

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНСТИТУТ НЕФТИ И ГАЗА

Кафедра «Кибернетических
систем»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ
(контрольная работа , часть 1,2)
по дисциплине «ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И ПРИБОРЫ и
ИЗМЕРЕНИЕ НЕЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН»
для студентов направления 15.03.04 «Автоматизация технологических
процессов и производств нефтяной и газовой промышленности» очной,
заочной и заочно-сокращенной форм обучения

Тюмень 2016

**Утверждено редакционно-издательским советом
Тюменского государственного нефтегазового университета**

Составитель: к.т.н., доцент Овчинникова В.А.

Содержание

	стр.
1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ	4
1.1. Выбор варианта	4
1.2. Требования к оформлению	4
2. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ЧАСТЬ 1	
2.1. Задание по контрольной работе	6
2.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ЧАСТЬ 1	
2.2.1. Методика оценки точности результатов измерений	14
2.2.2. Определение класса точности измерительного прибора	18
2.2.3. Выбор промышленного измерительного прибора	19
2.2.4. Пример выполнения контрольной работы ЧАСТЬ 1.	19
3. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ЧАСТЬ 2	
3.1. Задание по общепромышленным приборам	24
3.2. Задание по специальным приборам	26
3.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ЧАСТЬ 2	
3.3.1. Содержание контрольной работы ЧАСТЬ 2	27
3.3.2. Указания к выполнению контрольной работы ЧАСТЬ 2	27
3.4. Рекомендуемая литература	28

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Контрольная работа часть 1 позволяет освоить методику оценки точности результатов измерений и выбор измерительного прибора по классу точности. В контрольной работе изучается принцип действия измерительных приборов, их конструкция, метрологические характеристики, типы серийных приборов и их промышленное применение.

Контрольные задания содержат вопросы по измерению температуры, давления, расхода, уровня, состава и свойств веществ общепромышленными и специальными измерительными приборами, об унифицированных преобразователях и о встроенных микропроцессорах.

Во время зачета (экзамена) студент должен быть готов дать пояснения по существу выполненного контрольного задания.

1.1. Выбор варианта

Вариант выбирается в соответствии с двумя последними цифрами студенческого билета.

Для контрольной работы часть 1 вариант задания выбирается по табл.1 на пересечении соответствующей колонки и строки.

Для контрольной работы часть 2 вариант задания по общепромышленным приборам выбирается по табл.8, по специальным приборам - по табл.9.

1.2. Требования к оформлению

Контрольные работы выполняются **на компьютере**.

Все страницы нумеруются. Номер ставится внизу по центру.

Титульный лист выполняется согласно ГОСТ.

Графики и чертежи выполняются в системе AutoCAD с соблюдением правил черчения и условных обозначений электрических приборов по ГОСТ 2.755-74, а в схемах автоматизации по ГОСТ 21.208-2013г.

Все чертежи, рисунки, таблицы, формулы должны быть пронумерованы. Чертежи, рисунки, таблицы должны иметь название.

Расчетные формулы должны приводиться в тексте работы в общем виде с объяснением буквенных значений. Исходные данные представляются только в основных единицах (метр, секунда, Паскаль и т.д.). Точность вычислений два-три знака после запятой.

В конце работы указывается использованная литература. В тексте обязательна ссылка на использованную литературу.

2. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ЧАСТЬ 1

2.1. Задание по контрольной работе

Задание предполагает, что технологический параметр находится в рабочем диапазоне. Это гарантирует нормальное протекание технологического процесса.

Результаты равноточных измерений получены для одной точки рабочего диапазона.

Из результатов наблюдений исключены известные систематические погрешности.

Таблица 1

Выбор варианта по контрольной работе № 1

Вариант	Предпоследняя цифра студенческого билета										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Последняя цифра студенческого билета	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	8	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11
	7	21	22	23	5	6	11	16	21	24	25
	6	9	10	11	4	7	12	17	22	1	2
	5	12	13	14	3	8	13	18	23	3	4
	4	15	16	17	2	9	14	19	24	5	6
	3	18	19	20	1	10	15	20	25	7	8
	2	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
	1	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	0	5	4	3	2	1	21	22	23	24	25

В таблице 1 цифрами обозначены следующие варианты задания:

Вариант 1

Давление жидкости на приеме ДНС находится в пределах от 5.65 до 5.96 кг · с/см². Результаты равноточных измерений следующие:

5.65 5.65 5.65 5.65 5.80 5.96 5.96
5.96 5.96 5.88 5.80 5.80 5.70 5.80
5.70 5.80

- Требуется:
1. Оценить точность результатов измерений;
 2. Определить класс точности манометра;
 3. Выбрать измерительный прибор.

Вариант 2

Расход жидкости на ДНС находится в пределах от 201 до 228 м³/2час. Результаты равноточных измерений следующие:

215.00	213.00	216.00	212.00	201.00	219.00	210.00
228.00	216.00	215.00	201.00	214.00	218.00	217.00
215.00	214.00					

- Требуется: 1. Оценить точность результатов измерений;
2. Определить класс точности расходомера;
3. Выбрать измерительный прибор.

