

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Астраханской области «Астраханский колледж вычислительной техники»

**ОТЧЕТ**

по практическим (лабораторным) работам

по дисциплине	МДК 01.02 Методы осуществления стандартных и сертификационных испытаний, метрологических проверок средств измерений
	3 семестр
по специальности	15.02.07
	Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)

АКВТ.15.02.07.ПР \_\_\_\_.

Листов: \_\_\_\_\_

Выполнил

Студент гр. АБ – 21

Проверил

Преподаватель

2017

## Практическая работа №2.

Тема: 1) ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ.  
2) КЛАСС ТОЧНОСТИ ПРИБОРА.

### Цель работы:

1. Научиться рассчитывать погрешность при выборе методов и средств измерений.
2. Научиться определять какому классу точности соответствуют показания прибора.

### Описание практической работы 1):

Расчет погрешности при выборе методов и средств измерений выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 26433.0–85. Методы и средства измерений принимаем в соответствии с характером объекта и измеряемых параметров из условия

$$\delta x_{\Sigma \text{мет}} \leq \delta x_{\text{мет}},$$

где  $\delta x_{\Sigma \text{мет}}$  – расчетная суммарная погрешность принимаемого метода и средства измерения;  $\delta x_{\text{мет}}$  – предельная погрешность измерения.

Вычисляем расчетную погрешность измерения по одной из формул:

$$\delta x_{\Sigma \text{мет}} = \sqrt{\sum_{p=1}^r K_p^2 \delta x_p^2 + \left( \sum_{q=1}^u K_q \theta x_q \right)^2}$$

или

$$\delta x_{\Sigma \text{мет}} = 2,5 \sigma x_{\Sigma \text{мет}} = 2,5 \sqrt{\sum_{p=1}^r K_p^2 \sigma^2 x_p + \left( \sum_{q=1}^u K_q \sigma x_q \right)^2},$$

где  $\delta x_p$  – случайные составляющие погрешности;  $\theta x_q$  – систематические составляющие погрешности;  $\delta x_p$  – средние квадратические случайные составляющие погрешности;  $\delta x_q$  – средние квадратические систематические составляющие погрешности.

$p = 1, 2 \dots r$  – число случайных составляющих погрешностей;  $q = 1, 2 \dots u$  – число систематических составляющих погрешностей;  $K_p, K_q$  – коэффициенты, учитывающие характер зависимости между суммарной и каждой из составляющих погрешностей измерения.

При расчете по указанным формулам принимаем, что составляющие погрешности независимы между собой или слабо коррелированы.

Предельную погрешность  $\delta x_{\text{мет}}$  определяем из условия:

$$\delta x_{\Sigma \text{мет}} \leq K \cdot \Delta x$$

где  $\Delta x$  – допуск измеряемого геометрического параметра, установленный нормативно-технической документацией на объект измерения;  $K$  – коэффициент, зависящий от цели измерений и характера объекта.

Для измерений, выполняемых в процессе и при контроле точности изготовления и установки элементов, а также при контроле точности разбивочных работ принимаем  $K = 0,2$ . Для измерений, выполняемых в процессе производства разбивочных работ,  $K = 0,4$ .

Действительная погрешность  $\delta x_{\Sigma \text{мет}}$  выполненных измерений не должна превышать ее предельного значения.

Для случаев, когда процесс измерения состоит из большого числа отдельных операций, на основе принципа равных влияний определяем среднее значение составляющих погрешностей  $\delta x_{p,q}$  по формуле

$$\delta x_{p,q} = \frac{\delta x_{\text{мет}}}{\sqrt{r + u^2}},$$

где  $r$  – число случайных составляющих погрешностей;  $u$  – число систематических составляющих погрешностей.

Выделяем те составляющие погрешности, которые легко могут быть уменьшены, увеличивая соответственно значения тех составляющих погрешностей, которые трудно обеспечить имеющимися методами и средствами.

