

ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задача 1

В первую и вторую графы табл. 29 внесены 100 независимых числовых значений результата измерения напряжения постоянного тока цифровым вольтметром, каждое из которых повторилось m раз. Записать результат измерения.

Таблица 29

$U, \text{В}$	m	$mU, \text{В}$	$U - \hat{U}, \text{В}$	$\left(U - \hat{U}\right)^2, \text{В}^2$	$m\left(U - \hat{U}\right)^2, \text{В}^2$
8,30	1	8,30	- 0,33	0,1089	0,1089
8,35	2	16,70	- 0,28	0,0784	0,1568
8,40	4	33,60	- 0,23	0,0529	0,2116
8,45	5	42,25	- 0,18	0,0324	0,1620
8,50	8	68,00	- 0,13	0,0169	0,1352
8,55	10	85,50	- 0,08	0,0064	0,0640
8,60	18	154,80	- 0,03	0,0009	0,0162
8,65	17	147,05	0,02	0,0004	0,0068
8,70	12	104,40	0,07	0,0049	0,0588
8,75	9	78,75	0,12	0,0144	0,1296
8,80	7	61,60	0,17	0,0289	0,2023
8,85	6	53,10	0,22	0,0484	0,2904
8,90	0	-	-	-	-
8,95	1	8,95	0,32	0,1024	0,1024

Решение. 1. Используя результаты вспомогательных вычислений, сведенные в третью графу табл. 14, рассчитываем среднее арифметическое значение результата измерения:

$$\hat{U} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{100} U_i = 8,63 \text{ В.}$$

2. Используя вспомогательные вычисления в четвертой, пятой и шестой графах табл. 14, рассчитаем оценку среднего квадратического отклонения отдельного наблюдения:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{100} \left(U_i - \hat{U}\right)^2} = 0,127 \text{ В.}$$

3. Проверка массива экспериментальных данных на наличие промахов по «правилу трех сигм». Больше чем на $3S = 0,381 \text{ В}$ от среднего арифметического значения не отличается ни одно из числовых значений результата измерения.

Следовательно, можно считать, что массив экспериментальных данных промахов не содержит.

4. Строим гистограмму. Вид построенной гистограммы может свидетельствовать о том, что возможной теоретической моделью данного распределения может

служить нормальный закон распределения вероятности, который и примем с целью идентификации.

Существует несколько так называемых критериев согласия, по которым проверяются гипотезы о соответствии экспериментальных данных нормальному закону распределения вероятности результата измерения.

Наиболее распространенным из них является критерий К. Пирсона. При использовании этого критерия за меру расхождения экспериментальных данных с теоретическим законом распределения вероятности результата измерения принимается сумма квадратов отклонения частот m_i/n от теоретической вероятности P_i попадания отдельного значения результата измерения в i -й интервал, причем каждое слагаемое берется с коэффициентом n/P_i :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{n}{P_i} \left(\frac{m_i}{n} - P_i \right)^2.$$

Если расхождение случайно, то χ^2 подчиняется χ^2 -распределению (хи-квадрат распределению К. Пирсона).

В таблице приложения 2 приведены значения χ_0^2 при разной доверительной вероятности и разных значениях числа интервалов k . Задавшись значением доверительной вероятности и числом интервалов, можно проверить, больше или меньше χ_0^2 вычисленного значения χ^2 .

Если меньше, то с выбранной вероятностью χ^2 можно считать случайным числом, подчиняющимся χ^2 -распределению К. Пирсона, т. е. признать случайным расхождение между эмпирической и теоретической плотностью распределения вероятности результата измерения. Если же окажется, что $\chi^2 > \chi_0^2$, то с той же вероятностью придется признать, что χ^2 не подчиняется χ^2 -распределению К. Пирсона, т. е. гипотеза о соответствии эмпирического закона распределения вероятности теоретическому не подтверждается.

5. При использовании критерия К. Пирсона в каждом интервале должно быть не меньше пяти независимых значений результата измерения. В соответствии с этим образуем интервалы так, как это представлено во второй графе табл. 30.