Вариант 3

Температура в сепарационной установке находится в диапазоне от 29.3 до 30.8°С. Результаты равноточных измерений следующие:

30.17	29.66	29.48	29.97	30.57	30.50	29.94
29.45	29.86	30.10	30.23	29.61	29.74	30.12
30.12	30.26	30.14	29.99	30.06	29.54	29.59
30.21	29.79	30.19	29.83			

- Требуется: 1. Оценить точность результатов измерений;
2. Определить класс точности термометра;
3. Выбрать измерительный прибор.

Вариант 4

Дебит в забое скважины находится в пределах от 36.00 до 47.00 м³/2час. Результаты равноточных измерений следующие:

43.00	46.00	46.00	46.00	47.00	42.00	38.00
36.00	39.00	41.00	40.00	42.00	43.00	44.00
43.00	45.00					

- Требуется: 1. Оценить точность результатов измерений;
2. Определить класс точности расходомера;
3. Выбрать измерительный прибор.

Вариант 5

Температура в нефтяной скважине находится в диапазоне от 78.0 до 82.0°С. Результаты равноточных измерений следующие:

80.53	79.17	78.69	80.00	81.60	81.43	79.94
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

78.63	79.70	80.36	80.71	79.05	79.41	80.42
80.42	80.77	80.48	80.06	80.24	78.87	78.99
80.65	79.52	80.59	79.64			

- Требуется: 1. Оценить точность результатов измерений;
2. Определить класс точности термометра;
3. Выбрать измерительный прибор.

Вариант 6

Температура подшипников электродвигателя НПС может меняться от 78.5 до 81.5°C. Результаты равноточных измерений следующие:

79.68	80.81	79.74	80.63	80.46	79.92	79.63
79.33	80.34	80.40	80.34	79.98	80.04	80.69
80.81	79.57	79.21	79.51	79.33	78.97	79.86
80.63						

- Требуется: 1. Оценить точность результатов измерений;
2. Определить класс точности термометра;
3. Выбрать измерительный прибор.

Вариант 7

Температура обмоток электродвигателя НПС находится в пределах от 59.6 до 60.4°C. Результаты равноточных измерений следующие:

60.05	60.00	59.98	60.01	59.97	59.97	60.04
60.06	60.01	59.98	59.97	59.96	60.08	60.10
59.89	60.01	60.00	60.01			

- Требуется: 1. Оценить точность результатов измерений;
2. Определить класс точности термометра;
3. Выбрать измерительный прибор.

Вариант 8

Давление в барабане водогрейного котла находится в пределах от 4.9 до 6.1 МПа. Результаты равноточных измерений следующие:

5.03	4.94	4.91	5.00	5.10	5.08	4.99
4.91	4.98	5.02	5.04	4.94	4.96	5.02
5.02	5.04	5.03	5.00	5.01	4.92	4.93
5.04	4.97	5.03	4.97			

- Требуется: 1. Оценить точность результатов измерений;
2. Определить класс точности манометра;
3. Выбрать измерительный прибор.

Вариант 9

Давление нефти в ГЗУ может меняться от 1.57 до 1.63 МПа. Результаты равноточных измерений следующие:

1.59	1.61	1.60	1.57	1.69	1.58	1.56
1.58	1.57	1.61	1.59	1.60	1.61	1.61
1.61	1.60	1.54	1.61			

- Требуется: 1. Оценить точность результатов измерений;
2. Определить класс точности манометра;
3. Выбрать измерительный прибор.

Вариант 10

Давление в газовом коллекторе колеблется в интервале от 14.72 до 15.28 МПа. Результаты равноточных измерений следующие:

14.94	15.15	14.95	15.11	15.08	14.98	14.93
14.87	15.06	15.07	15.06	14.99	15.00	15.13
15.15	14.91	14.85	14.90	14.87	14.80	14.97
15.11						

- Требуется: 1. Оценить точность результатов измерений;
2. Определить класс точности манометра;
3. Выбрать измерительный прибор.

Вариант 11

Расход воды на КНС находится в пределах от 212.20 до 285.90 м³/2час. Результаты равноточных измерений следующие:

267.60 263.15 251.65 285.90 253.80 250.80 269.25
258.65 212.20 200.70 260.15 228.35 260.80 261.25
262.20 230.50

- Требуется: 1. Оценить точность результатов измерений;
2. Определить класс точности расходомера;
3. Выбрать измерительный прибор.

Вариант 12

Температура газа в ТХУ находится в пределах от 278.3 до 281.8°C.

Результаты равноточных измерений следующие:

280.20 279.97 279.88 280.03 279.82 279.85 280.14
280.23 280.03 280.20 279.88 279.82 279.76 280.11
280.43 279.47 280.00 279.97 280.03 280.08

- Требуется: 1. Оценить точность результатов измерений;
2. Определить класс точности термометра;
3. Выбрать измерительный прибор.

Вариант 13

Дебит жидкости с ДНС находится в пределах от 531.00 до 664.00 м³/2час.
Результаты равноточных измерений следующие:

664.00 540.00 531.00 632.00 581.00 601.00 537.00
653.00 547.00 624.00 569.00 618.00 590.00 580.00
590.00 580.00

- Требуется: 1. Оценить точность результатов измерений;
2. Определить класс точности расходомера;
3. Выбрать измерительный прибор.