Проверяем соблюдение условия, и в случае несоблюдения этого условия назначаем более точные средства или принимаем другой метод измерения.

### Пример

Выбрать средство измерения для контроля длины изделия,  
 $L = (3600 \pm 2,0)$  мм ( $\Delta x = 4$  мм, ГОСТ 21779–82).

### Решение

1. Определяем предельную погрешность измерения  $\delta x_{\text{мет}}$ :

$$\delta x_{\text{мет}} = K * \Delta x = 0,2 * 4,0 = 0,8 \text{ мм.}$$

2. Для выполнения измерений, возможно, применить, например, 10-метровую металлическую рулетку 3-го класса точности ЗПКЗ-10АУТ/10 ГОСТ 7502–80.

3. В суммарную погрешность измерения длины изделия рулеткой входят составляющие погрешности:  $\Theta x_1$  – поверки рулетки;  $\Theta x_2$  – от погрешности измерения температуры окружающей среды;  $\Theta x_3$  – от колебания силы натяжения рулетки;  $\Theta x_4$  – снятия отсчетов по шкале рулетки на левом и правом краях изделия.

Определяем значения этих погрешностей.

3.1 Погрешность  $\Theta x_1$  поверки рулетки в соответствии с ГОСТ 8.301–78 принимаем равной 0,2 мм.

3.2. Погрешность  $\Theta x_2$  от изменения температуры окружающей среды термометром с ценой деления 1 °С (погрешность измерения равна 0,5 °С) составляет

$$\Theta x_2 = L \alpha \Delta t = 3600 * 12,5 * 10^{-6} * 0,5 \approx 0,22 \text{ мм.}$$

3.3. Погрешность  $\Theta x_3$  от колебания силы натяжения рулетки составляет

$$\Theta x_3 = \frac{L \Delta P}{FE} = \frac{3600 \cdot 10}{2 \cdot 2 \cdot 10^5} = 0,09 \approx 0,1 \text{ мм,}$$

где  $\Delta P = 10$ Н – погрешность натяжения рулетки вручную;  $F = 2 \text{ мм}^2$  – площадь поперечного сечения рулетки;  $E = 2 * 10^5$  Н/мм – модуль упругости материала рулетки.

3.4. Экспериментально установлено, что погрешность снятия отсчета по шкале рулетки не превышает 0,3 мм, при этом погрешность  $\delta x_4$  снятия отсчетов на левом и правом краях изделия составит

$$\Theta x_4 = 0,3 * \sqrt{2} \approx 0,4 \text{ мм.}$$

4. Определяем расчетную суммарную погрешность измерения по формуле, учитывая, что  $\Theta x_1$  – систематическая погрешность, а  $\delta x_2$ ,  $\delta x_3$  и  $\delta x_4$  – случайные:

$$\delta x_{\Sigma \text{мет}} = \sqrt{\delta x_2^2 + \delta x_3^2 + \delta x_4^2 + \theta x_1^2} = \sqrt{0,26} \approx 0,5 \text{ мм}$$

5. Данные метод и средство измерения могут быть приняты для выполнения измерений, так как расчетная суммарная погрешность измерения  $\delta x_{\Sigma \text{мет}} = 0,5 \text{ мм}$  меньше предельной  $\delta x_{\Sigma \text{мет}} = 0,8 \text{ мм}$ , что соответствует требованию.

**Задание:**

По вышеописанному алгоритму произвести выбор средства измерения с учетом погрешности, используя данные в табл. 1.

