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 и стандартизация»

для направления 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) – 4 зачетные единицы.

Форма текущего контроля в семестре – контрольная работа.

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

Форма промежуточного контроля в семестре –Экзамен.

### 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 01-03-2023 [Общие требования к](http://zabgu.ru/files/html_document/pdf_files/fixed/Normativny%27e_dokumenty%27_i_obrazcy%27_zayavlenij/Obshhie_trebovaniya_k_postroeniyu_i_oformleniyu_uchebnoj_tekstovoj_dokumentacii.pdf) [построению и оформлению учебной текстовой документации](http://zabgu.ru/files/html_document/pdf_files/fixed/Normativny%27e_dokumenty%27_i_obrazcy%27_zayavlenij/Obshhie_trebovaniya_k_postroeniyu_i_oformleniyu_uchebnoj_tekstovoj_dokumentacii.pdf)

### Вопросы для подготовки к экзамену

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-](https://www.biblio-online.ru/viewer/E97789F2-0F06-4765-9BC7-FD3732EF6639) [online.ru/viewer/E97789F2-0F06-4765-9BC7-FD3732EF6639](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>

1. 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-](https://www.biblio-online.ru/viewer/D54B69D4-F4D2-4CDC-8E14-1DEFA29E4069) [online.ru/viewer/D54B69D4-F4D2-4CDC-8E14-1DEFA29E4069](https://www.biblio-online.ru/viewer/D54B69D4-F4D2-4CDC-8E14-1DEFA29E4069)
2. 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-](https://biblio-online.ru/viewer/B3B899AA-6107-493C-89F0-97A2811024B5) [online.ru/viewer/B3B899AA-6107-493C-89F0-97A2811024B5](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-](https://biblio-online.ru/viewer/1CEC0D2A-56B2-4F2E-9DBE-13571FFC5F0E) [56B2-4F2E-9DBE-13571FFC5F0E](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-](http://www.biblio-online.ru/book/4573F340-3BC9-4076-B475-99681B96A072) [online.ru/book/4573F340-3BC9-4076-B475-99681B96A072](http://www.biblio-online.ru/book/4573F340-3BC9-4076-B475-99681B96A072).

Ведущий преподаватель А.Н.Власов

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 (M – 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 (M – 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 – се- кунда 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 квад- ратный метр - кельвин вчетвертой степени | **59** кулон – квад- ратный метр на вольт – секунду | **76** секунда в ми- нус первой степе- ни - метр в минусвторой 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–квад- ратный метр на джоуль – секунду | **78** сутки |
| **11** кубический метр | **28** паскаль – секунда | **45** люмен | **62** час | **79** тонна |
| **12** метр в секунду | **29** джоуль накилограмм | **46** люкс | **63** миллиампер | **80** градус Цельсия |
| **13** метр на секун-ду в квадрате | **30** ньютон на метр | **47** ватт –квад-ратный 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 км2 | м2 | 16 м2 | см2 | 14 м2 | мм2 | 51 м2 | мкм2 | 61 м2 | км2 | 31 м2 | дм2 | 26м2 | мм2 | 12м2 | мкм2 | 25м2 | нм2 | 38км2 | м2 |
| **4** | 1,2 мм3 | м3 | 3,8 м3 | км3 | 7 см3 | м3 | 24 дм3 | м3 | 5,6 м3 | мкм3 | 19 нм3 | м3 | 37нм3 | м3 | 13мкм3 | м3 | 18дм3 | м3 | 16м3 | км3 |
| **5** | 13,716 0 | º ' " | 5,8260 | º ' " | 3,0020 | º ' " | 7,1620 | º ' " | 6,7260 | º ' " | 4,2510 | º ' " | 8,5460 | º ' " | 2,7890 | º ' " | 9,0120 | º ' " | 11,0020 | º ' " |
| **6** | 3017′ 31″ | º | 604′26″ | º | 1007′14″ | º | 2024′1″ | º | 706′8″ | º | 4016′4″ | º | 5042′2″ | º | 0014′5″ | º | 1021′5″ | º | 503′2″ | º |
| **7** | 1200об/мин | рад с | 1800об/мин | рад с | 2400об/мин | рад с | 3000об/мин | рад с | 3600об/мин | рад с | 4200об/мин | рад с | 4800об/мин | рад с | 5400об/мин | рад с | 6000об/мин | рад с | 6600об/мин | рад с |
| **8** | 440рад/с | об мин | 314рад/с | об мин | 251рад/с | об мин | 189рад/с | об мин | 126рад/с | об мин | 377рад/с | об мин | 691рад/с | об мин | 628рад/с | об мин | 565рад/с | об мин | 502рад/с | об 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/м3 | 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** |
| М |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 12,3·1010 Гц | 0,0026 м | 3,7·107 Па | 0,7·105 Ом | 1,35 10-11 Ф | 16,3·108 В | 317·10-4 м | 0,218 ·105 В | 15,3·10-13 Ф | 12045 м |

