

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Забайкальский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Факультет «Энергетический»

Кафедра «Технических систем и робототехники»

УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
для студентов заочной формы обучения
(с полным и сокращенным сроком обучения)

по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация»

для специальности 21.05.04 «Горное дело» и направленностей:

«Обогащение полезных ископаемых»

«Открытые горные работы»

Общая трудоемкость дисциплины – 2 зачетные единицы.

Форма текущего контроля в семестре – контрольная работа.

Курсовая работа (курсовой проект) (КР, КП) – нет.

Форма промежуточного контроля в семестре – зачет.

Краткое содержание курса

Теоретические основы метрологии; основные понятия, связанные с объектами измерения: свойство, величина, количественные и качественные проявления свойств объектов материального мира; основные понятия, связанные со средствами измерений (СИ); закономерности формирования результата измерения, понятие погрешности, источники погрешностей; понятие многократного измерения; алгоритмы обработки многократных измерений; понятие метрологического обеспечения; организационные, научные и методические основы метрологического обеспечения; стандартизация требований по безопасности транспорта и механизмов для погрузо-разгрузочных работ; конструктивные, технологические и организационные методы формирования качества продукции и услуг; место метрологии и стандартизации в организации транспортного процесса; сертификации продукции и услуг; системы сертификации на транспорте; сертификация услуг по техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава; сертификация грузовых и пассажирских перевозок.

Контрольная работа

Контрольная работа выполняется в виде расчетно-графического задания. Рекомендации по определению варианта, задания для выполнения контрольной работы, примеры выполнения заданий приведены ниже.

Оформление письменной работы согласно МИ 01-02-2018 [Общие требования к построению и оформлению учебной текстовой документации](#)

Вопросы для подготовки к зачету

1. Стандартизация
2. Цели стандартизации

3. Принципы стандартизации
4. Объекты стандартизации
5. Виды и категории стандартов
6. Органы и службы стандартизации
7. Документы в области стандартизации
8. Основные понятия сертификации
9. Цели сертификации.
10. Принципы сертификации
11. Объекты сертификации
12. Субъекты сертификации
13. Орган по сертификации
14. Обязательная сертификация
15. Декларация о соответствии
16. Добровольная сертификация
17. Технический регламент
18. Принципы технического регулирования
19. Цели принятия технических регламентов
20. Требования, устанавливаемые в технических регламентах
21. Основные понятия метрологии
22. Виды измерений
23. Методы измерений
24. Погрешности измерения
25. Средства измерения
26. Обеспечение единства измерений

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература

Печатные издания:

- 1 Метрология. Часть 1: учебное пособие / Крапивина Е.С., Садовников И.В. – Чита: ЗабГУ, 2017.

- 2 Димов, Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник / Димов Юрий Владимирович. - Иркутск : ИГТУ, 2002. - 448 с. - ISBN 5-8038-0192-5 : 132-00.

Издания из ЭБС:

- 1 1. Радкевич, Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация. В 3 ч. Часть 1. Метрология : учебник для академического бакалавриата / Я. М. Радкевич, А. Г. Схиртладзе. – 5 изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2017. – 235 с. – Серия : Бакалавр. Академический курс. – Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/viewer/E97789F2-0F06-4765-9BC7-FD3732EF6639>
- 2 2. Радкевич, Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация. В 3 ч. Часть 2. Стандартизация : учебник для академического бакалавриата / Я. М. Радкевич, А. Г. Схиртладзе. – 5 изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2017. – 481 с. – Серия : Бакалавр. Академический курс. – Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/viewer/ED02B132-AE1A-401D-A5B7-F9C485D7B116>
- 3 3. Радкевич, Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация. В 3 ч. Часть 3. Сертификация : учебник для академического бакалавриата / Я. М. Радкевич, А. Г. Схиртладзе. – 5 изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2017. – 132 с. – Серия : Бакалавр. Академический курс. – Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/viewer/D54B69D4-F4D2-4CDC-8E14-1DEFA29E4069>
- 4 4. Лифиц И. М. Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия : учебник и практикум для прикладного бакалавриата / И.М. Лифиц - 12-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 314 с. – (Серия: Бакалавр. Прикладной курс). – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/viewer/090ED56E-3BF3-47BE-862C-C732B387CE3C>.

Дополнительная литература

Печатные издания:

- 1 Раннев Г. Г. Методы и средства измерений : учебник / Раннев Георгий Георгиевич, Тарасенко Анатолий Пантелеевич. - 6-е изд., стер. - Москва : Академия, 2010. – 336 с.

Издания из ЭБС:

- 1 Радкевич Я. М. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник для бакалавров / Я.М Радкевич, А.Г. Схиртладзе. - 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2014. – 829 с. – (Серия: Бакалавр. Академический курс). – ISBN 978-5-9916-4754-0. – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/viewer/B3B899AA-6107-493C-89F0-97A2811024B5>
- 2 Сергеев А.Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для бакалавров / А.Г. Сергеев., В.В. Терегеря – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт; ИД Юрайт, 2014. – 838 с. – (Серия: Бакалавр. Академический курс).– Режим доступа: <https://biblio-online.ru/viewer/1CEC0D2A-56B2-4F2E-9DBE-13571FFC5F0E>.

- 3 Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация в 2 ч. Часть 2. Стандартизация и сертификация : учебник и практикум для академического бакалавриата / Сергеев А. Г., Терегеря В. В. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 325 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-03645-9. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/4573F340-3BC9-4076-B475-99681B96A072.

Ведущий преподаватель

И.В.Садовников

Зав. кафедрой

Л.А.Лапшакова

Задания контрольной работы

Задание 1. Наименования и обозначения единиц физических величин

Наименования единиц физических величин представить в виде русских обозначений согласно заданиям по вариантам (таблица 1.1). Ответы представить в форме таблицы 1.2.

