

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и датаИИВ. № 0

1. УНВ.

ma B3a

нужь и до

					КР.НТИТИ.07.00.00			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Расчет точности размеров деталей, входящих в сборочный узел	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Шереш							
Провер.	Столяров						3	56
						ГГТУ им. П.О. Сухого Гр. РТ-21		
Н.								
Утверд.								

Перв. примен.														
Справ. №														
Подпись и дата														
Инв. №														
Взам. инв.														
Подпись и дата														
Инв. №														
<div>ВВЕДЕНИЕ</div> <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>														
<table><tr><td>Изм.</td><td>Лист</td><td>№ докум.</td><td>Под-</td><td>Лист</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4</td></tr></table>					Изм.	Лист	№ докум.	Под-	Лист					4
Изм.	Лист	№ докум.	Под-	Лист										
				4										

Перв. примен.	<h1>1 РАСЧЕТ ПОСАДОК ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ</h1>				
	<h2>1.1 Расчет посадки с натягом</h2>				
Справ. №	<p>Определяем требуемое минимальное удельное давление на контактных поверхностях соединения</p>				
	$[P_{min}] = \frac{\sqrt{R_{oc}^2 + \left(\frac{2M_{кр}}{d}\right)^2}}{\pi d l f}, \tag{1.1}$				
	<p>где M_k – крутящий момент, стремящийся повернуть одну деталь относительно другой, $M_{кр} = 350 \text{ Н} \cdot \text{м}$;</p>				
	<p>R_{oc} – продольная осевая сила, $R_{oc} = 6700 \text{ Н}$;</p>				
	<p>l – длина контакта сопрягаемых поверхностей, $l = 0,15$;</p>				
	<p>f – коэффициент трения при установившемся процессе распрессовки или поворачивания, $f = 0,1$ [1, с. 334, таблица 1.104];</p>				
	<p>d – номинальный диаметр соединения, $d = 0,28 \text{ м}$.</p>				
Подпись и дата	<p>Тогда</p>				
	$[P_{min}] = \frac{\sqrt{6700^2 + \left(\frac{2 \cdot 350}{0.28}\right)^2}}{3.14 \cdot 0.28 \cdot 0.15 \cdot 0.1} = 0.19 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}.$				
Инв. №	<p>Определяем необходимую величину наименьшего расчетного натяга</p>				
	$N'_{min} = [P_{min}] d_{н.с.} \left(\frac{c_1}{E_1} + \frac{c_2}{E_2} \right), \tag{1.2}$				
Взам. инв.	<p>где E_1 и E_2 – модули упругости материалов, соответственно, охватываемой (вала) и охватывающей (отверстия) деталей, $E_1 = E_2 = 2 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$;</p>				
	<p>c_1, c_2 – коэффициенты Ламе, определяемые по формулам</p>				
Подпись и дата	$c_1 = \frac{1 + \left(\frac{d_1}{d_{н.с.}}\right)^2}{1 - \left(\frac{d_1}{d_{н.с.}}\right)^2} - \mu_1; \tag{1.3}$				
Инв. №					<div>КР.НТИТИ.07.00.00</div>
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	
					<div>Лист</div> <div>5</div>

Перв. примен.	$c_2 = \frac{1 + \left(\frac{d_{н.с.}}{d_2}\right)^2}{1 - \left(\frac{d_{н.с.}}{d_2}\right)^2} + \mu_2, \quad (1.4)$				
	<p>где μ_1 – коэффициент Пуассона для охватываемой детали, $\mu_1 = 0,3$; μ_2 – коэффициент Пуассона для охватывающей детали, $\mu_2 = 0,3$. Тогда для сплошного вала ($d_1 = 0$)</p> $c_1 = 1 - \mu_1.$ <p>Для массивного корпуса ($d_2 \rightarrow \infty$)</p> $c_2 = 1 + \mu_2;$				
Справ. №	$c_1 = \frac{1 + \left(\frac{0,15}{0,28}\right)^2}{1 - \left(\frac{0,15}{0,28}\right)^2} - 0,3 = 1.51;$				
	$c_2 = \frac{1 + \left(\frac{0,28}{0,40}\right)^2}{1 - \left(\frac{0,28}{0,40}\right)^2} + 0,3 = 3.22.$				
Подпись и дата	<p>Тогда</p> $N'_{min} = 0.19 \cdot 10^6 \cdot 0,28 \cdot \left(\frac{1.51}{2 \cdot 10^{11}} + \frac{3.22}{2 \cdot 10^{11}} \right) = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 1 \text{ мкм}.$				
	<p>Определяем минимальный допустимый натяг по формуле</p> $[N_{min}] = N'_{min} + \gamma_{ш} + \gamma_t + \gamma_{ц} + \gamma_{п}, \quad (1.5)$				
Взам. инв.	<p>где $\gamma_{ш}$ – поправка, учитывающая снятие неровностей контактных поверхностей деталей при образовании соединения</p>				
	$\gamma_{ш} = 1,2 \cdot (Rz_D + Rz_d); \quad (1.6)$				
Подпись и дата					
Инв. №					

					КР.НТИТИ.07.00.00	Лис
Изм	Лис	№ докум	Под-	Да		6

Перв. примен.	<p>γ_{Π} – добавка компенсирующая уменьшение натяга при повторных запрессовках.</p> <p>Тогда</p> $\gamma_{\text{ш}} = 1,2 \cdot (2,5 + 6,3) = 10,56 = 11 \text{ мкм};$ $\gamma_t = 0, \text{ так как температура } t_D = t_d = t_{\text{сб}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C};$ $\gamma_{\text{ц}} = 0, \text{ так как детали не вращаются};$ <p>Тогда</p> $\gamma_{\Pi} = 0 \text{ мкм (неразборное соединение).}$ $[N_{\text{min}}] = 1 + 1 = 12 \text{ мкм.}$ <p>На основании теории наибольших касательных напряжений определяется максимальное допустимое удельное давление $[P_{\text{max}}]$, при котором отсутствует пластическая деформация на контактных поверхностях деталей.</p> <p>В качестве максимального допустимого удельного давления берется наименьшее из двух значений</p> $P_1 = 0,58\delta_{\text{т1}} \left[1 - \left(\frac{d_1}{d_{\text{н.с}}} \right)^2 \right]; \tag{1.7}$ $P_2 = 0,58\delta_{\text{т2}} \left[1 - \left(\frac{d_{\text{н.с}}}{d_2} \right)^2 \right], \tag{1.8}$ <p>где $\delta_{\text{т1}}$ и $\delta_{\text{т2}}$ – предел текучести материалов охватываемой и охватывающей детали.</p> <p>Тогда</p> $P_1 = 0,58 \cdot 35,3 \cdot 10^7 \left[1 - \left(\frac{0,15}{0,28} \right)^2 \right] = 14,6 \cdot 10^7 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2};$ $P_2 = 0,58 \cdot 35,3 \cdot 10^7 \left[1 - \left(\frac{0,28}{0,4} \right)^2 \right] = 10,4 \cdot 10^7 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}.$ <p>Следовательно $[P_{\text{max}}] = 10,4 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2$.</p> <p>Определяем величину наибольшего расчетного натяга</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.07.00.00</div> <div>7</div> </div>				

Перв. примен.	$N'_{max} = [P_{max}]d_{н.с} \left(\frac{c_1}{E_1} + \frac{c_2}{E_2} \right) = 10,4 \cdot 10^7 \cdot 0,28 \left(\frac{1.51}{2 \cdot 10^{11}} + \frac{3.22}{2 \cdot 10^{11}} \right) =$ $= 603 \text{ мкм.} \quad (1.9)$																							
	<p>Определяем с учетом поправок к величине наибольшего расчетного натяга величину максимально допустимого натяга</p>																							
Справ. №	$[N_{max}] = N'_{max} \gamma_{уд} + \gamma_{ш} - \gamma_t, \quad (1.10)$ <p>где $\gamma_{уд}$ – коэффициент увеличения удельного давления у торцов охватывающей детали, $\gamma_{уд} = [1, \text{с. 336, рисунок 1.68}]$.</p> <p>Поправку γ_t – следует учитывать, если при рабочей температуре натяг увеличивается $\gamma_{уд} = 0,87$.</p> <p>Тогда</p> $[N_{max}] = 603 \cdot 0,87 + 10 = 535 \text{ мкм.}$ <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 N_{max} в подобранной посадке должен быть не больше $[N_{max}]$</p> $N_{max} \leq [N_{max}]; \quad (1.11)$ <p>минимальный натяг N_{min} в подобранной посадке с учетом возможных колебаний действующей нагрузки и других факторов должен быть</p> $N_{min} > [N_{min}]. \quad (1.12)$ <p>Согласно [1, с. 153, таблица 1.49] выбираем посадку $\varnothing 280 \frac{H7}{s6} \left(\begin{smallmatrix} +0,052 \\ +0,190 \\ +0,158 \end{smallmatrix} \right)$, для которой $N_{max} = 190 \leq [N_{max}] = 535$; $N_{min} = 106 > [N_{min}] = 12$.</p> <p>Запас прочности соединения для данной посадки</p> $N_{min} - [N_{min}] = 106 - 14 = 92 \text{ мкм.} \quad (1.13)$ <p>Запас прочности деталей</p>																							
	<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Под-</td> <td>Ла</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">КР.НТИТИ.07.00.00</td> </tr> <tr> <td colspan="5">8</td> </tr> </table>					Изм.	Лист	№ докум.	Под-	Ла						КР.НТИТИ.07.00.00					8			
Изм.	Лист	№ докум.	Под-	Ла																				
КР.НТИТИ.07.00.00																								
8																								

Перв. примен.	$[N_{max}] - N_{max} = 535 - 190 = 345 \text{ мкм.} \tag{1.14}$ <p>Рассчитываем необходимое (максимальное) усилие при запрессовке собираемых деталей</p> $R_{\pi} = f_{\pi} P_{\max} \pi d_{\text{н.с}} l, \tag{1.15}$ <p>где f_{π} – коэффициент трения при запрессовке</p> $f_{\pi} = (1,15 \dots 1,2) f = 1,2 \cdot 0,1 = 0,12. \tag{1.16}$ <p>Тогда</p> $R_{\pi} = 0,12 \cdot 26,4 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 0,28 \cdot 0,15 = 417,8 \cdot 10^3 \text{ Н.}$ <p>Удельное давление P_{\max} при максимальном натяге N_{max} в посадке определяется</p> $P_{max} = \frac{N_{max} - \gamma_{ш}}{d_{\text{н.с}} \left(\frac{c_1}{E_1} + \frac{c_2}{E_2} \right)} = \frac{(190 - 10) \cdot 10^{-6}}{0,28 \left(\frac{1,51}{2 \cdot 10^{11}} + \frac{3,22}{2 \cdot 10^{11}} \right)} = 7,88 \cdot 10^7 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}. \tag{1.17}$														
	Справ. №														
Подпись и дата		<h3>1.2 Расчет посадки с зазором</h3> <p>Оптимальный зазор, обеспечивающий максимальную толщину масляного слоя</p> $S_{\text{опт}} = \psi_{\text{опт}} d, \tag{1.18}$ <p>где $\psi_{\text{опт}}$ – оптимальный относительный зазор; d – номинальный диаметр соединения, мм.</p> <p>Оптимальный относительный зазор</p> $\psi_{\text{опт}} = 0,293 \cdot K_{fe} \sqrt{\frac{\mu n}{P}}, \tag{1.19}$ <p>где K_{fe} – коэффициент, учитывающий угол обхвата и отношение длины к диаметру, $K_{fe} = 1,05$ [12, с. 11, таблица 3.4]; μ – динамическая вязкость ; n – частота вращения, $n = 1400$ об/мин; P – среднее удельное давление.</p>													
	Инв. №	<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Под-</td> <td>Ла</td> </tr> </table> <div>КР.НТИТИ.07.00.00</div> <div>9</div>										Изм.	Лист	№ докум.	Под-
Изм.	Лист	№ докум.	Под-	Ла											

Перв. примен.	Динамическая вязкость				
	$\mu = \mu_{50} \left(\frac{50}{t} \right)^m, \tag{1.20}$				
Справ. №	где μ_{50} – динамическая вязкость при $t_{п} = 50$ °С, 0,045 Па · с [1, с. 291, таблица 1.99];				
	m – показатель степени, зависящий от кинематической вязкости масла, $m = 2,7$ [12, с. 12, таблица 3.5];				
	Тогда				
	$\mu = 0,045 \left(\frac{50}{50} \right)^{2,7} = 0,045 \text{ Па} \cdot \text{с};$				
	Определяем среднее удельное давление				
	$P = \frac{R}{ld'}, \tag{1.21}$				
	где R – радиальная нагрузка, $R = 3500$ Н;				
	l – длина подшипника, $l = 0,15$ м;				
Подпись и дата	Тогда				
	$P = \frac{3500}{0,15 \cdot 0,28} = 0,083 \cdot 10^6 \text{ Па.}$				
Инв. №	$\psi_{\text{опт}} = 0,293 \cdot 1,05 \sqrt{\frac{0,045 \cdot 1400}{0,83 \cdot 10^6}} = 0,00268;$				
	$S_{\text{опт}} = 0,00268 \cdot 0,28 = 0,00075 \text{ м} = 750 \text{ мкм.}$				
Взам. инв.	Максимально возможная толщина масляного слоя между трущимися по- верхностями				
	$[h_{\text{max}}] = H_{\text{max}} \cdot d, \tag{1.22}$				
Подпись и дата	где H_{max} – максимально возможная для данного режима относительная толщина масляного слоя				
	$H_{\text{max}} = 0,252 \cdot \psi_{\text{опт}} = 0,252 \cdot 0,00268 = 0,000675. \tag{1.23}$				
Инв. №	Тогда				
КР.НТИТИ.07.00.00					Лист
					10
Изм	Лист	№ докум	Под-	Ла	

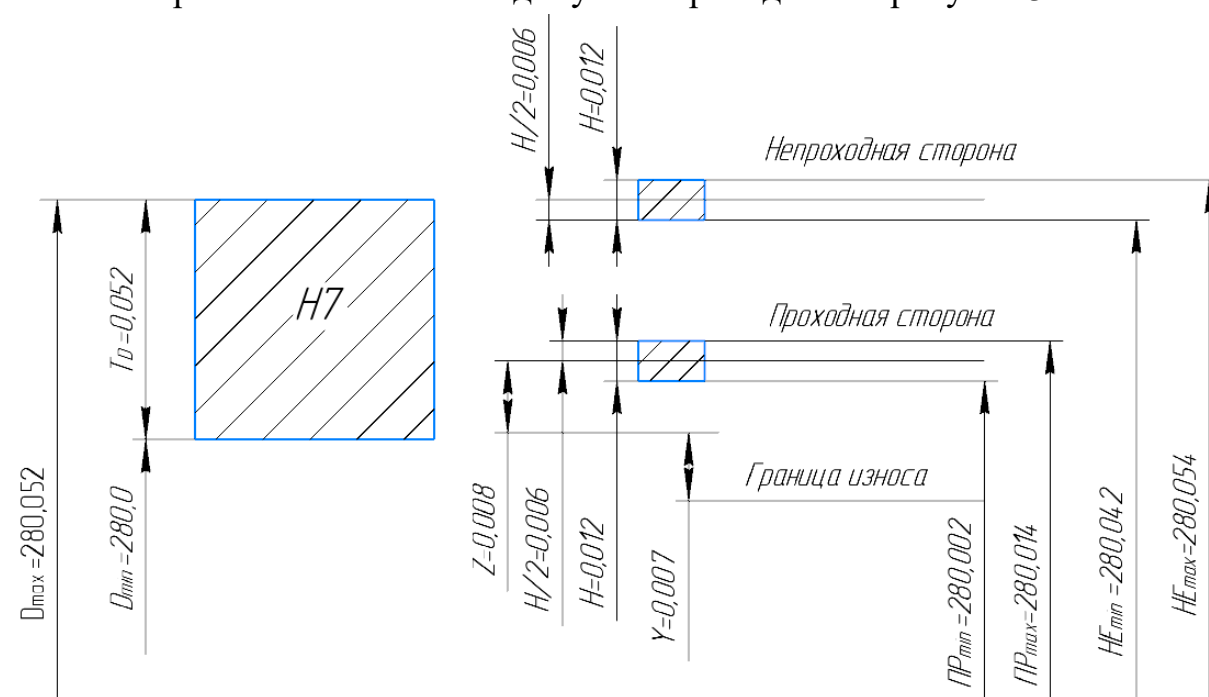
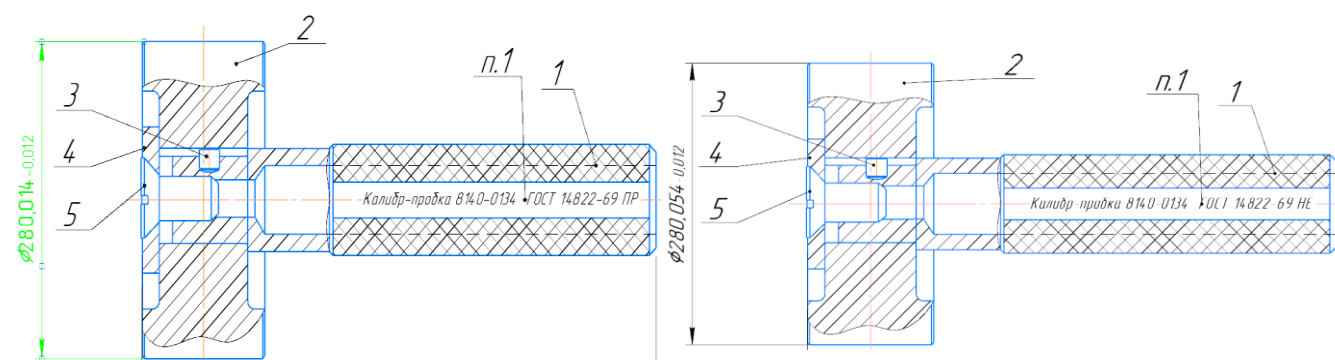
Перв. примен.	$[h_{max}] = 0,000675 \cdot 0,28 = 189 \text{ мкм.}$				
	Средний зазор при нормальной температуре (20 °C)				
Справ. №	$S_{cp} = S_{опт} - S_t;$ (1.24)				
	$S_t = (\alpha_a - \alpha_b)(t_{п} - 20)d ,$ (1.25)				
где α_a, α_b – коэффициенты линейного расширения материалов соответственно вкладыша и вала [1, с. 187, таблица 1.62].					
Тогда					
$S_t = (17 \cdot 10^{-6} - 11.6 \cdot 10^{-6})(50 - 20) \cdot 0,28 = 45 \text{ мкм};$					
$S_{cp} = 750 - 45 = 705 \text{ мкм.}$					
По таблицам ГОСТ 25347-2013 подбираем посадку $\varnothing 280 \frac{D10}{h9} \left(\begin{smallmatrix} +0,4 \\ +0,19 \\ 0 \\ -0,13 \end{smallmatrix} \right)$ с минимальным зазором $S_{min} = 190 \text{ мкм}$, максимальным зазором $S_{max} = 530 \text{ мкм}$, средним зазором $S_c = 360 \text{ мкм}$ [1, с. 153, таблица 1.49].					
Подпись и дата	Минимальное и максимальное значения зазора с учетом шероховатости сопрягаемых поверхностей и их температурных деформаций				
	$S_{д min} = S_{min} + S_t + 8(R_{aD} + R_{ad}) = 190 + 45 + 8(1,25 + 3,2) = 270.6 \text{ мкм};$ (1.26)				
Инв. №	$S_{д max} = S_{max} + S_t + 8(R_{aD} + R_{ad}) = 530 + 45 + 8(1,25 + 3,2) = 610.6 \text{ мкм};$ (1.27)				
Взам. инв.	Толщина масляного слоя с учетом формул (1.34) и (1.35)				
Подпись и дата	$h_{д min} = \frac{S_{д min}}{2} (1 - \epsilon');$ (1.28)				
	$h_{д max} = \frac{S_{д max}}{2} (1 - \epsilon'');$ (1.29)				
Инв. №	где ϵ' и ϵ'' – значение относительного эксцентриситета [12, с. 13, таблица 3.6].				
КР.НТИТИ.07.00.00					Лис
					11
Изм.	Лис	№ докум	Под-	Ла	