Вариант 14

Давление в нефтепроводе находится в диапазоне от 7.80 до 8.20 МПа.
Результаты равноточных измерений следующие:

8.05 7.91 7.86 8.00 8.16 8.14 7.99
7.86 7.97 8.03 8.07 7.90 7.94 8.04

8.04	8.07	8.04	8.00	8.02	7.88	7.89
8.06	7.95	8.05	7.96			

- Требуется: 1. Оценить точность измерений;
2. Определить класс точности манометра;
3. Выбрать измерительный прибор.

Вариант 15

Содержание воды на выходе ДНС находится в пределах от 10.29 до 14.22%. Результаты равноточных измерений следующие:

12.25	11.27	13.24	11.76	12.25	10.29	10.78
13.24	14.22	13.73	14.10	13.73	11.25	10.33
11.20	10.70					

- Требуется: 1. Оценить точность результатов измерений;
2. Определить класс точности прибора;
3. Выбрать измерительный прибор.

Вариант 16

Дебит в забое скважины находится в пределах от 78.00 до 88.00 м³/2час. Результаты равноточных измерений следующие:

82.00	85.00	88.00	84.00	83.00	82.00	79.00
78.00	87.00	79.00	83.00	86.00	84.00	85.00
78.00	79.00					

- Требуется: 1. Оценить точность результатов измерений;
2. Определить класс точности расходомера;
3. Выбрать измерительный прибор.

Вариант 17

Давление жидкости на выходе ДНС находится в пределах от 8.82 до 12.06 кг/см². Результаты равноточных измерений следующие:

12.06	10.29	10.00	10.29	11.76	9.12	8.82
9.12	9.12	9.12	10.59	10.29	10.00	10.20
9.50	9.80					

- Требуется: 1. Оценить точность результатов измерений;
2. Определить класс точности манометра;
3. Выбрать измерительный прибор.

Вариант 18

Расход воды на КНС находится в пределах от 198.20 до 352.45 м³/2час.
Результаты равноточных измерений следующие:

349.10	348.65	349.35	338.20	336.55	351.70	352.45
344.50	333.00	336.20	325.60	325.85	326.50	328.50
330.10	332.10					

- Требуется: 1. Оценить точность результатов измерений;
2. Определить класс точности расходомера;
3. Выбрать измерительный прибор.

Вариант 19

Давление газа на ГПЗ находится в пределах от 5.33 до 6.04 кг/см².
Результаты равноточных измерения следующие:

5.33	5.80	6.04	6.04	5.96	6.04	5.57
5.73	5.41	5.33	5.41	5.33	5.33	5.68
5.86	5.78					

- Требуется: 1. Оценить точность результатов измерений;
2. Определить класс точности манометра;
3. Выбрать измерительный прибор.

Вариант 20

Давление жидкости на входе ДНС находится в пределах от 7.06 до 7.92 кг/см². Результаты равноточных измерения следующие:

7.06	7.53	7.92	7.84	7.69	7.76	7.22
7.45	7.14	7.14	7.22	7.14	7.06	7.15
7.68	7.20					

- Требуется: 1. Оценить точность результатов измерений;
2. Определить класс точности манометра;
3. Выбрать измерительный прибор.

Вариант 21

Расход бурового раствора находится в пределах от 72.5 до 77.7 л/с. Результаты равноточных измерения следующие:

75.50	74.22	73.77	75.00	76.50	76.34	74.94
73.72	74.72	75.33	75.67	74.11	74.44	75.39
75.72	75.45	75.06	75.22	73.94	74.05	75.61
74.55	75.56	74.67				

- Требуется: 1. Оценить точность результатов измерений;
2. Определить класс точности расходомера;
3. Выбрать измерительный прибор.

Вариант 22

Уровень в нефтяном резервуаре находится в пределах от 9.98 до 10.02 м. Результаты равноточных измерения следующие:

10.00	9.90	9.99	10.00	9.99	9.99	10.00
10.00	10.00	9.99	9.98	9.96	10.00	10.01
9.98	10.00	9.99	10.00	10.02		

- Требуется: 1. Оценить точность результатов измерений;
2. Определить пределы абсолютной основной погрешности;
3. Выбрать измерительный прибор.

Вариант 23

Уровень воды в котле поддерживается в пределах от 0.79 до 0.81 м. Результаты равноточных измерений следующие:

0.800	0.799	0.799	0.800	0.799	0.799	0.800
0.800	0.800	0.800	0.799	0.799	0.799	0.800
0.801	0.798	0.800	0.799	0.800	0.800	

- Требуется: 1. Оценить точность результатов измерений;
2. Определить пределы абсолютной основной погрешности;
3. Выбрать измерительный прибор.

Вариант 24

Расход воды на ДНС находится в пределах от 65.00 до 80.00 м³/2час.
Результаты равноточных измерений следующие:

80.00	78.00	75.00	65.00	71.00	63.00	68.00
69.00	77.00	81.00	75.00	61.00	76.00	75.00
70.00	65.00					

- Требуется:
1. Оценить точность результатов измерений;
 2. Определить пределы абсолютной основной погрешности;
 3. Выбрать измерительный прибор.