Таблица 30

i	Интервалы		m_i	t_i	$L(t_i)$	P_i	$m_i - nP_i$	$\frac{(m_i - nP_i)^2}{nP_i}$
	$(U_{i-1};$	$U_i)$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	(- ∞	8,425)	7	- 1,614	- 0,4467	0,0533	1,67	0,523
2	(8,425;	8,475)	5	- 1,220	- 0,3888	0,0579	- 0,79	0,108
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	(8,475;	8,525)	8	- 0,827	- 0,2959	0,0929	- 1,29	0,179

4	(8,525;	8,575)	10	- 0,433	- 0,1676	0,1283	- 2,83	0,624
5	(8,575;	8,625)	18	- 0,039	- 0,0156	0,1520	2,80	0,516
6	(8,625;	8,675)	17	0,354	0,1383	0,1539	1,61	0,168
7	(8,675;	8,725)	12	0,748	0,2728	0,1345	- 1,45	0,157
8	(8,725;	8,775)	9	1,142	0,3733	0,1005	- 1,05	0,110
9	(8,775;	8,825)	7	1,536	0,4377	0,0644	0,56	0,048
10	(8,825;	+ ∞)	7	+ ∞	0,5000	0,0623	0,77	0,095

6. Определяем, на сколько S отстоит от среднего арифметического значения, правая граница U_i каждого интервала

$$t_i = \frac{U_i - \hat{U}}{S} = \frac{U_i - 8,63}{0,127}.$$

Полученные значения внесем в четвертую графу табл. 30.

7. По значению параметра t_i можно определить, с какой вероятностью отдельное значение результата измерения, подчиняющегося нормальному закону распределения вероятности, попадает в интервал $\hat{U} \pm U_i$. Эта вероятность определяется интегралом вероятности – функцией Лапласа $L(t_i)$, представленной в приложении 1. Полученные значения $L(t_i)$ занесены в пятую графу табл. 30.

8. Теоретическая вероятность P_i попадания в i -й интервал отдельного значения результата измерения, подчиняющегося нормальному закону распределения вероятности, равна

$$P_i = L(t_i) - L(t_{i-1}).$$

Принимая во внимание, что $L(-\infty) = -0,5$, а $L(+\infty) = +0,5$, полученные расчетные значения P_i сведены в шестую графу табл. 30.

9. В седьмую и восьмую графы табл. 30 внесены результаты остальных вспомогательных вычислений. Суммирование чисел в восьмой графе дает

$$\chi^2 = 2,528.$$

10. Из таблицы приложения 2 видно, что рассчитанное значение $\chi \ll \chi_0^2$ соответствует, например, вероятности 0,95. Следовательно, можно принять гипотезу о том, что результат измерения подчиняется нормальному закону.

11. Рассчитываем стандартное отклонение среднего арифметического значения результата измерения:

$$S_{\hat{U}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = 0,04 \text{ В.}$$

12. Из таблицы приложения 3 определяем параметр t при числе независимых наблюдений $n \geq 50$ и выбранной доверительной вероятности 0,95. Рассчитываем половину доверительного интервала, в котором находится результат измерения:

$$\varepsilon = tS_{\hat{U}} = 2 \cdot 0,04 = 0,08 \text{ В.}$$

13. Определяем пределы, в которых находится значение измеренной величины:

$$\hat{U} - \varepsilon \leq U \leq \hat{U} + \varepsilon.$$

$$(8,63-0,08) \text{ В} \leq U \leq (8,63+0,08) \text{ В} \quad \text{или} \quad 8,55 \text{ В} \leq U \leq 8,71 \text{ В.}$$

Ответ: С вероятностью $P = 0,95$ результат измерения находится в доверительном интервале $U = [8,55 \dots 8,71]$.

Задача 3

В условии задачи $c = 0,5$; $n = 2$, параметрический ряд A задан рядом $R 40/3 (1,18 \dots 3,35)$. Выбрать члены рядов взаимосвязанных параметров A и B и определить их порядковые номера.