**Исходные данные**

**Таблица 1**

Вариант	$L, \text{ мм}$	$\Delta x, \text{ мм}$	$\alpha$	$\Delta t, \text{ }^\circ\text{C}$	$\Delta P, \text{ Н}$	$F, \text{ мм}^2$	$E, \text{ Н/мм}$
1	3150±2,0	4	12,5·10 <sup>-6</sup>	0,2	7	2	2·10 <sup>5</sup>
2	6000±4,0	8	12,5·10 <sup>-6</sup>	0,5	12	1,6	2·10 <sup>5</sup>
3	4000±6,0	12	12,5·10 <sup>-6</sup>	1,0	10	3	2·10 <sup>5</sup>
4	2800±1,0	2	12,5·10 <sup>-6</sup>	0,7	9	2,5	2·10 <sup>5</sup>
5	4500±3,0	6	12,5·10 <sup>-6</sup>	0,3	11	1	2·10 <sup>5</sup>
6	6700±5,0	10	12,5·10 <sup>-6</sup>	2,0	8	2	2·10 <sup>5</sup>
7	3150±4,0	8	12,5·10 <sup>-6</sup>	0,4	12	1,6	2·10 <sup>5</sup>
8	6000±6,0	12	12,5·10 <sup>-6</sup>	1,5	10	3	2·10 <sup>5</sup>
9	4000±1,0	2	12,5·10 <sup>-6</sup>	0,7	9	2	2·10 <sup>5</sup>
10	2800±3,0	6	12,5·10 <sup>-6</sup>	0,3	11	1,6	2·10 <sup>5</sup>
11	4500±2,0	4	12,5·10 <sup>-6</sup>	2,0	7	3	2·10 <sup>5</sup>
12	3150±4,0	8	12,5·10 <sup>-6</sup>	0,4	12	2,5	2·10 <sup>5</sup>
13	6700±6,0	12	12,5·10 <sup>-6</sup>	1,5	8	1	2·10 <sup>5</sup>
14	3150±1,0	2	12,5·10 <sup>-6</sup>	0,2	12	2	2·10 <sup>5</sup>
15	4000±3,0	6	12,5·10 <sup>-6</sup>	0,5	10	1,6	2·10 <sup>5</sup>
16	2800±5,0	10	12,5·10 <sup>-6</sup>	1,0	9	3	2·10 <sup>5</sup>
17	6700±4,0	8	12,5·10 <sup>-6</sup>	0,7	11	2	2·10 <sup>5</sup>
18	4500±6,0	12	12,5·10 <sup>-6</sup>	0,3	7	1,6	2·10 <sup>5</sup>
19	4000±1,0	2	12,5·10 <sup>-6</sup>	2,0	12	3	2·10 <sup>5</sup>
20	6000±3,0	6	12,5·10 <sup>-6</sup>	0,4	7	2,5	2·10 <sup>5</sup>
21	6700±2,0	4	12,5·10 <sup>-6</sup>	1,5	12	1	2·10 <sup>5</sup>
22	4000±4,0	8	12,5·10 <sup>-6</sup>	0,7	10	2	2·10 <sup>5</sup>

Окончание таблицы 1

Вариант	$L$ , мм	$\Delta x$ , мм	$\alpha$	$\Delta t$ , °C	$\Delta P$ , Н	$F$ , мм <sup>2</sup>	$E$ , Н/мм
23	3150±6,0	12	$12,5 \cdot 10^{-6}$	0,3	9	1,6	$2 \cdot 10^5$
24	6700±1,0	2	$12,5 \cdot 10^{-6}$	2,0	11	3	$2 \cdot 10^5$
25	4000±3,0	6	$12,5 \cdot 10^{-6}$	0,4	8	2	$2 \cdot 10^5$
26	6000±5,0	10	$12,5 \cdot 10^{-6}$	1,5	12	1,6	$2 \cdot 10^5$
27	2800±4,0	8	$12,5 \cdot 10^{-6}$	0,3	10	3	$2 \cdot 10^5$
28	4500±6,0	12	$12,5 \cdot 10^{-6}$	2,0	9	2,5	$2 \cdot 10^5$
29	6700±1,0	2	$12,5 \cdot 10^{-6}$	0,4	11	1	$2 \cdot 10^5$
30	6700±3,0	6	$12,5 \cdot 10^{-6}$	1,5	12	2	$2 \cdot 10^5$
31	2800±2,0	4	$12,5 \cdot 10^{-6}$	0,7	7	1,6	$2 \cdot 10^5$

Расчеты:

## Описание практической работы 2):

*Класс точности средств измерений* – обобщенная характеристика данного типа средств измерений, как правило, отражающая уровень их точности, выражаемая пределами допускаемых основной и дополнительной погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность.