Вариант 25

Вес на крюке БУ устанавливается в пределах от 16.43 до 17.6 т · с.
Результаты равноточных измерений следующие:

16.82	17.03	17.02	17.15	16.81	17.11	16.82
16.90	17.00	16.98	16.93	17.07	17.15	16.87
16.98	17.08	17.16	16.88	16.73	17.02	17.16
16.97	17.05	17.44				

- Требуется:
1. Оценить точность результатов измерений;
 2. Определить класс точности индикатора веса;
 3. Выбрать измерительный прибор.

2.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ЧАСТЬ 1

2.2.1. Методика оценки точности результатов измерений

Для повышения точности измерений, исключения ошибок и систематических погрешностей, проводятся равноточные (или прямые многократные) измерения, число которых должно быть не менее трех. Порядок обработки результатов равноточных измерений и оценку их погрешностей регламентирует ГОСТ 8.207-76. Для этого вычисляют результат измерений, проверяют закон распределения, отбрасывают грубые замеры и записывают результат измерений.

Расчет результата измерения

Среднее арифметическое \bar{X} результата измерения вычисляют по формуле:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n X_i, \quad (1)$$

где X_i - i -й результат наблюдения; n - число единичных наблюдений.

Среднее квадратическое отклонение S результата единичного наблюдения, взятого из совокупности таких измерений, вычисляют по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (2)$$

Среднее квадратическое отклонение $S(\bar{X})$ результата измерения является параметром функции распределения и подсчитывается по формуле:

$$S(\bar{X}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} = \frac{S}{\sqrt{n}}, \quad (3)$$

где X_i - i -й результат наблюдения; \bar{X} - среднее арифметическое результатов наблюдения (результат измерения); n - число наблюдений.

Доверительные границы ε (без учета знака) случайной погрешности измерения для результатов небольшого числа наблюдений ($3 \leq n \leq 30$), принадлежащих нормальному распределению, находятся по формуле:

$$\varepsilon = t_p \cdot S(\bar{X}), \quad (4)$$

где t_p - коэффициент Стьюдента.

Коэффициент t_p в зависимости от доверительной вероятности P и числа результатов наблюдения n находят по табл. 2.

Значения коэффициента t_p распределения Стьюдента

Число результатов наб- людений n-1	Доверительная вероятность P			Число результ а- тов наб- людени й n-1	Доверительная вероятность P		
	0.9	0.95	0.99		0.9	0.95	0.99
2	2.92	4.30	9.92	12	1.78	2.18	3.06
3	2.35	3.18	5.84	14	1.76	2.15	2.98
4	2.13	2.78	4.60	16	1.75	2.12	2.92
5	2.02	2.57	4.03	18	1.73	2.10	2.88
6	1.94	2.48	3.71	20	1.72	2.09	2.85
7	1.90	2.37	3.50	22	1.72	2.07	2.82
8	1.86	2.31	3.36	25	1.71	2.06	2.79
9	1.83	2.26	3.25	30	1.70	2.04	2.75
10	1.81	2.32	3.17	∞	1.65	1.96	2.58

Для производственных измерений рекомендуется выбирать $P=0.9$, $P=0.95$; для исследовательских целей $P=0.95$ и $P=0.99$.

В контрольной работе выбирают $P=0.95$.

Результат измерения записывают в виде:

$$X = \bar{X} \pm \varepsilon(n, P) \quad (5)$$

Проверка закона распределения

Правильность выбора нормального распределения, характеризующего рассеяние результатов наблюдений, проверяют при $n \leq 50$ по составному критерию (ГОСТ 8.207-76).

Критерий 1

Вычисляют отношение \tilde{a} по формуле:

$$\tilde{a} = \sum_{i=1}^n \frac{|X_i - \bar{X}|}{n \cdot S^*}, \quad (6)$$

где S^* - смещенная оценка среднего квадратического отклонения, вычисляемая по формуле:

$$S^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}} \quad (7)$$

Результаты измерений можно считать распределенными нормально, если $d_{q_1} < \bar{d} \leq d_{(1-q_1)}$, где d_{q_1} , $d_{(1-q_1)}$ - квантили распределения, получаемые из табл. 3 по n , q_1 , $(1-q_1)$, причем q_1 - заранее выбранный уровень значимости критерия (для доверительной вероятности $P=0.95$ выбираем 5% и 95%, для $P=0.99$ выбираем 1% и 99%).

Таблица 3

Статистика d

n	$(1-q_1) \cdot 100\%$		$q_1 \cdot 100\%$	
	1%	5%	95%	99%
16	0.9137	0.8884	0.7236	0.6829
21	0.9001	0.8768	0.7304	0.6950
26	0.8901	0.8686	0.7360	0.7041
31	0.8826	0.8625	0.7404	0.7220
36	0.8769	0.8575	0.7440	0.7167

Критерий 2

Можно считать, что результаты измерений подлежат нормальному распределению. если не более m разностей $|x_i - \bar{x}|$ превзошли значения $Z_{P^*/2}$ - верхний квантиль распределения нормированной функции Лапласа, отвечающий значению $P^*/2$.

Значение P^* определяется из табл. 4 по выбранному уровню значимости q_1 и числу наблюдений n .

$Z_{P^*/2}$ определяется по значению интеграла $\Phi(Z_{P^*/2})$, приведенной в табл. 5.