Перв. примен.	Коэффициент нагруженности подшипника																						
	$C_R' = 9,4 \frac{P \psi_{d \min}^2}{\mu n}; \tag{1.30}$																						
Справ. №	$C_R'' = 9,4 \frac{P \psi_{d \max}^2}{\mu n}, \tag{1.31}$																						
	<p>где</p> $\psi_{d \min} = \frac{S_{d \min}}{d} = \frac{0,2706}{280} = 0,00097; \tag{1.32}$																						
	$\psi_{d \max} = \frac{S_{d \max}}{d} = \frac{0,6106}{280} = 0,0022. \tag{1.33}$																						
	<p>Тогда</p> $C_R' = 9,4 \frac{0,083 \cdot 10^6 \cdot 0,00097^2}{0,045 \cdot 1400} = 0.012;$																						
$C_R'' = 9,4 \frac{0,083 \cdot 10^6 \cdot 0,0022^2}{0,045 \cdot 1400} = 0.06.$																							
Подпись и дата	<p>Это значит</p> $h_{d \min} = \frac{270.6}{2} (1 - 0.3) = 94.7 \text{ мкм};$																						
	$h_{d \max} = \frac{610.6}{2} (1 - 0,642) = 109.3 \text{ мкм}.$																						
Инв. №	Условие наличия жидкостного трения																						
Взам. инв.	$K_{\text{ж.т.}} = \frac{h_{d \min}}{4 \cdot (R_{oA} + R_{oB}) + 2 \dots 3}, \tag{1.34}$																						
Подпись и дата	<p>где Δ_d – добавка, учитывающая влияние прогиба вала и другие неучтенные факторы, $\Delta_d = 2 \text{ мкм}$.</p>																						
	<p>Тогда</p> $K_{\text{ж.т.}} = \frac{94.7}{4 \cdot (1,25 + 3,2) + 2.35} = 4,7 > 2.$																						
Инв. №	Условие выполняется.																						
<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td rowspan="3">КР.НТИТИ.07.00.00</td> <td>Лис</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Изм</td> <td>Лис</td> <td>№ докум</td> <td>Под-</td> <td>Ла</td> </tr> </table>											КР.НТИТИ.07.00.00	Лис						12	Изм	Лис	№ докум	Под-	Ла
					КР.НТИТИ.07.00.00	Лис																	
						12																	
Изм	Лис	№ докум	Под-	Ла																			

Перв. примен.	<h2 style="margin: 0;">2 ВЫБОР УНИВЕРСАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОЕДИНЕНИЯ С НАТЯГОМ</h2>																						
	<p>Посадка $\varnothing 280 \frac{H7}{s6} \left(\begin{smallmatrix} +0,052 \\ +0,190 \\ +0,158 \end{smallmatrix} \right)$,</p> <p>а) отверстие $\varnothing 280H7$:</p> <p>предельные отклонения отверстия – $ES = + 0,052$ мм; $EI = 0$;</p> <p>допуск отверстия</p>																						
Справ. №	$T_D = ES - EI = 0,052 - 0 = 0,052 \text{ мм}; \tag{2.1}$																						
	<p>величина погрешности $[\delta] = 14$ мкм [2, с. 20, таблица 6];</p> <p>с учетом неравенства</p> $\delta_{\text{пр}} \leq [\delta], \tag{2.2}$																						
<p>где $\delta_{\text{пр}}$ – предельная погрешность измерения, выбираем измерительное средство – нутрометр индикаторный с ценой деления 0,001-0,002 мм [2, с. 20, таблица 7].</p> <p>б) вал $\varnothing 280s6$:</p> <p>предельные отклонения вала – $es = 0,19$ мм; $ei = 0,158$ мм;</p> <p>допуск вала</p>																							
Подпись и дата	$T_d = es - ei = 0,19 - 0,158 = 0,032 \text{ мм}; \tag{2.3}$																						
	<p>величина допускаемой погрешности измерений $[\delta] = 10$ мкм [2, с. 20, таблица 6];</p> <p>с учетом неравенства (2.2) выбираем измерительное средство – оптиметр горизонтальный с окуляром [2, с. 20, таблица 7].</p> <p>Результаты выбора универсальных средств измерения занесем в таблицу 2.1.</p>																						
Инв. №	<p>Таблица 2.1 – Результаты выбора универсальных средств измерения</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th>Измеряемая поверхность</th> <th>Предельные отклонения, мкм</th> <th>Допуск, мкм</th> <th>Погрешность, $[\delta]$, мкм</th> <th>Предельная погрешность $\delta_{\text{пр}}$, мкм</th> <th>Универсальное средство измерения</th> </tr> <tr> <td>$\varnothing 280H7$</td> <td>$ES = + 52$ $EI = 0$</td> <td>52</td> <td>14</td> <td>13,5</td> <td>нутрометр индикаторный с ценой деления 0,001-0,002 мм</td> </tr> <tr> <td>$\varnothing 280s6$</td> <td>$es = 190$ $ei = 158$</td> <td>32</td> <td>10</td> <td>9,5</td> <td>оптиметр горизонтальный с окуляром</td> </tr> </table>					Измеряемая поверхность	Предельные отклонения, мкм	Допуск, мкм	Погрешность, $[\delta]$, мкм	Предельная погрешность $\delta_{\text{пр}}$, мкм	Универсальное средство измерения	$\varnothing 280H7$	$ES = + 52$ $EI = 0$	52	14	13,5	нутрометр индикаторный с ценой деления 0,001-0,002 мм	$\varnothing 280s6$	$es = 190$ $ei = 158$	32	10	9,5	оптиметр горизонтальный с окуляром
	Измеряемая поверхность	Предельные отклонения, мкм	Допуск, мкм	Погрешность, $[\delta]$, мкм	Предельная погрешность $\delta_{\text{пр}}$, мкм	Универсальное средство измерения																	
$\varnothing 280H7$	$ES = + 52$ $EI = 0$	52	14	13,5	нутрометр индикаторный с ценой деления 0,001-0,002 мм																		
$\varnothing 280s6$	$es = 190$ $ei = 158$	32	10	9,5	оптиметр горизонтальный с окуляром																		
Взам. инв.	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>ИЗМ</div> <div>ПИС</div> <div>№ докум</div> <div>Под-</div> <div>Да</div> </div> </div> <div style="text-align: center; flex-grow: 1;"> <p style="font-size: 1.2em; margin: 0;">КР.НТИТИ.07.00.00</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p style="margin: 0;">Лис</p> <p style="margin: 0;">13</p> </div> </div>																						
	Подпись и дата																						
Инв. №																							

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>Ø280H7 ES = + 0,052 мм; EI = 0.</p> <p>Максимальный диаметр</p> $D_{max} = d_{н.с} + ES = 280 + 0,052 = 280,052 \text{ мм.} \tag{3.1}$ <p>Минимальный диаметр</p> $D_{min} = d_{н.с} + EI = 280 + 0 = 280,0 \text{ мм.} \tag{3.2}$ <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 = 7 мкм = 0,007 мм; α = 4 мкм = 0.004 мм; H = 12 мкм = 0,012 мм.</p> <p>Предельные отклонения калибров</p> $ПР_{max} = D_{min} + z + \frac{H}{2} = 280,0 + 0,008 + \frac{0,0012}{2} = 280,014 \text{ мм;} \tag{3.3}$ $ПР_{min} = D_{min} + z - \frac{H}{2} = 280,0 + 0,008 - \frac{0,0012}{2} = 280,002 \text{ мм;} \tag{3.4}$ $ПР_{изм} = D_{min} - Y - \alpha = 280,0 - 0,007 - 0.004 = 279,989 \text{ мм;} \tag{3.5}$ $HE_{max} = D_{max} - \alpha + \frac{H}{2} = 280,052 - 0,004 + \frac{0,0012}{2} = 280,054 \text{ мм;} \tag{3.6}$ $HE_{min} = D_{max} - \alpha - \frac{H}{2} = 280,052 - 0,004 - \frac{0,0012}{2} = 280,042 \text{ мм.} \tag{3.7}$				
	Справ. №				

Подпись и дата	Инв. №	Взам. инв.	Подпись и дата	Инв. №	Изм.	Лист	№ докум.	Под-	Ла	КР.НТИТИ.07.00.00	Лист
											14

Исх. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	Справ. №	Перв. примен.
<p>Исполнительные размеры калибров (проставление на чертеже) ПР = Ø280,014_{-0,012}, НЕ = Ø280,054_{-0,012}. Схема расположения полей допусков приведена на рисунке 3.1.</p>  <p>Рисунок 3.1 – Схема расположения полей допусков</p> <p>На рисунке 3.2 приведены эскизы пробок.</p>  <p>Рисунок 3.2 – Эскизы пробок</p> <h3>3.2 Расчет калибра-скобы</h3> <p>Ø280s6 es = 0,190 мм; ei = 0,158 мм.</p> <p>Максимальный диаметр</p> $d_{max} = d_{н.с} + es = 280 + 0,19 = 280,19 \text{ мм.} \tag{3.8}$						
Исх. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	КР.НТИТИ.07.00.00	
Изм	Лист	№ докум	Под-	Да	Лист 15	

Перв. примен.	Минимальный диаметр														
	$d_{min} = d_{н.с} + ei = 280 + 0,158 = 280,158 \text{ мм.} \quad (3.9)$														
Справ. №	<p>Для качества 6 и интервала размеров «св. 250 до 280 мм» отклонение и допуск калибров [3, с. 6, таблица 2]:</p> <p>$z_1 = 8 \text{ мкм} = 0,008 \text{ мм};$</p> <p>$Y_1 = 6 \text{ мкм} = 0,006 \text{ мм};$</p> <p>$\alpha = 3 \text{ мкм} = 0,003 \text{ мм};$</p> <p>$H_1 = 12 \text{ мкм} = 0,012 \text{ мм}.$</p> <p>Предельные отклонения калибров</p>														
	$ПР_{max} = d_{max} - z_1 + \frac{H_1}{2} = 280,19 - 0,008 + \frac{0,012}{2} = 280,17 \text{ мм}; \quad (3.10)$														
	$ПР_{min} = d_{max} - z_1 - \frac{H_1}{2} = 280,19 - 0,008 - \frac{0,012}{2} = 280,186 \text{ мм}; \quad (3.11)$														
	$ПР_{изм} = d_{max} + Y_1 - \alpha = 280,19 + 0,006 - 0,003 = 280,193 \text{ мм}; \quad (3.12)$														
Подпись и дата	$НЕ_{max} = d_{min} + \frac{H_1}{2} - \alpha = 280,158 + \frac{0,012}{2} - 0,003 = 280,167 \text{ мм}; \quad (3.13)$														
	$НЕ_{min} = d_{min} - \frac{H_1}{2} - \alpha = 280,158 - \frac{0,012}{2} - 0,003 = 280,155 \text{ мм.} \quad (3.14)$														
Инв. №	<p>Исполнительные размеры калибров (проставление на чертеже)</p> <p>$ПР = \varnothing 280,186^{+0,012}, НЕ = \varnothing 280,155^{+0,012}.$</p> <p>Схема расположения полей допусков приведена на рисунке 3.3.</p>														
Взам. инв.															
Подпись и дата															
Инв. №															
<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Под-</td> <td>Ла</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Изм.	Лист	№ докум.	Под-	Ла						<div>КР.НТИТИ.07.00.00</div> <div>16</div>
Изм.	Лист	№ докум.	Под-	Ла											

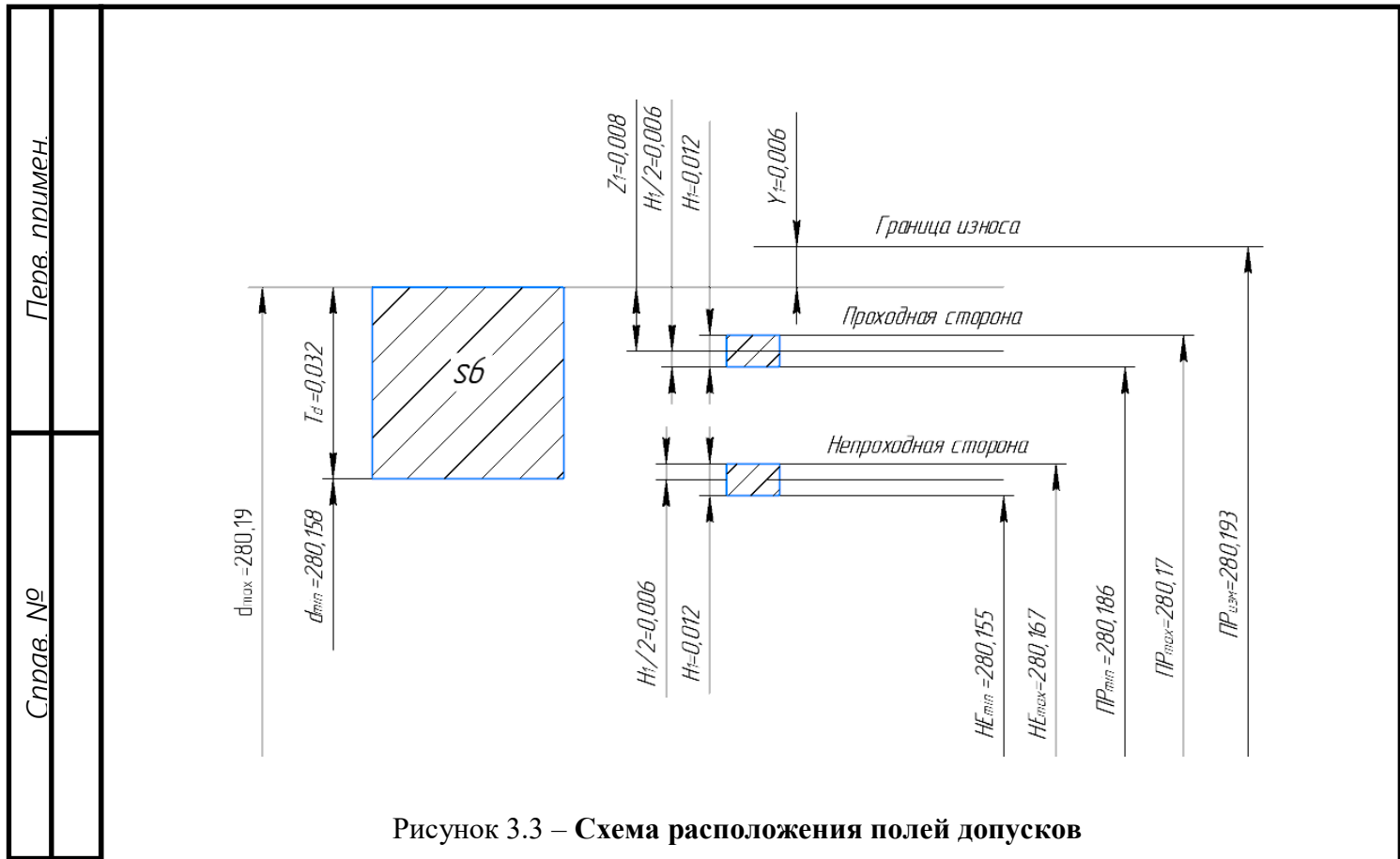


Рисунок 3.3 – Схема расположения полей допусков

Эскиз скобы проведен на рисунке 3.4.