Таблица 1.1 – Задания по вариантам (М – последняя цифра номера зачетной книжки)

М	Номера ячеек таблицы 1.3																			
0	1	20	21	40	41	60	61	80	81	15	16	35	36	55	56	75	76	10	11	30
1	2	19	22	39	42	59	62	79	82	14	17	34	37	54	57	74	77	9	12	29
2	3	18	23	38	43	58	63	78	83	13	17	33	36	53	56	73	79	8	11	28
3	4	17	24	37	44	57	64	77	84	12	19	32	39	52	59	72	79	7	14	27
4	5	16	25	36	45	56	65	76	85	11	20	31	40	51	60	71	80	6	15	26
5	6	15	26	35	46	55	66	75	1	10	21	30	41	50	61	70	81	5	16	25
6	7	14	27	34	47	54	67	74	2	9	22	29	42	49	62	69	82	4	17	24
7	8	13	28	33	48	53	68	73	3	9	23	27	43	40	63	67	83	4	18	22
8	9	12	29	32	49	52	69	72	4	7	24	27	44	47	64	67	84	2	19	22
9	10	11	30	31	50	51	70	71	5	6	25	26	45	46	65	66	85	1	20	21

Таблица 1.2 – Ответы задания 1 (М – последняя цифра номера зачетной книжки)

М	Номера ячеек таблицы 1.1																			
	Русские обозначения единиц физических величин																			
	Номера ячеек таблицы 1.1																			
	Русские обозначения единиц физических величин																			

Таблица 1.3 – Наименования единиц физических величин

1 метр	18 килограмм на кубический метр	35 ампер на квадратный метр	52 кубический метр в секунду	69 килокалория
2 килограмм	19 метр в третьей степени	36 кулон на кубический метр	53 паскаль – секунда на куб. метр	70 оборот в секунду
3 секунда	20 кубический метр на килограмм	37 ампер – квадратный метр	54 ньютон – секунда на метр	71 оборот в минуту
4 ампер	21 килограмм – метр в квадрате	38 кулон – метр	55 кубический метр на моль	72 литр
5 кельвин	22 килограмм – метр в секунду	39 кельвин в минус первой степени	56 миллиметр в секунду	73 градус (угловой)
6 моль	23 меганьютон	40 нанометр	57 джоуль на моль – кельвин	74 минута (угловая)
7 кандела	24 ньютон – метр	41 квадратный метр – кельвин на ватт	58 кулон – квадратный метр на вольт	75 секунда (угловая)
8 джоуль – квадратный метр на килограмм	25 джоуль на килограмм – кельвин	42 ватт на квадратный метр - кельвин в четвертой степени	59 кулон – квадратный метр на вольт – секунду	76 секунда в минус первой степени - метр в минус второй степени
9 киловатт	26 микрометр	43 квадратный метр	60 квадратный метр на вольт секунду	77 минута
10 ватт на стерадиан – квадратный метр	27 квадратный метр на секунду – паскаль	44 ватт на квадратный метр – кельвин	61 ампер–квадратный метр на джоуль – секунду	78 сутки
11 кубический метр	28 паскаль – секунда	45 люмен	62 час	79 тонна
12 метр в секунду	29 джоуль на килограмм	46 люкс	63 миллиампер	80 градус Цельсия
13 метр на секунду в квадрате	30 ньютон на метр	47 ватт – квадратный метр	64 калория	81 киловатт – час
14 секунда в минус второй степени	31 сантиметр	48 люкс – секунда	65 кубический метр на вольт – секунду	82 процент
15 миллисекунда	32 килобайт	49 люмен на метр – радиан	66 кулон – квадратный метр на килограмм	83 промилле
16 радиан на секунду в квадрате	33 килоом	50 квадратный метр на моль	67 миллиметр ртутного столба	84 километр в час
17 герц	34 пикофарад	51 кандела на люкс	68 лошадиная сила	85 децибел

Задание 2.

Перевести значения единиц физических величин по вариантам таблицы 2.1.

Ответы свести в таблицу 2.2.

Таблица 2.1 – Значения единиц физических величин по вариантам (М – последняя, L – предпоследняя цифра в номере зачетной книжки)

№ вопр.	Перевести значения физических величин в указанные																			
	М																			
	0		1		2		3		4		5		6		7		8		9	
1	2км	м	11 см	м	14 нм	м	4 мм	м	32 мкм	м	6 дм	м	17нм	м	43 мкм	м	65 нм	м	27 мм	м
2	16дм	м	21 м	мкм	41 м	мм	7 м	нм	11 м	см	8 км	м	15м	мм	22км	м	47м	нм	54м	мкм
3	18 км ²	м ²	16 м ²	см ²	14 м ²	мм ²	51 м ²	мкм ²	61 м ²	км ²	31 м ²	дм ²	26м ²	мм ²	12м ²	мкм ²	25м ²	нм ²	38км ²	м ²
4	1,2 мм ³	м ³	3,8 м ³	км ³	7 см ³	м ³	24 дм ³	м ³	5,6 м ³	мкм ³	19 нм ³	м ³	37нм ³	м ³	13мкм ³	м ³	18дм ³	м ³	16м ³	км ³
5	13,716 ⁰	о' ''	5,826 ⁰	о' ''	3,002 ⁰	о' ''	7,162 ⁰	о' ''	6,726 ⁰	о' ''	4,251 ⁰	о' ''	8,546 ⁰	о' ''	2,789 ⁰	о' ''	9,012 ⁰	о' ''	11,002 ⁰	о' ''
6	3 ⁰ 17' 31''	о	6 ⁰ 4'26''	о	10 ⁰ 7'14''	о	2 ⁰ 24'1''	о	7 ⁰ 6'8''	о	4 ⁰ 16'4''	о	5 ⁰ 42'2''	о	0 ⁰ 14'5''	о	1 ⁰ 21'5''	о	5 ⁰ 3'2''	о
7	1200 об/мин	$\frac{\text{рад}}{\text{с}}$	1800 об/мин	$\frac{\text{рад}}{\text{с}}$	2400 об/мин	$\frac{\text{рад}}{\text{с}}$	3000 об/мин	$\frac{\text{рад}}{\text{с}}$	3600 об/мин	$\frac{\text{рад}}{\text{с}}$	4200 об/мин	$\frac{\text{рад}}{\text{с}}$	4800 об/мин	$\frac{\text{рад}}{\text{с}}$	5400 об/мин	$\frac{\text{рад}}{\text{с}}$	6000 об/мин	$\frac{\text{рад}}{\text{с}}$	6600 об/мин	$\frac{\text{рад}}{\text{с}}$
8	440 рад/с	$\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	314 рад/с	$\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	251 рад/с	$\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	189 рад/с	$\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	126 рад/с	$\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	377 рад/с	$\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	691 рад/с	$\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	628 рад/с	$\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	565 рад/с	$\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	502 рад/с	$\frac{\text{об}}{\text{мин}}$
9	Представить значение физической величины с множителем 10ⁿ без использования приставки для обозначения десятичной кратной или дольной единицы СИ																			
	L																			
	0		1		2		3		4		5		6		7		8		9	
3 кВт·ч		4 мВ/м		5 кДж/К		8 мПа/с		4 пФ/м		5 А/мм		0,1МКл/м ³		20 кДж/кг		0,005кА/м		0,009 ГОм·м		
10	Представить значение физической величины так, чтобы в обозначении использовалась приставка для обозначения десятичной кратной или дольной единицы СИ																			
	M																			
	0		1		2		3		4		5		6		7		8		9	
12,3·10 ¹⁰ Гц		0,0026 м		3,7·10 ⁷ Па		0,7·10 ⁵ Ом		1,35 10 ⁻¹¹ Ф		16,3·10 ⁸ В		317·10 ⁻⁴ м		0,218 ·10 ⁵ В		15,3·10 ⁻¹³ Ф		12045 м		