Таблица 2.2 – Ответы по вариантам М, L

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номеравопросо 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 К 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 значениеК;
* среднее квадратическое отклонение погрешности результата однократного измерения ζ;
* наличие грубых погрешностей;
* среднее квадратическое отклонение среднего арифметического 𝜎;
* величину случайной погрешности ε при доверительной вероятности Р (таблица 3.3), используя таблицу коэффициентов Стьюдента tp (таблица 3.4);

Результаты расчетов удобно свести в таблицу (табл.3.5)

Таблица 3.1 - Номера значений Кi по вариантам (М – последняя цифра номера зачетной книжки)

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

Таблица 3.2 – Значения Кi

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №измерения | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Кi | 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 |
| Кi | 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 Р по вариантам (L – предпоследняя цифра номера зачетной книжки)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| L | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Р | 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 tp

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| nP | 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

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исход- ные данные по вариан- ту (ML) | Среднее арифмети- ческое значение K | Разность | Модуль разности | Квадрат разности | Сумма квадратов разности | СКОпогрешности результата однократного измерения ζ | СКОсреднего арифмети ческого σ | Коэффициент Стьюдента tp | Величина случайной погрешности ε |
| Ki |  n KiK = 1 n | K − Ki | |K − Ki| | (K − Ki)2 | 𝑛  (K1− Ki)2 |   n(K−Ki )2ζ= 1 n−1 | σ = σ n | tp (по известным значениям nи P) | ε = ± tp ∙ σ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 |  |  |  |  |  | ζ= |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |
| 4 |  |  |  |
| 5 |  |  |  |
| 6 |  |  |  |
| 7 |  |  |  | 3 ζ= |
| 8 |  |  |  |
| 9 |  |  |  |
| 10 |  |  |  |
| 11 |  |  |  |
| 12 |  |  |  |
| Результат ε = … (Р = …) |

### 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 Θии записать действительное значение величины Хд 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 |
| Аналоговыйвольтметр | Классточности | 0,05 | 4,0 | 1,5 | 4,0 | 0,5 | 1,5 | 2,0 | 1,0 | 2,5 | 0,1 |
| Диапазо н измерения | 0-100мВ | 0-250В | 0-1В | 0-30В | 0-100мВ | 0-3В | 0-100мВ | 0-300мВ | 0-10В | 0-1В |
| Показан ие | 48,3мВ | 220В | 0,87В | 27,5В | 67,2мВ | 1,69В | 65,8мВ | 275,8мВ | 7,36В | 0,84В |
| 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 |
| Диапазо низмерен ия | 0-2,9В | 0-100мВ | 0-10В | 0-10В | 0-100мВ | 0-10В | 0-1В | 0-1В | 0-10В | 0-350В |
| Показан ие | 1,85В | 57,8мВ | 7,93В | 8,34В | 87,35мВ | 7,3В | 0,67В | 617мВ | 7,93В | 327В |

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 | Потен- циометр |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Класс точности | 1,5 | 0,05 | 2,5 | 5,0 | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 0,01 | 4,0 | 0,02 |
| Диапазонизмерения (длина шкалы) | 70 мм | 2·105÷ 8·106Ом | 100мм | 5·105÷ 6·106Ом | 20 см | 4·105÷ 5·106Ом | 20 см | 0,01÷ 100Ом | 50мм | 0÷1,2В |
| Показание | 3 Ом | 4,6кОм | 505 Ом | 680кОм | 110 Ом | 25кОм | 530кОм | 67,4 Ом | 2 кОм | 0,8764 В |

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

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименован ие прибора | Класс точнос ти | Диапазон измерений (длина шкалы) | Показани е | Предел допустимой погрешности средстваизмерения Θи | Действительн ое значение величины Хд |
| Аналоговыйвольтметр |  |  |  |  |  |
| Цифровойвольтметр |  |  |  |  |  |
| … |  |  |  |  |  |

# 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
	1. Образованные в соответствии с уравнениями связи:
* удельная теплоемкость: с   Q  ; [с] =

 Дж

m t 2  t1

* 1. Связанные с градуировкой шкалы:

▪ t0С; ▪ 0 ′ ″; ▪ мм рт. ст.