Таблица 4

Значения P^* для вычисления $Z_{P^*/2}$

n	m	(1-q ₁) · 100%	
		1%	5%
1	1	0.98	0.96
11-14	1	0.99	0.97
15-20	1	0.99	0.98
21-22	2	0.98	0.96
23	2	0.98	0.96
24-27	2	0.98	0.97
28-32	2	0.99	0.97
33-35	2	0.99	0.98

Таблица 5

Значения интеграла Φ $\Phi(Z_{P^{*/2}}) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$

$\Phi(Z_{P^{*/2}})$	$(Z_{P^{*/2}})$
0.485	2.17
0.490	2.34
0.495	2.58

В случае, если хотя бы один из критериев не соблюдается, считают, что распределение результатов измерений не соответствует нормальному.

Отбрасывание грубых замеров

Результаты измерений, содержащие грубые погрешности и промахи, отбрасываются. Наиболее простым, но грубым приемом является отбрасывание результатов наблюдений, содержащих погрешности, превышающие $\pm 3S$.

Более точно проверяют ошибку наблюдений по критерию β (ГОСТ 11.002-73). Находят отношение

$$U_{\max} = \frac{X_{\max} - \bar{X}}{S}, \quad U_{\min} = \frac{\bar{X} - X_{\min}}{S} \quad (8)$$

Результат сравнивают с величиной β , взятой из табл. 6 для числа наблюдений n и принятого уровня значимости α .

Таблица 6

Предельное значение β для исключения грубых погрешностей

Число наблюдений n	Значение β при α равном			Число наблюдений n	Значение β при α равном		
	0.1	0.05	0.025		0.1	0.05	0.025
3	1.15	1.15	1.15	10	2.03	2.18	2.29
4	1.42	1.46	1.48	12	2.13	2.29	2.41
5	1.60	1.67	1.72	14	2.21	2.37	2.50
6	1.73	1.82	1.89	16	2.28	2.44	2.58
7	1.83	1.94	2.02	18	2.34	2.50	2.66
8	1.91	2.03	2.13	20 и выше	2.38	2.56	2.71
9	1.98	2.11	2.21				

Если $U_{\max} > \beta$ или $U_{\min} > \beta$, то сомнительный результат измерений следует считать грубым и его надо отбросить. Затем вновь вычисляют \bar{x}, s .

Запись результата измерения

Окончательно полученный результат измерений записывают по формуле (5).

2.2.2. Определение класса точности измерительного прибора

Класс точности присваивается средствам измерений в соответствии с ГОСТ 8.401-80. Класс точности электроизмерительных приборов, манометров и других средств измерений определяется приведенной основной погрешностью:

$$\gamma = \pm \frac{\Delta}{X_H} \cdot 100\% \quad (10)$$

где γ - приведенная основная погрешность, в процентах,
 Δ - абсолютная основная погрешность, выраженная в единицах измеряемой величины,

X_H - нормирующий показатель, равный конечному значению шкалы прибора при нулевой шкале, в единицах измеряемой величины.

При постоянном значении технологического параметра $X_H = 1.25 \cdot \bar{x}$. Если наблюдаются значительные отклонения, например при бурении, тогда $X_H = 1.33 \cdot \bar{x}$. Класс точности прибора выбирается из ряда чисел (1, 1.5, 2, 2.5, 4, 5, 6) $\cdot 10^j$, которые равны пределам погрешностей, выраженным в процентах. При этом $j=1,0,-1,-2,-3,-4$.

В заданиях по вариантам указан интервал отклонения технологического параметра, равный $2 \cdot \Delta$. Значение параметра определяется как результат оценки равноточных измерений \bar{x} , полученный в первой части контрольной работы.

При измерении уровня погрешность измерения выражают в форме абсолютной основной погрешности $\pm \Delta$.

2.2.3. Выбор промышленного измерительного прибора

Выбор прибора требует учета многих факторов: диапазона и точности измерения, формы выдачи показаний, условий эксплуатации, надежности, стоимости и т.д. Основными из них являются класс точности и диапазон измерений.

Для конкретного технологического процесса согласно задания по данным расчетов контрольной работы выбирается промышленный измерительный прибор. При этом необходимо дать технико-экономическое обоснование выбранного прибора указать принцип работы, принципиальный рисунок.

2.2.4. Пример выполнения контрольной работы, часть 1

Температура в термокамере находится в пределах от 135.1 до 138.5°C.

Результаты равноточных измерений термо-ЭДС термопары типа ХК следующие (в милливольтках):

9.631	9.623	9.620	9.625	9.618	9.619	9.629
9.632	9.625	9.620	9.618	9.616	9.628	9.639
9.606	9.624	9.623	9.625			

- Требуется:
1. Оценить точность результатов измерений;
 2. Определить класс точности термометра;
 3. Выбрать измерительный прибор.

Расчет результата измерения

Исходные данные и результаты вычислений представлены в табл. 7.

