

**Методические указания
к выполнению практических работ по дисциплине
«ТЕХНОЛОГИЯ КОНТРОЛЯ И ИСПЫТАНИЙ МАШИН»**

Составитель: доц., к.т.н. Прокопец Г.А.

Практическое занятие № 1.

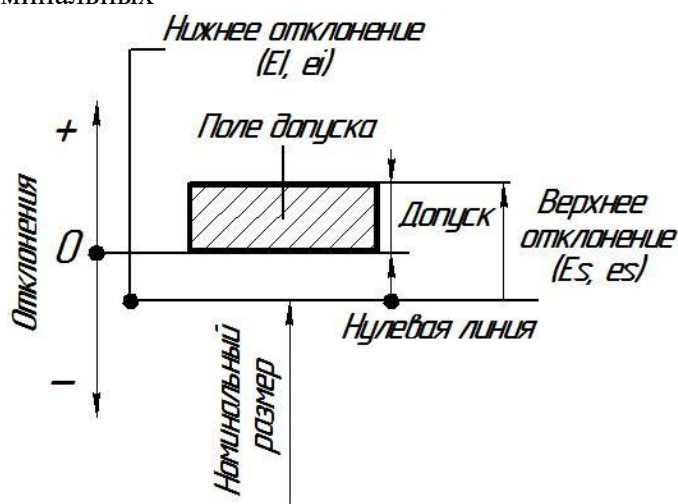
Выявление и анализ показателей качества из размерного описания детали

Основные определения.

Вал - это термин, условно применяемый для обозначения наружных элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы. Отверстие - это термин, условно применяемый для обозначения внутренних элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы.

Размер - это числовое значение линейной величины (диаметра, длины и т.п.) в выбранных единицах измерения. Отклонение - это алгебраическая разность между размером (действительным или предельным размером) и соответствующим номинальным размером. Верхнее отклонение - это алгебраическая разность между наибольшим предельным и соответствующим номинальным размерами ES - верхнее отклонение отверстия, es - верхнее отклонение вала. Нижнее отклонение - это алгебраическая разность между наименьшим предельным и соответствующим номинальным размерами. EI - нижнее отклонение отверстия, ei - нижнее отклонение вала.

Допуск (IT) - это разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или алгебраическая разность между верхним и нижним отклонениями. Допуск является скалярной величиной без знака. Положение допуска относительно нулевой линии определяется основным отклонением – одним из двух предельных отклонений, ближайшим к нулевой линии, и обозначается одной из букв (или их сочетаний) латинского алфавита. Единица допуска (i , I) - это множитель в формулах допусков, являющийся функцией номинального размера и служащий для определения числового значения допуска. Квалитет - это совокупность допусков, рассматриваемых как соответствующие одному уровню точности для всех номинальных



Допуск IT рассчитывается по формуле:

$$IT = k * i$$

где k – число единиц допуска, установленное для каждого квалитета; i – единица допуска, зависящая только от размера (табл. 1)

Стандартом установлены квалитеты: 01, 0, 1, 2, 3, 4, 5, ..., 11, 12...18. Самые точные квалитеты 01, 0, 1, 2, 3, 4, как правило, применяются при изготовлении образцовых мер и калибров. Квалитеты с 5-го по 11-й, как правило, применяются для сопрягаемых элементов деталей. Квалитеты с 12-го по 18-й применяются для несопрягаемых элементов деталей. Чтобы максимально сократить число значений допусков при построении рядов допусков,

стандартом установлены интервалы размеров, внутри которых значение допуска для данного качества не меняется.

Таблица 1 (Таблица дана в сокращении)¹

Квалитет	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Число единиц допуска k	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500
Допуск для размеров до 500 мм	IT = k * i где i = 0,45 * D ^{1/3} + 0,001 * D, мкм													
Допуск для размеров свыше 500 до 3150 мм	IT = k * I где I = 0,004 * D + 2,1, мкм													
Примечания: D – среднее геометрическое из крайних значений каждого интервала номинальных размеров, мм														

Средним геометрическим нескольких положительных вещественных чисел называется такое число, которым можно заменить каждое из этих чисел так, чтобы их произведение не изменилось. Более формально:

$$G(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sqrt[n]{x_1 x_2 \dots x_n} = \left(\prod_{i=1}^n x_i \right)^{1/n}$$

Таблица 2. Значения допусков, мкм

Интервал номинальных размеров, мм	Квалитет										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
До 3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400
Св. 3 до 6	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480
Св. 6 до 10	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580
Св. 10 до 18	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700
Св. 18 до 30	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840
Св. 30 до 50	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000
Св. 50 до 80	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200
Св. 80 до 120	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400
Св. 120 до 180	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600
Св. 180 до 250	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850
Св. 250 до 315	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100
Св. 315 до 400	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300
Св. 400 до 500	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500
Св. 500 до 630	30	44	70	110	175	280	440	700	1100	1750	2800
Св. 630 до 800	35	50	80	125	200	320	500	800	1250	2000	3200
Св. 800 до 1000	40	56	90	140	230	360	560	900	1400	2300	3600
Св. 1000 до 1250	46	66	105	165	260	420	660	1050	1650	2600	4200
Св. 1250 до 1600	54	78	125	195	310	500	780	1250	1950	3100	5000
Св. 1600 до 2000	65	92	150	230	370	600	920	1500	2300	3700	6000
Св. 2000 до 2500	77	110	175	280	440	700	1100	1750	2800	4400	7000
Св. 2500 до 3150	93	135	210	330	540	860	1350	2100	3300	5400	8600

Поле допуска – поле, ограниченное наибольшим и наименьшим предельными размерами и определяемое величиной допуска и его положением относительно нулевой линии, соответствующей номинальному размеру. Графическое изображение полей допусков посадки с зазором приведено на рис. 1.

¹ В.И.Анухин. Допуски и посадки. 5-е издание. - СПб: Питер, 2012.

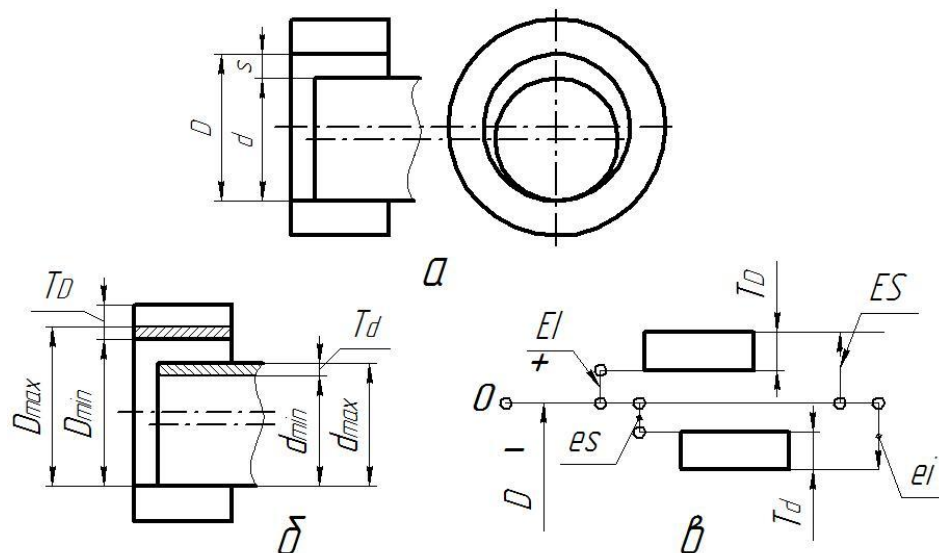
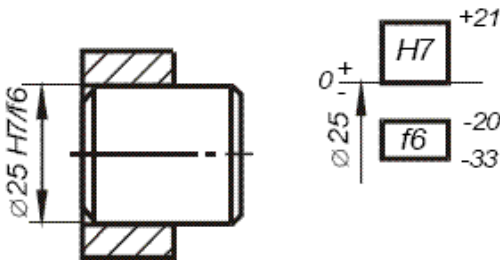
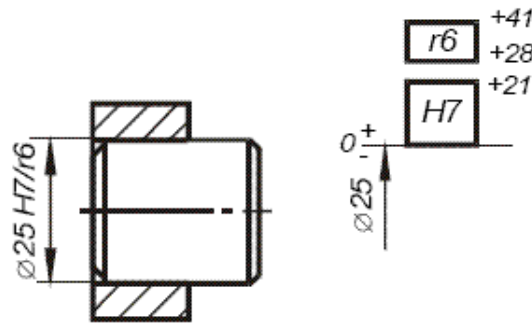
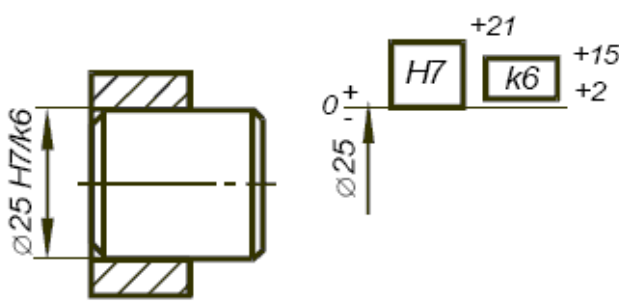


Рисунок 1.1.

В зависимости от взаимного расположения полей допусков отверстия и вала различают посадки трех типов: с зазором, с натягом и переходные. В таблице на рис. в, г, д приведены примеры различных посадок. Указаны формулы для расчета зазоров и натягов в соединениях и амплитуды их колебаний, называемые допуском посадки **TS, TN**). При расчете и выборе посадок конструктора могут интересовать не только предельные зазоры и натяги, но и средние, обычно наиболее вероятные, зазоры и натяги: средний зазор: $S_c = (S_{max} + S_{min}) / 2$, средний натяг: $N_c = (N_{max} + N_{min}) / 2$.

Таблица 1.1.

Отверстие		
а)		Верхнее отклонение: $ES = +21$ мкм Нижнее отклонение: $EI = 0$ Допуск: $T = ES - EI = +21 - 0 = 21$ мкм
Вал		
б)		Верхнее отклонение: $es = -20$ мкм Нижнее отклонение: $ei = -33$ мкм Допуск: $Td = es - ei = -20 - (-33) = 13$ мкм
Посадка с зазором		

<p>в)</p> 	<p>Параметры отверстия: $ES = +21$ мкм $EI = 0$, $TD = 21$ мкм Параметры вала: $es = -20$ мкм $ei = -33$ мкм, $Td = 13$ мкм Наибольший и наименьший зазоры: $S_{max} = ES - ei = +21 - (-33) = 54$ мкм $S_{min} = EI - es = 0 - (-20) = 20$ мкм Допуск посадки: $TS = S_{max} - S_{min} = 54 - 20 = 34$ мкм $TS = ES - ei - EI + es = TD + Td$ $TS = 21 + 13 = 34$ мкм</p>
Посадка с натягом	
<p>г)</p> 	<p>Параметры отверстия: $ES = +21$ мкм $EI = 0$ $TD = 21$ мкм Параметры вала: $es = +41$ мкм $ei = +28$ мкм $Td = 13$ мкм Наибольший и наименьший натяги: $N_{max} = es - EI = +41 - 0 = 41$ мкм $N_{min} = ei - ES = +28 - 21 = 7$ мкм Допуск посадки: $TN = N_{max} - N_{min} = 41 - 7 = 34$ мкм $TN = es - EI - ei + ES = TD + Td$ $TN = 21 + 13 = 34$ мкм</p>
Посадка переходная	
<p>д)</p> 	<p>Параметры отверстия: $ES = +21$ мкм $EI = 0$, $T = 21$ мкм Параметры вала: $es = +15$ мкм $ei = +2$ мкм $T = 13$ мкм Наибольший и наименьший натяги: $N_{max} = es - EI = +15 - 0 = 15$ мкм $N = ei - ES = +2 - 21 = -19$ мкм - $N_{min} = S_{max}$ Допуск посадки: $TN = N_{max} - N_{min} = 15 - (-19) = 34$ мкм $TN = es - EI - ei + ES = T + T$ $TN = 21 + 13 = 34$ мкм</p>

Нанесение предельных отклонений размеров

Способы нанесения предельных отклонений линейных размеров приведены в таблице 2. При указании предельных отклонений следует руководствоваться следующими правилами.

- Предельные отклонения размеров следует указывать непосредственно после номинальных размеров.

- Предельные отклонения линейных и угловых размеров относительно низкой точности допускается не указывать непосредственно после номинальных размеров, а оговаривать общей записью в технических требованиях чертежа. Например, H14, h14, $\pm IT14/2$, что означает неуказанные предельные отклонения отверстий должны быть выполнены по H14, валов – по h14, прочие размеры должны иметь симметричные отклонения $\pm IT14/2$. Данная запись одновременно устанавливает предельные отклонения радиусов закруглений, фасок, углов с неуказанными допусками. Предельные отклонения угловых размеров указывают только числовыми значениями.

Таблица 1.2.

Способы указания на чертежах предельных отклонений			
	$\varnothing 64 k6$	$\varnothing 64 H7$	$\varnothing 64 \frac{H7}{k6}$
	$\varnothing 64 \begin{smallmatrix} +0.021 \\ +0.002 \end{smallmatrix}$	$\varnothing 64 \begin{smallmatrix} +0.03 \end{smallmatrix}$	$\varnothing 64 \begin{smallmatrix} +0.030 \\ +0.021 \\ +0.002 \end{smallmatrix}$
	$\varnothing 64 k6 \begin{smallmatrix} (+0.021) \\ (+0.002) \end{smallmatrix}$	$\varnothing 64 H7 \begin{smallmatrix} (+0.03) \end{smallmatrix}$	$\varnothing 64 \frac{H7 \begin{smallmatrix} (+0.030) \end{smallmatrix}}{k6 \begin{smallmatrix} (+0.021) \\ (+0.002) \end{smallmatrix}}$

Последовательность выполнения работы.

1. Рассчитать величины допусков по единице допуска для предложенных допусков и квалитетов. Сравните полученные величины с табличными.
2. На основе анализа чертежа заданной детали выявить наиболее точные размеры детали (4..6 размеров), определить для них допуски, отклонения формы поверхностей, формирующих их, точность взаимного расположения поверхностей детали.
3. Рассортировать размеры по характеру: наружные, внутренние, размеры взаимного расположения поверхностей.
4. Определить допустимую погрешность измерения для выбранных размеров.