1. Определим в приложении 4 ряд параметров A , его знаменатель и порядковые номера членов $R 40/3 (1,18; 1,4; 1,70; 2; 2,36; 2,8; 3,35)$;

$$\Phi_A = \frac{1,40}{1,18} = 1,18;$$

$$N_1=3; N_2=6; N_3=9; N_4=12; N_5=15; N_6=18; N_7=21.$$

2. Находим приближенное значение параметров B_I , соответствующее первому члену A_I :

$$A_I=0,5 (B_I)^2; \quad A_I=1,18; \quad B_I = \left(\frac{1,18}{0,5} \right)^{\frac{1}{2}} = 1,5.$$

3. Определим значение знаменателя ряда B :

$$\Phi_A = \Phi_B^2 \quad \Phi_B = \Phi_A^{1/2} = (1,18)^{1/2} = 1,08 \approx 1,06.$$

4. Определяем ряд параметра B , его обозначения и порядковые номера членов:

Ряд B :

$$R 40/2 (1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2,00; 2,12),$$

$$N=N_T+K40; K=0;$$

$$N_1=7; N_2=8; N_3=9; N_4=10; N_5=11; N_6=12; N_7=13.$$

Результаты вносим в таблицу по форме 3.

Форма 3

Обозначение парам.	Обозначение ряда	Знаменатель ряда	Значение параметров						
			1	2	3	4	5	6	7
A	$R40/3$	1,18	1,18	1,4	1,70	2	2,36	2,8	3,35
			3	6	9	12	15	18	21

<i>B</i>	<i>R40/2</i>	1,12	1,5	1,7	1,9	2,12	2,36	2,65	3,0
			7	9	11	13	15	17	19

Порядковые номера членов ряда

Задача 5

В какой системе выполнена и к какой группе относится посадка, полученная при соединении вала 25 *f*7 с отверстием 25 *H*7? Построить схему полей допусков, вычислить и показать на схеме предельные размеры сопрягаемых деталей, а также предельные зазоры посадки. Привести обозначения посадки тремя способами.

Указание. По обозначению основного отклонения отверстия (*H* - основное отверстие) и вала можно заключить, что посадка выполнена в системе отверстия. Основное отклонение вала находится в зоне основных отклонений *a...h* ([3], с. 205), следовательно, при соединении с данным отверстием образуется посадка с зазором.

Схема полей допусков строится с использованием табличных значений предельных отклонений отверстия и вала.

В табл. 1.27 ([6], ч.1, с.79) находим, что номинальный размер 25мм попадает в интервал размеров "свыше 18 до 30". В графе "*H* 7" таблицы полей допусков находим предельные отклонения данного размера: $ES = +21 \text{ мкм} = +0.021 \text{ мм}$ и $EI = 0$.

В табл. 1.28 ([6], ч. 1, с. 83) в графе "*f*7" находим, что $es = -20 \text{ мкм}$ и $ei = -41 \text{ мкм}$.

Предельные размеры сопрягаемых деталей определяются следующим образом:

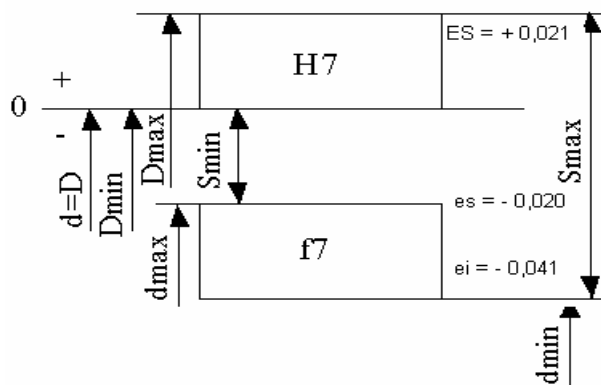
$$D_{\max} = D + ES = 25,000 + (+0,021) = 25,021 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D + EI = 25,000 + 0 = 25,000 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = d + es = 25,000 + (-0,020) = 24,980 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d + ei = 25,000 + (-0,041) = 24,959 \text{ мм}.$$

Схема полей допусков посадки изображена ниже.