Таблица 7

Расчет точности результатов измерений

	Термо					
--	-------	--	--	--	--	--

№	ЭДС, мВ	$x_i - \bar{x}$	min, max	$(x_i - \bar{x})^2$		$ x_i - \bar{x} < \pm 3s$
1	9.631	0.008		$64 \cdot 10^{-6}$	0.008 < 0.016	0.008 < 0.021
2	9.619	-0.004		$16 \cdot 10^{-6}$	< 0.016	< 0.021
3	9.618	-0.005		$25 \cdot 10^{-6}$		
4	9.624	0.001		$1 \cdot 10^{-6}$		
5	9.623	0.000		0		
6	9.629	0.006		$36 \cdot 10^{-6}$		
7	9.616	-0.007		$49 \cdot 10^{-6}$		
8	9.623	0.000		0		
9	9.620	-0.003		$9 \cdot 10^{-6}$		
10	9.632	0.009		$81 \cdot 10^{-6}$		
11	9.628	0.005		$25 \cdot 10^{-6}$		
12	9.625	0.002		$4 \cdot 10^{-6}$		
13	9.625	0.002		$4 \cdot 10^{-6}$		
14	9.625	0.002		$4 \cdot 10^{-6}$		
15	9.639	0.016	max	$256 \cdot 10^{-6}$		
16	9.618	-0.005		$25 \cdot 10^{-6}$		
17	9.620	-0.003		$9 \cdot 10^{-6}$		
18	9.606	-0.017	min	$289 \cdot 10^{-6}$	0.017 > 0.016	0.017 < 0.021
Σ	173.221	/		$897 \cdot 10^{-6}$	m=1	нет грубых промахов
		0.095/				

Среднее арифметическое \bar{x} результата измерений вычисленное по формуле (1):

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n X_i = \frac{1}{18} \cdot \sum_{i=1}^{18} 173.221 = 9.623$$

Среднее квадратическое отклонение S результата наблюдения (2):

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{0.000897}{18 - 1}} = 0.007$$

Среднее квадратическое отклонение $s(\bar{x})$ результата измерения (3):

$$s(\bar{x}) = \frac{S}{\sqrt{n}} = \frac{0.007}{\sqrt{18}} = 0.002$$

Смещенная оценка S^* среднего квадратического отклонения (7):

$$S^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}} = \sqrt{\frac{0.000897}{18}} = 0.007$$

Коэффициент Стьюдента t_p выбирается по табл. 2 для $n-1=17$ и $P=0.95$, $t_p=2.11$.

Доверительные границы ε находят по формуле (4):

$$\varepsilon = t_p \cdot S(\bar{X}) = 2.11 \cdot 0.002 = 0.004$$

Результат измерения (5):

$$X = \bar{X} \pm \varepsilon(n, P) = 9.623 \pm 0.004 \quad \text{мВ} \quad (18; 0.95)$$

Проверка закона распределения

По критерию 1 вычисляют отношение \tilde{d} (6):

$$\tilde{d} = \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \cdot S^*} = \frac{0.095}{18 \cdot 0.007} = 0.754$$

Квантили распределения выбираются по табл. 3.

$$d_{q1}=0.726 < \tilde{d} = 0.754 < d_{(1-q1)}=0.883$$

Неравенство выполняется. Критерий 1 соблюдается.

По критерию 2 определяют число m .

Значение P^* и число m выбирается по табл. 4.

$$P^*=0.98; \quad m=1. \quad \text{Тогда} \quad P^*/2 = \frac{0.98}{2} = 0.490$$

По табл. 5 выбирается верхний квантиль распределения $Z_{P^*/2} = 2.34$.

Вычисляют $Z_{P^*/2} \cdot S = 2.34 \cdot 0.007 = 0.016$. Из табл. 7 следует, что для замера № 18 неравенство $|X_i - \bar{X}| > Z_{P^*/2} \cdot S$ не выполняется, т.е. $m=1$.

Критерий 2 соблюдается, а распределение результатов соответствует нормальному.

Отбрасывание грубых замеров

Грубых промахов, превышающих $\pm 3 \cdot S$, в результатах измерений нет (табл. 7).

Вычисляют отношение (8):

$$U_{\max} = \frac{X_{\max} - \bar{X}}{S} = \frac{0.016}{0.007} = 2.286; \quad U_{\min} = \frac{\bar{X} - X_{\min}}{S} = \frac{0.017}{0.007} = 2.428$$

Предельное значение β выбирается по табл. 6: $\beta=2.5$.

$$U_{\max}=2.286 < \beta=2.5; \quad U_{\min}=2.428 < \beta=2.5,$$

т.е. грубых замеров в исходных данных нет.

Запись результата измерения

Результат измерения термо-ЭДС записывается:

$$X=9.623 \pm 0.004 \text{ мВ (18; 0.95)}$$

Определение класса точности **термометра**

В примере интервал отклонения **температуры в термокамере** составляет $138.5-135.1=3.4^\circ\text{C}$, что равно $2 \cdot \Delta$. Абсолютная основная погрешность составит $\Delta=1.7^\circ\text{C}$.

Вычисление $\bar{X}=9.623$ мВ для термопары типа ХК соответствует измеряемой температуре 136.8°C (определено по градуировочной характеристике термоэлектрического термометра типа ХК).

Процесс стабильный, выбираем нормирующий показатель

$$X_H = 1.25 \cdot \bar{X} = 1.25 \cdot 136.8 = 171^\circ\text{C}$$

Приведенная основная погрешность вычисляется по формуле (10):

$$\gamma = \pm \frac{\Delta}{X_H} \cdot 100\% = \frac{1.7}{171} \cdot 100\% = 0.994\%$$

Для измерения **температуры в термостате** выбирается **термопреобразователь**, обеспечивающий данную точность.