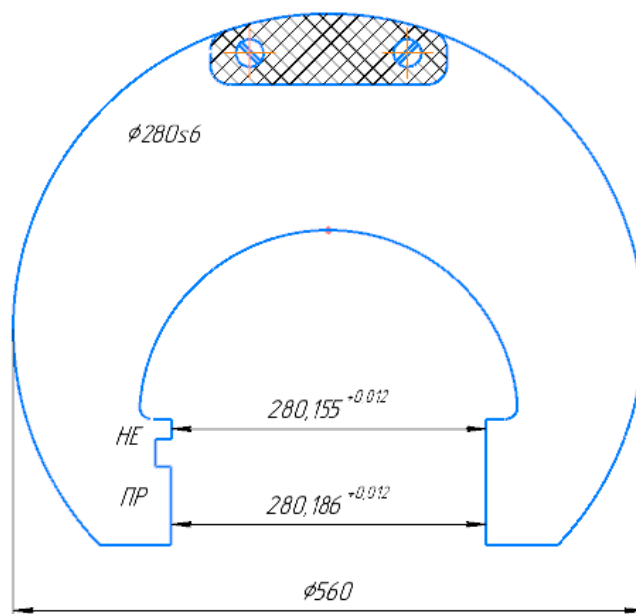


Рисунок 3.4 – Эскиз скобы

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

ИЭМ	Лис	№ докум	Под-	Да	КР.НТИТИ.07.00.00	Лис
						17

Перв. примен.	<h2 style="text-align: center;">4 ВЫБОР ПОСАДОК ДЛЯ КОЛЕЦ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ</h2> <p>Исходные данные и размеры: тип подшипника – 6-309 [4]; нагрузка – 1300 Н; режим работы подшипника – легкий; d = 45 мм; D = 100 мм; B = 25 мм; r = 2,5 мм.</p> <p>Так как</p> $\frac{P}{C_p} = \frac{3500}{52700} = 0.066$ <p>то режим работы легкий. Задаёмся видами нагружения колёс:</p> <p>1. Внутреннее – циркуляционное нагружение</p> <p>Выбираем посадку $\varnothing 45 \frac{L6}{k6} \left(\begin{smallmatrix} 0 \\ -0.01 \\ 0.018 \\ 0.002 \end{smallmatrix} \right)$,</p> $d_{max} = d + es = 45 + 0.018 = 45.018 \text{ мм};$ $d_{min} = d + ei = 45 + 0.002 = 45.002 \text{ мм};$ $D_{max} = d + ES = 45 + 0 = 45 \text{ мм};$ $D_{min} = d + EI = 45 - 0.01 = 44.99 \text{ мм}.$ $N_{max} = es - EI = 0.028 \text{ мм};$ $N_{min} = ei - ES = 0.002 \text{ мм}.$ $T_n = (ES - EI) + (es - ei) = (-0.01) + (0.018 - 0.002) = 0.005 \text{ мм}.$				
	Справ. №				
Подпись и дата		Инв. №	Взам. инв.	Подпись и дата	Инв. №
	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div> <div>Изм.</div> <div>Лист</div> <div>№ докум</div> <div>Под-</div> <div>Ла</div> </div> <div style="flex-grow: 1; text-align: center;"> <p>КР.НТИТИ.07.00.00</p> </div> <div> <div>Лист</div> <div>18</div> </div> </div>				

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

Рисунок 4.1 – Схема расположения полей допусков для циркуляционно нагруженного кольца

2. Наружное – местное нагружение

Принимаем посадку $\varnothing 100 \frac{H7}{l6} \left(\begin{matrix} +0.035 \\ -0.011 \end{matrix} \right)$.

$$d_{max} = d + es = 100 + 0 = 100 \text{ мм};$$

$$d_{min} = d + ei = 100 - 0.011 = 99.989 \text{ мм.}$$

$$D_{max} = D + ES = 100 + 0.035 = 100.035 \text{ мм};$$

$$D_{min} = D + EI = 100 \text{ мм.}$$

$$S_{max} = ES - ei = 0.035 + 0.011 = 0.046 \text{ мм};$$

$$S_{min} = EI - es = 0 \text{ мм};$$

$$T_s = S_{max} - S_{min} = 0.046 \text{ мм.}$$

					КР.НТИТИ.07.00.00	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум	Под-	Да		

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

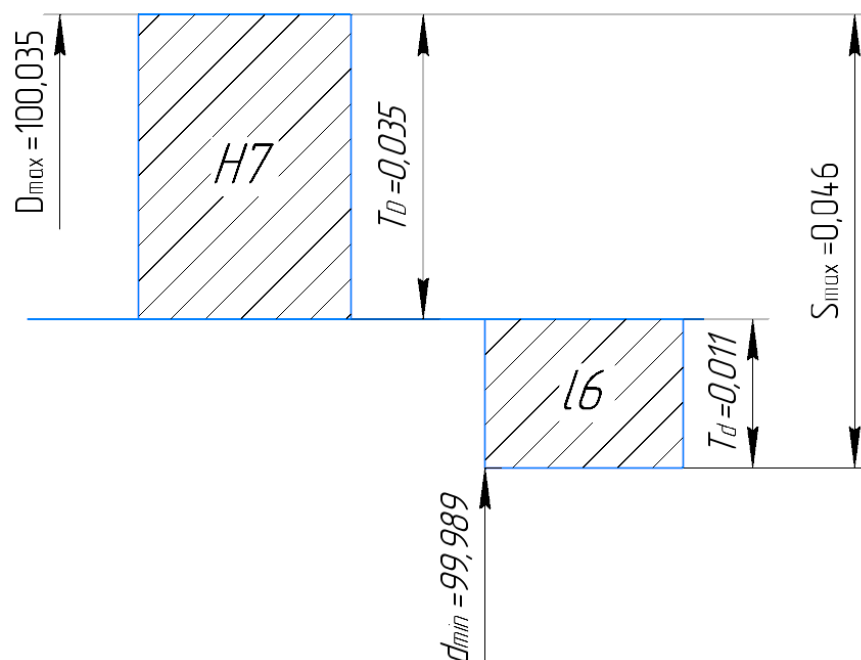


Рисунок 4.2 – Схема расположения полей допусков для местно нагруженного кольца

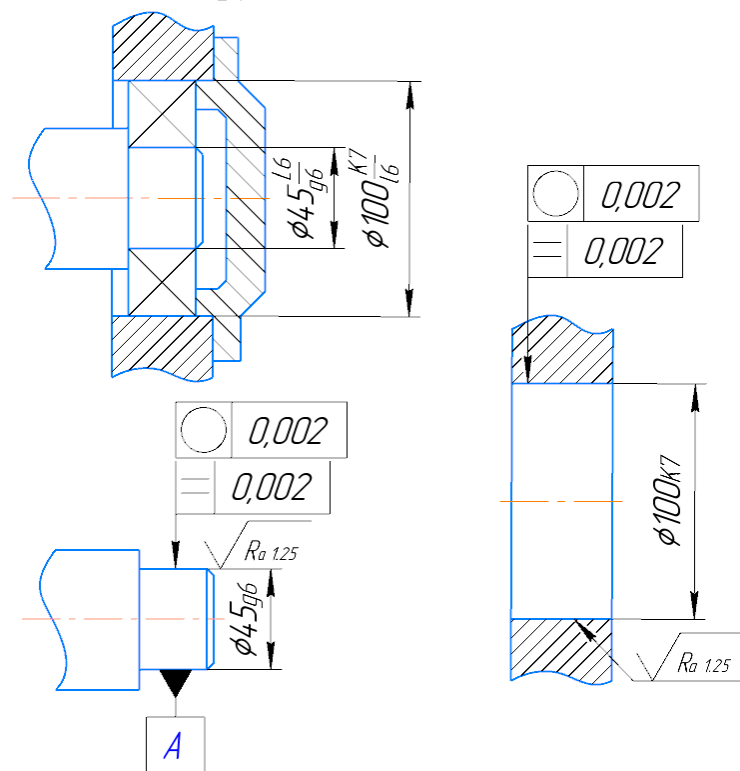


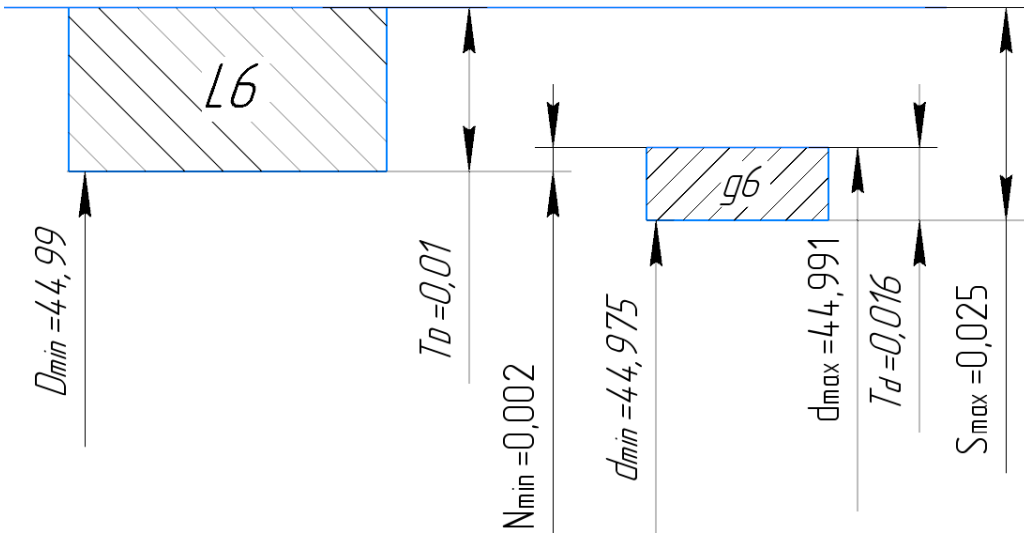
Рисунок 4.3 – Эскиз подшипникового узла и деталей, входящих в него

Определим режим работы подшипника

1. Внутреннее – местное нагружение

Принимаем посадку $\phi 45 \frac{L6}{g6} \left(\begin{matrix} -0.01 \\ -0.009 \\ -0.025 \end{matrix} \right)$.

Инв. №	КР.НТИТИ.07.00.00	Лист 20
--------	-------------------	------------

Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	Справ. №	Перв. примен.	$d_{max} = d + es = 45 - 0.009 = 44.991 \text{ мм};$
							$d_{min} = d + ei = 45 - 0.025 = 44.975 \text{ мм};$
Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	Справ. №	Перв. примен.	$D_{max} = D + ES = 45 \text{ мм};$
							$D_{min} = D + EI = 45 - 0.01 = 44.99 \text{ мм}.$
Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	Справ. №	Перв. примен.	$N_{max} = es - EI = -0.009 + 0.01 = 0.001 \text{ мм};$
							$S_{max} = ES - ei = 0 + 0.025 = 0.025 \text{ мм};$
Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	Справ. №	Перв. примен.	$S_{cp} = \frac{S_{max} - N_{max}}{2} = \frac{0.025 - 0.001}{2} = 0.012 \text{ мм}.$
Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	Справ. №	Перв. примен.	
Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	Справ. №	Перв. примен.	Рисунок 4.4 – Схема расположения полей допусков для местно нагруженного кольца
Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	Справ. №	Перв. примен.	$T_D = ES - EI = 0 + 0.01 = 0.01 \text{ мм};$
							$T_d = es - ei = -0.009 + 0.025 = 0.016 \text{ мм}$
Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	Справ. №	Перв. примен.	Определим среднеквадратичное отклонение зазора
Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	Справ. №	Перв. примен.	$\sigma_N = \frac{1}{6} \sqrt{T_D^2 + T_d^2} = \frac{1}{6} \sqrt{1^2 + 16^2} = 2.67.$
Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	Справ. №	Перв. примен.	Пределы интегрирования
Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	Справ. №	Перв. примен.	<div><div>Изм.</div><div>Лис</div><div>№ докум</div><div>Под-</div><div>Да</div></div> <div>КР.НТИТИ.07.00.00</div>
Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	Справ. №	Перв. примен.	21

Перв. примен.	$z = \frac{S_{\text{ср}}}{\sigma_N} = \frac{12}{2.67} = 4.49$				
	<p>Функция $\Phi(Z)$ при $Z=4.49$ (табл. 1, с.12): $\Phi(Z) \approx 0,49999$.</p> <p>Вероятность натяга:</p>				
Справ. №	$P'_S = 0.5 + \Phi(Z) = 0.5 + 0.49999 = 0.99999;$				
	<p>Вероятность натяга составляет больше 95%, следовательно данная посадка применима.</p> <p>2. Наружное – циркуляционное нагружение</p> <p>Применим посадку $\varnothing 100 \frac{K7}{l6} \begin{pmatrix} +0.01 \\ -0.025 \\ -0.011 \end{pmatrix}$.</p>				
Подпись и дата	$d_{\text{max}} = d + es = 100 \text{ мм};$				
	$d_{\text{min}} = d + ei = 100 - 0.011 = 99.989 \text{ мм.}$				
	$D_{\text{max}} = D + ES = 100 + 0.01 = 100.01 \text{ мм};$				
	$D_{\text{min}} = D + EI = 100 - 0.025 = 99.975 \text{ мм};$				
	$S_{\text{max}} = ES - ei = 0.01 + 0.011 = 0.021 \text{ мм};$				
Инв. №	$N_{\text{max}} = es - EI = 0 + 0.025 = 0.025 \text{ мм.}$				
Взам. инв.	$S_{\text{ср}} = \frac{S_{\text{max}} - N_{\text{max}}}{2} = \frac{0.025 - 0.021}{2} = 0.002 \text{ мм.}$				
Подпись и дата					
Инв. №					
<div> <div>ИЗМ</div> <div>Лист</div> <div>№ докум</div> <div>Под-</div> <div>Ла</div> </div>					<div>КР.НТИТИ.07.00.00</div> <div>22</div>

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

Рисунок 4.5 – Схема расположения полей допусков для циркуляционно нагруженного кольца

$$T_D = ES - EI = 0.01 + 0.025 = 0.035 \text{ мм};$$

$$T_d = es - ei = 0 + 0.011 = 0.011 \text{ мм}$$

Определим среднеквадратичное отклонение зазора

$$\sigma_N = \frac{1}{6} \sqrt{T_D^2 + T_d^2} = \frac{1}{6} \sqrt{35^2 + 11^2} = 0.61$$

Пределы интегрирования

$$z = \frac{S_{cp}}{\sigma_N} = \frac{2}{0,61} = 3,28$$

Функция $\Phi(Z)$ при $Z=3,28$ (табл. 1, с.12): $\Phi(Z) \approx 0,49931$.
Вероятность зазора:

$$P'_N = 0,5 + \Phi(z) = 0,5 + 0,49931 = 0,99931.$$

Вероятность зазора составляет больше 95% ,следовательно данная посадка применима.
Рассчитываем величину радиального посадочного зазора

$$g = g_n - \Delta d_{1нб}$$

					КР.НТИТИ.07.00.00	Лис
Изм	Лис	№ докум	Под-	Ла		23

Перв. примен.	где g_n – начальный радиальный зазор						
	$g_{н.ср.} = \frac{g_{н.нб} + g_{н.нм}}{2} = \frac{30 + 15}{2} = 27,5 \text{ мкм}$						
Справ. №	$\Delta d_{1нб}$ -величина деформации						
	$\Delta d_{1нб} = 0.85N \frac{D_0}{D_{max}}$						
D ₀ - приведенный наружный диаметр внутреннего кольца							
$D_0 = D + \frac{D - d}{4} = 100 + \frac{100 - 45}{4} = 114 \text{ мм}$							
Тогда,							
$g = 27,5 - 0,85 \cdot 5 \cdot \frac{114}{100} = 22,65 \text{ мкм}$							
Величина осевого зазора достаточна.							
Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	<div>ИЗМ</div> <div>Лис</div> <div>№ докум</div> <div>Под-</div> <div>Ла</div>	КР.НТИТИ.07.00.00	Лис
							24

Перв. примен.	<h2 style="text-align: center;">5 НАЗНАЧЕНИЕ И ВЫБОР ПОСАДОК ШЛИЦЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ</h2> <p>Согласно [7, с. 2, таблица 2] выбираем шлицевое соединение</p> $D = 8 \times 52 \frac{H11}{a11} \times 60 \frac{H7}{f6} \times 10 \frac{F8}{f7},$ <p>По заданному шлицевому соединению дать расшифровку заданного шлицевого соединения и выписать номинальные размеры его элементов с их расшифровкой.</p> <p>Соединение шлицевое, с центрированием по наружному диаметру с посадкой по диаметру центрирования $\frac{H7}{f6}$ по нецентрирующему диаметру $\frac{H11}{a11}$ и по размеру $\frac{F8}{f7}$. Число зубьев $Z = 8$; внутренним диаметром $d = 52$ мм; наружным диаметром $D = 60$ мм; шириной шлица $b = 10$ мм.</p> <p>Предельные отклонения для центрирующих и нецентрирующих элементов шлицевого соединения [7].</p> $\varnothing 52 \frac{H11}{a11};$ <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>ES = +0,19 мм;</div> <div>es = - 0,34 мм;</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>EI = 0 мм;</div> <div>ei = - 0,53 мм.</div> </div> <p>Определяем предельные размеры вала и отверстия</p> $d_{max} = d + es = 62 + (-0,34) = 51,66 \text{ мм}; \tag{5.1}$ $d_{min} = d + ei = 62 + (-0,53) = 51.47 \text{ мм}; \tag{5.2}$ $D_{max} = d + ES = 62 + 0,19 = 52,19 \text{ мм}; \tag{5.3}$ $D_{min} = d + EI = 62 + 0 = 52 \text{ мм}. \tag{5.4}$ <p>Допуск размера вала и допуск размера отверстия</p> $T_d = d_{max} - d_{min} = 51.66 - 51.47 = 0,19 \text{ мм}; \tag{5.5}$ $T_D = D_{max} - D_{min} = 62.19 - 62 = 0,19 \text{ мм}. \tag{5.6}$				
	Справ. №				
Подпись и дата		Инв. №	Взам. инв.	Подпись и дата	Инв. №
	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div> <div>Изм.</div> <div>Лист</div> <div>№ докум.</div> <div>Под-</div> <div>Ла</div> </div> <div style="flex-grow: 1; text-align: center;"> <p>КР.НТИТИ.07.00.00</p> </div> <div> <div>Лист</div> <div>25</div> </div> </div>				

Определяем предельные зазоры

$$S_{max} = D_{max} - d_{min} = 52.19 - 51.47 = 0,72 \text{ мм}; \tag{5.7}$$

$$S_{min} = D_{min} - d_{max} = 52 - 51.66 = 0,34 \text{ мм}; \tag{5.8}$$

$$S_c = \frac{S_{max} + S_{min}}{2} = \frac{0,72 + 0,34}{2} = 0,53 \text{ мм}. \tag{5.9}$$

Допуск посадки

$$T_s = T_D + T_d = 0,19 + 0,19 = 0,38 \text{ мм}. \tag{5.10}$$

Схема расположения полей допусков представлена на рисунке 5.1.