* 1. По фамилиям ученых:
* ампер – А ▪ вольт – В

кг  К

* 1. Аббревиатура (сокращение по начальным буквам):
* вар – вольт-ампер реактивный

Способы обозначения 1.Сокращенные обозначения наименований единиц:

* м – метр ▪ кг – килограмм ▪ кал – калория
1. Из обозначений других единиц, не обязательно основных:
* Дж/(кг∙К)
1. Обозначения по фамилии ученого – с прописной буквы. Полные наименования по фамилии ученого - со строчной буквы:
* А – ампер; ▪ В – вольт; ▪ Вт – ватт
1. В обозначениях единиц точку как знак сокращения не ставят (м, кг, А) за исключением: мм рт. ст., л.с.
2. 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).~~*

1. 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С; (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С±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 s / t, ~~v = 3,6 s / t, км/ч~~

где v- скорость, км/ч; ~~где s - путь, м;~~ s - путь, м; ~~t- время, с.~~

t - время, с.

1. 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: м

с

* возведение в степень: м∙с-1
1. а) Единицы, стоящие в знаменателе пишут и читают с предлогом «на»:
* метр на секунду в квадрате (м/с2)

Искл: деление на с1 – с предлогом «в»:

* метр в секунду: м

с

б) Если вторая и третья степень длины (м2 и м3) касается площади или объема – читается «квадратный метр», «кубический метр». В остальных случаях: «метр в квадрате», «метр в третьей степени».

* кг∙м2/с – килограмм – метр в квадрате в секунду.

Кратные и дольные единицы

1. Приставка пишется слитно с обозначением и наименованием единицы:
* пФ, мкм, километр, гектар.
1. При подстановке в формулу приставки заменяют множителями:
* 1 пФ = 10-12 Ф
1. Применение приставок более одной не допускается:
* ~~микромикрофарад~~ – пикофарад; ~~микрокилограмм~~ – миллиграмм.
1. Показатель степени означает возведение в степень кратной и дольной единицы вместе с приставкой:
* 5 км2 = 5 (км)2 = 5(103 м)2 = 5106 м2
* 250 см3/с = 250(10-2 м)3/с = 25010-6 м3/с
1. 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)
1. 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)

1. 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*** (Хист)*, которое идеальным образом характеризует величину.* Так как Хист узнать невозможно, на практике используют понятие ***действительного значения величины*** (Хд)*, которое получают измерением* (Хизм) *и настолько близкое к* Хист*, что может быть использовано вместо него.*

При измерении возникает ***погрешность результата измерения*** (ΔХ)*.*

Отсюда:

Хд = Хизм ± ΔХ

Цель метрологии – оценка Хд через ее составляющие Хизм и ΔХ и возможное уменьшение погрешности результата измерения ΔХ.

Величина погрешности ΔХ может быть оценена при расчете по формуле:

## ΔХ = √2 + ε2

где  - систематическая погрешность;

ε – случайная погрешность.

Алгоритм вычисления случайной погрешности ε

1.Найти среднее значение результатов измерения 𝑋: Х = ; 2.Определить ΔХi = 𝑋 – Xi ; ΔХi2 = (𝑋 – Xi)2 ; ;

1. Определить СКО результата измеренияζ: ζ = ;
2. Исключить грубые погрешности и промахи.

Метод исключения зависит от числа измерений n. Чаще всех применяют метод 3 ζ (трех сигм), который работает лучшим образом при 50 ≥ n ≥ 20: **если**

***│***𝑿 ***- Xi│≥* 3 ζ , то это значение Xi отбрасывают.**

Найти значение 3ζ и проверить наличие грубых погрешностей выполнением неравенства │𝑿 ***- Xi│≥* 3 ζ.** Если это неравенство выполняется при каких – либо Хi, то исключить эти значения Хi из выборки и начать расчет с п.1.