Выбор производится по каталогам, справочникам и учебной литературе. В контрольной работе обязательна ссылка на литературный источник.

3. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА , часть 2

3.1. Задание по общепромышленным приборам

Задание по общепромышленным приборам выбирается по табл. 8, где цифрами обозначены следующие вопросы задания.

Таблица 8

Выбор варианта по общепромышленным приборам

Вариант	Предпоследняя цифра студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Температура	1	2	3	4	5					
Давление						1	2	3	4	5
Расход	1	2	3	4	5					
Уровень						1	2	3	4	5
Приборы	1	2	3	4	5					
Общие вопросы						1	2	3	4	5

ТЕМПЕРАТУРА

1. Преобразователи температуры с унифицированным выходным сигналом отечественных и зарубежных фирм.
2. Термоэлектрические термометры (теория, типы и характеристики стандартных термопар).
3. Термоэлектрические термометры (удлиняющие провода, милливольтметры, автоматические потенциометры, нормирующие преобразователи Ш 9322).
4. Термометры сопротивления (теория, типы и характеристики стандартных термометров сопротивления, способы их подключения).
Термометры сопротивления с унифицированным выходным сигналом отечественных и зарубежных фирм.
5. Термометры сопротивления (мостовые измерительные схемы, их расчет, автоматический мост, нормирующие преобразователи Ш -9321).

ДАВЛЕНИЕ

1. Интеллектуальные преобразователи давления с емкостным и пьезорезистивным сенсором типа «Метран-150CG, TG», преобразователи давления на основе кремниевого резонатора (Yokogawa).
2. Преобразователи давления фирм Siemens ,Emerson, Kobold EndressHauser.
3. Измерительные преобразователи “Сапфир-22ДД”, “Метран-150- CD ”,

- Альбатрос, Ризур. Измерительные преобразователи зарубежных фирм.
4. Электроконтактные манометры (ДМ 2005, ДМ 2010, ДМ 5001 и др.).
 5. Пьезометрические преобразователи давления. Преобразователи давления фирм Vega, EndressHauser, Элемер.

РАСХОД

1. Приборы для измерения расхода по перепаду давления в сужающем устройстве (теория сужающих устройств, расчет градуировочной характеристики, особенность расчета при малых числах Рейнольдса).
2. Расходомеры переменного перепада давления (методика использования сужающих устройств, оценка погрешности измерения, типы сужающих устройств). Осредняющие трубки Annubar.
3. Расходомеры постоянного перепада давления, тахометрические, тепловые.
4. Электромагнитные, ультразвуковые расходомеры.
5. Вихревые расходомеры жидкостей и газов. Массовые (кориолисовые) расходомеры отечественных и зарубежных фирм Siemens, Emerson, Kobold Yokogawa, Krohne. Фломак.

УРОВЕНЬ

1. Поплавковые и буйковые уровнемеры.
2. Емкостные и индуктивные уровнемеры.
3. Измерительные преобразователи уровня “Сапфир-22ДУ, РОС 101 И. Метран-150L
4. Ультразвуковые, радарные, вибрационные уровнемеры отечественных и зарубежных фирм”, Альбатрос, Ризур, Krohne., Emerson. Измерение уровня в барабане котлов.

ПРИБОРЫ

1. Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации (принцип построения, характеристика ветвей).
1. Электрические преобразователи с унифицированным сигналом (дифференциально-трансформаторные, ферродинамические). Схемы дистанционной передачи.
3. Преобразователи с силовой компенсацией (электрические, пневматические). Схемы дистанционной передачи.
4. Гидростатический метод измерения дебита нефтяных скважин.
5. Интеллектуальный датчик. Функциональная схема измерительного прибора со встроенным микропроцессором.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ИЗМЕРЕНИЙ

1. Измерение. Виды измерений.
2. Средства измерений. Нормирующие метрологические характеристики.
3. Погрешности средств измерений.
4. Классы точности средств измерений.
5. Правила построения и примеры обозначения классов точности в документации и на средствах измерений.

Таблица 9

3.2. Задание по специальным приборам

Вариант	Последняя цифра студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Температура	1	2	3	4	5					
Давление						1	2	3	4	5
Расход	1	2	3	4	5					
Уровень						1	2	3	4	5
Контроль состава вещества	+					+				
Измерения плотности и вязкости		+					+			
Измерения содержания воды и солей			+					+		
Измерения влажности газов				+					+	
Контроль процессов бурения					+					+

В табл. 7 цифрами указаны следующие вопросы задания.

ТЕМПЕРАТУРА

1. Измерение температуры нефти в резервуаре.
2. Глубинные манометрические и биметаллические термометры.
3. Глубинные компенсационные и дистанционные термометры.
4. Измерение температуры на компрессорной станции.
5. Измерение расхода газа на узле учета (коммерческий).

ДАВЛЕНИЕ

1. Глубинные геликсные и пружинно-поршневые манометры.
2. Глубинные компенсационные и дифференциальные манометры.
3. Глубинные манометры с дистанционной передачей показаний.
4. Измерение и регулирование давления на нефтеперекачивающей станции.
5. Измерение давления опрессовки магистрального трубопровода.