Практическая работа №2.

Выбор контрольно-измерительных средств для контроля линейных размеров деталей

1 Цель работы: Ознакомление с методикой выбора контрольно-измерительного средства при контроле линейных размеров различной точности.

2 Последовательность выполнения работы:

2.1 Анализ исходных данных.

Исходными данными являются: чертеж изделия (детали, сборочной единицы), технологический процесс изготовления изделия, тип производства, в условиях которого будет реализован технологический процесс.

Необходимо изучить чертеж детали, четко определить форму контролируемой поверхности, доступ к ней, численные значения допуска на контролируемый размер и его расположение. При выборе контрольно-измерительного средства необходимо учитывать тип производства. В единичном и мелкосерийном производстве применяют универсальные средства контроля и измерений, так как изготовление специальной оснастки не только экономически нецелесообразно, но и значительно удлиняет процесс ТПП. В крупносерийном и массовом производстве применяют специализированные или специальные средства, а универсальные средства применяют для наладки и контроля технологического процесса. В среднесерийном производстве в зависимости от объема выпуска деталей и степени автоматизации оборудования, применяемого в технологическом процессе, допускается применение как специализированных, так и универсальных средств контроля. Изучение технологического процесса изготовления детали позволяет определить состояние поверхностей детали и грамотно определить измерительные базы для контроля рассматриваемого параметра.

2.2 Выбор измерительных баз.

Выбор баз оказывает существенное влияние на точность измерений. Необходимо руководствоваться принципом совмещения баз: целесообразно, чтобы измерительная база совпадала с конструкторской размерной базой. В противном случае при выборе средства измерения придется учитывать погрешность, вызванную несовпадением баз. При этом необходимо обеспечить наибольшую возможную точность положения измерительной базы относительно конструкторской размерной базы. При выборе баз необходимо также обеспечить, чтобы линия измерения совпадала с направлением измеряемого размера.

2.3 Определение максимально допустимой погрешности измерения.

Максимально допустимая погрешность измерения $\Delta_{\text{изм}}$ зависит от размеров поверхности и качества точности контролируемого размера. Максимально допустимая погрешность измерения определяется по таблице 2.1, причем следует выбирать ее величину по ближайшему меньшему значению. Допускается определять $\Delta_{\text{изм}}$ для грубых качеств - около 20%, для точных качеств - около 35% от допуска на размер. Установленные стандартом погрешности измерения являются наибольшими, которые можно допускать при измерении, они включают как случайные, так и неучтенные систематические погрешности измерения. Случайная погрешность измерения не должна превышать 0,6 от предела допускаемой погрешности измерения.

Таблица 2.1 - Погрешность измерения

Номинальные размеры, мм	Погрешность измерения $\Delta_{\text{изм}}$ в зависимости от качества, мкм							
	2	3	4	5	6	7	8	9
До 3	0,4	0,8	1,0	1,4	1,8	3,0	3,0	6
Св. 2 до 6	0,6	1,0	1,4	1,6	2,0	3,0	4,0	8
Св. 6 до 10	0,6	1,0	1,4	2,0	2,0	4,0	5,0	9
Св. 10 до 18	0,8	1,2	1,6	2,8	3,0	5,0	7,0	10
Св. 18 до 30	1,0	1,4	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0	12
Св. 30 до 50	1,0	1,4	2,4	4,0	5,0	7,0	10,0	16
Св. 50 до 80	1,2	1,8	2,8	4,0	5,0	9,0	12,0	18
Св. 80 до 120	1,6	2,0	3,0	5,0	6,0	10,0	12,0	20
Св. 120 до 180	2,0	2,8	4,0	6,0	7,0	12,0	16,0	30
Св. 180 до 250	2,8	4,0	5,0	7,0	8,0	12,0	18,0	30
Св. 250 до 315	3,0	4,0	5,0	8,0	10,0	14,0	20,0	30
Св. 315 до 400	3,0	5,0	6,0	9,0	10,0	16,0	24,0	40
Св. 400 до 500	4,0	5,0	6,0	9,0	12,0	18,0	26,0	40
Номинальные размеры, мм	Погрешность измерения $\Delta_{\text{изм}}$ в зависимости от качества, мкм							
	10	11	12	13	14	15	16	17
До 3	8	12	20	30	50	80	120	200

Св. 2 до 6	10	16	30	40	60	100	160	240
Св. 6 до 10	12	18	30	50	80	120	200	300
Св. 10 до 18	14	30	40	60	90	140	240	380
Св. 18 до 30	18	30	50	70	120	180	280	440
Св. 30 до 50	20	40	50	80	140	200	320	500
Св. 50 до 80	30	40	60	100	160	240	400	600
Св. 80 до 120	30	50	70	120	180	280	440	700
Св.120 до 180	40	50	80	140	200	320	500	800
Св.180 до 250	40	60	100	160	240	380	600	1000
Св.250 до 315	50	70	120	180	260	440	700	1100
Св.315 до 400	50	80	120	180	280	460	800	1200
Св.400 до 500	50	80	140	200	320	500	800	1400

2.4 Определение степени влияния погрешности измерения на точность размера.

Влияние погрешности измерения может проявлять в том, что часть измеренных деталей m будет отнесена к годным, хотя истинные значения их размеров находятся за пределами поля допуска (неправильно принятые), а часть деталей n , имеющих размеры в пределах допуска, будет отнесена к бракованным (неправильно забракованные). Параметр C характеризует вероятностную предельную величину выхода размера за каждую границу поля допуска у неправильно принятых деталей. Параметры m , n и C определяется вероятностным расчетом и зависят от законов распределения погрешности изготовления и измерения. На рисунках 2.1 – 2.3 представлены графики для определения величин m , n и C при распределении контролируемых параметров по нормальному закону (сплошные кривые) и по закону равной вероятности (штриховые кривые). По оси абсцисс указана относительная точность изготовления изделий, выраженная как отношение допуска изготовления IT к среднему квадратическому отклонению погрешности изготовления $\sigma_{\text{тех}}$. Параметры m и C определены с доверительной вероятностью 0,9973. Каждая кривая графика соответствует определенному значению относительной погрешности измерения

$$A_{\text{мет}}(\sigma) = \frac{\sigma}{IT} \cdot 100\%$$

где σ - среднее квадратическое отклонение погрешности измерения.

При определении параметров m , n и C рекомендуется принимать $A_{\text{мет}}(\sigma) = 16\%$ - для квалитетов 2-7; 12% - для квалитетов 8 и 9; 10% - для 10 квалитета и грубее. Параметры m , n и C на рисунках 2.1 и 2.3 даны при симметричном расположении допуска относительно центра группирования размеров контролируемых деталей. Возможные предельные значения параметров m , n и C , соответствующие экстремальным значениям кривых представлены в таблице 2.2.

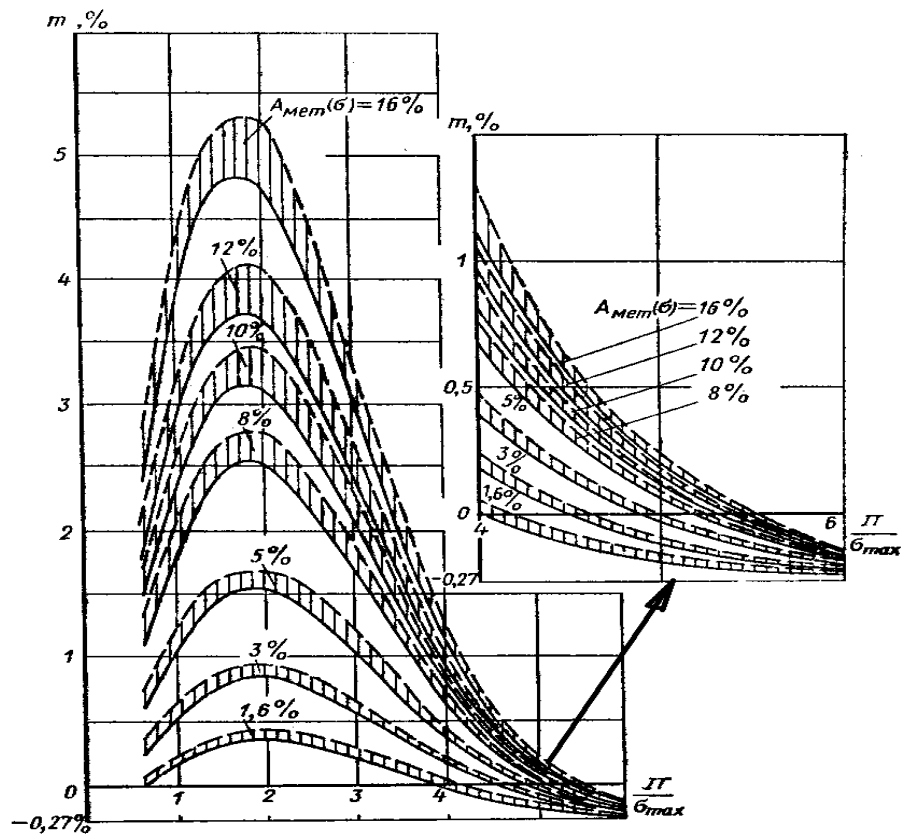


Рисунок 2.1 – Количество m неправильно принятых деталей

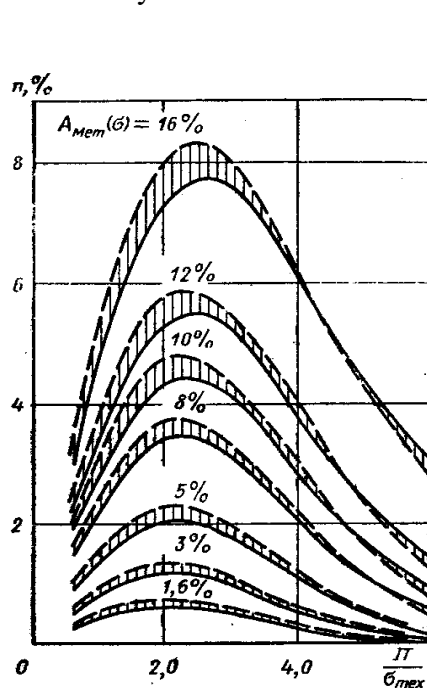


Рисунок 2.2 – Количество n неправильно забракованных деталей

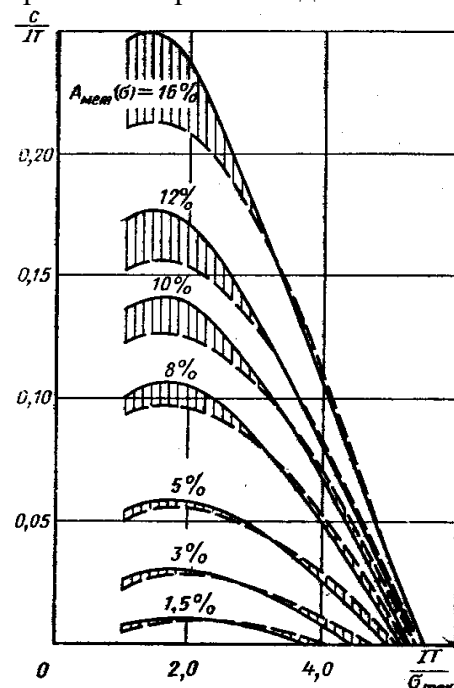


Рисунок 2.3 – Величина выхода размера неправильно принятых деталей за предельные размеры

Таблица 2.2 – Возможные предельные параметры разбраковки (при нормальном законе распределения размеров)

$A_{мет}(\sigma),$ %	$m, \%$	$n, \%$	$\frac{C}{IT}$	$A_{мет}(\sigma),$ %	$m, \%$	$n, \%$	$\frac{C}{IT}$
1,6	0,37-0,39	0,7-0,75	0,01	10	3,1-3,5	4,5-4,75	0,14
3	0,87-0,9	1,2-1,3	0,03	12	3,75-4,1	5,4-5,8	0,17
5	1,6-1,7	2,0-2,25	0,06	16	5,0-5,4	7,8-8,25	0,25

8	2,6-2,8	3,4-3,7	0,10				
---	---------	---------	------	--	--	--	--

2.5 Определение допустимости полученной погрешности измерения для контроля заданного размера.

Пределы допускаемых погрешностей измерения могут быть увеличены в двух случаях: а) когда уменьшен допуск изделия по сравнению с контролируемым (т. е. когда вводится производственный допуск – допуск на изготовление, сокращенный для уменьшения отрицательного воздействия погрешностей измерения), что дает возможность использовать соответствующие менее точные средства измерения; б) при использовании в дальнейшем селективной сборки. Если по условиям работы изделия влияние погрешностей измерения признается недопустимым, то оставляют выбранный допуск и этим устанавливают, что приемочными границами будут являться предельные размеры изделия. Если влияние погрешности измерения недопустимо, то либо по согласованию с конструктором выбирают другой квалитет, при котором влияние погрешности измерения будет признано допустимым, либо вводят производственный допуск, когда приемочные границы смещаются внутрь поля допуска (происходит уменьшение допуска на изготовление) (рисунок 2.4 б, в). При введении производственного допуска могут быть два варианта, в зависимости от того, известна или нет точность технологического процесса.