1. Вычислить СКО среднего арифметического 𝜎: 𝜎 =  =

1. Вычислить значение случайной погрешности ε = ± tp ∙ 𝜎, выбрав коэффициент Стьюдента в зависимости от заданных доверительной вероятности Р и числа измерений n.
2. Представить результат в виде**: ε = … (Р = …)**

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

Систематическая погрешность 

Составляющими систематической погрешности Θ являются: Θсуб – субъективная погрешность;

Θдоп = Θвв – дополнительная погрешность или погрешность внешних влияний;

Θи – инструментальная погрешность; Θуст – погрешность установки; Θтеор – теоретическая погрешность.

При изучаемом приближенном методе расчета, как правило, учитывают только Θи. Отсюда:

## ΔХ = √

и

2 + ε2

При прямых однократных измерениях в составе ΔХ часто учитывают только значение систематической погрешности , представленной при приближенном методе расчета значением и. Отсюда:

Хд = Хизм ± ΔХ = Хизм ± и

Хд =Хп ±и

где Хп – показание прибора (Хизм = Хп при однократном измерении)

и – инструментальная погрешность (погрешность средства измерения)

Наиболее точным способом оценки и является расчет по классу точности СИ.

Классы точности СИ. Обозначение классов точности



а) б) в) г)

Рисунок 2.4.1 – Изменение инструментальной погрешности ипри изменении результата измеренияХизм

***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 дляСИ установлен предел допускаемой **основной абсолютной погрешности**(рис.2.4.1, а).

Значение **и** находят по обозначению класса точности в НТД на СИ

1. Обозначение класса точности, например, означает что и (мультипликативная) изменяется пропорционально изменению Хизм, а класс точности обозначают через **относительную погрешность средства измерений δ** (рис.2.4.1, б)**:**

1

Например: 1

означает δ % = 1 %.

Тогда для однократного измерения, где Хизм = Хп:

δ % = ±и∙100% ;**и = ±**✿ %∙**Хп**

Хп 𝟏𝟎𝟎%

1. Обозначение класса точности, например, 0**,02/0,01,** означает что и (мультипликативная)изменяется пропорционально изменению Хизм, а класс точности обозначают через **относительную погрешность средства измерений δ** (рис.2.4.1, в)**:**

δ% = ±  (для однократного измерения), но значение δ % сначала вычисляют по формуле:

## δ % = [с + d·(│)]

где с = 0,02 % ; d = 0,01 %.

Дальнейший расчет и производят по формулам (для однократного измерения):

**и = ±** δ % = [с + d·(│)]

где c, d – положительные числа, независящие от Хизм;

Хк – конечное значение диапазона измерения; бóльший по модулю из пределов измерения;

Хп- показание прибора при однократном измерении.

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

Для зарубежных СИ, например: и = А(%)Хк + В(%)Хизм.

1. Обозначение класса точности, например, **2,5** – для СИ с равномерной шкалой или **2,5** – для СИ с неравномерной шкалой означает, что и (аддитивная)не изменяется с изменением Хизм, относительная погрешность δ% ≠ const, поэтому класс точности обозначают через **приведенную погрешность средства измерений** (рис.2.4.1, г)

## γ % = ±,

где ХN – нормирующий интервал, выбор которого представлен в таблице В2 Приложения В.

При этом:

**и = ±**

У приборов с таким типом изменения и, относительная погрешность

δ % = ±и∙100%

Хп

уменьшается с увеличением Хп, 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.

1. Результат измерения округляют до того же десятичного разряда, что и погрешность.
2. Общий множитель результата измерения и погрешности по необходимости можно выносить за скобки.

Примеры:

1. 534,031±0,043 → 534,03±0,04

2. 534,0355±0,0135 → 534,036±0,014

3. 14,275±1,17 → 14,3±1,2

4. 1587±281,6 → (15,87±2,816)∙102 → (15,9±2,8)∙102

5. (1,965∙10-19±3,81∙10-21) → (1,965±0,0381)∙10-19 →(1,97±0,04)∙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 технических систем и робототехники

### КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

по дисциплине: «Метрология и стандартизация»

Вариант №

Выполнил ст. гр.