Таблица 2.2 – Ответы по вариантам М, L

Номера вопросо в	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ответы										

Задание 3. Обработка результатов многократных измерений

На фиксированной частоте производятся прямые измерения коэффициента усиления K партии из n усилителей. Считая, что случайные погрешности имеют нормальный закон распределения, определить на основании заданного количества измерений (таблицы 3.1 и 3.2):

- среднее арифметическое значение \bar{K} ;
- среднее квадратическое отклонение погрешности результата однократного измерения σ ;
- наличие грубых погрешностей;
- среднее квадратическое отклонение среднего арифметического $\bar{\sigma}$;
- величину случайной погрешности ε при доверительной вероятности P (таблица 3.3), используя таблицу коэффициентов Стьюдента t_p (таблица 3.4);

Результаты расчетов удобно свести в таблицу (табл.3.5)

Таблица 3.1 - Номера значений K_i по вариантам (M – последняя цифра номера зачетной книжки)

M	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
K_i	4-15	2-13	9-20	3-14	1-12	5-16	7-18	8-19	6-17	7-18

Таблица 3.2 – Значения K_i

№ измерения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_i	28,11	27,86	27,71	27,51	27,62	27,66	26,99	27,42	27,65	27,93
№ измерения	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
K_i	27,78	27,95	27,47	27,47	27,08	27,60	27,35	27,28	27,18	27,46

Таблица 3.3 – Доверительные вероятности P по вариантам (L – предпоследняя цифра номера зачетной книжки)

L	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P	0,96	0,99	0,90	0,95	0,98	0,92	0,94	0,97	0,93	0,91

Таблица 3.4 – Коэффициенты Стьюдента t_p

$n \backslash P$	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99
10	1,833	1,900	1,973	2,056	2,151	2,262	2,399	2,574	2,821	3,250
11	1,812	1,877	1,949	2,029	2,121	2,228	2,260	2,528	2,764	3,169
12	1,796	1,859	1,929	2,007	2,097	2,201	2,329	2,491	2,718	3,106
13	1,782	1,845	1,913	1,989	2,077	2,179	2,303	2,461	2,681	3,055

Таблица 3.5 – Результаты расчетов

Исходные данные по варианту (ML)	Среднее арифметическое значение \bar{K}	Разность	Модуль разности	Квадрат разности	Сумма квадратов разности	СКО погрешности результата однократного измерения σ	СКО среднего арифметического $\bar{\sigma}$	Коэффициент Стьюдента t_p	Величина случайной погрешности ε
K_i	$\bar{K} = \frac{\sum_1^n K_i}{n}$	$\bar{K} - K_i$	$ \bar{K} - K_i $	$(\bar{K} - K_i)^2$	$\sum_1^n (\bar{K} - K_i)^2$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^n (\bar{K} - K_i)^2}{n-1}}$	$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	t_p (по известным значениям n и P)	$\varepsilon = \pm t_p \cdot \bar{\sigma}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1						$\sigma =$			
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
Результат $\varepsilon = \dots$		(P = ...)							

Задание 4. Оценка результата при прямых однократных измерениях

Для трех приборов:

- аналогового вольтметра (данные в таблице 4.1);
- цифрового вольтметра (данные в таблице 4.1);
- третьего прибора, выбираемого по таблице 4.2,

определить пределы допустимой погрешности средства измерения $\Theta_{ии}$ и записать действительное значение величины X_d согласно правилам округления. Исходные данные по варианту и результаты решения свести в таблицу 4.3.

Таблица 4.1 – Исходные данные (М – последняя цифра номера зачетной книжки)

		М	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Аналоговый вольтметр	Класс точности	0,05	4,0	1,5	4,0	0,5	1,5	2,0	1,0	2,5	0,1	
	Диапазон измерения	0-100 мВ	0-250 В	0-1 В	0-30 В	0-100 мВ	0-3 В	0-100 мВ	0-300 мВ	0-10 В	0-1 В	
	Показание	48,3 мВ	220 В	0,87 В	27,5 В	67,2 мВ	1,69 В	65,8 мВ	275,8 мВ	7,36 В	0,84 В	
Цифровой вольтметр	Класс точности	0,2/0,1	0,5/0,2	0,1/0,05	0,01 / 0,002	0,2/0,1	0,05 / 0,02	0,1/0,01	0,06 / 0,02	0,5/0,2	0,15 / 0,05	
	Диапазон измерения	0-2,9 В	0-100 мВ	0-10 В	0-10 В	0-100 мВ	0-10 В	0-1 В	0-1 В	0-10 В	0-350 В	
	Показание	1,85 В	57,8 мВ	7,93 В	8,34 В	87,35 мВ	7,3 В	0,67 В	617 мВ	7,93 В	327 В	

Таблица 4.2 – Исходные данные (L – предпоследняя цифра номера зачетной книжки)

L	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Наименование прибора	Омметр	Мост	Омметр	Мост	Омметр	Мульти-метр	Омметр	Магазин	Омметр	Потенциометр

Класс точности	1,5	0,05	2,5	5,0	1,0	1,0	0,5	0,01	4,0	0,02
Диапазон измерения (длина шкалы)	70 мм	$2 \cdot 10^5$ ÷ $8 \cdot 10^6$ Ом	100мм	$5 \cdot 10^5$ ÷ $6 \cdot 10^6$ Ом	20 см	$4 \cdot 10^5$ ÷ $5 \cdot 10^6$ Ом	20 см	0,01 ÷ 100 Ом	50мм	0÷1,2 В
Показание	3 Ом	4,6 кОм	505 Ом	680 кОм	110 Ом	25кОм	530 кОм	67,4 Ом	2 кОм	0,8764 В

Таблица 4.3 – Исходные данные и результаты решения задания 4 варианта М, L

Наименование прибора	Класс точности	Диапазон измерений (длина шкалы)	Показание	Предел допустимой погрешности средства измерения Θ_i	Действительное значение величины X_d
Аналоговый вольтметр					
Цифровой вольтметр					
...					