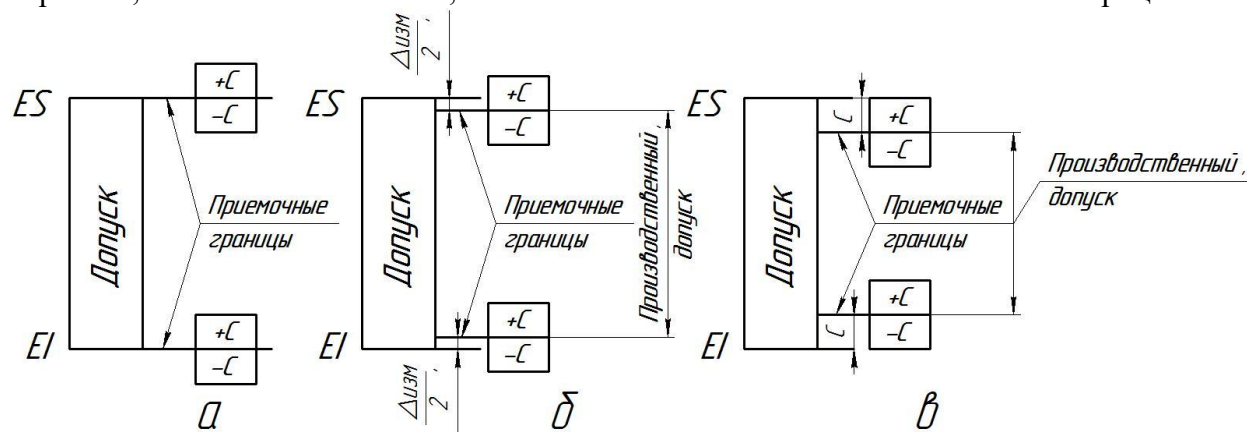


Рисунок 2.4 – Варианты приемочных границ

2.6. Выбор контрольно-измерительного средства

При использовании универсальных средств контроля средство измерения выбирают по допустимой погрешности измерения (погрешность измерения является одной из характеристик средства измерения) в зависимости от формы и расположения измеряемой поверхности, ее номинального размера. В случае применения специальных средств измерения, например, калибра-скобы, производится ее проектирование по соответствующим методикам. Также при выборе средства измерения необходимо учитывать влияние на точность измерения измерительного усилия, которое может вызвать деформацию измеряемой поверхности. Это особенно важно при замере нежестких деталей, для которых принимают средства измерения с минимальным измерительным усилием. На практике такое влияние определяется экспериментально.

Пример выполнения работы.

Задание. Дать анализ конструкции, выбрать и обосновать средство контроля для размера 12h9 втулки, изготавливаемой в условиях серийного производства.

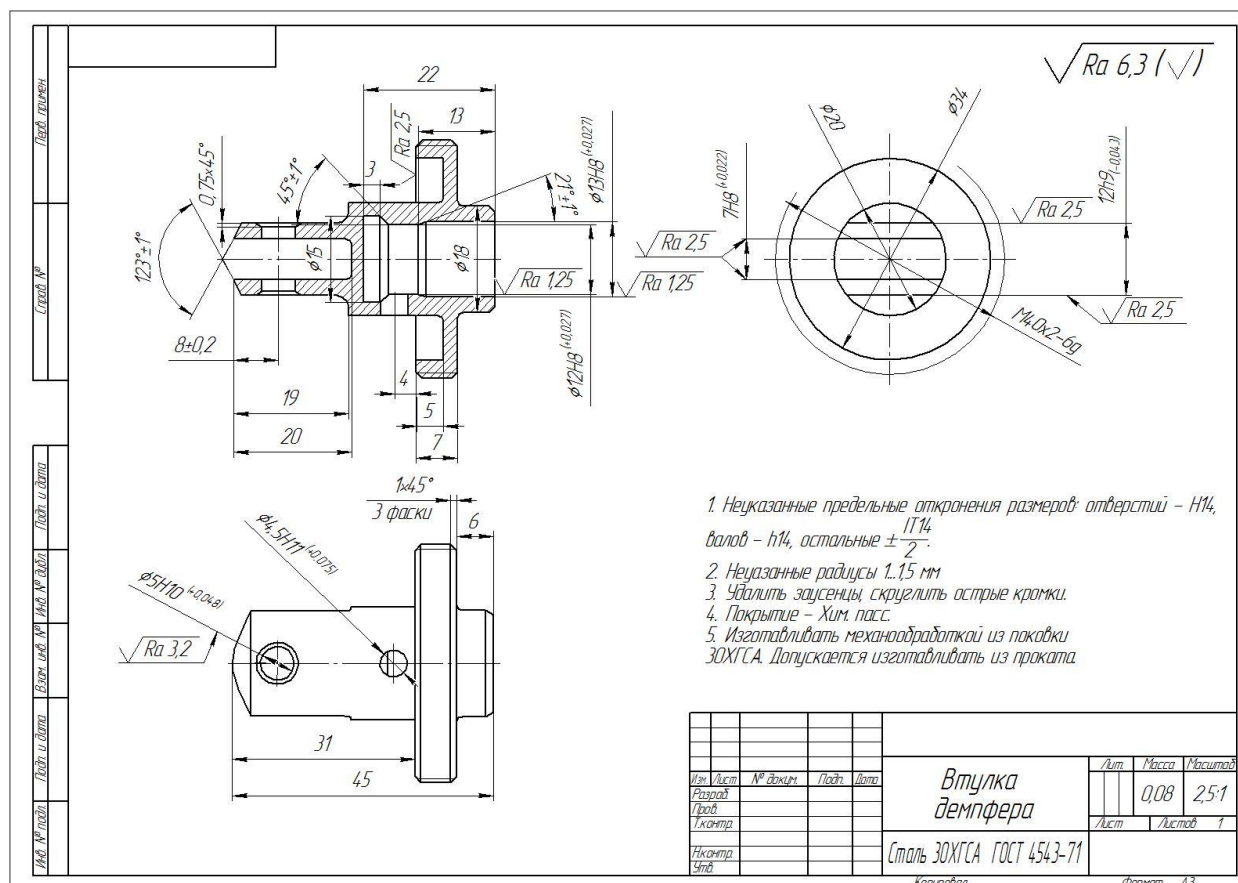


Рисунок 2.5 - Чертеж втулки

Анализ исходных данных. Деталь «Втулка» является телом вращения. Исходя из эксплуатационных требований деталь должна быть изготовлена в условиях серийного производства с контролируемым размером $12H9(-0,043)$. Этот размер представляет собой расстояние между двумя наружными плоскими поверхностями.

Выбор измерительных баз. Размерной базой для этого размера является плоскость симметрии детали. Для реализации этой плоскости симметрии в качестве измерительной базы необходимо использование специального ориентирующего устройства. Так как расположение поверхностей в явном виде не задано относительно плоскости симметрии, и допуск на этот параметр равен допуску на размер, то допустимо в качестве измерительной базы использовать одну из плоских поверхностей, формирующих размер.

Определение максимально допустимой погрешности измерения. По таблице 2.1 устанавливаем, что для 9 квалитета и номинала 12, входящего в интервал размеров от 10 до 18 мм, допустимая погрешность измерения составляет 10 мкм или 0,01 мм.

Определение степени влияния погрешности измерения на точность размера. Для 9 квалитета принимаем в соответствии с рекомендациями $A_{мет}(\sigma) = 12\%$. По таблице 2.2 находим, что для $A_{мет}(\sigma) = 12\%$ количество неправильно принятых деталей m находится в пределах 3,75...4,1%, количество неправильно отбракованных деталей n находится в диапазоне 5,4...5,8%. Тогда при неизвестных (в нашем случае) законе распределения контролируемых размеров и среднем квадратическом отклонении погрешности изготовления принимаем $m = 4,0\%$, $n = 5,6\%$, т. е. среди годных деталей может оказаться до 4,0% неправильно принятых деталей. Вероятностная предельная величина выхода размера за каждую границу поля допуска у неправильно принятых деталей составляет $C = 0,17IT \approx 0,17 \cdot 0,043 = 7,3 \text{ мкм}$, (рисунок 2.6).

Определение допустимости полученной погрешности измерения для контроля заданного размера. При принятой погрешности измерения вероятность выхода размера за пределы допуска – 4%, величина выхода при нормальном распределении размеров на поле рассеяния – 7,3 мкм или 0,0073 мм. В этом случае приемочными границами будут заданные

чертежом предельные размеры детали $L_{\max}=12\text{мм}$, $L_{\min}=11,957\text{мм}$, а фактические размеры в принятой партии деталей $L_{\max\phi}=12,0073\text{мм}$, $L_{\min\phi}=11,9497\text{мм}$.

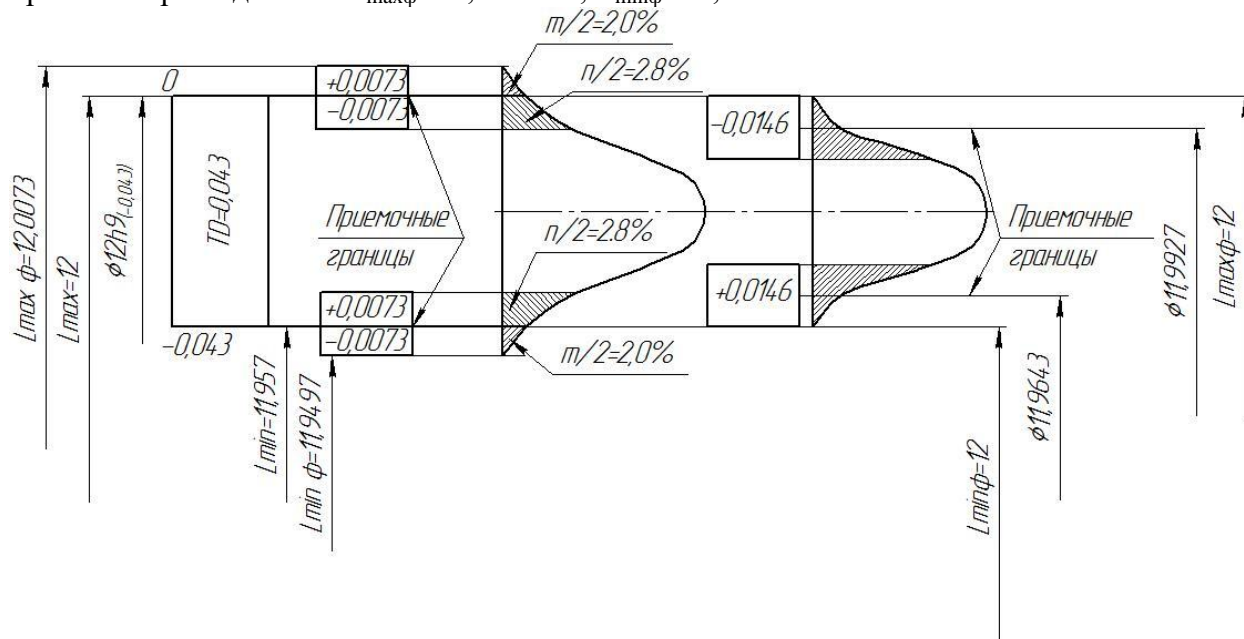


Рисунок 2.6 – Варианты приемочных границ для контроля размера $12h9(-0,043)$: L_{\max} , L_{\min} – заданные чертежом предельные размеры детали, $L_{\max\phi}$, $L_{\min\phi}$ – фактические предельные размеры деталей в партии принятых деталей.

Допустим, что для принятых условий эксплуатации такая погрешность размера недопустима, тогда вводим производственный допуск, т.е. допуск, заданный конструктором (указанный на чертеже детали) уменьшаем на величину, равную $2C$, смещая на величину C каждое из предельных отклонений внутрь поля допуска (рисунок 2.6), то есть $L_{\max}=11,9927\text{мм}$, $L_{\min}=11,9643\text{мм}$, а допуск составит $0,0284\text{мм}$. В этом случае либо необходимо изменить допуск на изготовление детали, что приведет к увеличению трудоёмкости обработки, либо сузить приемочные границы, что приведет к тому, что доля неправильно отбракованных деталей резко возрастет и составит около 10%. Решение должно приниматься с учетом экономических факторов.

Выбор контрольно-измерительного средства. Для измерения наружного размера, представляющего собой расстояние между двумя симметрично расположенными плоскостями, при допустимой погрешности измерения $0,01\text{мм}$ и приемочными границами, совпадающими с предельными размерами детали, заданными чертежом, в условиях серийного производства принимаем скобу рычажную, имеющую следующие характеристики: пределы измерения - $0-25\text{мм}$, цену деления $0,005\text{мм}$, погрешность показаний - $0\pm 0,0025\text{мм}$ (погрешность измерения $0,005\text{мм}$). При сужении приемочных границ принимаем скобу рычажную, имеющую следующие характеристики: пределы измерения - $0-25\text{мм}$, цену деления $0,002\text{мм}$, погрешность показаний - $0\pm 0,002\text{мм}$ (погрешность измерения по ГОСТ 11098-75 $0,002\text{мм}$).

Практическая работа №3.

Разработка технического задания на проектирование средств контроля в машиностроении

1. Цель работы: Разработка технического задания на проектирование специального средства технического оснащения операции технического контроля.

2. Последовательность выполнения работы:

2.1. Выявление и обоснование необходимости проектирования специального средства технического оснащения операции технического контроля. Необходимость проектирования специального средства технического оснащения определяется рядом

факторов, в том числе характером контролируемого параметра, его точностью, условиями доступа к объекту контроля, типом производства, размером контролируемой партии, особыми условиями, например, требованиями к производительности контроля, необходимостью синхронизации операций и др.

2.2. Основные требования к техническому заданию.

Техническое задание является исходным документом для разработки объекта проектирования. Техническое задание (ТЗ) разрабатывают на основе исходных требований заказчика – заявки, а также на основе ТЗ на группу однородной продукции, технологических процессов механической обработки, сборки и контроля изделия, результатов выполненных научно-исследовательских и экспериментальных работ и пр. Требования, включаемые в ТЗ должны обеспечивать разработку СТО, соответствующих достижениям отечественной и зарубежной науки на предусмотренный период разработки. Разработчик ТЗ определяет в зависимости от специфики изделия, в том числе технические, экономические и другие требования к СТО, этапы разработки, комплектность технической документации, порядок сдачи и приемки работ. Техническое задание должно содержать необходимые и достаточные требования для разработки СТО. Техническое задание согласовывают с заказчиком. При необходимости по согласованию между разработчиком и заказчиком в утвержденное ТЗ вносят изменения. Не допускается изменять ТЗ после представления изделия на приемочные испытания.

Техническое задание начинается с формулировки служебного назначения ², как правило, состоит из следующих разделов: наименование и область применения; основание для разработки; цель и назначение разработки; источники разработки; технические требования; экономические показатели; стадии и этапы разработки; порядок контроля и приемки; приложения. В зависимости от вида, назначения и условий разработки и эксплуатации ТП или СТО допускается уточнять содержание разделов, вводить новые разделы или объединять отдельные из них.