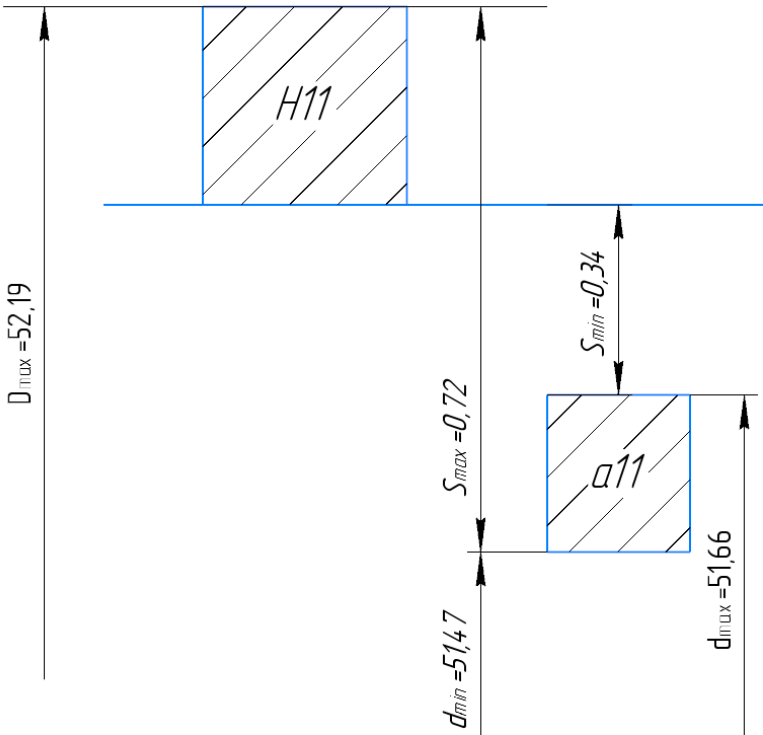


Рисунок 5.1 – Схема расположения полей допусков

$\varnothing 60 \frac{H7}{f6};$
 ES = +0,03 мм; es = − 0,03 мм;
 EI = 0 мм; ei = − 0,049 мм.

Перв. примен.	Определяем предельные размеры вала и отверстия									
	$d_{max} = d + es = 60 + (-0,03) = 59.97 \text{ мм};$ (5.11)									
Справ. №	$d_{min} = d + ei = 60 + (-0,049) = 59.951 \text{ мм};$ (5.12)									
	$D_{max} = d + ES = 60 + 0,03 = 60,03 \text{ мм};$ (5.13)									
$D_{min} = d + EI = 60 + 0 = 60 \text{ мм.}$ (5.14)										
Допуск размера вала и допуск размера отверстия										
$T_d = d_{max} - d_{min} = 59.97 - 59.951 = 0,019 \text{ мм};$ (5.15)										
$T_D = D_{max} - D_{min} = 60,03 - 60 = 0,03 \text{ мм.}$ (5.16)										
Определяем предельные зазоры										
Подпись и дата	$S_{max} = D_{max} - d_{min} = 60,03 - 59.951 = 0,079 \text{ мм};$ (5.17)									
	$S_{min} = D_{min} - d_{max} = 60 - 59.97 = 0,03 \text{ мм};$ (5.18)									
	$S_c = \frac{S_{max} + S_{min}}{2} = \frac{0,079 + 0,03}{2} = 0,0545 \text{ мм.}$ (5.19)									
Инв. №	Допуск посадки									
	$T_s = T_D + T_d = 0,3 + 0,019 = 0,049 \text{ мм.}$ (5.20)									
Взам. инв.	<div>КР.НТИТИ.07.00.00</div>									
Подпись и дата	<div>Пис</div>									
Инв. №	<div>ИЭМ Пис № докум Под- Да</div>									

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

Схема расположения полей допусков представлена на рисунке 5.2.

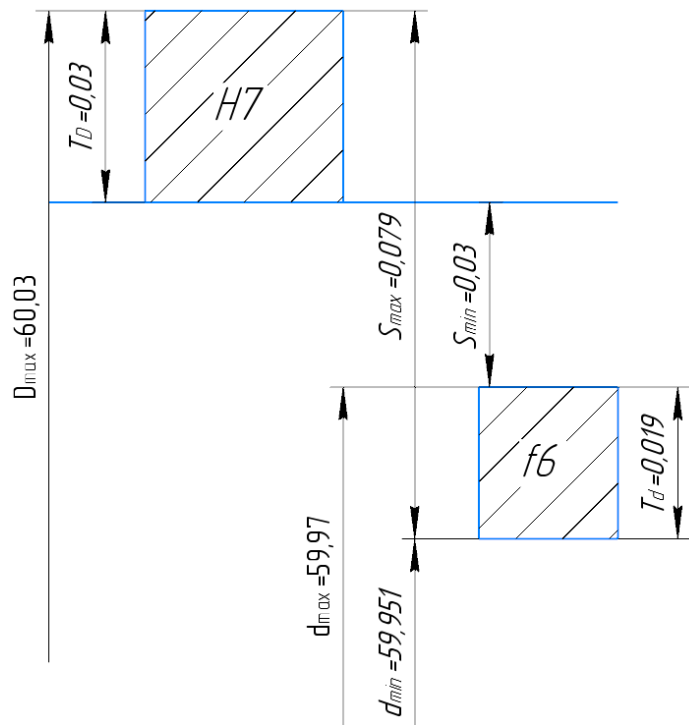


Рисунок 5.2 – Схема расположения полей допусков

$10 \frac{F8}{f7};$
 $ES = +0,035 \text{ мм};$ $es = - 0.013 \text{ мм};$
 $EI = + 0,013 \text{ мм};$ $ei = - 0,018 \text{ мм}.$
 Определяем предельные размеры вала и отверстия

$$d_{max} = d + es = 10 - 0.013 = 9.987 \text{ мм}; \tag{5.21}$$

$$d_{min} = d + ei = 10 - 0,018 = 9.982 \text{ мм}; \tag{5.22}$$

$$D_{max} = d + ES = 10 + 0,035 = 10.035 \text{ мм}; \tag{5.23}$$

$$D_{min} = d + EI = 10 + 0.013 = 10.013 \text{ мм}. \tag{5.24}$$

Допуск размера вала и допуск размера отверстия

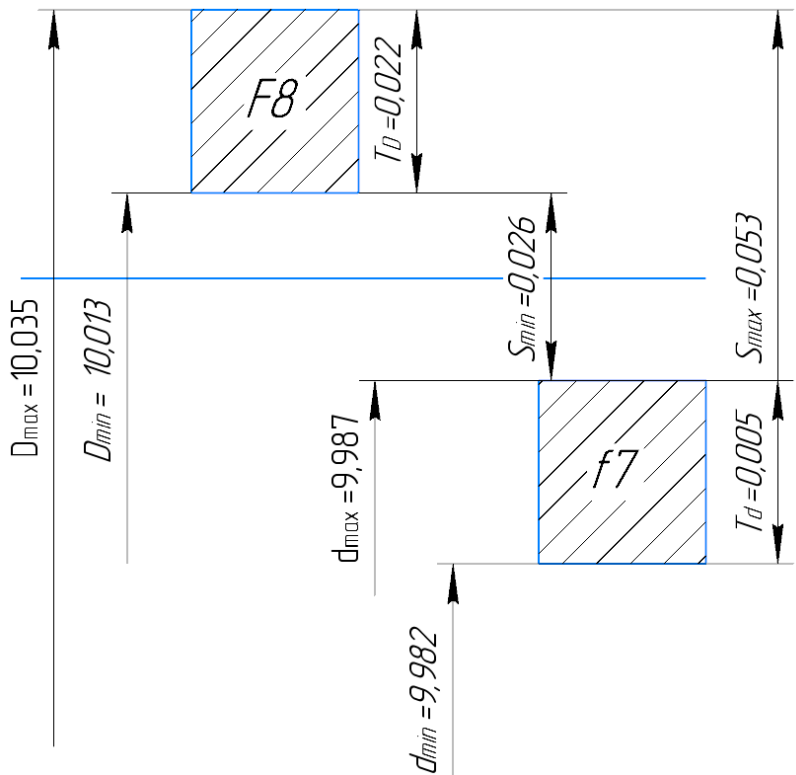
$$T_d = d_{max} - d_{min} = 9.987 - 9.982 = 0,005 \text{ мм}; \tag{5.25}$$

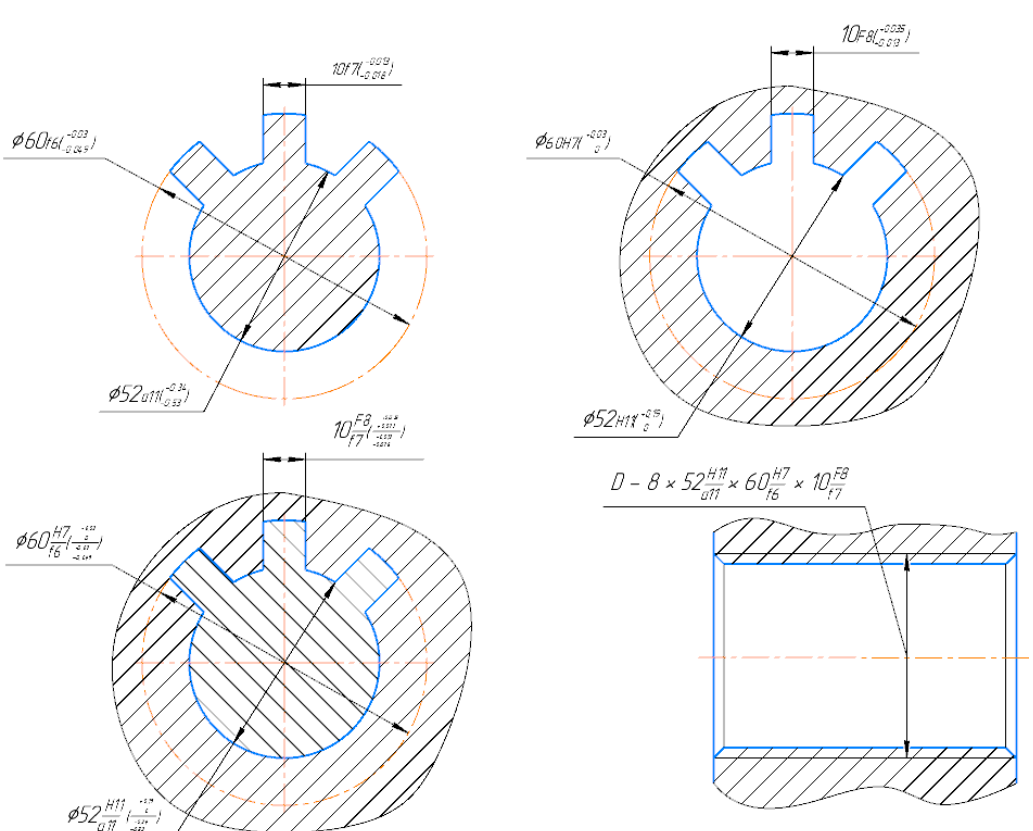
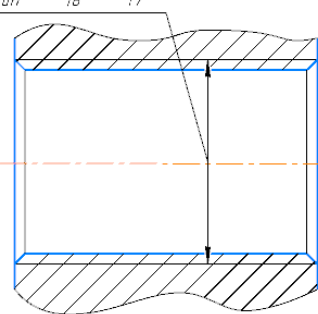
$$T_D = D_{max} - D_{min} = 10.035 - 10.013 = 0,022 \text{ мм}. \tag{5.26}$$

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

ИЭМ	Лис	№ докум	Под-	Ла
-----	-----	---------	------	----

КР.НТИТИ.07.00.00				Лис
				28

Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	Справ. №	Перв. примен.	<p>Определяем предельные зазоры</p> $S_{max} = D_{max} - d_{min} = 10.035 - 9.982 = 0,053\text{мм}; \tag{5.27}$ $S_{min} = D_{min} - d_{max} = 10.013 - 9.987 = 0,026 \text{ мм}; \tag{5.28}$ $S_c = \frac{S_{max} + S_{min}}{2} = \frac{0,053 + 0,026}{2} = 0,0395 \text{ мм}. \tag{5.29}$ <p>Допуск посадки</p> $T_s = T_D + T_d = 0,022 + 0,005 = 0.027 \text{ мм}. \tag{5.30}$ <p>Схема расположения полей допусков представлена на рисунке 5.3.</p>  <p style="text-align: center;">Рисунок 5.3 – Схема расположения полей допусков</p> <p>Эскизы шлицевого соединения и его деталей с указанием полей допусков, предельных отклонений сопрягаемых и несопрягаемых поверхностей приведены на рисунке 5.4.</p>	
							<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Изм. Лист № докум. Под- Ла </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> КР.НТИТИ.07.00.00 Лист </div> <div style="text-align: center;">29</div>

Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата	Справ. №	Перв. примен.
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;">  <div style="text-align: center;"> $D - 8 \times 52_{g6}^{H7} \times 60_{g6}^{H7} \times 10_{f7}^{F8}$  </div> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">Рисунок 5.4 – Эскизы шлицевого соединения</p>						
					Лист 30	

KP.HTITI.07.00.00

Лист

30

Перв. примен.	<h2 style="text-align: center;">6 РАСЧЕТ ПРЕДЕЛЬНЫХ КАЛИБРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ШЛИЦЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ</h2> <p>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.</p> <p>Шлицевое соединение $D - 8 \times 52 \frac{H11}{a11} \times 60 \frac{H7}{f6} \times 10 \frac{F8}{f7}$.</p> <p>Расчет комплексного калибра-пробки.</p> <p>Размеры калибра-пробки согласно [8, с. 3, таблица 1]</p> <div style="text-align: right;"> $d_k = (d - 0,1)h8; \tag{6.1}$ </div> <div style="text-align: right;"> $D_k = D_{min} - Z_D \pm \frac{H_D}{2}; \tag{6.2}$ </div> <div style="text-align: right;"> $b_k = b_{min} - Z_b \pm \frac{H_b}{2}; \tag{6.3}$ </div> <div style="text-align: right;"> $b_{k-W} = b_{min} - Y_b; \tag{6.4}$ </div> <div style="text-align: right;"> $D_{k-W} = D_{min} - Y_D, \tag{6.5}$ </div> <p>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;</p>				
	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="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Изм.</div> <div>Лист</div> <div>№ докум</div> <div>Под-</div> <div>Ла</div> </div> </div> <div style="text-align: center; flex-grow: 1;"> <p>КР.НТИТИ.07.00.00</p> </div> <div style="text-align: right;"> <div>Лист</div> <div>31</div> </div> </div>				

Перв. примен.	<p>D_{k-W} – предельные размеры изношенных наружных диаметров калибра-пробки. $D_{min} = 60 \text{ мм}; b_{min} = 9.987 \text{ мм}; d_{min} = 52 \text{ мм}$ Отклонения и допуск диаметра калибра-пробки [8, с. 5, таблица 2] $Z_D = 7,5 \text{ мкм}; H_D = 5 \text{ мкм}; Y_D = 15 \text{ мкм}.$ Отклонения и допуск размера b_k калибр-пробки [8, с. 5, таблица 3] $Z_b = 12 \text{ мкм}; H_b = 4 \text{ мкм}; Y_b = 18 \text{ мкм}.$ Тогда</p>				
	Справ. №	<p>$d_{kmax} = 52 - 0,1 = 51,9 \text{ мм};$</p> <p>$d_{kmin} = (52 - 0,1) - 0,0025 = 51,8975 \text{ мм};$</p> <p>$D_{kmax} = 60 - 0,0075 + \frac{0,005}{2} = 59,995 \text{ мм};$</p> <p>$D_{kmin} = 60 - 0,0075 - \frac{0,005}{2} = 59,99 \text{ мм};$</p> <p>$D_{k-W} = 60 - 0,015 = 59,985 \text{ мм};$</p> <p>$b_{kmax} = 10 - 0,012 + \frac{0,004}{2} = 9,99 \text{ мм};$</p> <p>$b_{kmin} = 10 - 0,012 - \frac{0,004}{2} = 9,986 \text{ мм};$</p> <p>$b_{k-W} = 10 - 0,018 = 9,982 \text{ мм}.$</p> <p>Накопленная погрешность шага не должна превышать 6 мкм [8, с. 10, таблица 7]. Допуск симметричности зуба калибра-пробки относительно оси поверхности D_k равен 8 мм [8, с. 11, таблица 8]. Допуск параллельности боковых сторон зуба калибра-пробки относительно оси поверхности D_k 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. №	Взам. инв.	Подпись и дата	Инв. №
<div> <div>КР.НТИТИ.07.00.00</div> <div>Лист</div> <div>32</div> </div>					