Проверил

Чита 20

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Единицы физических величин



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

|  |  |
| --- | --- |
| Величина | Единица |
| Наименование | Размерность | Наименование | Обозначение | Выражение через основные и производныеединицы СИ |
| между- народное | русское |
| Плоский угол | 1 | радиан | rad | рад | m·m-1=1 |
| Телесный угол | 1 | стерадиан | sr | ср | m2·m-2=1 |
| Частота | Т -1 | герц | Hz | Гц | s-1 |
| Сила | L М Т -2 | ньютон | N | Н | m·kg·s-2 |
| Давление | L-1 М Т -2 | паскаль | Ра | Па | m -1·kg·s-2 |
| Энергия, работа, количество теплоты | L2 М Т -2 | джоуль | J | Дж | m 2 ·kg·s-2 |
| Мощность | L2 М Т -3 | ватт | W | Вт | m 2 ·kg·s-3 |
| Электрический заряд, количествоэлектричества | TI | кулон | С | Кл | s·А |
| Электрическое напряжение, электрический потенциал, разность электрических потенциалов,электродвижущая сила | L2 М Т -3 I-1 | вольт | V | В | m 2 ·kg·s-3·Α-1 |
| Электрическая емкость | L-2 М -1Т 4 I2 | фарад | F | Ф | m -2 ·kg-1·s4 ·Α2 |
| Электрическое сопротивление | L2 М Т -3 I-2 | ом | Ω | Ом | m 2 ·kg·s -3 ·Α-2 |
| Электрическая проводимость | L-2 М -1Т 3 I 2 | сименс | S | См | m -2 ·kg-1·s 3 ·Α2 |
| Поток магнитной индукции,магнитный поток | L2 М Т -2 I -1 | вебер | Wb | Вб | m 2 ·kg·s -2 ·Α-1 |
| Плотность магнитного потока,магнитная индукция | М Т -2 I -1 | тесла | Т | Тл | kg·s -2 ·Α-1 |
| Индуктивность, взаимная индуктивность | L2 М Т -2 I -2 | генри | Н | Гн | m 2 ·kg·s -2 ·Α-2 |
| Температура Цельсия | Θ | градус Цельсия | 0С | 0С | К |
| Световой поток | J | люмен | lm | лм | cd · sr |
| Освещенность | L-2 J | люкс | lx | лк | m-2 cd · sr |
| Активность нуклида врадиоактивном источнике (активность радионуклида) | Т-1 | беккерель | Bq | Бк | s -1 |
| Поглощенная доза ионизирующегоизлучения, керма | L2 Т -2 | грей | Gy | Гр | m 2 · s-2 |
| Эквивалентная доза ионизирующего излучения, эффективная дозаионизирующего излучения | L2 Т -2 | зиверт | Sv | Зв | m 2 · s-2 |
| Активность катализатора | NT-1 | катал | kat | кат | mol · s -1 |
| Примечания1. В таблицу 3 включены единица плоского угла – радиан и единица телесного угла – стерадиан.1. Единица катал введена в соответствии с резолюцией 12 ХХI ГКМВ.
2. Температура Цельсия определяется выражением t = Т – Т0, где t - температура Цельсия, Т - термодинамическая температура, Т0 = 273,15 К
 |

Таблица Б3 – Внесистемные единицы, допустимые к применению наравне с единицами СИ

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование величины | Единица |
| Наименование | Обозначение | Соотношение с единицей СИ | Область применения |
| между-народное | русское |
| Масса | тонна | t | т | 1 · 103kg | Все области |
| атомная единицамассы 1) 2) | u | а.е.м. | 1,66054 · 10-27 kg (приблизительно) | Атомная физика |
| Время 2) 3) | минутачас сутки | min hd | минч сут | 60 s3600 s86400 s | Все области |
| Плоский угол 2) | градус 2) 4)минута 2)4)секунда2)4) | …º…'..." | …º…'..." | (π/180) rad = 1,745329…·10-2 rad (π/10800) rad = 2,908882…·10-4 rad(π/648000) rad = 4,848137..·10-6 rad | Все области |
| град (гон) | gon | град | (π/200) rad = 1,57080…·10-2 rad | Геодезия |
| Объем,вместимость | литр5) | 1 | л | 1 · 10-3m3 | Все области |
| Длина | Астрономичес- кая единица, световой год,парсек | ua 1y рс | а.е. св.год. пк | 1,49598 · 1011m (приблизительно) 9,4605 · 1015m (приблизительно) 3,0857 · 1016m (приблизительно) | Астрономия |
| Оптическаясила | диоптрия | - | дптр | 1 · m -1 | Оптика |
| Площадь | гектар | ha | га | 1 · 104 m 2 | Сельское илесное хозяйство |
| Энергия | электрон-вольт | eV | эВ | 1,60218 · 10 -19J (приблизительно) | Физика |
| киловатт-час | kW ·h | кВт · ч | 3,6 · 106J (приблизительно) | Для счетчиков электрическойэнергии |
| Полнаямощность | вольт-ампер | V·А | В·А |  | Электротехника |
| Реактивнаямощность | вар | var | вар |  | Электротехника |
| Электричес- кий заряд, количество электричест-ва | ампер-час | А · h | А · ч | 3,6 · 103 С | 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 Б3 Некоторые относительные и логарифмические величины и их единицы,