РАСХОД

1. Глубинные расходомеры постоянного перепада давления и расходомеры с турбинкой.
2. Особенности измерения дебита нефтяных скважин.
3. Автоматизированная групповая замерная установка «Спутник-М», «Мера ММ», «Спутник-Массомер НТ».
4. Измерение расхода нефти на узле учета. Блоки контроля качества.
5. Измерение расхода на газонагнетательном манифольде при газлифтной добыче.

УРОВЕНЬ

1. Акустические приборы для измерения уровня жидкости в скважинах. Компенсационные пьезографы для измерения уровня жидкости в скважинах.
2. Измерение уровня жидкости в барабане котла.
3. Измерение разлива нефти в резервуаре.
4. Измерение и регулирование уровня газоводонефтяной смеси в сепарационной установке.
5. Измерение уровня раздела фаз нефтепродукты-вода. Приборы отечественных и зарубежных фирм Ризур, Альбатрос, Emerson, Kobold EndressHauser.

3.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ часть 2

3.3.1. Содержание контрольной работы часть 2

Для каждого измерительного прибора необходимо привести:

1. Физические закономерности, теоретические зависимости, описывающие принцип измерения.
2. Конструкцию измерительного и вторичного прибора. Назначение элементов конструкции и работу измерительного и вторичного прибора.
3. Диапазон измерений. Класс точности. Нормальные условия эксплуатации. Основную и дополнительную погрешности измерения.
4. Примеры (один-два) промышленного применения измерительного прибора.

3.3.2. Указания к выполнению контрольной работы часть 2

Изучение приборов проводится по литературе, техническому описанию промышленных измерительных приборов.(учебники, каталоги, техническая документация, INTERNET).

Необходимо глубоко изучить физические явления, на которых основан принцип действия прибора.

При описании сложных вторичных приборов типа встроенный микропроцессор и т.п., следует использовать блок-схемы или их функциональные схемы.

Для нормальных условий эксплуатации прибора необходимо указать рабочий диапазон температур, давление, особенности работы и т.д.

В качестве примеров промышленного применения описываемого прибора следует выбрать его наиболее характерное применение в нефтегазодобывающей промышленности.

Описание приборов должно быть лаконичным, со ссылкой на источник информации.

Рекомендуемая литература

Харазов В.Г.	Интегрированные системы управления технологическими процессами.-Санкт-Петербург.: « Профессия».	2009г. 592с.	
Ицкович Э.Л.	Методы рациональной автоматизации производства: выбор средств. М.: : Инфра-инженерия»	2009г. 256с.	
.Андреев Е.Б., Попадько В.Е.и др.	Автоматизация технологи-ческих процессов добычи и подготовки нефти и газа М.: ООО « Недра-Бизнесцентр»	2008г. 399с.	
Ранев Г.Г	Методы и средства измерений М.: « Академия»	2006г.	
	Приборы и средства автома-тизации:Каталог.Т.1.–Т.7 М.:ООО Издательство «НАУЧТЕХ-ЛИТИЗДАТ»	2004-2005 368 с	
.Андреев Е.Б., Попадько В.Е.	Технические средства систем управления технологическими процессами в нефтяной и газовой промышленности	2004г. 272с.	
Ранев Г.Г.	Методы и средства измерений [Электронный ресурс] : учебник / Г. Г. Ранев, А. П. Тарасенко. – 6-е изд., стер. – Электрон. Текстовые дан. – М. : Академия, 2011. – 1 эл. Опт. Диск (DVD-ROM). – (Учебная литература в электронном формате).	2011г.	

Wim van de Ramp	Измерение уровня: теоретические и практические основы « Endress-Hauser».-М., 2015.-217с.	2015г.	
.	Yokogawa/ Продукты и решения	20916г.	
Чистофорова Н.В., Колмо-горов А.Г.	Технические измерения и приборы. Часть 1. Измерение теплоэнергетических параметров: Учебное пособие для студентов дневной и заочной формы обучения специальности 220301 « Автоматизация техно-логических процессов и производств».- Ангарск, АГТА, 2008.-200с.		
Друзьякин И.Г., Лыков А.Н. измерения м приборы	Технические измерения и приборы : учеб. пособие .- Пермь: Из-во Перм. Гос. Техн. Ун-та, 2008-412с.		
	Каталог продукции « Emerson»	2015г.	
	Каталог продукции НПО «Ризур»	2011г.	
	Каталог продукции ПГ «Метран»	2011г	
	Каталог продукции « Тюменьприбор»	2011г	
	Каталог продукции « SIEMENS», «WEGA»	2011г	
	Каталог продукции « Endress- Hauser»	2015г.	

Методические указания
по контрольным работам по дисциплине “Измерение неэлектрических величин” (очное отделение); “Технологические измерения и приборы” (заочное отделение) для студентов направления 15.03.04 “Автоматизация технологических процессов и производств”

Составитель: к.т.н., доцент Овчинникова В.А.

Подписано к печати
Формат 60x84/20
Тираж _____
Печать плоская

Объем _____ п.л.
Заказ №
Бесплатно

Ротапринт ТюмГНГУ, 625036, Тюмень, Володарского, 38.