Предельные зазоры посадки определяются по формулам:

$$S_{\max} = ES - ei = (+0,021) - (-0,041) = 0,062;$$

$$S_{\min} = EI - es = 0 - (-0,020) = 0,020.$$

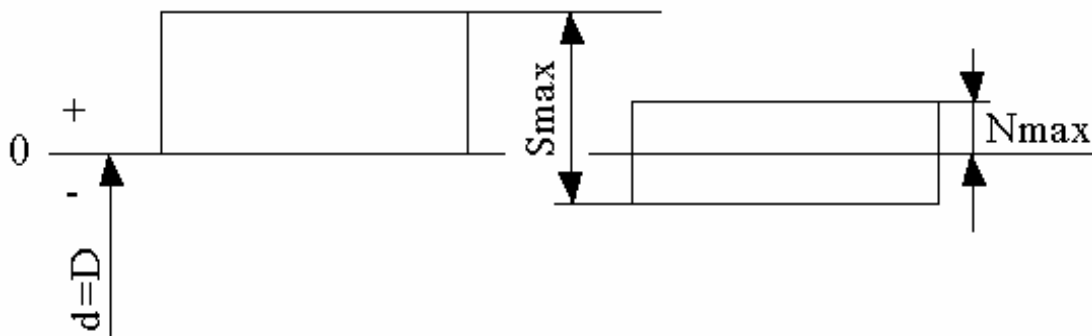
Обозначение посадки тремя способами, используемыми при указании размеров на чертежах:

$$25 \frac{H7}{f7}; \quad 25 \frac{+0,021}{-0,020}; \quad 25 \frac{H7}{f7} \left[\begin{array}{c} +0,021 \\ -0,020 \\ -0,041 \end{array} \right].$$

Задача 6

Подобрать такую посадку в системе отверстия, чтобы предельные зазоры и натяги были равны соответственно $S_{\max} = 0,033$ мм, $N_{\min} = 0,008$ мм. Номинальный размер соединения равен 35 мм.

Указание. По условию задачи требуется подобрать переходную посадку в системе отверстия с заданными характеристиками. Построим принципиальную схему полей допусков переходной посадки в системе отверстия.



Определим верхнее отклонение вала:

$$es = N_{\max} + EI = N_{\max} = +0,008 \text{ (так как } EI = 0 \text{ у основного отверстия).}$$

По заданному номинальному размеру и значению es вала по табл. 1.29

([6], ч. 1, с. 91) установим поле допуска вала $35 j_s6 (\pm 0,008)$.

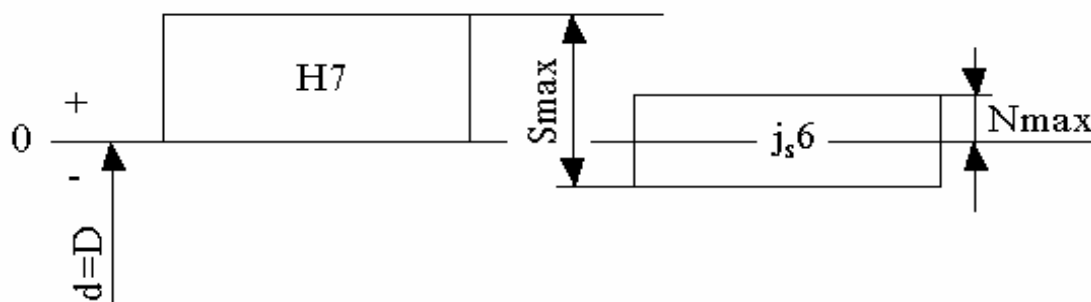
Вычислим верхнее предельное отклонение отверстия по формуле

$$S_{\max} = ES - ei; \quad ES = S_{\max} + ei = 0,033 + (-0,008) = +0,025.$$

По табл. 1.27 ([6], т. I, с. 79) определим поле допуска отверстия $35 H7$.

$$\text{Окончательно имеем: } 35 \frac{H7 \left[\begin{array}{c} +0,025 \end{array} \right]}{js6 (\pm 0,008)}.$$

Схема полей допусков изображена ниже.