Учебные материалы для выполнения контрольной работы

Правила написания ЕФВ

Единицы выбирают таким образом, чтобы числовые значения находились в диапазоне от 0,1 до 1000.

- 0,001 кН = 1 Н;
- 2000 Н = 2 кН

Исключение: используют значение величины в одних единицах в одном тексте, таблице, принятые в отрасли (мм в машиностроении).

Типы наименований

1. Лаконично отражающие физическую сущность величины:

▪ метр – мера ▪ грамм – мелкая мера веса ▪ секунда – вторая единица после градуса (угловая) ▪ кандела – свеча ▪ калория – теплота

2. Образованные в соответствии с уравнениями связи:

▪ удельная теплоемкость: $c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)}$; $[c] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

3. Связанные с градуировкой шкалы:

▪ $t^{\circ}\text{C}$; ▪ $^{\circ}$ ' " ; ▪ мм рт. ст.

4. По фамилиям ученых:

▪ ампер – А ▪ вольт – В

5. Аббревиатура (сокращение по начальным буквам):

▪ вар – вольт-ампер реактивный

Способы обозначения

1. Сокращенные обозначения наименований единиц:

▪ м – метр ▪ кг – килограмм ▪ кал – калория

2. Из обозначений других единиц, не обязательно основных:

▪ Дж/(кг·К)

3. Обозначения по фамилии ученого – с прописной буквы. Полные наименования по фамилии ученого - со строчной буквы:

▪ А – ампер; ▪ В – вольт; ▪ Вт – ватт

4. В обозначениях единиц точку как знак сокращения не ставят (м, кг, А) за исключением: мм рт. ст., л.с.

5. Обозначения единиц - только после числовых значений (20 °С), в тексте пишут полные наименования единиц (температура, измеренная в градусах Цельсия)

Буквенные обозначения единиц печатают прямым шрифтом: м, В, км; (~~м, В, км~~).

6. а) Обозначения единиц помещают за числовыми значениями величин и в строку с ними (без переноса на следующую строку). Числовое значение в виде дроби с косой чертой, стоящее перед обозначением единицы, заключают в скобки. Между последней цифрой числа и обозначением единицы оставляют пробел. Пробел не оставляют перед знаком, поднятым над строкой:

▪ 100 кВт; 80 %; 20°C; (1/60) с⁻¹; 20°.

б) При наличии десятичной дроби в числовом значении величины обозначение единицы помещают за всеми цифрами:

▪ 423,06 м; 5,758°

в) Варианты обозначения значений величин с предельными отклонениями:

▪ (20±5) °С или 20°C±5 °С

г) Помещать обозначения единиц в одной строке с формулами, выражающими зависимость между величинами, представленными в буквенной форме, или между их числовыми значениями не допускается:

▪ $v = 3,6 \text{ s} / t$,

где v - скорость, км/ч;

s - путь, м;

t - время, с.

~~$v = 3,6 \text{ s} / t$, км/ч~~

~~где s - путь, м;~~

~~t - время, с.~~

7. а) Обозначения единиц в произведении разделяются точками (символ «х» - не допускается), а в тексте - полные наименования – тире:

▪ Н·м – ньютон - метр

▪ А·м² – ампер - квадратный метр

б) При обозначении отношения единиц (делении) применяются:

▪ косая черта: м/с; Вт/(м·К)

При применении косой черты обозначения единиц в числителе и знаменателе помещают в одну строку. Произведение обозначений единиц в знаменателе заключают в скобки.

▪ горизонтальная черта: $\frac{\text{м}}{\text{с}}$

- возведение в степень: $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$

8. а) Единицы, стоящие в знаменателе пишут и читают с предлогом «на»:

- метр на секунду в квадрате ($\text{м}/\text{с}^2$)

Искл: деление на с^1 – с предлогом «в»:

- метр в секунду: $\frac{\text{м}}{\text{с}}$

б) Если вторая и третья степень длины (м^2 и м^3) касается площади или объема – читается «квадратный метр», «кубический метр». В остальных случаях: «метр в квадрате», «метр в третьей степени».

- $\text{кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}$ – килограмм – метр в квадрате в секунду.

Кратные и дольные единицы

1. Приставка пишется слитно с обозначением и наименованием единицы:

- пФ, мкм, километр, гектар.

2. При подстановке в формулу приставки заменяют множителями:

- $1 \text{ пФ} = 10^{-12} \text{ Ф}$

3. Применение приставок более одной не допускается:

- ~~микромикрофарад~~ – пикофарад; ~~микрокилограмм~~ – миллиграмм.

4. Показатель степени означает возведение в степень кратной и дольной единицы вместе с приставкой:

- $5 \text{ км}^2 = 5 (\text{км})^2 = 5(10^3 \text{ м})^2 = 5 \cdot 10^6 \text{ м}^2$
- $250 \text{ см}^3/\text{с} = 250(10^{-2} \text{ м})^3/\text{с} = 250 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$

5. Применяют единицы с приставками – приемлемые на практике:

- ~~киловатт~~ – ~~гектоватт~~
- ~~килоар~~ – гектар
- километр – ~~гектометр~~ – ~~декаметр~~ – метр – сантиметр – миллиметр – микрометр – нанометр
- пикофарад
- декалитр – 1 дал = 10 л
- миллисекунда (мс) – микросекунда (мкс) – наносекунда (нс)

6. При образовании единиц как произведения или отношения единиц, приставку или ее обозначение присоединяют к наименованию или обозначению первой единицы, входящей в произведение или отношение:

- кПа·с/м (килопаскаль-секунда на метр), Па·кс/м (паскаль-килосекунда на метр)

Исключение: широко распространенные единицы (т·км - тонна-километр; В/см - вольт на сантиметр)

7. При склонении наименований производных единиц, состоящих из произведения единиц, изменяют только последнее наименование и относящееся к нему прилагательное:

- килограмм-метра в квадрате, ньютон-секунды.

Погрешность измерения.

Обработка результатов многократных измерений.