*Например, класс точности концевых мер длины характеризует близость их размера к номинальному, допускаемое отклонение от плоскопараллельности, а также притираемость и стабильность; класс точности вольтметров характеризует пределы допускаемой основной погрешности и допускаемых изменений показаний, вызываемых внешним магнитным полем и отклонением от нормальных значений температуры, частоты переменного тока и некоторых других величин.*

Класс точности не является непосредственной оценкой точности измерений, выполняемых этим СИ, поскольку погрешность зависит еще от ряда факторов: метода измерений, условий измерений и т.д. Класс точности лишь позволяет судить о том, в каких пределах находится погрешность СИ данного типа. Общие положения деления средств измерений по классу точности устанавливает ГОСТ 8.401–80.

Стандарт не распространяется на средства измерений, для которых предусматриваются отдельные нормы на систематическую и случайные составляющие, а также на средства измерений, для которых нормированы номинальные функции влияния, а измерения проводятся без введения поправок на влияющие величины. Классы точности не устанавливаются и на средства измерений, для которых существенное значение имеет динамическая погрешность.

Для остальных средств измерений обозначение классов точности вводится в зависимости от способов задания пределов допускаемой основной погрешности.

*Основная погрешность средства измерений* определяется погрешностью в нормальных условиях его применения. Дополнительная погрешность СИ – составляющая погрешности средств измерений, дополнительно возникающая из-за отклонения какой-то из влияющих величин (температуры и др.) от ее нормального значения.

Пределы погрешностей могут быть выражены в форме абсолютной, приведенной или относительной погрешности в зависимости от характера изменения погрешностей в пределах диапазона измерений, а также от условий применения и назначения средств измерений конкретного вида. Метрологические характеристики, определяемые классом точности, нормируются следующим образом:

- в *форме приведенных погрешностей* – если границы погрешностей можно получить практически неизменными в пределах диапазона измерений;
- в *форме относительных погрешностей* – если указанные границы нельзя полагать постоянными;
- в *форме абсолютных погрешностей* (т.е. в единицах измеряемой величины или в делениях шкалы СИ) – если погрешность результатов измерений в данной области измерений принято выражать в единицах измеряемой величины или в делениях шкалы. Например, для мер массы или длины.

Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности могут задаваться либо в виде одночленной формулы

Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности устанавливаются по формуле:

$$\Delta = \pm a \quad (1)$$

или

$$\Delta = \pm(a + bx), \quad (2)$$

где  $\Delta$  - пределы допускаемой абсолютной основной погрешности, выраженной в единицах измеряемой величины на входе (выходе) или условно в делениях шкалы;

$x$  - значение измеряемой величины на входе (выходе) средств измерений или число делений, отсчитанных по шкале;

$a, b$  - положительные числа, не зависящие от  $x$ .

В обоснованных случаях пределы допускаемой абсолютной погрешности устанавливают по более сложной формуле или в виде графика либо таблицы.