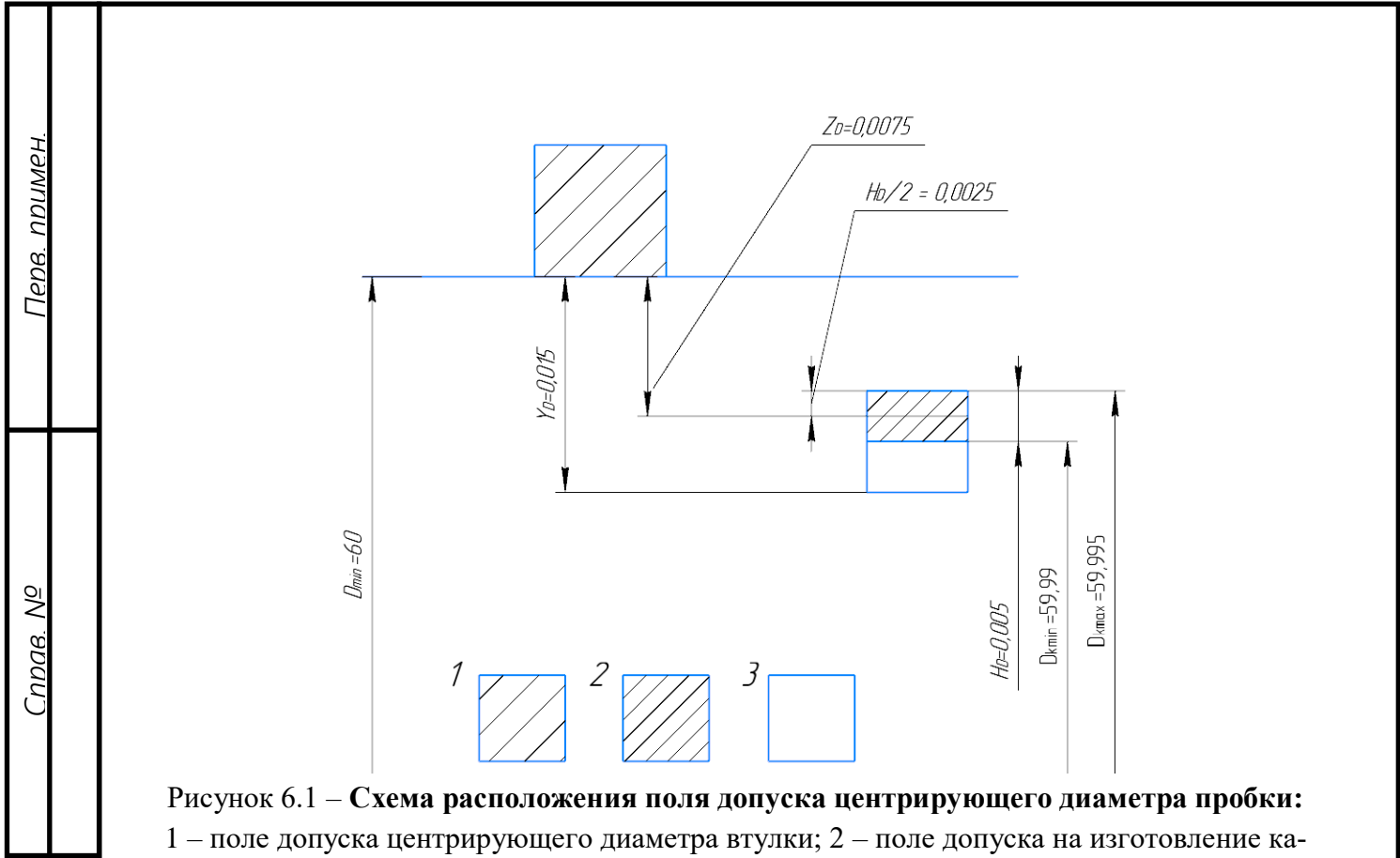


Рисунок 6.1 – Схема расположения поля допуска центрирующего диаметра пробки:
1 – поле допуска центрирующего диаметра втулки; 2 – поле допуска на изготовление калибра-пробки; 3 – поле износа калибра-пробки

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

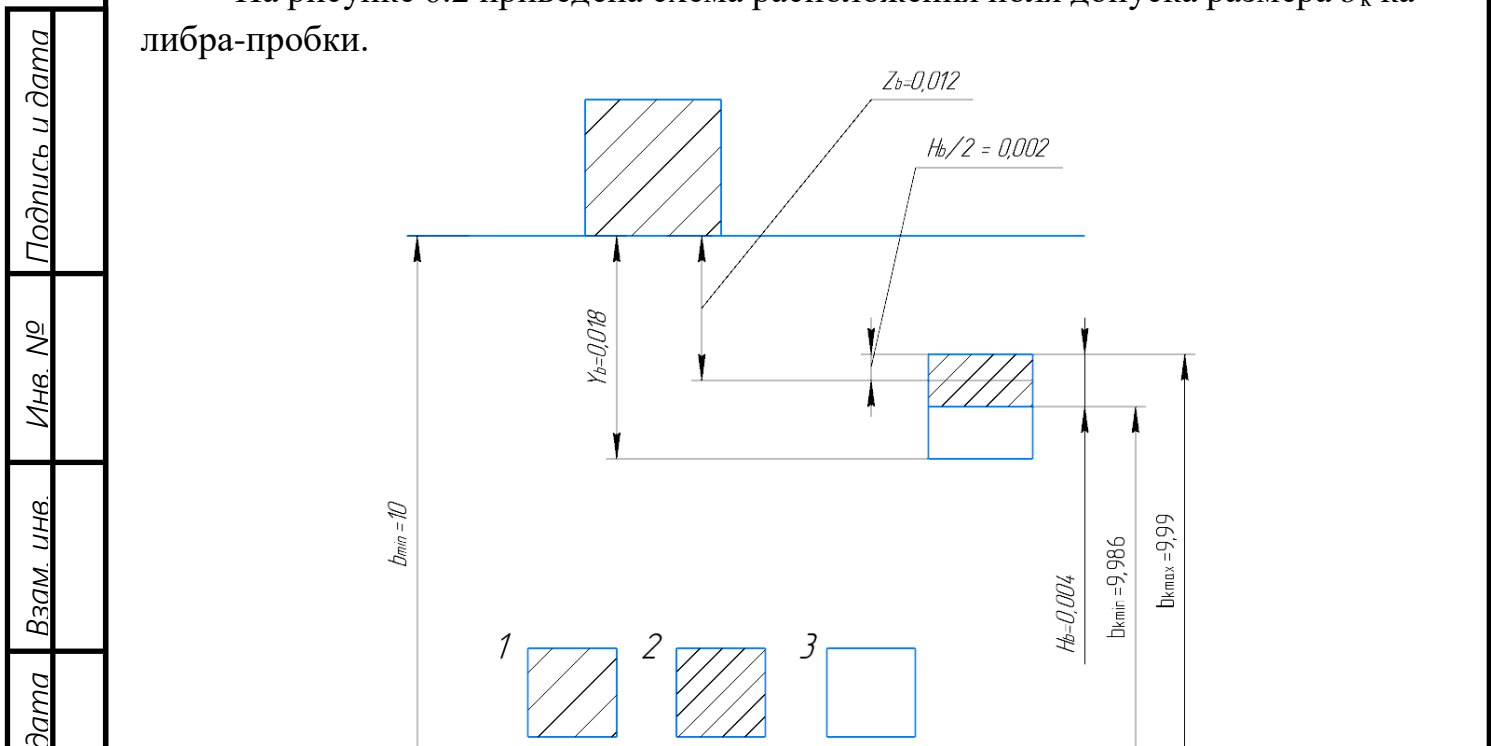


Рисунок 6.2 – Схема расположения поля допуска размера b_k калибра-пробки:
1 – поле допуска размера b втулки; 2 – поле допуска на изготовление калибра-пробки;
3 – поле износа калибра-пробки

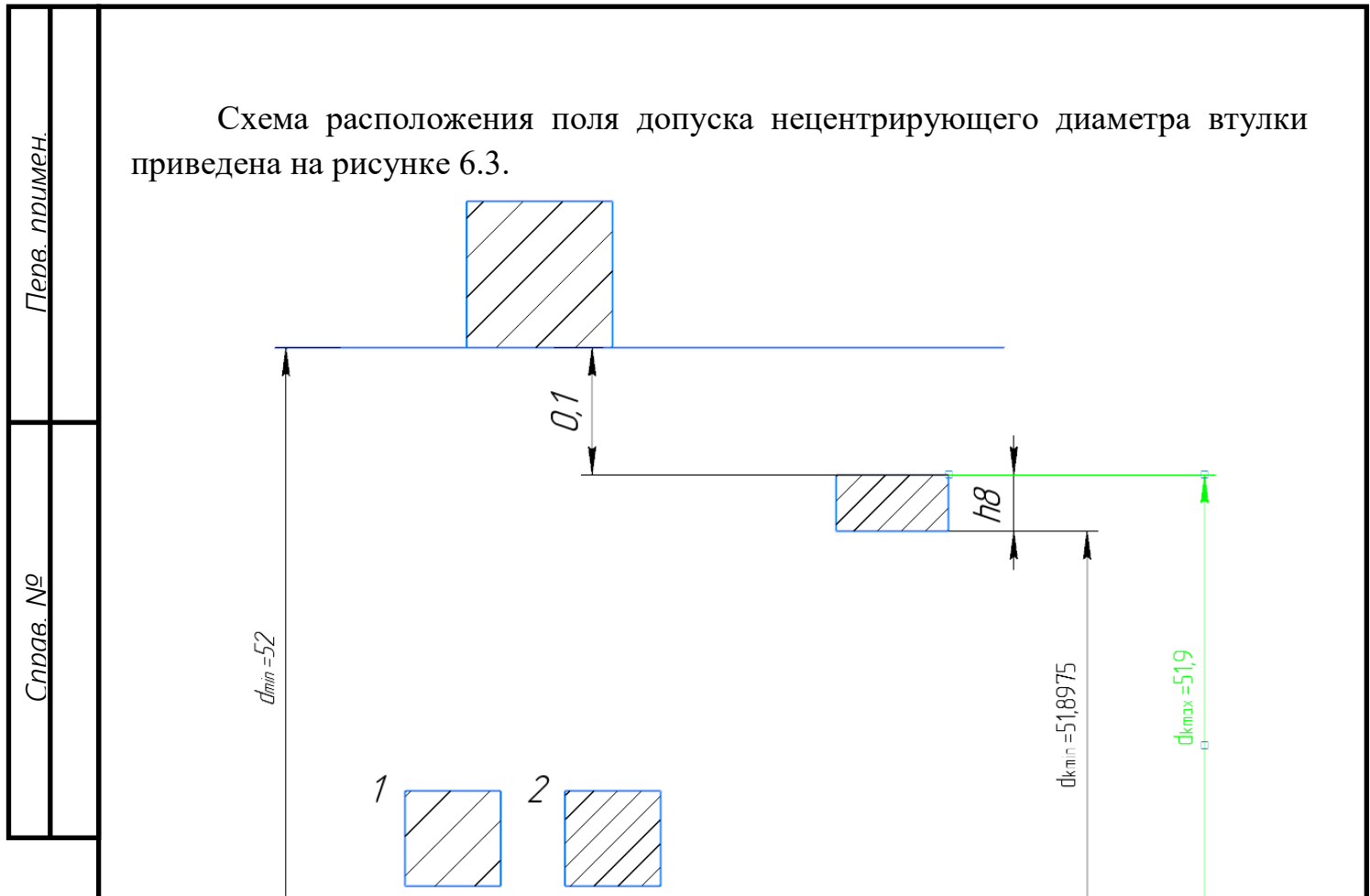


Рисунок 6.3 – Схема расположения поля допуска нецентрирующего диаметра втулки: 1 – поле допуска нецентрирующего диаметра втулки; 2 – поле допуска на изготовление калибра-пробки; h7 – поле допуска калибра-пробки

Эскиз калибра-пробки приведен на рисунке 6.4.

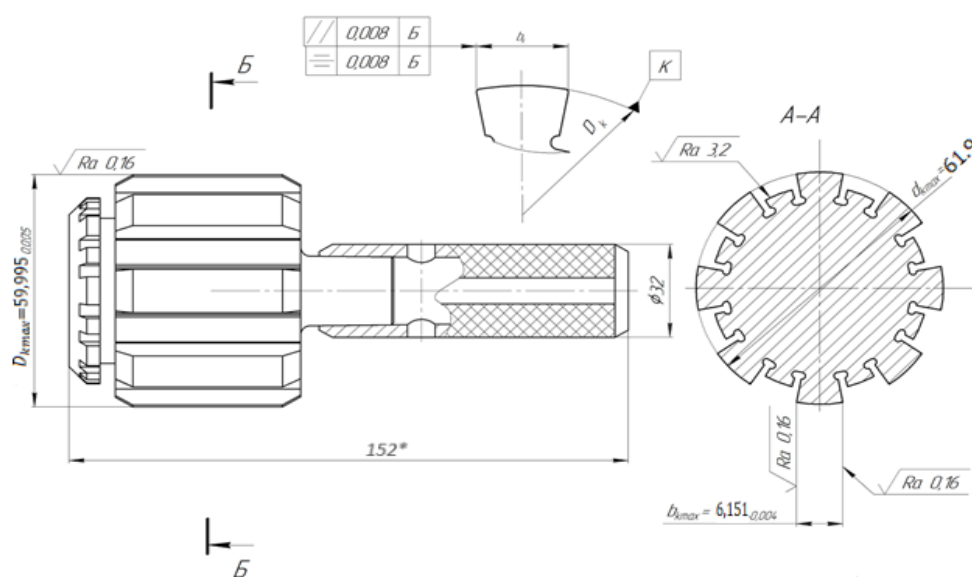


Рисунок 6.4 – Эскиз калибра-пробки

Перв. примен.	Расчет комплексного калибра-кольца [8, с. 3, таблица 1].														
	$d_k = (d - 0,1)H8; \tag{6.6}$														
Справ. №	$D_{k-W} = D_{min} + Y_{1D}; \tag{6.7}$														
	$D_k = D_{max} + Z_{1D} \pm \frac{H_{1D}}{2}; \tag{6.8}$														
	$b_k = b_{max} + Z_{1b} \pm \frac{H_{1b}}{2}; \tag{6.9}$														
	$b_{k-W} = b_{max} + Y_{1b}, \tag{6.10}$														
<p>где d_{max} – наибольший диаметр вала d; D_{max} – наибольший диаметр D вала; H_{1b} – допуск на изготовление калибра по ширине паза b; H_{1D} – допуск на изготовление калибра-кольца по центрирующему диаметру; Z_{1D}, Z_{1b} – расстояние от середины поля допуска на изготовление калибра-кольца до соответствующего наименьшего предельного размера втулки; Y_{1b} – допустимый выход размера изношенного калибра-кольца за границу поля допуска вала; b_{max} – наибольшая толщина паза; $D_{max} = 60,03, \text{ мм}; b_{max} = 9.987 \text{ мм}; d_{max} = 51,66 \text{ мм}$ Отклонения и допуск диаметра калибра-пробки [8, с. 7, таблица 4] $Z_{1D} = 7,5 \text{ мкм}; H_{1D} = 5 \text{ мкм}; Y_{1D} = 15 \text{ мкм}.$ Отклонения и допуск размера b_k калибр-пробки [8, с. 8, таблица 5] $Z_{1b} = 12 \text{ мкм}; H_{1b} = 4 \text{ мкм}; Y_{1b} = 18 \text{ мкм}.$ Тогда</p>															
Подпись и дата	Инв. №	Взам. инв.	$d_{kmax} = 52 - 0,1 = 51.9 \text{ мм};$												
			$d_{kmin} = (52 - 0,1) + 0,081 = 51.981 \text{ мм};$												
Подпись и дата	Инв. №	$D_{k-W} = 60.03 + 0,015 = 60.045 \text{ мм};$													
		$D_{kmax} = 60.03 + 0,0075 + \frac{0,005}{2} = 60.04 \text{ мм};$													
<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Под-</td> <td>Ла</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Изм.	Лист	№ докум.	Под-	Ла						<div>КР.НТИТИ.07.00.00</div> <div>35</div>
Изм.	Лист	№ докум.	Под-	Ла											

$$b_{k-W} = 9.987 + 0,018 = 10.005 \text{ mm.}$$

Накопленная погрешность шага не должна превышать 8 мкм [8, с. 10, таблица 7]. Допуск симметричности зуба калибра-пробки относительно оси поверхности D_k равен 10 мм [8, с. 11, таблица 8]. Допуск параллельности боковых сторон зуба калибра-пробки относительно оси поверхности D_k равен 5 мкм [8, с. 11, таблица 8].

Схема расположения поля допуска центрирующего диаметра приведена на рисунке 6.5.