Оценка результата при прямых однократных измерениях

Понятие погрешности измерения

При измерении стремятся получить *истинное значение величины* ($X_{ист}$), которое идеальным образом характеризует величину. Так как $X_{ист}$ узнать невозможно, на практике используют понятие *действительного значения величины* ($X_{д}$), которое получают измерением ($X_{изм}$) и настолько близкое к $X_{ист}$, что может быть использовано вместо него.

При измерении возникает *погрешность результата измерения* (ΔX). Отсюда:

$$X_{д} = X_{изм} \pm \Delta X$$

Цель метрологии – оценка $X_{д}$ через ее составляющие $X_{изм}$ и ΔX и возможное уменьшение погрешности результата измерения ΔX .

Величина погрешности ΔX может быть оценена при расчете по формуле:

$$\Delta X = \sqrt{\Theta^2 + \varepsilon^2}$$

где Θ - систематическая погрешность;

ε – случайная погрешность.

Алгоритм вычисления случайной погрешности ε

1. Найти среднее значение результатов измерения \bar{X} : $\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$;
2. Определить $\Delta X_i = \bar{X} - X_i$; $\Delta X_i^2 = (\bar{X} - X_i)^2$; $\sum_{i=1}^n (\bar{X} - X_i)^2$;
3. Определить СКО результата измерения σ : $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X} - X_i)^2}{(n-1)}}$;

4. Исключить грубые погрешности и промахи.

Метод исключения зависит от числа измерений n . Чаще всех применяют метод 3σ (трех сигм), который работает лучшим образом при $50 \geq n \geq 20$: **если $|\bar{X} - X_i| \geq 3\sigma$, то это значение X_i отбрасывают.**

Найти значение 3σ и проверить наличие грубых погрешностей выполнением неравенства $|\bar{X} - X_i| \geq 3\sigma$. Если это неравенство выполняется при каких – либо X_i , то исключить эти значения X_i из выборки и начать расчет с п.1.

5. Вычислить СКО среднего арифметического $\bar{\sigma}$: $\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X} - X_i)^2}{n \cdot (n-1)}}$

6. Вычислить значение случайной погрешности $\varepsilon = \pm t_p \cdot \bar{\sigma}$, выбрав коэффициент Стьюдента в зависимости от заданных доверительной вероятности P и числа измерений n .

7. Представить результат в виде: $\varepsilon = \dots$ ($P = \dots$)

Из формул для определения ε видно, что случайная погрешность уменьшается с увеличением числа повторных измерений n . Исключить полностью случайные погрешности нельзя.

Систематическая погрешность Θ

Составляющими систематической погрешности Θ являются:

$\Theta_{\text{суб}}$ – субъективная погрешность;

$\Theta_{\text{доп}} = \Theta_{\text{вв}}$ – дополнительная погрешность или погрешность внешних влияний;

$\Theta_{\text{и}}$ – инструментальная погрешность;

$\Theta_{\text{уст}}$ – погрешность установки;

$\Theta_{\text{теор}}$ – теоретическая погрешность.

При изучаемом приближенном методе расчета, как правило, учитывают только $\Theta_{\text{и}}$. Отсюда:

$$\Delta X = \sqrt{\Theta_{\text{и}}^2 + \varepsilon^2}$$

При прямых однократных измерениях в составе ΔX часто учитывают только значение систематической погрешности Θ , представленной при приближенном методе расчета значением $\Theta_{\text{и}}$. Отсюда:

$$X_{\text{д}} = X_{\text{изм}} \pm \Delta X = X_{\text{изм}} \pm \Theta_{\text{и}}$$

$$X_{\text{д}} = X_{\text{п}} \pm \Theta_{\text{и}}$$

где $X_{\text{п}}$ – показание прибора ($X_{\text{изм}} = X_{\text{п}}$ при однократном измерении)

$\Theta_{\text{и}}$ – инструментальная погрешность (погрешность средства измерения)

Наиболее точным способом оценки $\Theta_{и}$ является расчет по классу точности СИ.

Классы точности СИ. Обозначение классов точности

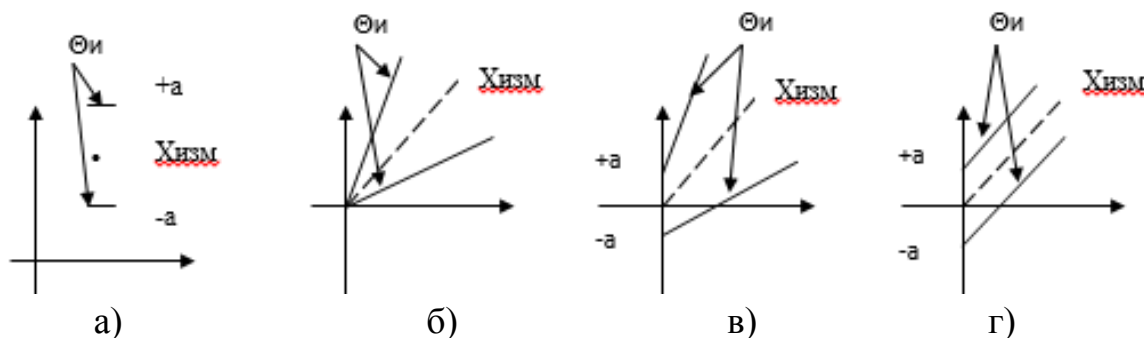


Рисунок 2.4.1 – Изменение инструментальной погрешности $\Theta_{и}$ при изменении результата измерения $X_{изм}$

Класс точности – обобщенная характеристика СИ, определяемая пределами основных и дополнительных погрешностей и другими свойствами СИ, влияющими на точность, значения которых устанавливают в нормативно – технической документации (НТД).

Значение класса точности, указанное на приборе, должно быть постоянным и независимым от показания прибора. Для выполнения этого требования при обозначении класса точности используют понятия абсолютной, относительной и приведенной погрешности.

1. Обозначение класса точности **прописными латинскими буквами (С, М...)** или **римскими цифрами (I, II...)**, означает, что для СИ установлен предел допускаемой **основной абсолютной погрешности** (рис.2.4.1, а).

Значение $\Theta_{и}$ находят по обозначению класса точности в НТД на СИ

2. Обозначение класса точности, например, $\textcircled{1}$ означает что $\Theta_{и}$ (мультипликативная) изменяется пропорционально изменению $X_{изм}$, а класс точности обозначают через **относительную погрешность средства измерений δ** (рис.2.4.1, б):

Например: $\textcircled{1}$ означает $\delta \% = 1 \%$.