2.3. Содержание технического задания.

Наименование и область применения. Указывается наименование ТП или СТО и краткая характеристика области применения, общая характеристика объекта, в котором оно будет использоваться.

Основание для разработки. Указывается полное наименование документа, на основании которого разрабатывают ТП или СТО, организация, утвердившая этот документ и дата его утверждения, а также наименование темы разработки.

Цель и назначение разработки:

- цель разработки –или СТО разрабатывается впервые, взамен устаревшего, в учебных целях и др.;
- назначение обработки – создание базового образца, модификация, модернизация и т.д.;
- задачи, решаемые разработкой или СТО – механизация или автоматизация процесса изготовления изделия, устранение разметки, повышение производительности труда и т.д.

Источники разработки. Приводится перечень основных документов (материалов) по результатам ранее проведенных работ, перечень образцов, прототипов, которые необходимо использовать при разработке ТП или СТО. Эти документы оформляются в виде приложения к ТЗ.

Технические требования. Раздел должен состоять из следующих основных подразделов, отражающих соответствующие требования к ТП или СТО.

- Состав ТП или СТО и требования к их содержанию (конструктивному устройству). В разделе указывают наименование, назначение и основные составляющие СТО; требования к СТО и его составным частям; требования к средствам защиты (от влаги,

² Служебное назначение – это максимально уточненная и четко сформулированная задача, для которой предназначено данное приспособление

вибраций, шума, вредных испарений, коррозии и др.); требования к взаимозаменяемости СТО и их составных частей; требования к помехозащищенности и др.

- Показатели назначения. Указываются основные технологические параметры, определяющие целевое использование и применение ТП или СТО (вид используемого энергоносителя, механические свойства, достигаемая точность и др.).

- Требования к надежности. В общем случае указывают требования к долговечности, безотказности, ремонтпригодности.

- Требования к технологичности и метрологическому обеспечению СТО и эксплуатации. Приводятся требования производственной и эксплуатационной технологичности ТП или СТО (согласно стандартам ЕСТПП), определяющие возможность достижения заданных показателей качества изготавливаемых изделий в условиях реализации изготовления, монтажа, технического обслуживания и ремонта СТО при минимальных затратах (времени, средств, материалов и т.п.) на выполнение работ и высокой производительности труда. В этом пункте указывают при необходимости основные контролируемые параметры, квалификацию персонала и другие условия контроля и испытания СТО.

- Требования к уровню унификации и стандартизации. В разделе приводят требования к использованию стандартных и заимствованных сборочных единиц и деталей при разработке СТО, а также показатели уровня унификации СТО.

- Требования безопасности. Указываются требования к обеспечению безопасности при монтаже, эксплуатации, обслуживании и ремонте, допустимые уровни вибрационных и шумовых нагрузок в соответствии с системой стандартов по безопасности труда и другими действующими стандартами и нормативами.

- Эстетические и эргономические требования. Указываются требования технической эстетики, а также эргономические требования (удобство обслуживания, комфортабельность, усилия, требуемые для управления и т.д.).

- Требования к патентной чистоте. Указываются страны, в отношении которых должна быть обеспечена патентная чистота СТО.

- Требования к составным частям СТО, исходным и эксплуатационным материалам.

- Условия эксплуатации, требования к техническому обслуживанию и ремонту. В зависимости от вида и назначения СТО указываются условия эксплуатации, при которых должно обеспечиваться использование СТО с заданными техническими показателями; допустимое воздействие климатических условий (температуры, влажности, атмосферного давления, агрессивных сред, пыли и др.); допустимое воздействие механических нагрузок (вибрационных, ударных, скручивающих, ветровых и др.); время и способ подготовки СТО к использованию после транспортировки и хранения.

- Дополнительные требования. В общем случае в этом разделе могут указываться дополнительные требования, не вошедшие в предыдущие разделы. Например, требования, особого обслуживания СТО или его составных частей; требования к маркировке (место и способ нанесения, содержание маркировки, требования к качеству маркировки), упаковке, транспортировке и хранению СТО и др. При наличии аналогичного СТО в ТЗ могут быть указаны только те параметры, значения которых отличается от соответствующих параметров этого ТП или СТО.

Экономические показатели. Указывают ориентировочную эффективность и срок окупаемости затрат на разработку и освоение ТП или СТО, лимитную цену, предполагаемую годовую потребность, а также экономические преимущества разрабатываемого СТО по сравнению с другими отечественными или зарубежными образцами и аналогами.

Стадии и этапы разработки. Необходимые стадии разработки и этапы работ устанавливаются по ГОСТ 2.103-68. Поэтапные сроки, указанные в ТЗ, являются ориентировочными. Основными сроками выполнения работ считаются сроки, установленные в договоре на выполнение опытно-конструкторских работ. В этом разделе

- точного взаимного ориентирования детали и исполнительных поверхностей приспособления;
- обеспечения точностных параметров контроля, а именно допустимой погрешности измерения не более 0,005мм;
- снижения временных и физических затрат, связанных с установкой, закреплением и снятием заготовки.

4 Источники проектирования.

- Технологический процесс механической обработки стола.
- Система ГОСТов ЕСТПП в области проектирования средств контроля при изготовлении деталей машиностроения и его отраслей

5 Технические требования.

5.1 Состав приспособления и требования к его конструктивному устройству

- В конструкции приспособления должны быть предусмотрены установочные элементы; элементы, определяющие взаимное расположение исполнительных поверхностей приспособления и контролируемой детали с требуемой точностью; показывающее устройство; корпус приспособления.
- Приспособление и его составные элементы должны соответствовать требованиям ГОСТ и обеспечивать решение вопросов, оговоренных в п.3.
- Масса приспособления не должна превышать 2,5 кг.
- Габаритные размеры приспособления должны обеспечивать возможность установки приспособления непосредственно на детали. Габаритные размеры детали 438x80x63, масса детали 11,6 кг.
- Установка детали с приспособлением производится на стол контролера.
- Конструкция быстро изнашиваемых элементов должна обеспечивать их быструю замену.
- Для установки приспособления на деталь размеры и конфигурация исполнительных элементов должна соответствовать расположению поверхностей, формирующих контролируемый размер.

5.2 Показатели назначения приспособления

Параметры детали, поступающей для контроля на приспособление:

- форма детали – призматическая;
- габаритные размеры 438x80x63;
- шероховатость поверхностей, формирующих контролируемый размер Ra1,25 мкм;
- на детали имеются легкоповреждаемые наружные поверхности с шероховатостью Ra1,25 мкм.
- объем партии обрабатываемых изделий - 1000 шт. в год. Тип производства – серийный. Коэффициент загрузки приспособления – 0,05.

5.3 Требования к надежности

Срок службы приспособления - 2 года. Необходимо обеспечить ремонтпригодность путем замены контактных элементов. Сохраняемость – приспособление должно быть готово к эксплуатации после расконсервации без дополнительных мероприятий.

5.4 Требования к технологичности

Конструкция приспособления должна обеспечивать свободный доступ к местам, требующим контроля, регулировки и технического обслуживания, простоту и удобство настройки инструмента на контролируемый размер; быструю и лёгкую замену изношенных деталей. Составные части должны иметь минимальные размеры и простую форму и изготавливаться наиболее простыми и рациональными методами обработки.

5.5 Требования к уровню унификации и стандартизации

В приспособлении должны быть максимально использованы стандартные узлы и детали.

5.6 Требования к безопасности

Приспособление должно соответствовать общим требованиям безопасности, изложенным в методической и справочной литературе по проектированию приспособлений.

5.7 Эстетические и эргономические требования

Компоновка приспособления должна создавать впечатление целостной конструкции. Органы управления приспособлением должны обеспечивать удобство пользования ими и считывания измерительной информации с показывающего устройства.

5.8 Требования к исходным и эксплуатационным материалам

При выборе материалов для изготовления элементов приспособления руководствоваться требованиями к ресурсу работы контактных элементов приспособления, обращая особое внимание на износостойкость исполнительных поверхностей. Не использовать материалы, утилизация которых осложнена или загрязняющие окружающую среду.

5.9 Условия эксплуатации

Приспособление обслуживается контролером 4-го разряда. Не допускается использовать приспособление сразу после транспортировки или хранения, без предварительной проверки.

5.10 Стадии проектирования и этапы работ (Таблица 3.1)

Срок выполнения работ – 0,15 месяца со дня утверждения заявки-задания на проектирование приспособления. По окончании работ разработчик представляет к защите: техническое задание; пояснительную записку; чертеж общего вида приспособления.

Таблица 3.1 – Стадии проектирования и этапы проведения работ

Стадии проектирования	Этапы работ
Техническое задание	Разработка ТЗ, согласование и утверждение ТЗ на приспособления
Проектирование	Проведение проектно-расчетных работ по обоснованию основных элементов приспособления. Разработка эскизного проекта приспособления.
Разработка конструкторской документации	Разработка общего вида приспособления

Практическая работа №4.

Разработка теоретической схемы базирования детали и эскиза контрольного приспособления

1 Цель работы: Освоить базовые элементы методики проектирования контрольных приспособлений.

2 Последовательность выполнения работы:

Общая методика проектирования технологической оснастки аналогична методике проектирования любой машины или механизма. Проектирование производится в соответствии с техническим заданием.

2.1 Анализ исходных данных

Необходимо выявить характер контролируемого параметра (размер линейный, угловой, описывающий точность формы или точность взаимного расположения поверхностей, внутридетальный, расстояние между поверхностями различных деталей, допуск на размер и пр.), рассмотреть возможность разработки унифицированного или комплексного средства контроля с учетом типа производства или количества деталей в партии и др.

2.2 Выбор схемы контроля и показывающего устройства

Разработка специального средства контроля начинается с выбора схемы контроля, которая представляет собой совокупность схемы установки сборочной единицы или детали и средств контроля, связанных с измерительными базами контролируемого объекта. Предпочтительным требованием при выборе схем контроля является применение таких схем, для которых возможна реализация комплексной проверки нескольких параметров с

использованием одного средства измерения. Желательно проектирование унифицированных контрольных приспособлений. Схемы контроля ряда параметров точности можно найти в справочной литературе. Например, на рисунке 4.1 приведена схема измерения параллельности плоскости Б к плоскости А. При перемещении измерительной стойки по плоскости А на длине l индикатором измеряют катет прямоугольного треугольника и оценивают параллельность отношением этого катета к базе l . Примеры схем контроля представлены на рисунках 4.1...4.7.

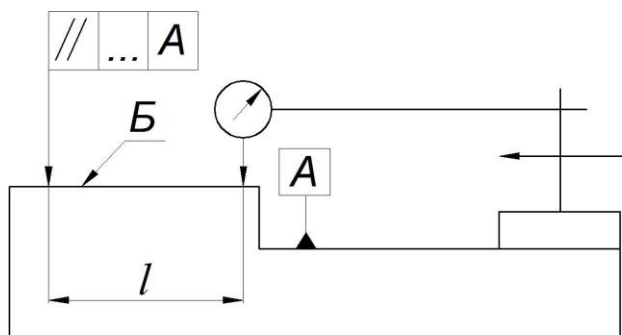


Рисунок 4.1 - Схема измерения параллельности плоскости Б к плоскости А

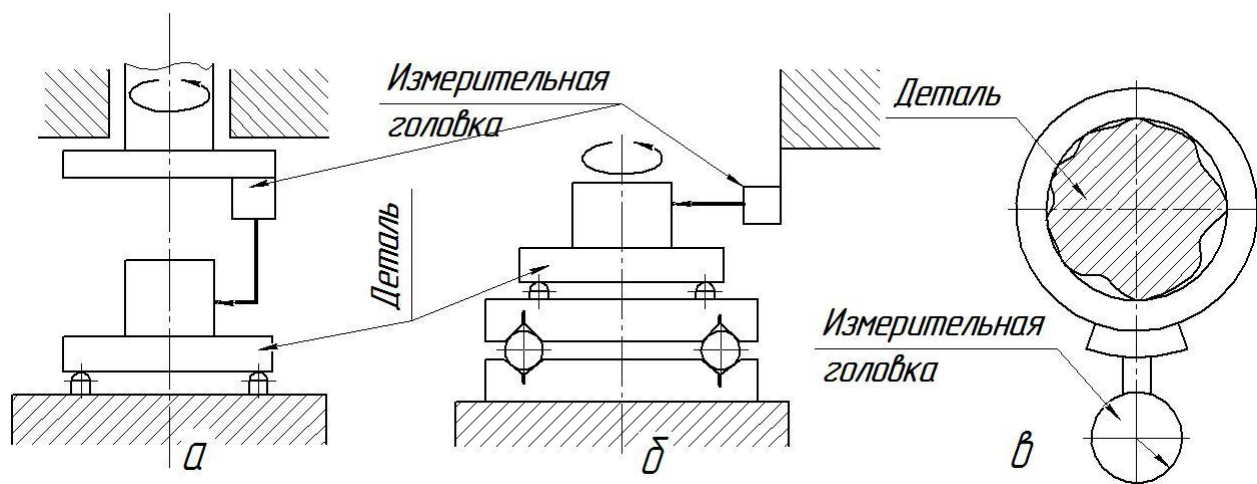


Рисунок 4.2– Схемы измерения отклонений от круглости: а) вращающийся измерительный наконечник и неподвижная деталь; б) вращающаяся деталь и неподвижный наконечник; в) При помощи кольца (цельного или разжимного или разрезного для труднодоступных мест) и индикатора (деталь вращается)