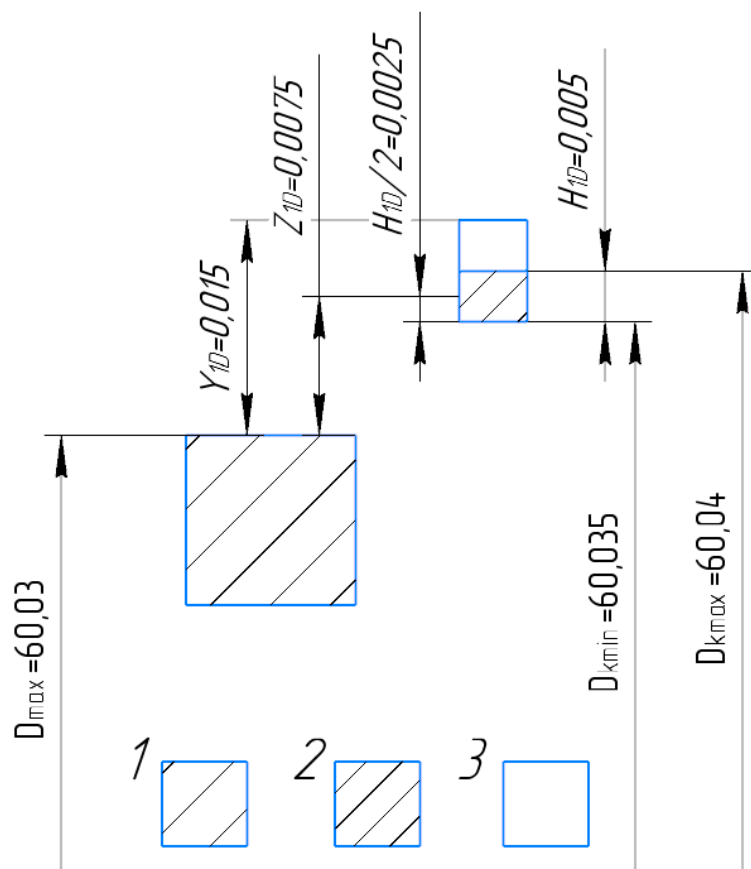


Рисунок 6.5 – Схема расположения поля допуска центрирующего диаметра:
1 – поле допуска размера d вала; 2 – поле допуска изготовления калибра-кольца; 3 – поле износа калибра-кольца

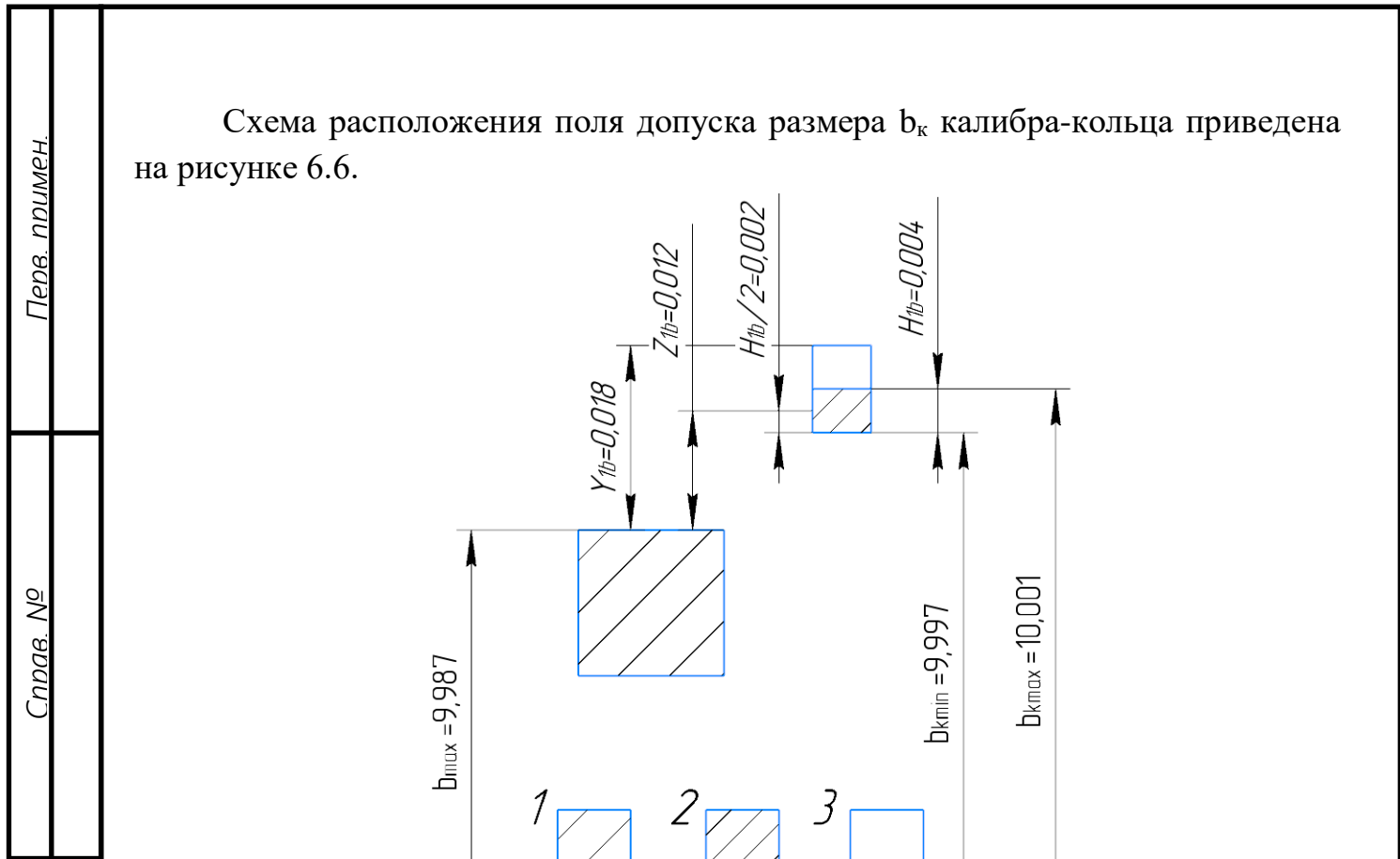


Рисунок 6.6 – Схема расположения поля допуска размера b_k калибра-кольца:
1 – поле допуска размера b вала; 2 – поле допуска изготовления калибра-кольца; 3 – поле износа калибра-кольца

Схема расположения поля допуска нецентрирующего диаметра втулки расположен на рисунке 6.7.

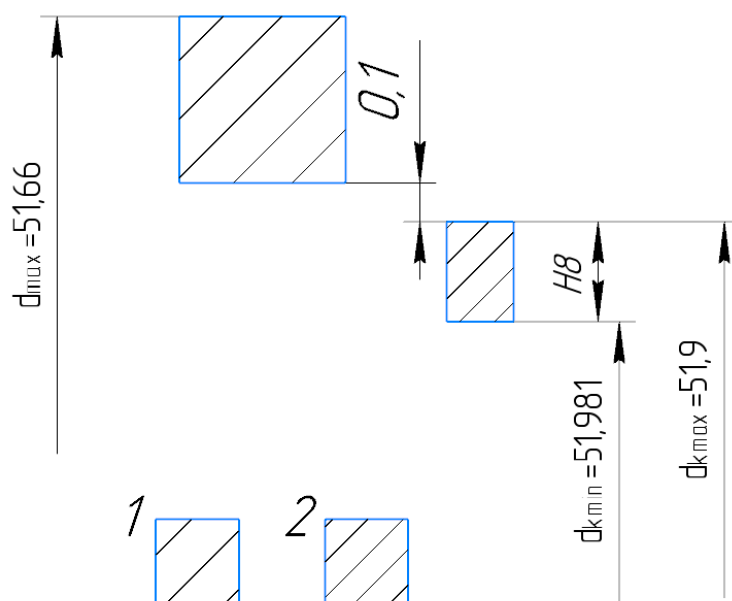


Рисунок 6.7 – Схема расположения поля допуска нецентрирующего диаметра втулки:
1 – поле допуска нецентрирующего диаметра втулки; 2 – поле допуска на изготовление калибра-кольца; H8 – поле допуска d_k калибра-кольца

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

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

Эскиз калибра-кольца приведен на рисунке 6.8.

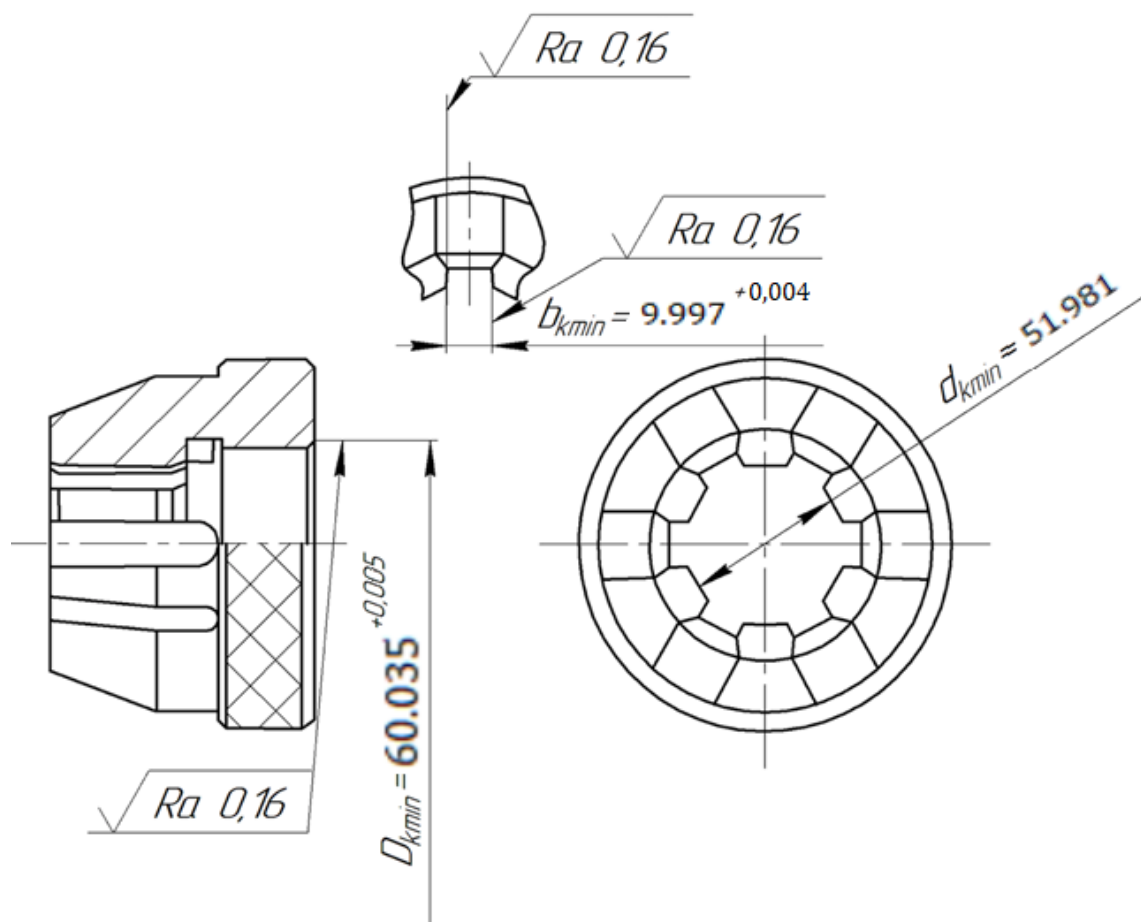


Рисунок 6.8 – Эскиз калибра-кольца

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

КР.НТИТИ.07.00.00

Перв. примен.	<h1>7 РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ, ВХОДЯЩИХ В СБОРОЧНЫЙ УЗЕЛ</h1>				
	<h2>7.1 Расчет методом максимума-минимума</h2>				
Справ. №	<p>Схема размерной цепи приведена на рисунке 7.1.</p>				
<p>Рисунок 7.1 – Схема размерной цепи</p>					
Подпись и дата	<p>Определение номинальных размеров составляющих звеньев.</p>				
	<p>$A_1 = 6; A_2 = 5; A_3 = 25; A_4 = 12; A_5 = 63; A_6 = 63; A_7 = 55; A_8 = 43; A_9 = 71; A_{10} = 15; A_{11} = 25; A_{12} = 6; A_{13} = 390.$</p>				
Инв. №	$\overline{A_{13}} = A_{\Delta} + \overline{A_1} + \overline{A_2} + \overline{A_3} + \overline{A_4} + \overline{A_5} + \overline{A_6} + \overline{A_7} + \overline{A_8} + \overline{A_9} + \overline{A_{10}} + \overline{A_{11}} + \overline{A_{12}} = 1,4 + 6 + 5 + 25 + 12 + 63 + 63 + 55 + 43 + 71 + 15 + 25 + 6 = 390,4 \text{ мм.} \quad (7.1)$				
	<p>Определение средней точности размерной цепи или числа единиц допуска. Устанавливаем значение i для составляющих звеньев кроме стандартных A_3 и A_{11} [9, с. 20, таблица 2.2]</p>				
Взам. инв.	$a = \frac{T_{\Delta} - \sum_{i=1}^{H_c} T_{ic}}{\sum_{i=1}^{H-1} i_i} = \frac{1100 - (21 + 21)}{0,73 + 0,73 + 1,08 + 1,86 + 1,86 + 1,86 + 1,56 + 1,86 + 1,08 + 0,73 + 3,54} = 74,48. \quad (7.2)$				
	<p>Найденное число единиц допуска лежит в пределах стандартных значений $a = 64$ (10 квалитет) и $a = 100$ (11 квалитет) [9, с. 22, таблица 2.3]. Отсюда следует,</p>				
Инв. №	<div> <div>КР.НТИТИ.07.00.00</div> <div>Пис</div> <div>39</div> </div>				
	Изм	Пис	№ докум	Под-	Ла

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. №

Взам. инв.

Подпись и дата

Инв. №

что часть звеньев должна изготавливаться по 10 квалитету, а часть – по 11 квалитету. Результаты расчета сводятся в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 – Результаты поэтапных расчетов отклонений размеров составляющих звеньев размерной цепи методом максимума-минимума

Обозначение	Номинальный размер, мм	i, мкм	Обозначение основного отклонения	Квалитет	Допуск	Верхнее отклонение В	Нижнее отклонение Н	Середина поля допуска
A _Δ	1,4	—	—	—	1100	600	-500	50
$\overrightarrow{A_1}$	6	0,73	js	11	75	37,5	-37,5	0
$\overrightarrow{A_2}$	5	0,73	h	10	75	0	-75	-37,5
$\overrightarrow{A_3}$ (станд.)	25	—	—	—	21	0	-21	-10,5
$\overrightarrow{A_4}$	12	1,08	h	10	70	0	-70	-35
$\overrightarrow{A_5}$	63	1,86	h	10	120	0	-120	-60
$\overrightarrow{A_6}$	63	1,86	h	10	120	0	-120	-60
$\overrightarrow{A_7}$	55	1,86	h	10	120	0	-120	-60
$\overrightarrow{A_8}$	43	1,56	h	10	100	0	-100	-50
$\overrightarrow{A_9}$	71	1,86	h	10	120	0	-120	-60
$\overrightarrow{A_{10}}$	15	1,08	h	10	70	0	-70	-35
$\overrightarrow{A_{11}}$ (станд.)	25	—	—	—	21	0	-21	-10,5
$\overrightarrow{A_{12}}$	6	0,73	js	11	75	37,5	-37,5	0
$\overleftarrow{A_{13}}$ (увяз.)	390	3,54	—	10...11	113	-312	-425	-368,5

Допуск увязочного звена

$$T_{\Delta p} = \sum_{i=1}^{m-1} |\Sigma_i| T_i.$$

(7.3)

Тогда

$$T_{13} = 1100 - 75 - 75 - 21 - 70 - 120 - 120 - 120 - 100 - 120 - 70 - 21 - 75 = 113 \text{ мкм.}$$

Координата середины поля допуска увязочного звена

Изм.

Лист

№ докум.