Тогда для однократного измерения, где $X_{изм} = X_{п}$:

$$\delta \% = \pm \frac{\Theta_{и} \cdot 100 \%}{X_{п}} ; \Theta_{и} = \pm \frac{\delta \% \cdot X_{п}}{100 \%}$$

3. Обозначение класса точности, например, **0,02/0,01**, означает что $\Theta_{и}$ (мультипликативная) изменяется пропорционально изменению $X_{изм}$, а класс точности обозначают через **относительную погрешность средства измерений δ** (рис.2.4.1, в):

$$\delta \% = \pm \frac{\Theta_{и} \cdot 100 \%}{X_{п}} \text{ (для однократного измерения),}$$

но значение $\delta \%$ сначала вычисляют по формуле:

$$\delta \% = [c + d \cdot (\left| \frac{X_{к}}{X_{п}} \right| - 1)]$$

где $c = 0,02 \% ; d = 0,01 \%$.

Дальнейший расчет $\Theta_{и}$ производят по формулам (для однократного измерения):

$\Theta_{и} = \pm \frac{\delta \% \cdot X_{п}}{100 \%} \qquad \delta \% = [c + d \cdot (\left \frac{X_{к}}{X_{п}} \right - 1)]$

где c, d – положительные числа, независящие от $X_{изм}$;

$X_{к}$ – конечное значение диапазона измерения; бóльший по модулю из пределов измерения;

$X_{п}$ – показание прибора при однократном измерении.

0,02/0,01 – один из вариантов обозначения класса точности цифровых приборов.

Для зарубежных СИ, например: $\Theta_{и} = A(\%)X_{к} + B(\%)X_{изм}$.

4. Обозначение класса точности, например, **2,5** – для СИ с равномерной шкалой или **√2,5** – для СИ с неравномерной шкалой означает, что $\Theta_{и}$ (аддитивная) не изменяется с изменением $X_{изм}$, относительная погрешность $\delta \% \neq \text{const}$, поэтому класс точности обозначают через **приведенную погрешность средства измерений** (рис.2.4.1, г)

$$\gamma \% = \pm \frac{\Theta_{и} \cdot 100 \%}{X_{N}}$$

где X_{N} – нормирующий интервал, выбор которого представлен в таблице В2 Приложения В.

При этом:

$\Theta_{и} = \pm \frac{\gamma \% \cdot X_{N}}{100 \%}$

У приборов с таким типом изменения Θ , относительная погрешность

$$\delta \% = \pm \frac{\Theta \cdot 100\%}{X_{п}}$$

уменьшается с увеличением $X_{п}$, поэтому при измерении выбирают такой диапазон, чтобы стрелка находилась в двух третьих частях, ближайших к концу шкалы.

Некоторые цифровые значения классов точности, например: 0,1-0,2-0,5-1-1,5-2-2,5-4 (ниже 4 кл. обычно не обозначаются). Данные по обозначению классов точности представлены в таблице В1 Приложения В.

Правила округления результата измерения и значения погрешности

1. Округление начинают с величины погрешности. Погрешность результата измерения в окончательном расчете указывают двумя значащими цифрами, если первая из них 1 или 2, и одной – если первая цифра 3 и более. В промежуточных расчетах оставляют четыре и три значащих цифры, соответственно.

2. Результат измерения округляют до того же десятичного разряда, что и погрешность.

3. Общий множитель результата измерения и погрешности по необходимости можно выносить за скобки.

Примеры:

1. $534,031 \pm 0,043 \rightarrow 534,03 \pm 0,04$
2. $534,0355 \pm 0,0135 \rightarrow 534,036 \pm 0,014$
3. $14,275 \pm 1,17 \rightarrow 14,3 \pm 1,2$
4. $1587 \pm 281,6 \rightarrow (15,87 \pm 2,816) \cdot 10^2 \rightarrow (15,9 \pm 2,8) \cdot 10^2$
5. $(1,965 \cdot 10^{-19} \pm 3,81 \cdot 10^{-21}) \rightarrow (1,965 \pm 0,0381) \cdot 10^{-19} \rightarrow (1,97 \pm 0,04) \cdot 10^{-19}$

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Форма бланка для контрольной работы
(обязательное)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Забайкальский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Энергетический факультет

Кафедра технологии металлов и конструирования

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2

по дисциплине: «Метрология, стандартизация и сертификация»

Вариант № _____

Выполнил ст. гр. _____

Проверил _____

Чита 20__

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Единицы физических величин

Табл.Б1 - Основные единицы СИ

Величина		Единица			Определение
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение		
			Международное	Русские	
Длина	L	метр	m	м	Метр - единица длины, равная пути, пройденному в вакууме светом за интервал времени $1/299\,792\,458$ с (XVII ГКМВ, 1983)
Масса	M	килограмм	kg	кг	Килограмм- единица массы, равная массе международного прототипа килограмма (III ГКМВ, 1901)
Время	T	секунда	s	с	Секунда - единица времени, равная $9\,192\,631\,770$ периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133 (XIII ГКМВ, 1967)
Сила электрического тока	I	ампер	A	A	Ампер - единица силы электрического тока. Ампер равен силе неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 м один от другого, вызвал бы на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н (IX ГКМВ, 1948)
Термодинамическая температура	Θ	кельвин	K	K	Кельвин - единица термодинамической температуры, равная $1/273,16$ части термодинамической температуры тройной точки воды (XIII ГКМВ, 1967)
Количество вещества	N	моль	mol	моль	Моль - единица количества вещества. Моль есть количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде - 12 массой 0,012 кг. При применении моли структурные элементы должны быть специфицированы и могут быть атомами, молекулами, электронами и другими частицами или специфицированными группами частиц (XIV ГКМВ, 1971)
Сила света	J	кандела	cd	кд	Кандела - единица силы света. Кандела есть сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, электрическая сила света которого в этом направлении составляет $1/683$ Вт/ср

Таблица Б2 – Производные единицы СИ, имеющие специальные наименования и обозначения