Пределы допускаемой приведенной основной погрешности следует устанавливать по формуле

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_N} = \pm p, \quad (3)$$

где  $\gamma$  - пределы допускаемой приведенной основной погрешности, %;

$\Delta$  - пределы допускаемой абсолютной основной погрешности, устанавливаемые по формуле (1);

$X_N$  - нормирующее значение, выраженное в тех же единицах, что и  $\Delta$ ;

$p$  - отвлеченное положительное число, выбираемое из ряда  $1 \cdot 10^n$ ;  $1,5 \cdot 10^n$ ;  $(1,6 \cdot 10^n)$ ;  $2 \cdot 10^n$ ;  $2,5 \cdot 10^n$ ;  $(3 \cdot 10^n)$ ;  $4 \cdot 10^n$ ;  $5 \cdot 10^n$ ;  $6 \cdot 10^n$ ; ( $n=1, 0, -1, -2$ , и т. д.). (\*)

Значения, указанные в скобках, не устанавливают для вновь разрабатываемых средств измерений.

Нормирующее значение  $X_N$  для большинства СИ определяют по формуле:

$$X_N = X_{max} - X_{min}, \quad (4)$$

Где  $X_{max}$ ,  $X_{min}$  – верхний и нижний предел шкалы измерительного средства. В ГОСТ 8.401-80 предусмотрены так же другие способы определения нормирующего значения.

Пределы допускаемой относительной основной погрешности устанавливают по формуле

$$\delta = \frac{\Delta}{x} = \pm q, \quad (5)$$

если  $\Delta$  установлено по формуле (1), или по формуле

$$\delta = \frac{\Delta}{x} = \pm \left[ c + d \left( \left| \frac{X_K}{x} \right| \right) - 1 \right], \quad (6)$$

где  $\delta$  - пределы допускаемой относительной основной погрешности, %;

$q$  - отвлеченное положительное число, выбираемое из ряда (\*);

$X_K$  - больший (по модулю) из пределов измерений;

$c, d$  - положительные числа, выбираемые из ряда, приведенного (\*).

$$c = b + d; d = \frac{a}{\left| X_K \right|} \quad (7)$$

Правила построения и примеры обозначения классов точности в документации и на средствах измерений приведены в таблице 2.

Форма выражения погрешности	Пределы допускаемой основной погрешности	Пределы допускаемой основной погрешности, %	Обозначение класса точности	
			в документации	на средстве измерений
Приведенная погрешность	По формуле (7): - если нормирующее значение выражено в единицах величины средств измерений;	$\gamma = \pm 1,5$	Класс точности 1,5	1,5
	- если нормирующее значение принято равным длине шкалы или ее части	$\gamma = \pm 0,5$	Класс точности 0,5	0,5
Относительная погрешность	По формуле (10)	$\delta = \pm 0,5$	Класс точности 0,5	0,5
	По формуле (11)	$\delta = \pm \left[ 0,02 + 0,01 \left( \left  \frac{X_K}{x} \right  \right) - 1 \right]$	Класс точности 0,02/0,01	0,02/0,01
Абсолютная погрешность	По формуле (5) или (6)		Класс точности М	М
Относительная или абсолютная погрешность	Определен в виде графика или таблицы		Класс точности С	С

**Задание:**

1. Название прибора, диапазон шкалы и результаты измерений взять из таблицы (4) по вариантам.
2. Рассчитать абсолютную и относительную погрешность по формулам (8), (9), результат внести в таблицу 3.