Под-

Лист

40

КР.НТИТИ.07.00.00

Перв. примен.	$\overleftarrow{\Delta}_{13} = 50 + (-37,5) + (-10,5) + (-35) + (-60) + (-60) + (-60) + (-50) + (-60) + (-35) + (-10,5) = -368,5 \text{ мкм}$					
	Определение предельных отклонений увязочного звена					
Справ. №	$\Delta_{B\Delta} = \sum_{i=1}^n \Delta_{B i}^{\rightarrow} - \sum_{n+1}^{m-1} \Delta_{H i}^{\leftarrow}; \tag{7.4}$					
	$\Delta_{H\Delta} = \sum_{i=1}^n \Delta_{H i}^{\rightarrow} - \sum_{n+1}^{m-1} \Delta_{B i}^{\leftarrow}. \tag{7.5}$					
Тогда						
$\Delta_{B13} = 600 + (-37,5) + (-75) + (-21) + (-70) + (-120) + (-120) + (-120) + (-100) + (-120) + (-70) + (-21) + (-37,5) = -312 \text{ мкм};$						
$\Delta_{H12} = -500 + 37,5 + 37,5 = -425 \text{ мкм}.$						
Проверка производится для координат середины полей допусков						
Подпись и дата	$\Delta_{0\Delta} = \sum_{i=1}^{n-1} \Delta_{oi}^{\rightarrow} + \sum_{n+1}^{m-1} \Delta_{oi}^{\leftarrow}. \tag{7.6}$					
	Тогда					
Инв. №	$-368,5 \text{ мкм} = 50 + (-37,5) + (-10,5) + (-35) + (-60) + (-60) + (-60) + (-50) + (-60) + (-35) + (-10,5) = -368,5 \text{ мкм}.$					
Взам. инв.	Это говорит о правильности проведенных вычислений.					
7.2 Расчет методом регулирования						
Подпись и дата	Схема размерной цепи приведена на рисунке 7.1.					
	Номинальные размеры составляющих звеньев были определены в п. 7.1.					
Инв. №	Выбор и назначение допусков на составляющие звенья. Считаем, что для размеров звеньев экономически приемлемым является 12-й квалитет. Назначаем					
					КР.НТИТИ.07.00.00	Лис
						41
Изм	Лис	№ докум	Под-	Ла		

Перв. примен.	<p>по этому качеству допуски на все размеры, кроме допусков на монтажную высоту подшипников, которые принимаются согласно [10] и на звено $\overline{A_1}$, которое выбрали в качестве компенсатора.</p> <p>Наибольшая величина компенсации</p> $T_{\Delta p} = \sum_{i=1}^{m-1} \Sigma_i T_i. \tag{7.7}$ <p>Тогда</p> $T_1 = 1100 - 120 - 21 - 180 - 250 - 250 - 250 - 210 - 300 - 180 - 21 - 150 - 520 = 188 \text{ мкм.}$ <p>Следовательно, при самом неблагоприятном сочетании размеров надо с компенсатора снять слой материала толщиной 0,188 мм.</p> <p>Определение предельных размеров компенсатора.</p> <p>Вначале определяем координату середины поля допуска звена</p> $\Delta_{0iy}^{\leftarrow} = \Delta_{o\Delta} - \sum_{i=1}^{n-1} \Delta_{\Delta 0i}^{\rightarrow} - \sum_{n+1}^{m-1} \Delta_{oi}^{\leftarrow} - \Delta_{o\Delta}. \tag{7.8}$ <p>Отсюда</p> $\overline{\Delta_1} = -100 + (-60) + (-10,5) + (-90) + (-125) + (-125) + (-125) + (-105) + (-150) + (-90) + (-10,5) - (-260) = -731 \text{ мкм;}$ $\overline{A_1^{min}} = \overline{A_1} + \overline{\Delta_1} - \frac{ T_1 }{2} = 6 + (-0,731) - \frac{0,188}{2} = 5,175 \text{ мм;} \tag{7.9}$ $\overline{A_1^{max}} = \overline{A_1} + \overline{\Delta_1} + \frac{ T_1 }{2} = 6 + (-0,731) + \frac{0,188}{2} = 5,363 \text{ мм.} \tag{7.10}$ <p>В таблице 7.2 приведены результаты расчета.</p>				
	Справ. №				
Подпись и дата		Инв. №	Взам. инв.	Подпись и дата	Инв. №
	<div> <div>ИЭМ</div> <div>Лис</div> <div>№ докум</div> <div>Под-</div> <div>Ла</div> </div> <div>КР.НТИТИ.07.00.00</div> <div> <div>Лис</div> <div>42</div> </div>				

Перв. примен.	<p>Таблица 7.2 – Результаты поэтапных расчетов отклонений размеров составляющих звеньев размерной цепи методом регулирования</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Обозначение</th> <th rowspan="2">Номинальный размер, мм</th> <th rowspan="2">i, мкм</th> <th rowspan="2">Обозначение основного отклонения</th> <th rowspan="2">Квалитет</th> <th rowspan="2">Допуск</th> <th rowspan="2">Верхнее отклонение В</th> <th rowspan="2">Нижнее отклонение Н</th> <th rowspan="2">Середина поля допуска</th> </tr> <tr> <th>МКМ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A_Δ</td> <td>1,4</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>1100</td> <td>600</td> <td>-500</td> <td>-50</td> </tr> <tr> <td>$\overrightarrow{A_{1(к)}}$</td> <td>6</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>188</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>-731</td> </tr> <tr> <td>$\overrightarrow{A_2}$</td> <td>5</td> <td>0,73</td> <td>h</td> <td>12</td> <td>120</td> <td>0</td> <td>-120</td> <td>-60</td> </tr> <tr> <td>$\overrightarrow{A_3}$ (станд.)</td> <td>25</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>21</td> <td>0</td> <td>-21</td> <td>-10,5</td> </tr> <tr> <td>$\overrightarrow{A_4}$</td> <td>12</td> <td>1,08</td> <td>h</td> <td>12</td> <td>180</td> <td>0</td> <td>-180</td> <td>-90</td> </tr> <tr> <td>$\overrightarrow{A_5}$</td> <td>63</td> <td>1,86</td> <td>h</td> <td>12</td> <td>300</td> <td>0</td> <td>-300</td> <td>-150</td> </tr> <tr> <td>$\overrightarrow{A_6}$</td> <td>63</td> <td>1,86</td> <td>h</td> <td>12</td> <td>300</td> <td>0</td> <td>-300</td> <td>-150</td> </tr> <tr> <td>$\overrightarrow{A_7}$</td> <td>55</td> <td>1,86</td> <td>h</td> <td>12</td> <td>300</td> <td>0</td> <td>-300</td> <td>-150</td> </tr> <tr> <td>$\overrightarrow{A_8}$</td> <td>43</td> <td>1,56</td> <td>h</td> <td>12</td> <td>250</td> <td>0</td> <td>-250</td> <td>-125</td> </tr> <tr> <td>$\overrightarrow{A_9}$</td> <td>71</td> <td>1,86</td> <td>h</td> <td>12</td> <td>300</td> <td>0</td> <td>-300</td> <td>-150</td> </tr> <tr> <td>$\overrightarrow{A_{10}}$</td> <td>15</td> <td>1,08</td> <td>h</td> <td>11</td> <td>110</td> <td>0</td> <td>-110</td> <td>-55</td> </tr> <tr> <td>$\overrightarrow{A_{11}}$ (станд.)</td> <td>25</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>12</td> <td>21</td> <td>0</td> <td>-21</td> <td>-10,5</td> </tr> <tr> <td>$\overrightarrow{A_{12}}$</td> <td>6</td> <td>0,73</td> <td>js</td> <td>12</td> <td>150</td> <td>75</td> <td>-75</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>$\overrightarrow{A_{13}}$</td> <td>390</td> <td>3,54</td> <td>h</td> <td>12</td> <td>570</td> <td>0</td> <td>-570</td> <td>-285</td> </tr> </tbody> </table>										Обозначение	Номинальный размер, мм	i, мкм	Обозначение основного отклонения	Квалитет	Допуск	Верхнее отклонение В	Нижнее отклонение Н	Середина поля допуска	МКМ	A _Δ	1,4	—	—	—	1100	600	-500	-50	$\overrightarrow{A_{1(к)}}$	6	—	—	—	188	—	—	-731	$\overrightarrow{A_2}$	5	0,73	h	12	120	0	-120	-60	$\overrightarrow{A_3}$ (станд.)	25	—	—	—	21	0	-21	-10,5	$\overrightarrow{A_4}$	12	1,08	h	12	180	0	-180	-90	$\overrightarrow{A_5}$	63	1,86	h	12	300	0	-300	-150	$\overrightarrow{A_6}$	63	1,86	h	12	300	0	-300	-150	$\overrightarrow{A_7}$	55	1,86	h	12	300	0	-300	-150	$\overrightarrow{A_8}$	43	1,56	h	12	250	0	-250	-125	$\overrightarrow{A_9}$	71	1,86	h	12	300	0	-300	-150	$\overrightarrow{A_{10}}$	15	1,08	h	11	110	0	-110	-55	$\overrightarrow{A_{11}}$ (станд.)	25	—	—	12	21	0	-21	-10,5	$\overrightarrow{A_{12}}$	6	0,73	js	12	150	75	-75	0	$\overrightarrow{A_{13}}$	390	3,54	h	12	570	0	-570	-285
	Обозначение	Номинальный размер, мм	i, мкм	Обозначение основного отклонения	Квалитет	Допуск	Верхнее отклонение В	Нижнее отклонение Н	Середина поля допуска																																																																																																																																									
МКМ																																																																																																																																																		
A _Δ	1,4	—	—	—	1100	600	-500	-50																																																																																																																																										
$\overrightarrow{A_{1(к)}}$	6	—	—	—	188	—	—	-731																																																																																																																																										
$\overrightarrow{A_2}$	5	0,73	h	12	120	0	-120	-60																																																																																																																																										
$\overrightarrow{A_3}$ (станд.)	25	—	—	—	21	0	-21	-10,5																																																																																																																																										
$\overrightarrow{A_4}$	12	1,08	h	12	180	0	-180	-90																																																																																																																																										
$\overrightarrow{A_5}$	63	1,86	h	12	300	0	-300	-150																																																																																																																																										
$\overrightarrow{A_6}$	63	1,86	h	12	300	0	-300	-150																																																																																																																																										
$\overrightarrow{A_7}$	55	1,86	h	12	300	0	-300	-150																																																																																																																																										
$\overrightarrow{A_8}$	43	1,56	h	12	250	0	-250	-125																																																																																																																																										
$\overrightarrow{A_9}$	71	1,86	h	12	300	0	-300	-150																																																																																																																																										
$\overrightarrow{A_{10}}$	15	1,08	h	11	110	0	-110	-55																																																																																																																																										
$\overrightarrow{A_{11}}$ (станд.)	25	—	—	12	21	0	-21	-10,5																																																																																																																																										
$\overrightarrow{A_{12}}$	6	0,73	js	12	150	75	-75	0																																																																																																																																										
$\overrightarrow{A_{13}}$	390	3,54	h	12	570	0	-570	-285																																																																																																																																										
Справ. №	<p>Определение числа ступеней компенсации</p> $N_{min} = \frac{\sum_j^{m-2} T_j}{T_{\Delta} - T_{\kappa}}, \quad (7.11)$ <p>где $\sum_j^{m-2} T_j$ – сумма допусков составляющих звеньев без допуска на компенсатор;</p> <p>T_{κ} – допуск на отдельный компенсатор в комплекте</p> $T_{\kappa} = (0,1 \dots 0,3)T_{\Delta} = 0,15 \cdot 1100 = 165 \text{ мкм.} \quad (7.12)$ <p>Принимаем $T_{\kappa} = 180 \text{ мкм}$ (13 квалитет).</p>																																																																																																																																																	
	<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Под-</td> <td>Дат.</td> <td rowspan="2">КР.НТИ.07.00.00</td> <td>Лист</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>43</td> </tr> </table>										Изм.	Лист	№ докум.	Под-	Дат.	КР.НТИ.07.00.00	Лист						43																																																																																																																											
Изм.	Лист	№ докум.	Под-	Дат.	КР.НТИ.07.00.00	Лист																																																																																																																																												
						43																																																																																																																																												
Инв. №	<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Под-</td> <td>Дат.</td> <td rowspan="2">КР.НТИ.07.00.00</td> <td>Лист</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>43</td> </tr> </table>										Изм.	Лист	№ докум.	Под-	Дат.	КР.НТИ.07.00.00	Лист						43																																																																																																																											
	Изм.	Лист	№ докум.	Под-	Дат.	КР.НТИ.07.00.00	Лист																																																																																																																																											
					43																																																																																																																																													
Подпись и дата	<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Под-</td> <td>Дат.</td> <td rowspan="2">КР.НТИ.07.00.00</td> <td>Лист</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>43</td> </tr> </table>										Изм.	Лист	№ докум.	Под-	Дат.	КР.НТИ.07.00.00	Лист						43																																																																																																																											
	Изм.	Лист	№ докум.	Под-	Дат.	КР.НТИ.07.00.00	Лист																																																																																																																																											
					43																																																																																																																																													
Взам. инв.	<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Под-</td> <td>Дат.</td> <td rowspan="2">КР.НТИ.07.00.00</td> <td>Лист</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>43</td> </tr> </table>										Изм.	Лист	№ докум.	Под-	Дат.	КР.НТИ.07.00.00	Лист						43																																																																																																																											
	Изм.	Лист	№ докум.	Под-	Дат.	КР.НТИ.07.00.00	Лист																																																																																																																																											
					43																																																																																																																																													
Инв. №	<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Под-</td> <td>Дат.</td> <td rowspan="2">КР.НТИ.07.00.00</td> <td>Лист</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>43</td> </tr> </table>										Изм.	Лист	№ докум.	Под-	Дат.	КР.НТИ.07.00.00	Лист						43																																																																																																																											
	Изм.	Лист	№ докум.	Под-	Дат.	КР.НТИ.07.00.00	Лист																																																																																																																																											
					43																																																																																																																																													

Перв. примен.

Cnrag. No

Принимаем $N = 2$.

$$\Delta = \sum_{d=1}^{n-2} T_j = \frac{120 + 21 + 180 + 300 + 300 + 300 + 250 + 300 + 110 + 21 + 150 - 570}{2} = 741 \text{ MKM.} \quad (7.13)$$

Подпись и дата

И.в. №

ВЗАМ. УНВ.

Подпись и дата

ИИВ. № 0

КР.НТИТИ.07.00.00

Πύρι

44

ИЗДА

Πικ

№ докум

Под-

Ла

Перв. примен.	<h2 style="margin: 0;">8 РАСЧЕТ И НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И ВИДА СОПРЯЖЕНИЯ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ</h2>																						
	<p>Исходные данные:</p> <p>$m = 3$ мм;</p> <p>$Z_1 = 23$;</p> <p>$Z_2 = 69$;</p> <p>$n = 1380$ об/мин;</p> <p>Рабочая температура передачи 55 °С;</p> <p>Рабочая температура корпуса 20 °С.</p> <p>Определяем межосевое расстояние</p>																						
Справ. №	$a_w = 0,5 \cdot (Z_1 + Z_2)m = 0,5(23 + 69) \cdot 3 = 138 \text{ мм.} \tag{8.1}$																						
	<p>Делительный диаметр</p>																						
$d_1 = Z_1 m = 23 \cdot 3 = 69 \text{ мм;} \tag{8.2}$																							
$d_2 = Z_2 m = 69 \cdot 3 = 207 \text{ мм.} \tag{8.3}$																							
Подпись и дата	<p>Окружная скорость вращения пары</p>																						
	$V = \frac{\pi d_1 n}{60 \cdot 1000} = \frac{\pi \cdot 69 \cdot 1380}{60 \cdot 1000} = 4,98 \frac{\text{м}}{\text{с}} \tag{8.4}$																						
Инв. №	<p>Т.к. окружная скорость меньше 6 м/с, принимаем степень точности зубчатой передачи – 8; степень точности по нормам плавности работы – 8; степень точности по нормам контакта зубьев – 8 [1, с. 328, таблица 5.12].</p>																						
	<p>Показатели для контроля зубчатого соединения приведены в таблице 8.1. Данные показатели устанавливаются согласно [11].</p>																						
Взам. инв.	<p>Таблица 8.1 – Комплексные показатели и допуски для их контроля</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <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> <tr> <td>Колебание измерительного межосевого расстояния за оборот зубчатого колеса</td> <td>Кинематическая точность</td> <td>F_i''</td> <td>63</td> </tr> <tr> <td>Радиальное биение зубчатого венца</td> <td>Кинематическая точность</td> <td>F_r</td> <td>45</td> </tr> </table>					Наименование показателей	Норма	Условное обозначение допуска	Величина допуска, мкм	Колебание измерительного межосевого расстояния за оборот зубчатого колеса	Кинематическая точность	F_i''	63	Радиальное биение зубчатого венца	Кинематическая точность	F_r	45						
	Наименование показателей	Норма	Условное обозначение допуска	Величина допуска, мкм																			
Колебание измерительного межосевого расстояния за оборот зубчатого колеса	Кинематическая точность	F_i''	63																				
Радиальное биение зубчатого венца	Кинематическая точность	F_r	45																				
Подпись и дата	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; height: 20px;"></td> <td style="width: 15%; height: 20px;"></td> <td style="width: 15%; height: 20px;"></td> <td style="width: 15%; height: 20px;"></td> <td style="width: 15%; height: 20px;"></td> <td rowspan="3" style="width: 40%; text-align: center; vertical-align: middle; padding: 10px;"> <div style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">КР.НТИТИ.07.00.00</div> </td> <td style="width: 10%; text-align: center; vertical-align: middle;">Пис</td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">45</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 0.8em;">Изм</td> <td style="font-size: 0.8em;">Пис</td> <td style="font-size: 0.8em;">№ докум</td> <td style="font-size: 0.8em;">Под-</td> <td style="font-size: 0.8em;">Да</td> </tr> </table>										<div style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">КР.НТИТИ.07.00.00</div>	Пис						45	Изм	Пис	№ докум	Под-	Да
						<div style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">КР.НТИТИ.07.00.00</div>	Пис																
					45																		
Изм	Пис	№ докум	Под-	Да																			
Инв. №																							

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;">f_i'</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">36</td> </tr> <tr> <td>Предельные отклонения шага</td> <td style="text-align: center;">f_{Pt}</td> <td style="text-align: center;">± 20</td> </tr> <tr> <td>Предельные отклонения шага зацепления</td> <td style="text-align: center;">f_{Pb}</td> <td style="text-align: center;">± 19</td> </tr> <tr> <td>Допуск на погрешность профиля зуба</td> <td style="text-align: center;">f_f</td> <td style="text-align: center;">14</td> </tr> <tr> <td>Колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе</td> <td style="text-align: center;">f_i''</td> <td style="text-align: center;">28</td> </tr> <tr> <td>Суммарное пятно контакта</td> <td style="text-align: center;">Контакт зубьев</td> <td style="text-align: center;">По длине</td> <td style="text-align: center;">50%</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">По высоте</td> <td style="text-align: center;">40%</td> </tr> </table>					Допуск на местную кинематическую погрешность зубчатого колеса	Плавность работы	f_i'	36	Предельные отклонения шага	f_{Pt}	± 20	Предельные отклонения шага зацепления	f_{Pb}	± 19	Допуск на погрешность профиля зуба	f_f	14	Колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе	f_i''	28	Суммарное пятно контакта	Контакт зубьев	По длине	50%			По высоте	40%
	Допуск на местную кинематическую погрешность зубчатого колеса	Плавность работы	f_i'	36																									
Предельные отклонения шага	f_{Pt}		± 20																										
Предельные отклонения шага зацепления	f_{Pb}		± 19																										
Допуск на погрешность профиля зуба	f_f		14																										
Колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе	f_i''		28																										
Суммарное пятно контакта	Контакт зубьев	По длине	50%																										
		По высоте	40%																										
Справ. №																													

Выбор вида сопряжения.