Задача 7

Подобрать посадку шарикового радиального подшипника 6-го класса точности на вал, обеспечивающую предельные натяги, равные соответственно:

$$N_{\max} = 0,026 \text{ мм}, N_{\min} = 0,010 \text{ мм}.$$

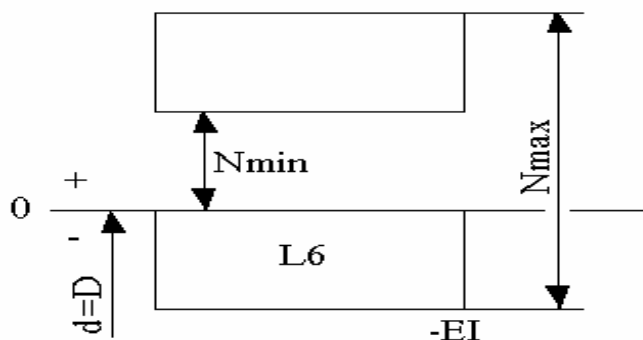
Номинальный размер соединения равен 10 мм.

Указание. Посадка подшипника на вал осуществляется в системе отверстия. Следовательно, поле допуска на вал будем подбирать в системе отверстия (см. предыдущую задачу).

Предельные отклонения на внутреннее кольцо подшипника 6-го класса точности находим по табл. 4.82([6], ч. 2, с. 273) в графе dm:

$$ES = 0; EI = -0,007.$$

Поле допуска на внутреннее кольцо подшипника обозначается сочетанием буквы "L" с цифрой, определяемой классом точности подшипника. В данном случае условное обозначение поля допуска будет - "L6". Построим схему полей допусков для сопряжения подшипник - вал. Поскольку соединение должно обеспечить гарантированный натяг, поле допуска вала должно находиться над полем допуска отверстия.



Определим предельные отклонения вала:

$$ei = N_{\min} = +0,01;$$

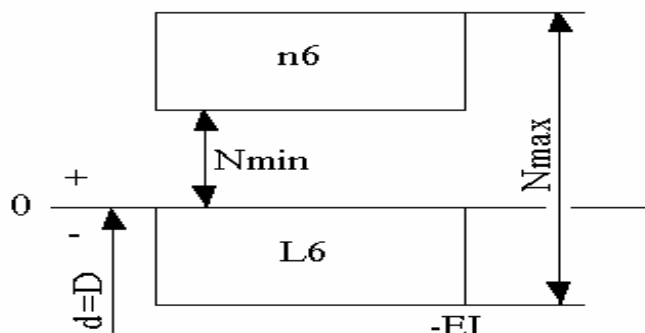
$$es = N_{\max} + EI = 0,026 + (-0,007) = +0,019.$$

По табл. 1.29([6], ч. 1, с. 91) установим поле допуска вала - "n6".

Следовательно, заданным условиям отвечает посадка

$$10 \frac{L6 \left(\begin{smallmatrix} -0,007 \\ -0,007 \end{smallmatrix} \right)}{n6 \left(\begin{smallmatrix} +0,019 \\ +0,010 \end{smallmatrix} \right)}.$$

Схема полей допусков для сопряжения подшипник – вал представлена ниже.



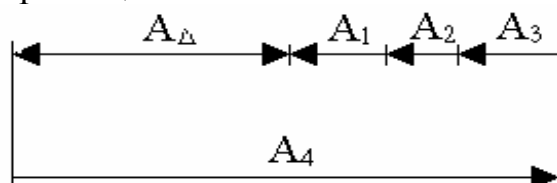
Задача 9

Заданы предельные отклонения исходного (замыкающего) звена A_{Δ} :

$$EsA_{\Delta} = +0,13 ; EiA_{\Delta} = -0,15$$

Определить предельные отклонения размеров составляющих звеньев приведенной ниже сборочной размерной цепи со следующими номинальными размерами этих звеньев: $A_1 = 5$; $A_2 = 3$; $A_3 = 4$; $A_4 = 30$.

