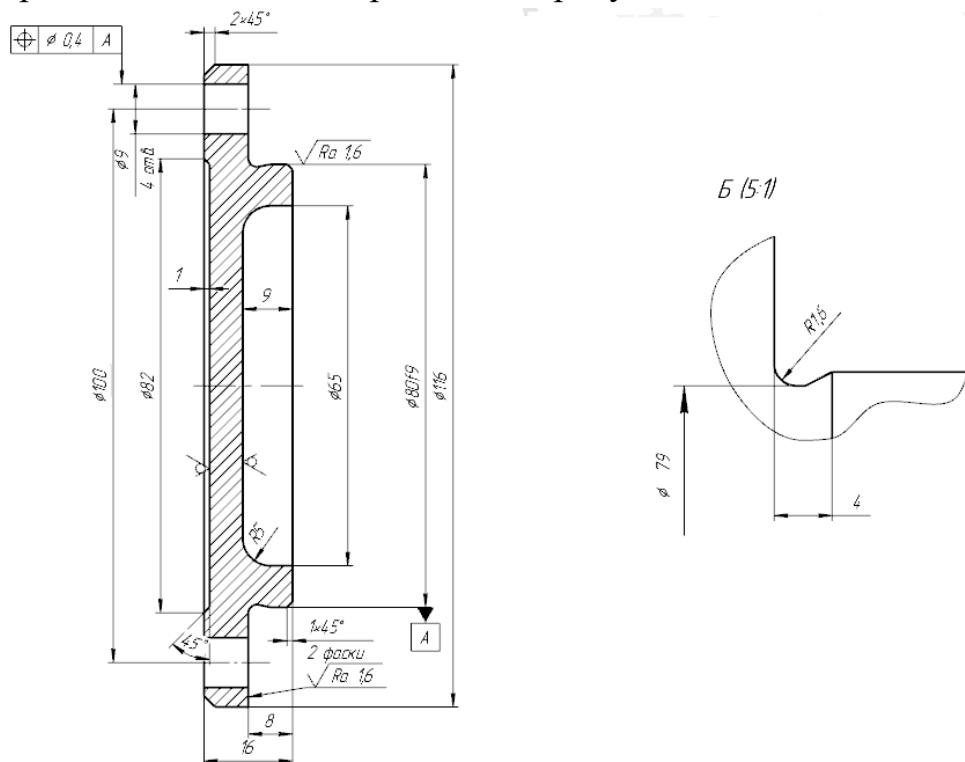


Рисунок 9.3 – Эскиз крышки подшипника

Перв. примен.	<p>9.1 Вал. Допуск цилиндричности: на размер <math>\varnothing 40k6 - t = 0,016</math> мм. Тогда</p> $T_{/o/} = 0,5t = 0,5 \cdot 0,016 = 0,008 \text{ мм.} \quad (9.1)$				
	Справ. №	<p>После округления <math>T_{/o/} = 0,008</math> мм; на размер <math>\varnothing 40r6 - t = 0,016</math> мм. Тогда</p> $T_{/o/} = 0,5 \cdot 0,016 = 0,008 \text{ мм.}$ <p>После округления <math>T_{/o/} = 0,008</math> мм. Допуск соосности</p> $T_{\odot} = 0,1L_{\text{уч}} T_{\text{табл}}, \quad (9.2)$ <p>где <math>T_{\text{табл}}</math> – табличное значение соосности посадочной поверхности вала и корпуса в диаметральной выражении, <math>T_{\text{табл}} = 4</math>. Тогда</p> $T_{\odot} = 0,1 \cdot 18 \cdot 4 = 7,2 \text{ мкм.}$ <p>Принимаем <math>T_{\odot} = 0,008</math> мм. На размер <math>\varnothing 45r6</math>:</p> $T_{\odot} = 0,1 \cdot 52 \cdot 4 = 20,8 \text{ мкм.}$ <p>Принимаем <math>T_{\odot} = 0,02</math> мм. При 8 степени точности передачи для зубчатого колеса степень точности допуска соосности – 8 [12, с. 340, таблица 22.7]. Допуск перпендикулярности <math>T_{\perp} = 0,05</math> мм [12, с. 340, таблица 22.8]. Допуск размера паза 14N9 и 9N9: <math>t = 0,043</math> мм</p> $T_{\parallel} = 0,5t_{\text{шп}} = 0,5 \cdot 0,043 = 0,0215 \text{ мм.} \quad (9.3)$			
Подпись и дата		Инв. №	Взам. инв.	Подпись и дата	Инв. №
	<div> <div>КР.НТИТИ.06.00.00</div> <div> <div>Изм</div> <div>Лист</div> <div>№ докум</div> <div>Под-</div> <div>Ла</div> </div> </div>				