Величина		Единица			
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение		Выражение через основные и производные единицы СИ
			международное	русское	
Плоский угол	1	радиан	rad	рад	$m \cdot m^{-1} = 1$
Телесный угол	1	стерадиан	sr	ср	$m^2 \cdot m^{-2} = 1$
Частота	T^{-1}	герц	Hz	Гц	s^{-1}
Сила	$L M T^{-2}$	ньютон	N	Н	$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
Давление	$L^{-1} M T^{-2}$	паскаль	Pa	Па	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
Энергия, работа, количество теплоты	$L^2 M T^{-2}$	джоуль	J	Дж	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
Мощность	$L^2 M T^{-3}$	ватт	W	Вт	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
Электрический заряд, количество электричества	TI	кулон	C	Кл	$s \cdot A$
Электрическое напряжение, электрический потенциал, разность электрических потенциалов, электродвижущая сила	$L^2 M T^{-3} I^{-1}$	вольт	V	В	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
Электрическая емкость	$L^{-2} M^{-1} T^4 I^2$	фарад	F	Ф	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
Электрическое сопротивление	$L^2 M T^{-3} I^{-2}$	ом	Ω	Ом	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
Электрическая проводимость	$L^{-2} M^{-1} T^3 I^2$	сименс	S	См	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
Поток магнитной индукции, магнитный поток	$L^2 M T^{-2} I^{-1}$	вебер	Wb	Вб	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Плотность магнитного потока, магнитная индукция	$M T^{-2} I^{-1}$	тесла	T	Тл	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Индуктивность, взаимная индуктивность	$L^2 M T^{-2} I^{-2}$	генри	H	Гн	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
Температура Цельсия	Θ	градус Цельсия	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	K
Световой поток	J	люмен	lm	лм	$cd \cdot sr$
Освещенность	$L^{-2} J$	люкс	lx	лк	$m^{-2} cd \cdot sr$
Активность нуклида в радиоактивном источнике (активность радионуклида)	T^{-1}	беккерель	Bq	Бк	s^{-1}
Поглощенная доза ионизирующего излучения, керма	$L^2 T^{-2}$	грей	Gy	Гр	$m^2 \cdot s^{-2}$
Эквивалентная доза ионизирующего излучения, эффективная доза ионизирующего излучения	$L^2 T^{-2}$	зиверт	Sv	Зв	$m^2 \cdot s^{-2}$
Активность катализатора	NT^{-1}	катал	kat	кат	$mol \cdot s^{-1}$
<p>Примечания</p> <p>1. В таблицу 3 включены единица плоского угла – радиан и единица телесного угла – стерадиан.</p> <p>3. Единица катал введена в соответствии с резолюцией 12 XXI ГКМВ.</p> <p>4. Температура Цельсия определяется выражением $t = T - T_0$, где t - температура Цельсия, T - термодинамическая температура, $T_0 = 273,15$ К</p>					

Таблица БЗ – Внесистемные единицы, допустимые к применению наравне с единицами СИ

Наименование величины	Единица				
	Наименование	Обозначение		Соотношение с единицей СИ	Область применения
		международное	русское		
Масса	тонна	t	т	$1 \cdot 10^3 \text{ kg}$	Все области
	атомная единица массы ^{1) 2)}	u	а.е.м.	$1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ (приблизительно)	Атомная физика
Время ^{2) 3)}	минута	min	мин	60 s	Все области
	час	h	ч	3600 s	
	сутки	d	сут	86400 s	
Плоский угол ²⁾	градус ^{2) 4)}	...°	...°	$(\pi/180) \text{ rad} = 1,745329 \dots \cdot 10^{-2} \text{ rad}$	Все области
	минута ^{2) 4)}	...'	...'	$(\pi/10800) \text{ rad} = 2,908882 \dots \cdot 10^{-4} \text{ rad}$	
	секунда ^{2) 4)}	..."	..."	$(\pi/648000) \text{ rad} = 4,848137 \dots \cdot 10^{-6} \text{ rad}$	
	град (гон)	gon	град	$(\pi/200) \text{ rad} = 1,57080 \dots \cdot 10^{-2} \text{ rad}$	Геодезия
Объем, вместимость	литр ⁵⁾	l	л	$1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$	Все области
Длина	Астрономическая единица, световой год, парсек	ua	а.е.	$1,49598 \cdot 10^{11} \text{ m}$ (приблизительно)	Астрономия
		ly	св.год.	$9,4605 \cdot 10^{15} \text{ m}$ (приблизительно)	
		pc	пк	$3,0857 \cdot 10^{16} \text{ m}$ (приблизительно)	
Оптическая сила	диоптрия	-	дптр	$1 \cdot \text{m}^{-1}$	Оптика
Площадь	гектар	ha	га	$1 \cdot 10^4 \text{ m}^2$	Сельское и лесное хозяйство
Энергия	электрон-вольт	eV	эВ	$1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ (приблизительно)	Физика
	киловатт-час	kW · h	кВт · ч	$3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$ (приблизительно)	Для счетчиков электрической энергии
Полная мощность	вольт-ампер	V · A	В · А		Электротехника
Реактивная мощность	вар	var	вар		Электротехника
Электрический заряд, количество электричества	ампер-час	A · h	А · ч	$3,6 \cdot 10^3 \text{ C}$	Электротехника

1) Здесь и далее см. ГСССД 1 – 87

2) Наименования и обозначения единиц времени (минута, час, сутки), плоского угла (градус, минута, секунда), астрономической единицы, диоптрии и атомной единицы массы не допускается применять с приставками.

3) Допускается также применять другие единицы, получившие широкое распространение, например неделя, месяц, год, век, тысячелетие.

4) Обозначение единиц плоского угла пишут над строкой.

5) Не рекомендуется применять при точных измерениях. При возможности смешения обозначения l («эль») с цифрой 1 допускается обозначение L.

Продолжение таблицы БЗ

Некоторые относительные и логарифмические величины и их единицы,
допустимые к применению наравне с единицами СИ