Построим схему размерной цепи.



Указание. Для расчета размерной цепи необходимо выявить увеличивающие и уменьшающие звенья. Анализ заданной сборочной размерной цепи позволяет установить, что звено A_4 - увеличивающее, звенья A_1 , A_2 , A_3 - уменьшающие.

Определим номинальный размер A_{Δ} :

$$A_{\Delta} = \sum A_{i_{ув}} - \sum A_{i_{ум}} = 30 - (5+3+4) = 18.$$

Допуск замыкающего размера равен

$$TA_{\Delta} = EsA_{\Delta} - EiA_{\Delta} = +0,13 - (-0,15) = 0,28.$$

Размерная цепь содержит подшипник - звено A_3 . Следовательно, $TA_{СТ} = TA_3 = 0,12$ (см. с. 45 методических указаний). Для установления уровня точности изготовления составляющих звеньев рассчитаем значение коэффициента точности $a_{ср}$, предварительно определив значение единиц допуска для всех звеньев ([6], ч. 2, с. 20):

$$a_{ср} = \frac{TA_{\Delta} - \sum_{j=1}^k TA_{cmj}}{\sum_{j=1}^{m-k-1} i_j} = \frac{280 - 120}{(0,73 + 0,55 + 1,31)} = 61,8. \quad (1)$$

Все результаты расчета рекомендуется заносить в табл. по форме 2.

По табл. 1.9([6], ч. 1, с. 45) находим, что ближайшее стандартное значение "а" = 64. Следовательно, принимаем 10-й квалитет для изготовления составляющих звеньев. Назначим допуски для составляющих звеньев (см. табл. 1.8[6], ч. 1, с. 44) по 10-му квалитету:

$$TA_1 = 48; TA_2 = 40; TA_3 = 120; TA_4 = 84.$$

$$\text{Следовательно: } \Sigma TA_j = 48 + 40 + 120 + 84 = 292.$$

Условие

$$TA_{\Delta} \geq \Sigma TA_j \quad (1) \text{ не выполняется.}$$

Звено A_1 выбираем в качестве зависимого и назначаем допуск его размера по ближайшему более точному квалитету $TA_1 = 30$.

Окончательно

$$\sum_{j=1}^{m-1} TA_{j,cm} = 30 + 40 + 120 + 84 = 274.$$

Условие $TA_{\Delta} \geq \Sigma TA_j$ выполняется, так как $280 > 274$.

Анализ размерной цепи позволяет установить, что в соответствии с принятой классификацией размеры A_1, A_2 - охватываемые, размер A_4 сборочный, поэтому предельные отклонения для него следует назначить симметрично. В табл. 16 приведены предельные отклонения всех составляющих звеньев и результаты расчета средних отклонений полей допусков.

$$\text{Условие } Ec A_{\Delta} = \Sigma Ec A_{ув} - \Sigma Ec A_{ум} \quad (2)$$

$$-10 < 0 - (-15 - 20 - 60)$$

$$-10 = +95 \text{ не выполняется}$$

Пусть A_1 - зависимое звено. Рассчитаем $Ec A_1$, удовлетворяющее условию (2).

$$Ec A_1 = Ec A_4 - Ec A_2 - Ec A_3 - Ec A_{\Delta};$$

$$Ec A_1 = 0 - (-20) - (-60) - (-10) = +90.$$

$$\text{Тогда } Es A_1 = Ec A_1 + 1/2 TA_1 = +90 + 15 = +105;$$

$$Ei A_1 = Ec A_1 - 1/2 TA_1 = +90 - 15 = +75.$$

$$\text{Следовательно, } A_1 = 5^{+0,105}_{+0,075}.$$

Ближайшего стандартного поля допуска нет.