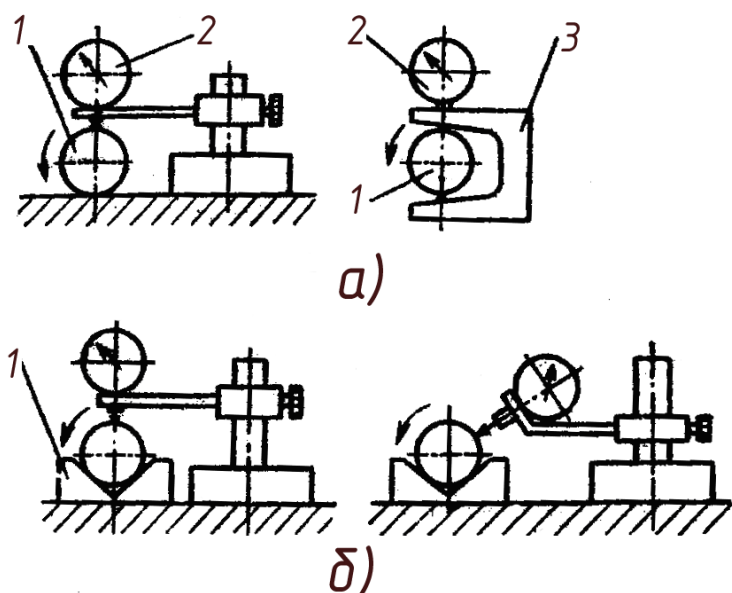


Рисунок 4.3 – Схемы измерения отклонений от круглости: а) двухконтактными устройствами: 1 – изделие, 2 – измерительная головка, 3 – скоба, б) трехконтактными устройствами

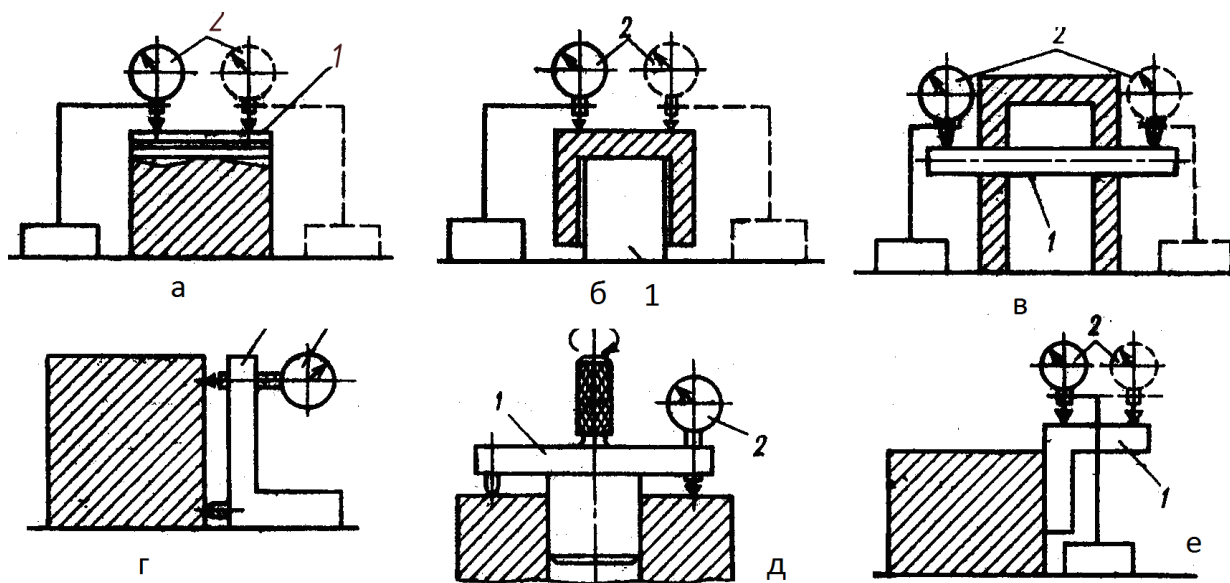


Рисунок 4.4 – Схемы измерения отклонения от параллельности и перпендикулярности: поз. 1 – а – измерительная линейка; б – опора с параллельными торцовыми поверхностями; в – оправка; г, е – угольник; д – цилиндрическая оправка; поз. 2 (для всех схем) – измерительная головка.

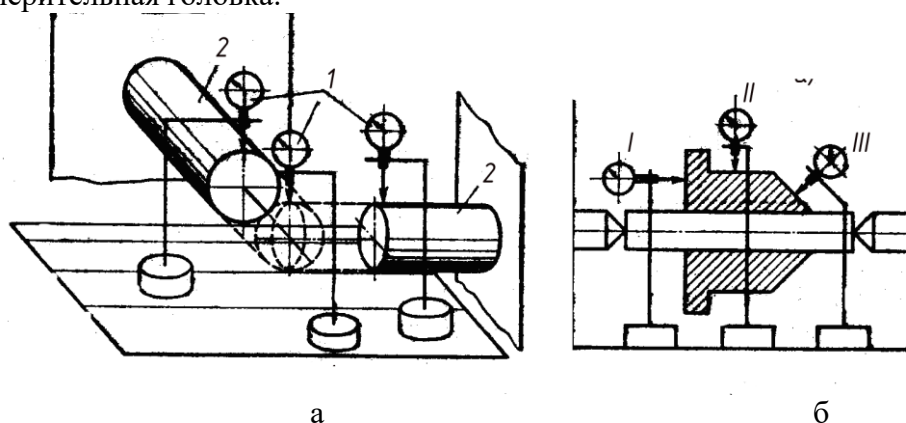


Рисунок 4.5 - Схемы измерения отклонений от заданного угла пересечения осей, полного осевого и торцевого биения: а) измерение пересечения осей; б) измерение торцевого, радиального биения и биения в заданном направлении

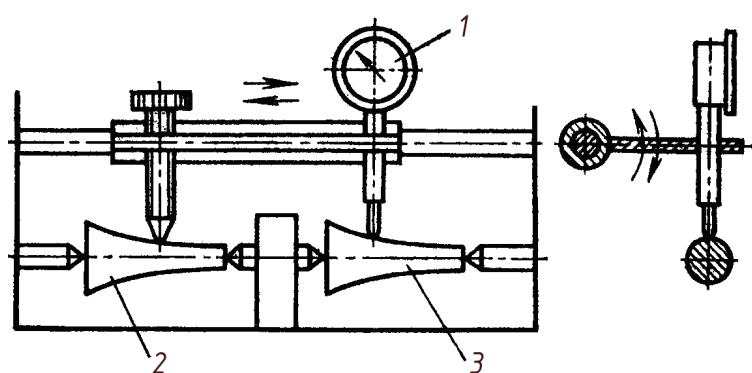
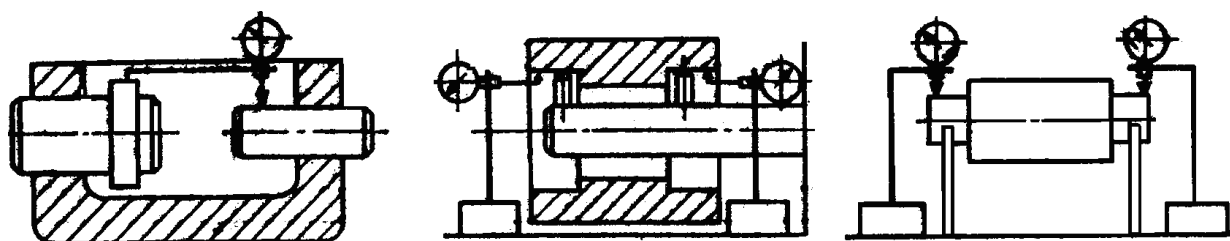


Рисунок 4.6 - Контроль фасонных поверхностей. Копирное устройство (эталон): 1- измерительная головка; 2 - образец; 3 - контролируемая деталь



а

б

в

Рисунок 4.7 - Схемы измерения отклонения от соосности: а) соосность с базовой поверхностью; б) соосность относительно общей оси с использованием ножевых опор (замер в крайних положениях); в) соосность относительно общей оси с использованием удлинённой оправки со сферическими наконечником

Перед проектированием специального контрольного приспособления необходимо определить допустимую погрешность измерения. Максимально допустимая погрешность измерения $\Delta_{\text{изм.}}$ зависит от размеров поверхности и качества точности контролируемого размера (см. практическую работу №1). После выбора схемы контроля и определения допустимой погрешности измерения для приспособлений, обеспечивающих выявление численного значения параметра точности, выбирается показывающее устройство (например, индикатор часового типа, измерительная головка и т.п.) и определяется его погрешность измерения по паспорту. На эту величину должна быть уменьшена допустимая погрешность измерения при проведении размерного анализа проектируемого приспособления, так как допустимая погрешность измерения является исходным звеном в размерной цепи.

2.3 Выбор измерительных баз

Выбор измерительных баз³ оказывает существенное влияние на точность контроля и конструкцию специального средства контроля. При выборе баз необходимо руководствоваться принципом совмещения баз: целесообразно, чтобы измерительная база совпадала с конструкторской размерной базой. В противном случае при выборе средства измерения придется учитывать погрешность, вызванную несовпадением баз. При этом необходимо обеспечить наибольшую возможную точность положения измерительной базы относительно конструкторской размерной базы. На рисунке 4.1. Плоскость А здесь используется для определения положения контрольной оснастки относительно измеряемой детали, она и служит измерительной базой.

При выборе баз необходимо также обеспечить, чтобы линия измерения совпадала с направлением измеряемого размера, то есть отсутствовала компараторная погрешность. В остальном методика проектирования специальных контрольных приспособлений в целом аналогична методике проектирования специальных станочных приспособлений. Далее разрабатывается теоретическая схема базирования контролируемой детали в приспособлении с обоснованием выбора баз с точки зрения обеспечения минимальной погрешности базирования в направлении контролируемого размера.

2.4 Разработка компоновки приспособления и предварительный размерный анализ его конструкции

Разработка компоновки начинается с вычерчивания объекта контроля в двух-трех (по необходимости) проекциях, далее условно тонкими линиями вычерчивается показывающее устройство, затем выбираются исполнительные поверхности и вспомогательные базы приспособления, определяющие взаимное расположение приспособления и объекта контроля и определяется их конструктивное оформление.

Далее необходимо выявить все виды связей, которые надо создать между исполнительными поверхностями и указанными вспомогательными базами для выполнения приспособлением своего служебного назначения (эти связи в основном размерные, но возможны и кинематические) и проводится размерный анализ. В ходе преобразования различных видов связей в размерные и кинематические, они преобразуются в конструктивные формы элементов приспособления и в их размеры, выполняющих в

³ *Базой* называют поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, плоскость, ось или точку симметрии, принадлежащие детали (изделию) и используемые для базирования. Измерительной называют базу, используемую или изделия для определения относительного положения заготовки или изделия и средств измерения.

конструкции приспособления определенные функции. На основе проведенного размерного и кинематического анализа формируется компоновка приспособления.

2.5 Разработка конструкции приспособления

На этом этапе при необходимости выбирается силовой привод, определяются его параметры и конструкция. Далее все элементы приспособления и спроектированные объединяются в единое целое одной базовой деталью (обычно, корпусом). Затем спроектированную конструкцию приспособления описывают системой размеров и технических требований, описывается принцип работы и разрабатывается технологическая инструкция на операцию технического контроля.

Пример выполнения работы

Работа выполняется с деталью, над которой Вы работали при работе на практическом занятии №1. Выявите размеры, которые целесообразно контролировать с помощью специальных средств измерения или контрольных приспособлений. Согласуйте с преподавателем, для контроля каких размеров будете разрабатывать контрольное приспособление.

2.1 Анализ исходных данных

Стол фрезерного станка предназначен для установки и закрепления заготовки на станке и придания ей возвратно-поступательного движения в горизонтальном направлении. Деталь особо ответственная. Стол устанавливается в станок по направляющим в виде ласточкина хвоста. Параллельность направляющих (по чертежу допуск на параллельность равен 0,02 мм) обеспечивает в значительной степени жесткость станка и точность позиционирования стола в направлении, перпендикулярном этим направляющим. Поверхности, формирующие размер, наружные, плоские длина поверхности значительно превышает ширину, база не указана, и любая из поверхностей может быть принята в качестве конструкторской размерной базы. Учитывая широкое использование в станкостроении направляющих в виде ласточкина хвоста и тип производства (серийный) целесообразно принять унифицированное переналаживаемое контрольное приспособление.

2.2 Выбор схемы контроля и показывающего устройства

Учитывая, что поверхности, формирующие размер, плоские наружные значительной длины и любая из них может быть принята в качестве конструкторской размерной базы, целесообразно применить схему представленную на рисунке 4.1 методических указаний.

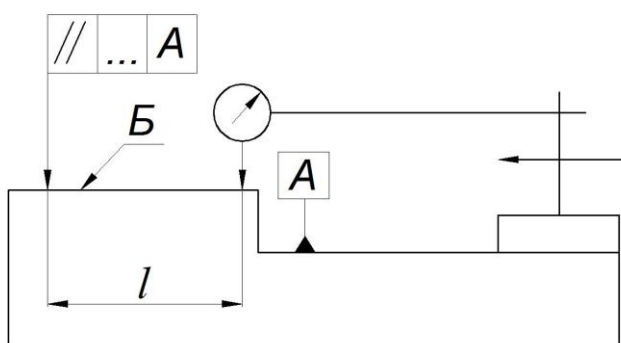


Рисунок 4.8 - Схема контроля параллельности направляющих стола станка

Для размера с допуском 0,02 мм допустимая погрешность измерения $\Delta_{\text{изм.}}$ составляет 0,006 мм. Тогда в качестве показывающего устройства принимаем многооборотный индикатор первого класса точности мод. 1 МИГ-1 ГОСТ 9696-82 с ценой деления 0,001 мм, диапазоном измерения – 1 мм, с погрешностью измерения 0,002 мм. Тогда на погрешность приспособления остается $0,006 - 0,002 = 0,004$ мм.

2.3 Выбор измерительных баз

Проанализировав выбранную ранее схему контроля, с учетом принципа совмещения баз выбираем в качестве измерительной базы правую направляющую ласточкина хвоста (направляющая база) и опорную плоскость (установочная база). Эти две поверхности определяют взаимное расположение приспособления и детали по пяти координатам. По

шестой координате (вдоль направляющей) будет осуществляться взаимное перемещение средства контроля и детали (определение положения в этом координатном направлении не требуется). Схема базирования представлена на рисунке 4.9.