Наименование величины	Единица			Значение
	Наименование	Обозначение		
		международное	русское	
1. Относительная величина (безразмерное отношение физической величины к одноименной физической величине, принимаемой за исходную): КПД; относительное удлинение; относительная плотность; деформация; относительные диэлектрическая и магнитная проницаемости; магнитная восприимчивость; массовая доля компонента; молярная доля компонента и т.п.	единица процент промилле миллионная доля	1 % ‰ ppm	1 % ‰ млн ⁻¹	1 $1 \cdot 10^{-2}$ $1 \cdot 10^{-3}$ $1 \cdot 10^{-6}$
2. Логарифмическая величина (логарифм безразмерного отношения физической величины к одноименной физической величине, принимаемой за исходную): уровень звукового давления; усиление;ослабление и т.п. ²⁾	бел ¹⁾ децибел	В dB	Б дБ	$1 В = \lg (P_2/P_1)$ при $P_2 = 10 P_1$ $1 В = 2 \lg (F_2 /F_1)$ при $F_2 = \sqrt{10} \cdot F_1$ где P_1 и P_2 – одноименные энергетические величины (мощность, энергия, плотность энергии и т.п.); F_1 и F_2 – одноименные «силовые» величины (напряжение, сила тока, напряженность поля и т.п.) 0,1 В
3. Логарифмическая величина (логарифм безразмерного отношения физической величины к одноименной физической величине, принимаемой за исходную): уровень громкости	фон	phon	фон	I_{phon} равен уровню громкости звука, для которого уровень звукового давления равногромкого с ним звука частотой 1000 Hz равен 1 dB
4. Логарифмическая величина (логарифм безразмерного отношения физической величины к одноименной физической величине, принимаемой за исходную): частотный интервал	октава декада	- -	окт дек	1 октава равна $\log_2 (f_2/ f_1)$ при $f_2/f_1 = 2$; 1 декада равна $\lg (f_2/f_1)$ при $f_2/f_1=10$, где f_2 и f_1 - частоты
5. Логарифмическая величина (натуральный логарифм безразмерного отношения физической величины к одноименной физической величине, принимаемой за исходную)	непер	Np	Нп	$1 Np = 0,8686 В=8,686... dB$

Таблица Б4 – Внесистемные единицы, временно допустимые к применению, до принятия международных решений

Наименование величины	Единицы				Соотношение с единицей СИ	Область применения
	Наименование	Обозначение				
		международное	русское			
Длина	морская миля	n mile	миля	1852 m (точно)	Морская навигация	
Масса	карат	-	кар	$2 \cdot 10^{-4}$ kg (точно)	Добыча и производство драгоценных камней и жемчуга	
Линейная плотность	текс	tex	текс	$1 \cdot 10^{-6}$ kg/ m (точно)	Текстильная промышленность	
Скорость	узел	kn	уз	0,514(4) m/s	Морская навигация	
Ускорение	гал	Gal	Гал	$0,01 \text{ m/s}^2$	Гравиметрия	
Частота вращения	оборот в секунду оборот в минуту	r/s r/min	об/с об/мин	1 s^{-1} $(1/60) \text{ s}^{-1} = 0,016(6) \text{ s}^{-1}$	Электротехника	
Давление	бар	bar	бар	$1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	Физика	

Таблица Б5 – Множители и приставки, используемые для образования наименований и обозначений десятичных кратных и дольных единиц СИ

Десятичный множитель	Приставка	Обозначение приставки		Десятичный множитель	Приставки	Обозначение приставки	
		международное	русское			международное	русское
10^{24}	иотта	Y	И	10^{-1}	деци	d	д
10^{21}	зетта	Z	З	10^{-2}	санتي	c	с
10^{18}	экса	E	Э	10^{-3}	мили	m	м
10^{15}	пета	P	П	10^{-6}	микро	μ	мк
10^{12}	тера	T	Т	10^{-9}	нано	n	н
10^9	гига	G	Г	10^{-12}	пико	p	п
10^6	мега	M	М	10^{-15}	фемто	f	ф
10^3	кило	k	к	10^{-18}	атто	a	а
10^2	гекто	h	г	10^{-21}	зепто	z	з
10^1	дека	da	да	10^{-24}	иокто	y	и

ПРИЛОЖЕНИЕ В. Классы точности средств измерений (СИ)
(справочное)

Таблица В1 – Форма выражения погрешности СИ





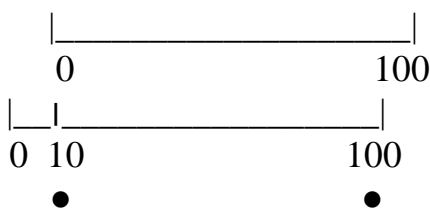
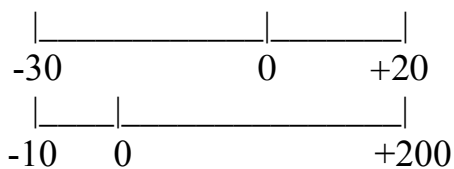
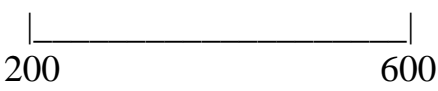
Область применения	Обозначение классов точности СИ (примеры)		Погрешность СИ		
	В документации	Средство измерения	Форма выражения	Выражение в %	Формула для определения
Равномерные и степенные шкалы	Класс точности С, М... или класс точности I, II...	С, М... или I, II...	В форме абсолютной погрешности	-	$\Theta_{и} = \pm a$
	Класс точности 		В форме относительной погрешности	$\delta \% = 0,5\%$	$\delta \% = \pm \frac{\Theta_{и} \cdot 100\%}{X_{п}}$
	Класс точности 0,02/0,01	0,02/0,01	В форме относительной погрешности	$\delta \% = \left[c + d \cdot \left(\frac{X_{к}}{X_{п}} - 1 \right) \right]$ $c=0,02 \quad d=0,01$	$\delta \% = \pm \frac{\Theta_{и} \cdot 100\%}{X_{п}}$
	Класс точности 1,5	1,5	В форме приведенной погрешности	$\gamma \% = 1,5\%$	$\gamma \% = \pm \frac{\Theta_{и} \cdot 100\%}{X_{N}}$
	Класс точности 		В форме приведенной погрешности	$\gamma \% = 0,5\%$	Выбор X_{N} в табл. В2

Таблица В2 – Выбор нормирующего интервала X_N .

<u>Для равномерных шкал</u>	
	<p><u>0- в начале шкалы</u></p> <p>X_N-бóльший из пределов измерения (100 ед.). от Δ до Δ (от \bullet до \bullet)- диапазон измерения</p>
	<p><u>0- в середине шкалы</u></p> <p>X_N-бóльший по модулю предел измерения или сумма модулей пределов измерения (50ед.; 200 ед.).</p>
	<p><u>0- условный</u></p> <p>X_N –разность пределов измерения (400ед.).</p>
<p>СИ имеет номинальное значение X_H</p>	<p>$X_N = X_H$</p>
<u>Для неравномерных шкал</u>	
<p>Всех видов</p>	<p>X_N- длина всей шкалы или её части, равной диапазону измерения, выраженные в миллиметрах или сантиметрах.</p>

В формулах таблиц В1 и В2:

a, b, c, d - положительные числа, независящие от X_H ;

X_K - конечное значение диапазона измерения; бóльший по модулю из пределов измерения;

X_N – нормирующий интервал;

X_H - показание прибора;

$$a = c - d \quad b = d \cdot |X_K|$$