Пример выполнения задачи №10

Задание

Составить регистрационный номер сертификата по содержанию соответствующих позиций (*, №3, №4, №8) и дать комментарий к остальным позициям сертификата соответствия (см. табл. 31)

Таблица 31

№ позиции	Содержание позиции	Комментарии по данной позиции	Пример выполнения задачи
-----------	--------------------	-------------------------------	--------------------------

		сертификата	
1	Регистрационный № сертификата	Порядок составления приведен в опорном конспекте (раздел 5.3.2.)	<u>РОСС</u> <u>DE</u> <u>ДЕ01</u> <u>В</u> <u>04137</u> 1 2 3 4 5 (ответ)
*	Обязательная сертификация		А или В – если обязательная С или Н – если добровольная сертификации.
2	С 07.09.1998 по 06.09.1999	Указать максимально возможный срок действия сертификата	3 года – на продукцию и системы кач-ва;
3	<u>РОСС</u> <u>RU</u> .0001.11 <u>ДЕ01</u> 1 2 3	Опорный конспект, раздел 5.3.2	Структура регистрац. № органа по сертификации <i>Окончание табл. 31</i>
4	Свинцовые стартовые аккумуляторы VARTA, BOSCH и т.д., серия	Учитывается при определении кода тип объекта сертификации	А,С – если партия или единичные изделия; В,Н- если серия.
5	Код отсутствует	Объясните почему?	Так как продукция импортная
6	ГОСТ 29111-91, ГОСТ 12.2.007.12-88		Требования к продукции должны соответствовать указанным ГОСТам
7	Код ТН ВЭД 8507 10 81	Что означает наличие кода?	Так как продукция импортная
8	Ам. Лайнеуфер 51, 30419 Ганновер, Германия		Юридический адрес изготовителя
9	Ам. Лайнеуфер 51, 30419 Ганновер, Германия		Юридический адрес получателя сертификата
10	Сертификат № 02905 от 07.09.98 г.; экспертиза №3835\1\98 от 07.09.98 г. рег. № РОСС RU. 0001.3102682; декларация изготовителя о соответствии от 28/08/98 г.	Поясните термин «декларация изготовителя»	См. раздел 5.2.1
11	Система менеджмента качества (СМК) сертифицирована по МС ИСО 9001:2000	Пояснить значение СМК в рыночных условиях	Повышает имидж изготовителя
12	Подписи руководителя и эксперта		

Номинал. размер звена, мм $A_j, A_{ст}, A_{\Delta}$	Тип звена		i , мкм	Допуск		Тип размера			ES , мкм		Ei , мкм		Ec , мкм		Окончательная запись размеров смешанным способом
	УВ	УМ		TA_j	$TA_{ст}$	вал	отв.	уст.	УВ	УМ	УВ	УМ	УВ	УМ	
$A_I=5$		УМ	0,73	30		вал				0		-30		-15	$A_I = 5^{+0,105}_{+0,075}$
$A_2=3$		УМ	0,55	40		вал				0		-40		-20	$A_2=3h10(-0,04)$
$A_3=4$		УМ			120	вал				0		-120		-60	$A_3 = 4_{-0,12}$
$A_4=30$	УВ		1,31	84				уст	+42		-42		0		$A_4=30js10(\pm 0,042)$
$A_{\Delta}=18$															$A_{\Delta} = 18^{+0,13}_{-0,15}$
Сумма			2,59	154	120										
Проверяе- мые усло- вия замк- нутости цепи	$A_{\Delta} = \sum A_{уВ} - \sum A_{уМ}$ $A_{\Delta} = 30 - (5 + 3 + 4) =$ $30 - 12 = 18$			$TA_{\Delta} = 280$		$TA_{\Delta} \geq \sum TA_{ст} +$ $\sum TA_j$ $280 > 274$			$ES A_{\Delta} = +130$ $Ei A_{\Delta} = -150$ $Ec A_{\Delta} = -10$						$Ec A_{\Delta} = \sum Ec A_{уВ} - \sum Ec A_{уМ}$ $-10 = 0 - (+90 - 20 - 60)$