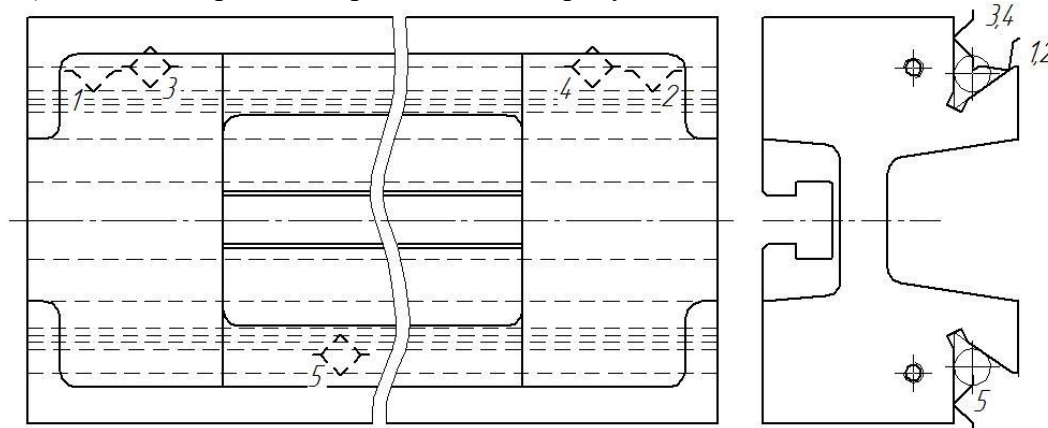


Рисунок 4.9 – Теоретическая схема базирования

2.4 Разработка компоновки приспособления и предварительный размерный анализ его конструкции

Так как размеры и масса детали достаточно велики, проектировать стационарное приспособление нецелесообразно, поэтому будем располагать контролируемую деталь на столе контролера, а приспособление будем располагать на детали. Базировать приспособление на детали будем при помощи двух сферических опор по одной ветви ласточкина хвоста (4 степени свободы), по второй опорной плоскости используем опору со сферическим наконечником (1 степень свободы). Размещение индикатора таким образом, чтобы он контактировал (скользил) по измеряемой поверхности, нецелесообразно, так как это усложнит приспособление и вызовет повышенный износ наконечника индикатора. Поэтому размещаем индикатор с опорой на рычаг, размещенный на опоре со сферическим наконечником. Рычаг прижимаем к поверхности детали пружиной. Все выбранные элементы объединяем в единое целое корпусом. Построим размерную цепь, описывающую точность приспособления (рисунок 4.10).



Рисунок 4.10 - Размерная цепь, описывающая погрешность, вносимую приспособлением в результат контроля

α_0 – Параллельность боковых поверхностей ласточкина хвоста (в пределах допустимой погрешности измерения)

α_1 – Параллельность оси отверстия в рычаге и оси сферического наконечника опоры.

α_2 – Параллельность оси рычага и оси отверстия в рычаге.

α_3 – Параллельность оси отверстия под ось рычага и оси рычага.

α_4 – Параллельность базовой поверхности корпуса под опоры и оси отверстия под ось рычага.

α_5 – Параллельность общей оси сферических опор и базовой поверхности корпуса под опоры.

α_6 – Параллельность боковой поверхности ласточкина хвоста и общей оси сферических опор.

2.5 Разработка конструкции приспособления

Вычертим эскиз детали (в масштабе приспособления), вычертим сферические опоры 8, рычаг 3 и условно(тонкими линиями) многооборотный индикатор со стойкой 2, 1. Затем вычерчиваем корпус 5, ось рычага 4 и пружину 9, а затем крепеж (рисунок 4.11).

Приспособление работает следующим образом:

На поверхность стола станка наносится риска тонким маркером на расстоянии 38 мм от края и далее через 100 мм. Рычажок 3 отводится на $10...15^\circ$, контрольное приспособление одевается на деталь (стол, установленный на столе контролера) и продвигается вдоль детали до риски (проверить вхождение в контакт с направляющими стола обеих сферических опор 8). Затем рычажок 3 вводится в контакт с направляющей стола и фиксируется показание индикаторной головки. Затем приспособление плавно перемещается вдоль стола станка, показания индикатора фиксируется на каждой риске. Далее определяется максимальная разница показаний между соседними замерами, которая и даст искомый параметр (максимальную погрешность параллельности направляющих стола станка), который необходимо сравнить с допуском размера на чертеже и сделать вывод о годности детали.

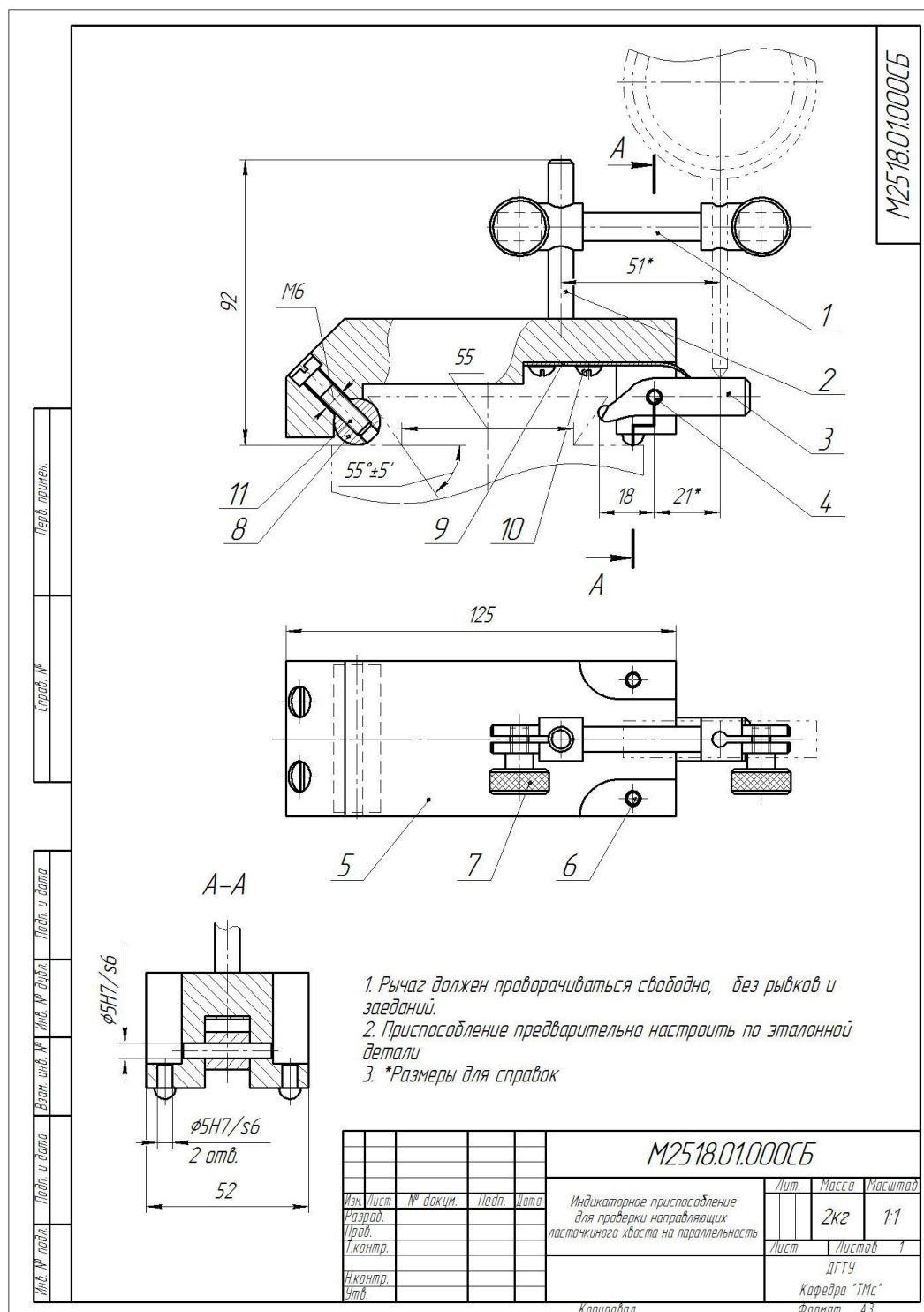


Рисунок 4.11 – Приспособление для контроля параллельности поверхностей ласточкина хвоста

Практическая работа № 5. Расчет исполнительных размеров предельных калибров

Цель работы: Ознакомление с гладкими предельными калибрами, правилами их эксплуатации и методикой расчета исполнительных размеров.

Калибры - измерительные инструменты для проверки правильности размеров и формы изделий, которые предназначаются, главным образом, для контроля одного определенного размера без определения его фактической величины. При этом они дают возможность установить, что параметр контроля не вышел за пределы границ поля допуска на этот параметр.

При разработке и выборе конструкций калибров исходят из основного принципа конструирования измерительных инструментов - принципа подобия. Сущность этого принципа состоит в том, что проходная сторона калибра должна представлять собой по своей форме подобие сопрягаемой детали и ограничивать все элементы изделия, а непроходная сторона - производить проверку отдельных ограниченных участков или сечений, проверяемого изделия. Гладкие калибры применяются для измерения диаметров отверстий, диаметров валов, длин и высот.

Калибры бывают нормальные и предельные. Нормальные калибры имеют один размер, тот, который желательно получить на изделии. Годность изделия определяется вхождением в него калибра с большей или меньшей степенью плотности. Пользование нормальными калибрами требует большой квалификации и опыта рабочего и контролера. К предельным калибрам относят калибры, номинальные размеры которых соответствуют наибольшему и наименьшему предельным размерам изделий. Один конец калибра обязательно должен входить в деталь или одеваться на деталь (обычно под своим весом, иногда под определенным усилием), его обозначают *ПР* (проходная сторона), а второй - входить не должен, его обозначают *НЕ* (непроходная сторона). Пользование предельными калибрами не требует высокой квалификации исполнителя. В настоящее время применяются, в основном, предельные калибры. Калибры для контроля изделий называются рабочими. Калибры для контроля размеров калибров называются контрольными калибрами или контркалибрами. Виды калибров, допуски на их изготовление и износ установлены государственными стандартами и носят название системы допусков для предельных калибров.

Калибры-пробки изготавливают для контроля отверстий 6 - 16-го квалитетов диаметром 1 - 350 мм. Предельные калибры для отверстий называются калибрами-скобами и выполняются в виде: пробок гладких полных; пробок листовых неполных и пробок неполных (пробки гладкие листовые неполные и пробки неполные применяются для проверки отверстий более крупных размеров); штихмасов и нутромеров сферических; пробок конических. Преимущественное распространение получили калибры-скобы, позволяющие контролировать размеры валов без снятия их со станка. Некоторые конструкции калибров-скоб приведены на рис. 5.1, а их условное обозначение дано в таблице 5.1. Гладкие калибры-пробки полные бывают цельными и составными, односторонними или двусторонними. Пробки для отверстий диаметром от 1 до 50 мм делаются в виде конических вставок (пробок с коническими хвостовиками), для отверстий диаметром от 30 до 100 мм в виде цилиндрических насадок. Односторонние пробки имеют одну коническую вставку или одну цилиндрическую насадку. Двусторонние пробки имеют две вставки или две насадки. Непроходная пробка значительно короче проходной. Предельные штихмасы представляют собой цилиндрические стальные стержни, оканчивающиеся шаровыми измерительными поверхностями с радиусом, значительно меньшим радиуса измеряемой поверхности. Для измерения отверстия изготавливаются два штихмаса: проходной и непроходной. Для отличия на непроходном штихмase делается одна проточка, а на контрольном штихмase - две; проходной штихмас проточек не имеет. Штихмасы с измерительными поверхностями, образованными радиусом, равным половине размера штихмаса, называются сферическими нутромерами.

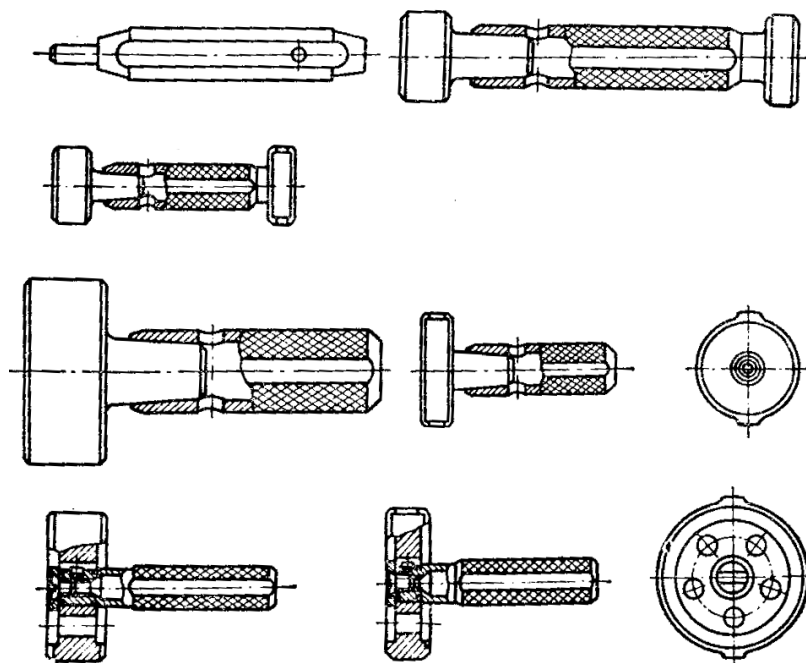


Рисунок 5.1 - Гладкие калибры-пробки и их конструкции

Таблица 5.1 – Виды калибров-пробок и пример их условного обозначения

Калибры-пробки	Диаметр, мм	Пример условного обозначения калибра
Двусторонние со вставками	1-6	Пробка 8133-0607 Н7ГОСТ 14807-69
<i>ПР</i> со вставками	1-6	Пробка 8133-0707 Н12 ГОСТ 14808-69
<i>НЕ</i> со вставками	1-6	Пробка 8133-0807 Н7 ГОСТ 14809-69
Двусторонние со вставками	3-50	Пробка 8133-0928 Н8 ГОСТ 14810-69
<i>НЕ</i> с неполными вставками	6-50	Пробка 8133-1005 Н7 ГОСТ 14811-69
<i>ПР</i> со вставками	50-75	Пробка 8133-1104 Н7 ГОСТ 14812-69
<i>НЕ</i> со вставками	50-75	Пробка 8133-1154 Н7 ГОСТ 14813-69
<i>НЕ</i> с неполными вставками	50-75	Пробка 8133-1204 Н6 ГОСТ 14814-69
<i>ПР</i> с насадками	50-100	Пробка 8136-0013 Н7 ГОСТ 14815-69
<i>НЕ</i> с насадками	50-100	Пробка 8136-0113 Н7 ГОСТ 14816-69
Штампованные с насадками:		
<i>ПР</i>	50-100	Пробка 8136-0056 Н7 ГОСТ 14817-69
<i>НЕ</i>	50-100	Пробка 8136-0156 Н9 ГОСТ 14818-69
<i>НЕ</i> с неполными насадками	50-100	Пробка 8136-0204 Н7 ГОСТ 14819-69
Штампованные неполные:		
<i>ПР</i>	100-160	Пробка 8140-0004 Н7 ГОСТ 14820-69
<i>НЕ</i>	75-160	Пробка 8140-0054 Н12 ГОСТ 14821-3
Неполные:		
<i>ПР</i>	100-300	Пробка 8140-0104 Н7 ГОСТ 14822-69
<i>НЕ</i>	75-300	Пробка 8140-0154 Н7 ГОСТ 14823-69
<i>ПР</i> неполные с накладками	160-360	Пробка 8140-0223 Н7 ГОСТ 14824-69
<i>НЕ</i> неполные с накладками	160-360	Пробка 8140-0273 Н7 ГОСТ 14825-69