**Задание на практическую работу**

**Таблица 4**

№ №	Проверяемый прибор	Диапазон шкалы прибора	Измеренная величина, x									
			Истинная величина, x <sub>d</sub>									
1.	Манометр	0...400 кг/см <sup>2</sup>	21 20	59 60	102 100	119 120	143 140	181 180	202 200	249 250	301 300	400 400
2.	Манометр	0...1.6 кг/см <sup>2</sup>	0,21 0,20	0,42 0,40	0,59 0,60	0,79 0,80	0,99 1,00	1,19 1,20	1,28 1,30	1,39 1,40	1,50 1,50	1,59 1,60
3.	Манометр	0...50 кг/см <sup>2</sup>	4,5 5,0	9,0 10,0	14,5 15,0	19,0 20,0	25,0 25,0	31,0 30,0	35,5 35,0	40,5 40,0	44,0 45,0	49,0 50,0
4.	Манометр	0...400 кг/см <sup>2</sup>	21 20	59 60	102 100	119 120	143 140	181 180	202 200	249 250	301 300	400 400
5.	Манометр	0...1.6 кг/см <sup>2</sup>	0,21 0,20	0,42 0,40	0,59 0,60	0,79 0,80	0,99 1,00	1,19 1,20	1,28 1,30	1,39 1,40	1,50 1,50	1,59 1,60
6.	Манометр	200...600 кг/см <sup>2</sup>	221 220	259 260	302 300	319 320	343 340	381 380	402 400	449 450	501 500	600 600
7.	Мано- вакуумметр	-25...25 Па	-25 -25	-19 -20	-14 -15	-9 -10	-5 -5	0 0	6 5	9 10	15 15	21 20
8.	Вакуумметр	-50...0 атм	-49 -50	-44 -45	-41 -40	-36 -35	-31 -30	-25 -25	-19 -20	-15 -15	-9 -10	-5 -5
9.	Вакуумметр	-400...0 бар	-400 -400	-301 -300	-249 -250	-202 -200	-181 -180	-143 -140	-119 -120	-102 -100	-59 -60	-21 -20
10.	Мановакуумметр	-200...200 Па	-193 -200	-188 -180	-143 -140	-119 -120	-106 -100	-59 -60	-25 -20	1 0	102 100	153 150
11.	Термометр	-50...50°	-45 -50	-42 -40	-33 -30	-21 -20	-10 -10	1 0	12 10	26 25	32 30	47 45
12.	Термометр	300...900°	352 350	402 400	451 450	501 500	551 550	603 600	655 650	705 700	755 750	803 800
13.	Термометр	0...500°	53 50	104 100	155 150	203 200	256 250	303 300	355 350	402 400	451 450	499 500
14.	Термометр	100...1000°	105 100	202 200	301 300	403 400	502 500	607 600	705 700	803 800	900 900	998 1000
15.	Термометр	300...1200°	301 300	402 400	501 500	600 600	699 700	798 800	899 900	999 1000	1101 1100	1198 1200
16.	Термометр	100...200°	101 100	122 120	133 130	144 140	155 150	159 160	168 170	177 180	188 190	197 200
17.	Термометр	33...43°	33,2 33,0	34,1 34,0	35,5 35,0	36,6 36,0	37,5 37,0	38,2 38,0	39,1 39,0	40,5 40,0	41,2 41,0	41,2 42,0
18.	Вольтметр	0...100 В	23 25	34 30	43 40	48 45	55 50	64 60	71 70	76 75	79 80	87 90
19.	Вольтметр	50...100 В	50 50	54 55	61 60	66 65	71 70	74 75	82 80	87 85	93 90	97 95
20.	Амперметр	0...10 А	1,0 1,0	2,1 2,0	2,9 3,0	4,2 4,0	5,2 5,0	5,8 6,0	7,0 7,0	8,3 8,0	9,1 9,0	9,8 10,0

**Расчеты:**

### **Контрольные вопросы:**

1. Абсолютная погрешность?
2. Относительная погрешность?
3. Приведенная погрешность?
4. Основная погрешность?
5. Дополнительная погрешность?
6. Систематическая погрешность?
7. Случайная погрешность?
8. Что называется классом точности средства измерений?
9. Какие существуют способы обозначения классов точности?

### **Список используемой литературы:**

1. *Радкевич, Я. М.* Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для вузов / Я. М. Радкевич. – М.: Высш. шк., 2004. – 767 с.
2. *Сергеев, А. Г.* Метрология, стандартизация, сертификация: учеб. пособие / А. Г. Сергеев. – М.: Логос, 2003. – 536 с.
3. *Димов, Ю. В.* Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для вузов / Ю. В. Димов. – СПб.: Питер, 2006. – 430 с.