Боковой зазор, соответствующий температурной компенсации

$$j_{n_1} = 0,684 a_n [\alpha_{p1}(t_1 - 20^\circ) - \alpha_{p2}(t_2 - 20^\circ)], \quad (8.5)$$

где a_w – межосевое расстояние, $a_w = 138$ мм.

α_{p1} – коэффициент линейного расширения для материалов зубчатых колес, $\alpha_{p1} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ c}^{-1}$ [1, с. 187, таблица 1.62];

α_{p2} – коэффициент линейного расширения для материалов корпуса, $\alpha_{p2} = 10,5 \cdot 10^{-6} \text{ c}^{-1}$ [1, с. 187, таблица 1.62];

t_1 – предельная температура зубчатых колес для которых рассчитывается боковой зазор, $t_1 = 55^\circ \text{C}$;

t_2 – предельная температура корпуса для которого рассчитывается боковой зазор, $t_2 = 20^\circ \text{C}$.

Тогда

$$j_{n_1} = 0,684 \cdot 138 \cdot [12 \cdot 10^{-6}(55 - 20) - 10,5 \cdot 10^{-6}(20 - 20)] = 40 \text{ мкм.}$$

Величина бокового зазора, необходимая для размещения слоя смазки

$$j_{n_2} = (10 \dots 30)t = 20 \cdot 3 = 60 \text{ мкм.} \quad (8.6)$$

Таким образом гарантированный зазор

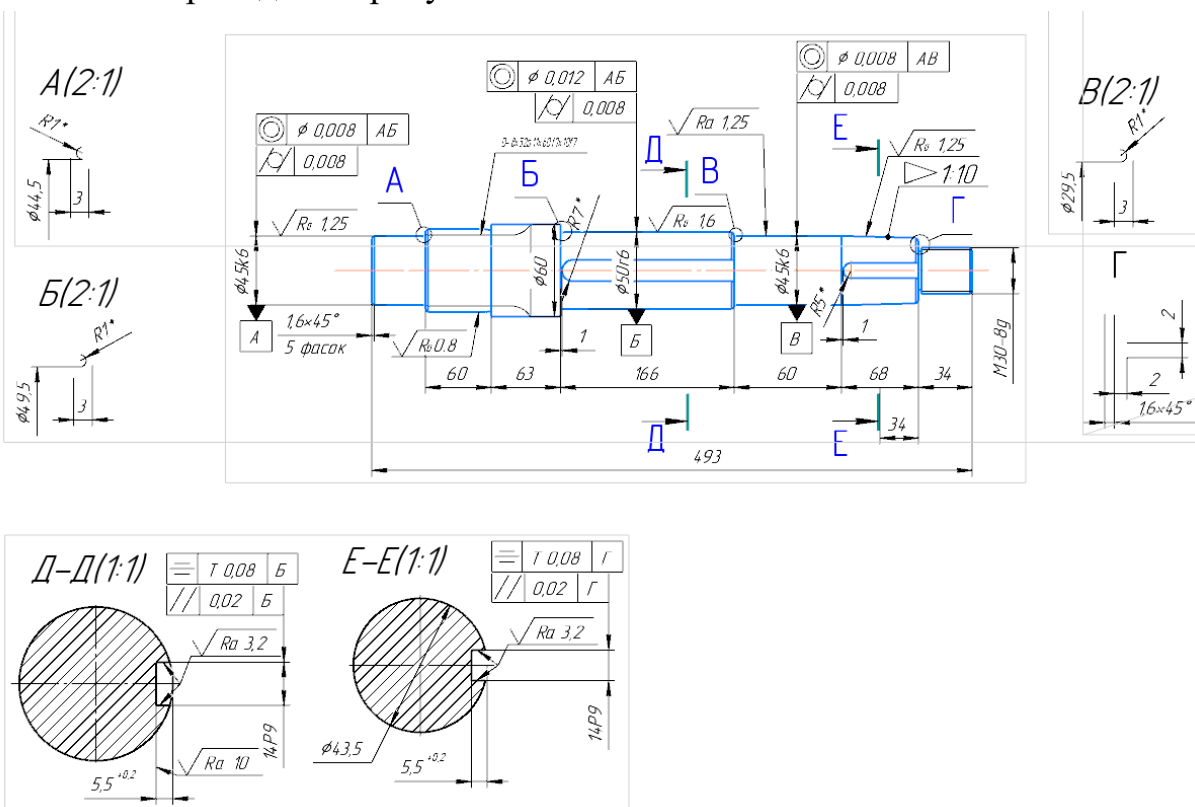
Инв. №					Лист
	Изм	Лист	№ докум	Под-	

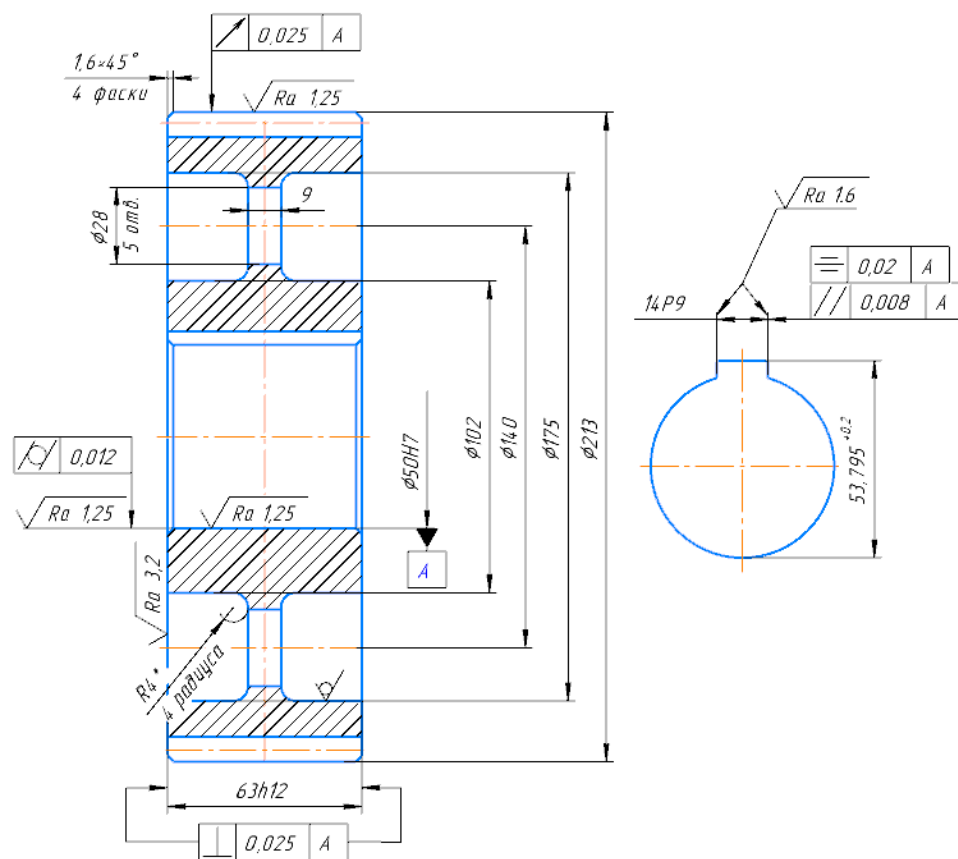
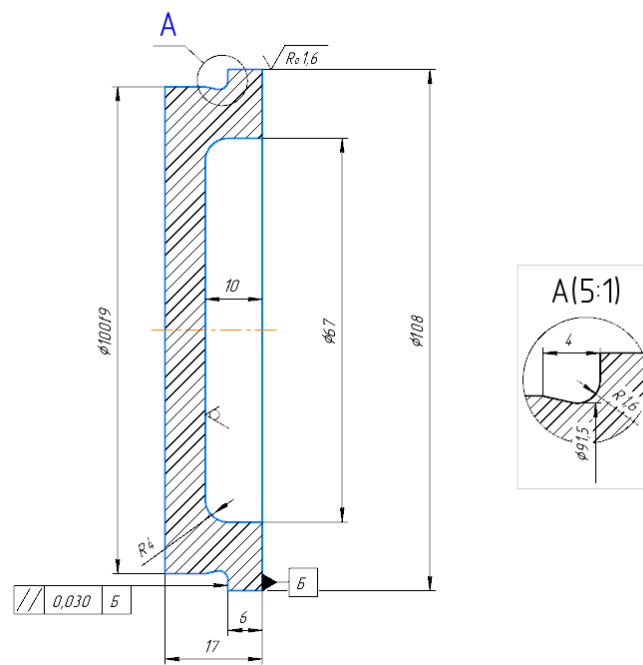
КР.НТИТИ.07.00.00

46

Перв. примен.	$j_{n\ min} \geq j_{n_1} + j_{n_2} = 40 + 60 = 100\ \text{мм.} \tag{8.7}$ <p>Выбираем вид сопряжения С, для которого $j_{n\ min} = 100\ \text{мм}$ [11, с. 22, таблица 13].</p> <p>Наименьший свободный угловой поворот зубчатого колеса ($\alpha = 20^\circ$)</p> $\Delta\varphi_{min} = \frac{2j_{n\ min}}{mZ \cos \alpha} 206 ; \tag{8.8}$ <p>Тогда</p> $\Delta\varphi_{min1} = \frac{2 \cdot 100}{3 \cdot 23 \cdot \cos 20} \cdot 206 = 635\ \text{с} = 10'35'';$ $\Delta\varphi_{min2} = \frac{2 \cdot 100}{3 \cdot 69 \cdot \cos 20} \cdot 206 = 212\ \text{с} = 3'32'' .$ <p>Принимаем [11]:</p> <p>вид сопряжения зубчатых колес С;</p> <p>вид допуска на боковой зазор с;</p> <p>класс отклонения IV.</p> <p>Условное обозначение передачи: 8–С 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 С, видом допуска на боковой зазор с и соответствием между видом сопряжения и классом отклонения межосевого расстояния.</p> <p>Длина общей нормали [1, с. 360, таблица 5.30]</p> $W = W_1 m, \tag{8.9}$ <p>где W_1 – длина общей нормали при $m = 1\ \text{мм}$;</p> <p>m – модуль зацепления.</p> <p>Тогда</p> $W_I = 4.75 \cdot 3 = 14.25\ \text{мм};$ $W_{II} = 20.155 \cdot 3 = 60.465\ \text{мм}.$ <p>Предельные отклонения для $Z_1 = 23$ [11, с. 24-25, таблицы 16-17]</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.07.00.00</div> <div> <div>Лист</div> <div>47</div> </div>				

Перв. примен.	$E_{w_{ms}} = -(80 + 18) = -98 \text{ мкм};$ <div>(8.10)</div> <p>Допуск на среднюю длину общей нормали $T_{w_m} = 90 \text{ мкм}$ [11, с. 26, таблица 18].</p> <p>Нижнее отклонение длины общей нормали</p> $(E_{w_{ms}} +T_{w_m}) = -(98 + 90) = -188 \text{ мкм}.$ <div>(8.11)</div> <p>Тогда</p> $W_I = 14.25 \begin{smallmatrix} -0,098 \\ -0.188 \end{smallmatrix}.$ <p>Предельные отклонения для $Z_2 = 69$ [11, с. 24-25, таблицы 16-17]</p> $E_{w_{ms}} = -(110 + 18) = -128 \text{ мкм};$ <div>(8.12)</div> <p>Допуск на среднюю длину общей нормали $T_{w_m} = 90 \text{ мкм}$ [11, с. 26, таблица 18].</p> <p>Нижнее отклонение длины общей нормали</p> $(E_{w_{ms}} + T_{w_m}) = -(128 + 90) = -218 \text{ мкм};$ <div>(8.13)</div> <p>Тогда</p> $W_{II} = 60,465 \begin{smallmatrix} -0,128 \\ -0,218 \end{smallmatrix}.$				
	Справ. №				
Инва. №	Подпись и дата	Инва. №	Взам. инв.	Подпись и дата	<div>КР.НТИТИ.07.00.00</div> <div>Пис</div> <div>48</div>
	Изм	Пис	№ докум	Под-	

Перв. примен.	9 ВЫБОР ПОСАДОК ОТВЕТСТВЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ				
	Выбираем посадку подшипника: внутреннего кольца на вал $\varnothing 45 \frac{L6}{k6}$; наружного кольца в корпусе $\varnothing 100 \frac{H7}{l6}$. Посадка зубчатого колеса на вал $\varnothing 50 \frac{H7}{r6}$. Шпоночное соединение: шпонка – паз вала $14 \frac{P9}{h9}$; шпонка – паз втулки $14 \frac{P9}{h9}$. Крышка подшипника в корпус $\varnothing 100 \frac{H7}{f9}$. Эскиз вала приведен на рисунке 9.1.				
Справ. №					
	Рисунок 9.1 – Эскиз вала				
Подпись и дата					
Инв. №					
Взам. инв.					
Подпись и дата					
Инв. №					
	КР.НТИТИ.07.00.00				
Изм.	Лист	№ докум	Под-	Да	Лист 49

Перв. примен.	Эскиз зубчатого колеса приведен на рисунке 9.2.				
Справ. №					
Рисунок 9.2 – Эскиз зубчатого колеса					
Подпись и дата	Эскиз крышки подшипника приведен на рисунке 9.3.				
Инв. №					
Рисунок 9.3 – Эскиз крышки подшипника					
Инв. №					

КР.НТИ.07.00.00

Лис

50

Перв. примен.	<p>Вал. Допуск цилиндричности: на размер $\varnothing 45k6 - t = 0,016$ мм. Тогда</p> $T_{/o/} = 0,5t = 0,5 \cdot 0,016 = 0,008 \text{ мм.} \tag{9.1}$ <p>После округления $T_{/o/} = 0,008$ мм; на размер $\varnothing 50r6 - t = 0,016$ мм. Тогда</p> $T_{/o/} = 0,5 \cdot 0,016 = 0,008 \text{ мм.}$ <p>После округления $T_{/o/} = 0,008$ мм. Допуск соосности под подшипник</p> $T_{\odot} = 0,1L_{\text{уч}} T_{\text{табл}}, \tag{9.2}$ <p>где $T_{\text{табл}}$ – табличное значение соосности посадочной поверхности вала и корпуса в диаметральной выражении, $T_{\text{табл}} = 4$. Тогда</p> $T_{\odot} = 0,1 \cdot 23 \cdot 4 = 9,2 \text{ мкм.}$ <p>Принимаем $T_{\odot} = 0,01$ мм. Под колесом</p> $T_{\odot} = 0,1 \cdot 69 \cdot 4 = 28 \text{ мкм.}$ <p>Принимаем $T_{\odot} = 0,028$ мм. Степень точности допуска соосности – 8 [12, с. 340, таблица 22.7]. Допуск перпендикулярности $T_{\perp} = 0,04$ мм [12, с. 340, таблица 22.6]. Допуск размера паза 14P9 : $t = 0,043$ мм.</p> $T_{\parallel} = 0,5t_{\text{шп}} = 0,5 \cdot 0,043 = 0,0215 \text{ мм.} \tag{9.3}$ <p>Принимаем $T_{\parallel} = 0,02$ мм.</p> $T_{\div} = 2t_{\text{шп}} = 2 \cdot 0,043 = 0,086 \text{ мм.} \tag{9.4}$ <p>Принимаем $T_{\div} = 0,08$ мм.</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.07.00.00</div> <div>Лист</div> <div>51</div> </div>				

Перв. примен.	Назначаем шероховатость на цилиндрическую поверхность [12, с. 348, таблица 22.2] Ø45k6: Ra = 1,25 мкм; на поверхность Ø50r6: Ra = 1,6, Ø60h9: Ra = 2,5 мкм. Крышка подшипника допуск перпендикулярности: степень точности допуска при базировании подшипника – 8 [12, с. 415, таблица 22.12], то согласно T _⊥ = 0,03 мм [12, с. 340, таблица 22.6]; 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 22.9]. Допуск цилиндрической поверхности										
	Справ. №	$T_{/o/} = 0,5t = 0,5 \cdot 0,025 = 0,0125 \text{ мм.} \tag{9.5}$ Принимаем T _{/o/} = 0,012 мм. Допуск размера паза 14Js9 и 10 Js14 t _{шп} = 0,043 мм $T_{ } = 0,5t_{шп} = 0,5 \cdot 0,043 = 0,0215 \text{ мм.} \tag{9.6}$ Принимаем T = 0,02 мм. $T_{\div} = 2t_{шп} = 2 \cdot 0,043 = 0,086 \text{ мм.} \tag{9.7}$ Принимаем T _÷ = 0,08 мм.									
Подпись и дата		Инв. №	Взам. инв.	Подпись и дата	Инв. №	Изм.	Лист	№ докум.	Под-	Да	КР.НТИТИ.07.00.00
	52										

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.НТИТИ.07.00.00
Изм	Лист	№ докум	Под-	Да	Лист
					53

Перв. примен.	<h2>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</h2> <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. №					
Изм.	Лист	№ докум.	Под-	Ла	КР.НТИТИ.07.00.00
					Лист
					54

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.07.00.00
							Лист 55