Предельными калибрами для валов служат калибры-скобы. Проходные скобы должны надеваться на вал под действием собственного веса. Непроходные скобы не

должны надеваться на вал. Скобы бывают жесткие и регулируемые. Жесткие скобы изготавливаются штампованными, литыми и листовыми, а также односторонними и двусторонними. Односторонними скобами можно измерять один или два предельных размера. Если односторонняя скоба предназначена для измерения двухпредельных размеров, то размеры расположены один за другим ступеньками, разделенными друг от друга канавкой. Односторонние скобы выпускаются с мерительными размерами до 180 мм. Двусторонние штампованные калибры-скобы изготавливаются до размера 100 мм. Непроходная сторона губок двусторонних скоб скошена под углом 45°. Листовые жесткие калибры-скобы бывают двусторонними и односторонними. Они изготавливаются из листовой стали толщиной от 4 до 10 мм. ГОСТ 18355-73, ГОСТ 18356-73, ГОСТ 18357-73 предусматривают листовые одно- и двусторонние скобы, а также трубчатые скобы для измерения длин 10-500 мм. Выпускают калибры-скобы с пластинками из твердого сплава для контроля валов диаметром 3-180 мм, 6-12-го качества. Калибры-скобы для контроля валов 6-го и более грубых качеств диаметром 3-180 мм изготавливают нерегулируемыми, т.е. постоянных номинальных размеров, которые не могут быть восстановлены в процессе эксплуатации калибра для компенсации его износа. Калибры-скобы для контроля валов диаметром до 340 мм изготавливают регулируемыми. Регулируемые калибры-скобы (ГОСТ 2216-43) можно установить перед измерением на нужный размер с определенной точностью и восстановить их рабочий размер по мере его износа. Устанавливают регулируемые скобы на размер по контрольным калибрам или по блокам плоскопараллельных концевых мер. После установки скобы головки установочных винтов заливают сургучом или мастикой и клеймят заводским клеймом. Регулируемые скобы изготавливаются для диаметров - до 330 мм.

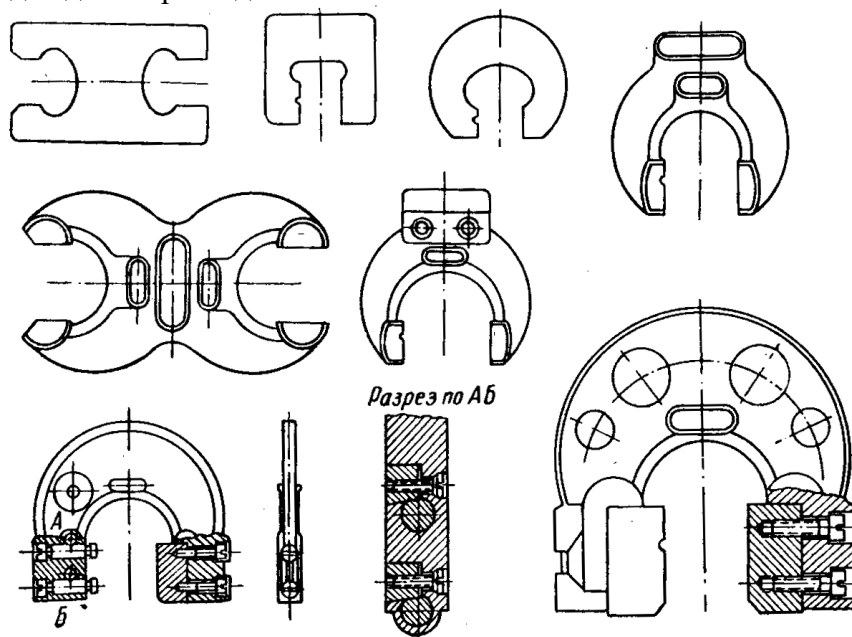


Рисунок 5.2 - Гладкие калибры-скобы и их конструкции

Таблица 5.2 - Калибры-скобы и их условное обозначение

Наименование	Диаметр, мм	Пример условного обозначения скобы
Калибры-скобы нерегулируемые		
Односторонние двухпредельные	3-10	Скоба 8113-0005 h9 ГОСТ 18361-73
	10- 100	Скоба 8113-0140 h9 ГОСТ 18362-73
	100- 180	Скоба 8113-0213 h9 ГОСТ 18363-73
Односторонние двухпредельные пластинками из твердого сплава	3-10	Калибр-скоба 8113-0061 h9 ГОСТ 16775-71
	с 10,5 - 100	Калибр-скоба 8113-0270 Н9 ГОСТ 16776-71
	из 102- 180	Калибр-скоба 8113-0365 h9 ГОСТ 16777-71
Калибры-скобы регулируемые		

Двухпредельные видов 1 и 2	До 100	Калибр-скоба 8118-0005-1 ГОСТ 2216-84
	100- 180 1	Калибр-скоба 8118-0020-2 ГОСТ 2216-84
	80-220	Калибр-скоба 8118-0024-1 ГОСТ 2216-84
	220-340	Калибр-скоба 8118-0033-2 ГОСТ 2216-84

Фактические размеры калибров отличаются от их номинальных размеров и имеют свои допуски на изготовление, а также износ их во время эксплуатации. Допуски предельных гладких калибров устанавливаются в зависимости от назначения калибров. Система допусков для предельных калибров устанавливает: размеры новых калибров и контркалибров; допуски на их изготовление; размеры, при которых калибры должны браковаться по износу, и расположение допусков относительно номинальных размеров калибров. Допуски на неточность изготовления калибров обычно задаются так, чтобы тело проходной стороны имело припуск на будущий износ. Для непроходных калибров допуски на износ не устанавливаются. На калибрах маркируют обозначения качеств точности и сокращенные буквенные обозначения типов калибров.

На калибры устанавливаются допуски по ГОСТ 24853-81 и ГОСТ 24852-81. Схемы расположения полей допусков калибров приведены на рисунке 5.3, значения допусков в таблице 5.3, расчетные формулы для определения исполнительных размеров представлены в таблице 5.4 (могут быть приняты по ГОСТ 21401-75 без проведения расчетов). Исполнительным размером называется размер калибра, проставленный на чертеже. Для калибров-колец и калибров-скоб исполнительный размер - наименьший размер с нижним отклонением, равным нулю, и верхним отклонением со знаком плюс, численно равным допуску H_1 калибра. Исполнительный размер калибров-пробок - это их наибольший размер с верхним отклонением, равным нулю, и нижним отклонением со знаком минус, численно равным допуску H калибра. Предельные отклонения назначают в «тело» калибра, что гарантирует с большой вероятностью изготовление годных калибров. Примеры выполнения рабочих чертежей калибров приведены в приложениях А и Б.

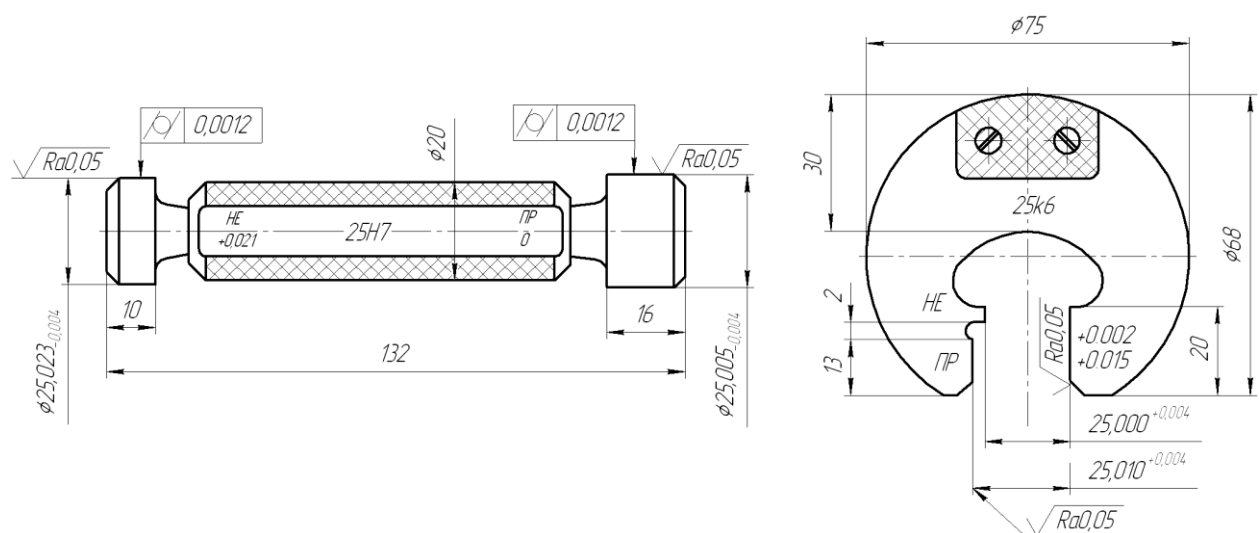


Рисунок 5.4 - Калибр-пробка и калибр-скоба

Таблица 5.3 - Допуски, мкм, гладких рабочих калибров для отверстий и валов с размерами до 500 мм (ГОСТ 24853-81) (в сокращении)

Квалитет	Обозначение	Интервалы размеров, мм												
		До 3	Св 3 до 6	Св 6 до 10	Св 10 до 18	Св 18 до 30	Св 30 до 50	Св 50 до 80	Св 80 до 120	Св 120 до 180	Св 180 до 250	Св 250 до 315	Св 315 до 400	Св 400 до 500
6	Z	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	4	5	6	7	8
	H	1	1	1	1,5	1,5	2	2	3	3	4	5	6	7
	$\alpha; \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	4	5
	Z_1	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11
	Y_1	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	5	6	6	7
	$H; H_s$	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
	H_1	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
7	$Z; Z_1$	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11
	$Y; Y_1$	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	6	7	8	9
	$\alpha; \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	6	7
	$H; H_1$	1,5	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
	H_s	-	-	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
8	$Z; Z_1$	2	3	3	4	5	6	7	8	9	12	14	16	18
	$Y; Y_1$	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	9	9	11
	$\alpha; \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	7	9
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
	H_1	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
	H_s	-	-	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
9	$Z; Z_1$	5	6	7	8	9	11	13	15	18	21	24	28	32
	$\alpha; \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	7	9
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
	H_1	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20

Квалитет	Обозначение	Интервалы размеров, мм												
		До 3	Св 3 до 6	Св 6 до 10	Св 10 до 18	Св 18 до 30	Св 30 до 50	Св 50 до 80	Св 80 до 120	Св 120 до 180	Св 180 до 250	Св 250 до 315	Св 315 до 400	Св 400 до 500
	H_s	-	-	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
10	$Z; Z_1$	5	6	7	8	9	11	13	15	18	24	28	32	37
	$\alpha; \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	9	11	14
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
	H_1	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
	H_s	-	-	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
11	$Z; Z_1$	10	12	14	16	19	22	25	28	32	40	45	50	55
	$\alpha; \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	15	15	20
	$H; H_1$	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
	H_s	-	-	4	5	5	7	8	10	12	14	16	18	20
12	$Z; Z_1$	10	12	14	16	19	22	25	28	32	45	50	65	70
	$\alpha; \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	20	30	35
	$H; H_1$	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
	H_s	-	-	4	5	5	7	8	10	12	14	16	18	20
13	$Z; Z_1$	20	24	28	32	36	42	48	54	60	80	90	100	110
	$\alpha; \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	35	45	55
	$H; H_1$	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
	H_s	-	-	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
14	$Z; Z_1$	20	24	28	32	36	42	48	54	60	100	110	125	146
	$\alpha; \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	55	70	90
	$H; H_1$	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
	H_s	-	-	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40

Таблица 5.4 - Формулы для расчета исполнительных размеров калибров

Калибр	Контроль	Условия применения	Формулы для расчета исполнительных размеров	Предельные отклонения	
				ES	EI
Предельные калибры для контроля размеров валов					
Кольцо гладкий проходной	Наибольшего диаметра вала d_{\max}	Калибр должен проходить по валу под действием собственной силы тяжести или определенной силы	$PP_{\min} = d_{\max} - Z_1 - H_1 / 2$, где Z_1 - отклонение середины поля допуска на изготовление калибра-скобы PP относительно наибольшего предельного размера вала; H_1 - допуск на изготовление калибров-скоб	$+H_1$	0

Скоба гладкий непро- ходной	Наимень- шего диаметра вала d_{\min}	Калибр не должен проходить по валу	$HE_{\min} = d_{\min} + \alpha_1 - H_1 / 2$, где α_1 - компенсация погрешности контроля калибрами-скобами (для валов диаметром свыше 180 мм)	$+H_1$	0
Предельные калибры для контроля размеров отверстий					
Пробка гладкий проход- ной	Наимень- шего диаметра отверсти- я D_{\min}	Калибр должен проходить по валу под действием собственной силы тяжести или определенной силы	$PP_{\max} = D_{\min} + Z + H / 2$, где Z - отклонение середины поля допуска на изготовление калибра-пробки PP относительно наименьшего предельного размера отверстия; H - допуск на изготовление калибра-пробки	0	$-H$
Пробка гладкий непроход- ной	Наиболь- шего диаметра отверсти- я D_{\max}	Калибр, как правило, не должен входить под действием собственной силы тяжести или определенной силы	$HE_{\min} = D_{\max} + \alpha + H / 2$, где α - компенсация погрешности контроля калибрами-пробками (для валов диаметром свыше 180 мм)	0	$-H$

В соответствии с требованиями ГОСТ 2015-84 на каждом калибре нанесены контролируемый номинальный размер, поле допуска, числовые значения и знаки верхнего и нижнего отклонений, назначение калибра (PP , HE , $K-HE$, $K-PP$) и товарный знак предприятия-изготовителя (рисунок 5.4). Вставки с номинальным размером до 14 мм промаркированы на конусной поверхности хвостовика, а размером свыше 14 мм - на передней торцевой поверхности.