Перв. примен.	Принимаем $T_{\parallel} = 0,02$ мм.				
	$T_{\div} = 2t_{\text{шп}} = 2 \cdot 0,043 = 0,086$ мм. (9.4)				
Справ. №	Принимаем $T_{\div} = 0,07$ мм.				
	Назначаем шероховатость на цилиндрическую поверхность [12, с. 348, таблица 22.2] $\varnothing 40k6$ : $Ra = 1,25$ мкм; на поверхность $\varnothing 45r6$ : $Ra = 1,6$ , $\varnothing 60h9$ : $Ra = 2,5$ мкм.				
	9.2 Крышка подшипника				
	допуск перпендикулярности: степень точности допуска при базировании подшипника – 8 [12, с. 415, таблица 22.12], то согласно $T = 0,1$ мм [12, с. 340, таблица 22.6]; позиционный допуск				
	$T_{\oplus} = 0,4(d_{\text{отв}} - d_{\text{в}}) = 0,4(9 - 8) = 0,4$ мм. (9.5)				
	9.3 Колесо зубчатое				
	Допуск перпендикулярности: при степени 8 по нормам контакта; степень точности допуска 6 [12, с. 360, таблица 22.9]; допуск перпендикулярности 0,01 мм [12, с. 360, таблица 22.8]. Допуск цилиндрической поверхности				
Подпись и дата	$T_{/o/} = 0,5t = 0,5 \cdot 0,025 = 0,0125$ мм. (9.6)				
Инв. №	Принимаем $T_{/o/} = 0,012$ мм.				
	Допуск размера паза 12h9 и 8h9 $t_{\text{шп}} = 0,043$ мм				
Взам. инв.	$T_{\parallel} = 0,5t_{\text{шп}} = 0,5 \cdot 0,043 = 0,0215$ мм. (9.7)				
	Принимаем $T_{\parallel} = 0,02$ мм.				
Подпись и дата	$T_{\div} = 2t_{\text{шп}} = 2 \cdot 0,043 = 0,086$ мм. (9.8)				
	Принимаем $T_{\div} = 0,08$ мм.				
Инв. №					
Изм. Лист № докум. Под- Да					
КР.НТИТИ.06.00.00					
Лист 54					

Перв. примен.	<h1>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</h1> <p>В ходе выполнения работы по НТТИ были закреплены теоретические знания, приобретены практические навыки по расчету и выбору посадок типовых соединений, по решению размерных цепей, простановки на чертежах обозначений посадок, предельных отклонений размеров и требований к точности формы и расположения поверхностей.</p> <p>Качество и эффективность действия выпускаемых машин и приборов находится в прямой зависимости от точности их изготовления и контроля показателей качества с помощью технических измерений.</p> <p>Точность и ее контроль служит исходной предпосылкой важнейшего свойства совокупности изделий – нормирования. При конструировании применение принципа нормирования ведет к повышению качества и снижению себестоимости конструкции.</p>					
	Справ. №					
Инв. №	Подпись и дата	Инв. №	Взам. инв.	Подпись и дата	КР.НТТИ.06.00.00	Пис
	Изм	Пис	№ докум	Под-	Да	55

Перв. примен.	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ				
	<p>1 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 с.</p> <p>2 Кирпиченко Ю.Е. Выбор универсальных средств измерений / Ю.Е. Кирпиченко. – Гомель : ГГТУ им. П.О. Сухого, 2005. – 22 с.</p> <p>3 Калибры гладкие для размеров до 500 мм. Допуски : ГОСТ 24853-81. – Введ. 01.01.1983. – Минск : Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 1991. – 12 с.</p> <p>4 Подшипники шариковые радиальные однорядные. Основные размеры : ГОСТ 8338-75. – Введ. 01.07.1976. – Минск : Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 1992. – 12 с.</p> <p>5 Подшипники качения. Поля допусков и технические требования к посадочным поверхностям валов и корпусов. Посадки : ГОСТ 3325-85. – Введ. 01.01.1987. – Минск : Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 1992. – 104 с.</p> <p>6 Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые прямобочные. Размеры и допуски : ГОСТ 1139-80. – Введ. 01.01.1982. – Минск : Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2011. – 10 с.</p> <p>7 Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Основные положения, допуски, отклонения и посадки : ГОСТ 25346-2013. – Введ. 01.08.2016. – Минск : Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2016. – 38 с.</p> <p>8 Калибры для контроля шлицевых прямобочных соединений. Допуски : ГОСТ 7951-80. – Введ. 01.01.1981. – Минск : Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 1993. – 38 с.</p> <p>9 Расчет размерных цепей : метод. указания к курсовой работе и практ. занятиям по дисциплине «Нормирование точности и технические измерения» для студентов машиностр. специальностей днв. и заоч. форм обучения / авт.-сост.: Ю.Е. Кирпиченко, Н.В. Акулов. – Гомель : ГГТУ им. П.О. Сухого, 2007. – 51 с.</p> <p>10 Подшипники качения. Общие технические условия : ГОСТ 520-2011. – Введ. 01.07.2013. – Минск : Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2013. – 69 с.</p> <p>11 Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски : ГОСТ 1643-81. – Введ. 01.07.1981. – Минск : Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2011. – 44 с.</p>				
Справ. №					
Подпись и дата					
Инв. №					
Взам. инв.					
Подпись и дата					
Инв. №					
КР.НТИ.06.00.00					Лист
					56

Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	Справ. №	Перв. примен.	<div>12 Дунаев П.Ф. Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин. – М : Высш. Шк., 2000. – 447 с.</div>
Изм	Лист	№ докум	Под-	Да			КР.НТИТИ.06.00.00
							Лист 57