Пример выполнения работы

Калибр пробка для контроля размера отверстия $\varnothing 22H7$. Для контроля отверстия $\varnothing 22H7(^{+0,021})$ используется калибр-пробка. Определим предельные и исполнительные размеры калибра для контроля внутреннего диаметра. Предельные отклонения детали: $ES=+0,021$ мм, $EI=0$. Предельные отклонение отверстия: $D_{\max}=22,021$ мм, $D_{\min}=22$ мм. По СТ СЭВ 157-75 приведем схему расположения полей допусков для отверстий до 180 мм с точностью по 7 качеству (рисунок 5.3). По СТ СЭВ 157-75: $z=3$ мкм; $y=3$ мкм; $H=4$ мкм; $\alpha=0$. Определим размеры калибров по формулам:

$$P-PP_{\min} = D_{\min} + z + H/2$$

$$P-HE_{\max} = D_{\max} + \alpha + H/2$$

$$P-PP_{\text{изн}} = D_{\min} - y$$

где $P-PP_{\max}$, $P-PP_{\min}$, $P-PP_{\text{изн}}$ - размеры калибров соответственно максимальный, минимальный и изношенный.

$$P-PP_{\min} = 22 + 0,003 + 0,004/2 = 22,007 \text{ мм}$$

$$P-HE_{\max} = 22,021 + 0,004/2 = 22,0023 \text{ мм}$$

$$P-PP_{\text{изн}} = 22 - 0,003 = 21,997 \text{ мм}$$

На чертеже проставляется $P-PP_{\min} = 22,007_{-0,004}$, $P-HE_{\max} = 22,0023_{-0,004}$.

Практическая работа № 6.

Статистическая обработка результатов контрольных измерений

Задание. В результате выборочного контроля получена некоторая выборка значений размера деталей в партии. Оцените репрезентативность⁴ выборки. Используя закон нормального распределения, оцените количество бракованных деталей в партии обработанных деталей.

Последовательность выполнения работы.

1. Определите наличие “выбросов” в представленной выборке и при наличии таковых исключить их из дальнейших расчетов. Для этого запишите все элементы выборки в порядке возрастания их значений. Определите величину критического значения для определения выброса по формуле:

$$r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1},$$

где: x_1 , x_2 , x_n – значения первого, второго и последнего элементов выборки, расположенных в порядке возрастания значений.

Сравните величину r_{10} с критическим значением (таблица 6.1). В случае, если r_{10} меньше критического значения - x_1 не является выбросом, а если r_{10} больше критического значения - x_1 является выбросом и его необходимо исключить из дальнейших расчетов.

Таблица 6.1. Критические значения для проверки выбросов (экстремальное значение)

Число опытов v	Доверительная вероятность P	
	0.95	0.99
3	0.941	0.988
4	0.765	0.889
5	0.642	0.780
6	0.560	0.698
7	0.507	0.637
8	0.554	0.683

Таблица 6.2 - Процентные точки t -распределения Стьюдента.

Число опытов v	Доверительная вероятность P	
	0.95	0.99
3	2.353	4.541
4	2.132	3.747
5	2.015	3.365
6	1.943	3.143
7	1.895	2.998
8	1.860	2.896

Запишите все элементы выборки в порядке убывания их значений. Определите величину критического значения для определения выброса по формуле:

$$r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1},$$

где: x_1 , x_2 , x_n – значения первого, второго и последнего элементов выборки, расположенных в порядке убывания значений.

Сравните величину r_{10} с критическим значением (таблица 6.1). В случае, если r_{10} меньше критического значения - x_1 не является выбросом, а если r_{10} больше критического значения - x_1 является выбросом и его необходимо исключить из дальнейших расчетов.

2. Определите максимальное и минимальное значение выборки, моду, размах выборки и среднее арифметическое значение.

Определите минимальное и максимальное значение выборки $x(\min)$ и $x(\max)$. Определите моду выборки – наиболее часто встречающееся значение выборки (обозначается $\langle x \rangle$). Определите размах выборки

$$R = x(\max) - x(\min).$$

Определите среднее арифметическое значение выборки по формуле:

⁴ Репрезентативность можно определить как свойство выборочной совокупности представлять параметры генеральной совокупности, значимые с точки зрения задач исследования

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i,$$

где: x_i – значения элементов выборки, n – количество элементов в выборке.

3. Определите выборочную дисперсию по формуле:

$$D = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2,$$

где: x_i – значения элементов выборки, n – количество элементов в выборке.

4. Определите значения верхней и нижней границ доверительного интервала для заданной доверительной вероятности. Пользуясь таблицей 6.2, выпишите значение процентных точек t -распределения Стьюдента ($t_n =$). Определите значения верхней Θ_H и нижней Θ_L границ доверительного интервала по формулам:

$$\Theta_H = \bar{x} + \frac{t_n \cdot D}{\sqrt{n}}, \quad \Theta_L = \bar{x} - \frac{t_n \cdot D}{\sqrt{n}},$$

где: \bar{x} – среднее арифметическое значение выборки, t_n – процентные точки t -распределения Стьюдента, D – дисперсия, n – количество элементов выборки.

5. Преобразуйте размер детали к нормированной величине по формулам:

$$U_1 = \frac{x_1 - \mu}{\sigma}, \quad U_2 = \frac{x_2 - \mu}{\sigma},$$

где: x_{\max} , x_{\min} – максимальное и минимальное значение размера детали (в соответствии с допуском), μ – математическое ожидание случайной величины, σ – дисперсия выборки.

6. Используя табличные значения (таблица 6.3), определите площадь под кривой нормального распределения с учетом границ допуска на размер. Оцените количество деталей, попавших в поле допуска на размер и не попавших в него.

Таблица 6.3 - Доля площади под стандартной нормальной (гауссовой) кривой от 0 до соответствующего значения

U	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015

U	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.2	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.4	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.6	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.4960	0.4961	0.4962	0.4963	0.4964
2.7	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.4970	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.8	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4979	0.4980	0.4981
2.9	0.4981	0.4982	0.4982	0.4983	0.4984	0.4984	0.4985	0.4985	0.4986	0.4986
3.0	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4989	0.4989	0.4989	0.4990	0.4990

7. Сделайте выводы:

- о репрезентативности выборки;
- о границах доверительного интервала;
- о надежности процесса изготовления детали.

Пример выполнения работы

Задание: В результате выборочного контроля получена некоторая выборка значений размера деталей $10^{+0,3}$ в партии: 10,29, 10,22, 10,19, 10,21, 10,17, 10,15, 10,02. Совокупность измеренных размеров деталей подчинена нормальному распределению. Оценить количество деталей, фактический размер которых попал в поле допуска размера $10^{+0,3}$ мм в выборке из 40 деталей при доверительной вероятности $P=0,95$.

Решение:

1. Определим наличие “выбросов” в представленной выборке. Для этого запишем все элементы выборки в порядке возрастания их значений: 10,02, 10,15, 10,17, 10,19, 10,21, 10,22, 10,29. Определим величину критического значения для определения выброса:

$$r_{10} = \frac{10,15 - 10,02}{10,29 - 10,02} = 0,481$$

Определим критическое значение по таблице 3.1: для выборки из 7 элементов критическое значение равно 0,507, следовательно, значение 10,02 с вероятностью $P=0,95$ выбросом не является (т.к. $0,481 < 0,507$).

Запишем все элементы выборки в порядке убывания их значений: 10,29, 10,22, 10,21, 10,19, 10,17, 10,15, 10,02. Определим величину критического значения для определения выброса:

$$r_{10} = \frac{10,29 - 10,22}{10,02 - 10,29} = 0,26$$

Следовательно значение 10,22 с вероятностью $P=0,95$ выбросом не является. (т.к. $0,26 < 0,507$).

Таким образом, все элементы выборки репрезентативны.

2. Определим максимальное ($x(\max)=10,29$) и минимальное ($x(\min)=10,02$) значение выборки, мода $\langle x \rangle$ (отсутствует, так как нет повторяющихся значений), размах выборки ($R=10,29-10,02=0,27$) и среднее арифметическое значение

$$\bar{x} = \frac{1}{7} \cdot (10,29 + 10,22 + 10,19 + 10,21 + 10,17 + 10,15 + 10,02) = 10,178.$$

3. Определим выборочную дисперсию по формуле:

$$D = \frac{1}{7-1} \cdot [(10,29-10,178)^2 + (10,22-10,178)^2 + (10,19-10,178)^2 + (10,21-10,178)^2 + (10,17-10,178)^2 + (10,15-10,178)^2 + (10,02-10,178)^2] = 0,0069$$

4. Определим, пользуясь таблицей 3.2, значение процентных точек t-распределения Стьюдента для доверительной вероятности $P=0,95$ ($t_n=1,895$). Определим значения верхней Θ_H и нижней Θ_L границ доверительного интервала по формулам:

$$\Theta_H = 10,178 + \frac{1,895 \cdot 0,0069}{\sqrt{7}} = 10,183, \quad \Theta_L = 10,178 - \frac{1,895 \cdot 0,0069}{\sqrt{7}} = 10,173$$

5. Преобразуем размер детали к нормированной величине U .

$$U_1 = \frac{10,3 - 10,178}{\sqrt{0,0069}} = 1,47, \quad U_2 = \frac{10,0 - 10,178}{\sqrt{0,0069}} = -2,14$$

6. Пользуясь таблицей 6.3, определим площадь под кривой плотности нормированного нормального распределения. Для $U_1=1,47$ доля площади составляет 0,4292, для $U_2=-2,14$ составляет 0,4838, тогда общая доля площади составит 0,913 или 91,3%. Следовательно. $0,913 \cdot 40 = 36$ деталей попадают в заданное поле допуска при имеющихся параметрах и условиях реализации технологического процесса, следовательно, технологический процесс в целом обеспечивает требуемую точность обработки деталей.

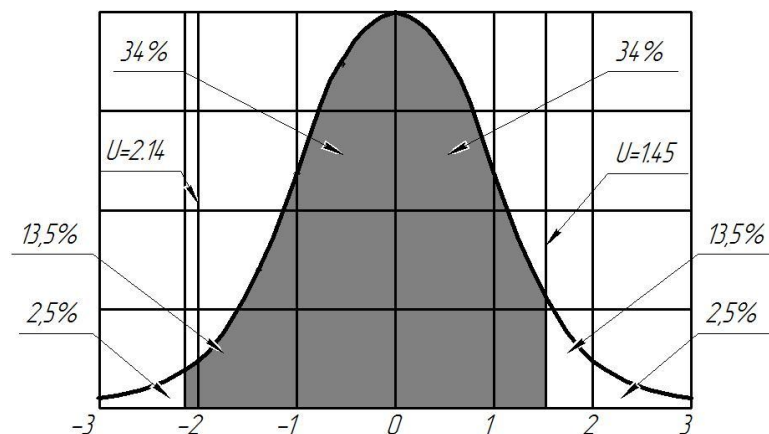


Рисунок 6.1 – Доля годных деталей в партии, соответствующая условиям реализации технологического процесса

7. На основании проведенной работы сделаем следующие выводы:

- Выборка является репрезентативной.
- Границы доверительного интервала для вероятности $P=0,95$: 10,173...10,183.
- Для имеющихся условий производства технологический процесс изготовления детали надежность процесса можно считать удовлетворительной.

Вариант	Размер								P
1	11 ^{+0,05}	11	11,05	11,03	11,025	11,035	11,01	11,04	0,99
2	8 _{-0,35}	7,9	7,7	7,7	7,89	7,9	7,85	7,8	0,95
3	32±0,2	31,85	32	32,1	32,1	31,9	32	32,15	0,99
4	17 ^{+0,21}	17,02	17,06	17,08	17,11	17,1	17,17	17,01	0,99
5	40 _{-0,24}	39,8	39,86	39,9	39,79	39,87	39,81	39,92	0,95
6	11 ^{+0,6}	11	11,5	11,3	11,25	11,35	11,1	11,4	0,95
7	47 ^{+0,3}	47,03	47,06	47,18	47,21	47,19	47,17	47,05	0,99
8	30 _{-0,24}	29,8	29,86	29,9	29,79	29,87	29,81	29,92	0,99
9	2±0,2	1,85	2	2,17	2,15	1,92	2	2,1	0,99
10	10 ^{+0,5}	10	10,5	10,3	10,25	10,35	10,1	10,4	0,95
11	40 _{-0,3}	39,75	39,86	39,94	39,75	39,88	39,81	39,95	0,95
12	7 ^{+0,21}	7,02	7,06	7,08	7,12	7,1	7,17	7,03	0,99
13	8 _{-0,5}	7,9	7,7	7,7	7,6	7,9	7,8	7,7	0,95
14	22±0,21	21,85	22	22,1	22,1	21,9	22,05	22,15	0,99
15	6 _{-0,4}	6,9	6,7	6,7	6,85	6,9	6,85	6,8	0,95