допустимые к применению наравне с единицами СИ

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование величины | Единица |
| Наимено- вание | Обозначение | Значение |
| между-народное | 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 | 11 · 10 -21 · 10 -31 · 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) | В | Б | 1 В = lg (Р2/Р1) при Р2 = 10 Р11 В = 2 lg (F2 /F1)при F2 = 10 ·F1где Р1 и Р2 – одноименные энергетические величины (мощность, энергия, плотность энергии и т.п.);F1 и F2 – одноименные«силовые» величины (на- пряжение, сила тока, на- пряженность поля и т.п.) |
|  | децибел | dB | дБ | 0,1 В |
| 3. Логарифмическая величина (логарифм |  |  |  | Iphon равен уровню |
| безразмерного отношения физической величины к |  |  |  | громкости звука, для |
| одноименной физической величине, принимаемойза исходную): уровень громкости | фон | phon | фон | которого уровень звуковогодавления равногромкого с |
|  |  |  |  | ним звука частотой |
|  |  |  |  | 1000 Нz равен 1 dB |
| 4. Логарифмическая величина (логарифм безразмерного отношения физической величины к одноименной физической величине, принимаемойза исходную): частотный интервал | октавадекада | -- | октдек | 1 октава равна log2 (f2/ f1) при f2/f1 = 2;1 декада равна lg (f2/f1) при f2/f1=10, где f2 и f1- 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 | Область применения |
| Наименование | Обозначение | Соотношение с единицей СИ |
| между-народное | русское |
| Длина | морская миля | n mile | миля | 1852 m (точно) | Морская навигация |
| Масса | карат | - | кар | 2 · 10-4kg (точно) | Добыча и производстводрагоценных камней и жемчуга |
| Линейная плотность | текс | tex | текс | 1 · 10-6kg/ m (точно) | Текстильнаяпромышленность |
| Скорость | узел | kn | уз | 0,514(4) m/s | Морская навигация |
| Ускорение | гал | Gal | Гал | 0,01 m/s2 | Гравиметрия |
| Частота вращения | оборот в секундуоборот в минуту | r/sr/min | об/соб/мин | 1 s -1(1/60) s-1 =0,016(6) s-1 | Электротехника |
| Давление | бар | bar | бар | 1 · 105 Ра | 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 |
| между- народное | русское | между- народное | русское |
| 1024 | иотта | Y | И | 10 -1 | деци | d | д |
| 1021 | зетта | Z | З | 10 -2 | санти | c | с |
| 1018 | экса | Е | Э | 10 -3 | милли | m | м |
| 1015 | пета | P | П | 10 -6 | микро | μ | мк |
| 1012 | тера | T | Т | 10 -9 | нано | n | н |
| 109 | гига | G | Г | 10 -12 | пико | p | п |
| 106 | мега | M | М | 10 -15 | фемто | f | ф |
| 103 | кило | k | к | 10 -18 | атто | a | а |
| 102 | гекто | h | г | 10 -21 | зепто | z | з |
| 101 | дека | da | да | 10 -24 | иокто | у | и |

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

Таблица В2 – Выбор нормирующего интервала ХN .

|  |
| --- |
| Для равномерных шкал |
| | | 0 100| ׀ | 0 10 100● ● | 0- в начале шкалыXN-бóльший из пределов измерения (100 ед.). от Δ до Δ (от • до •)- диапазон измерения |
| | | |-30 0 +20| | |-10 0 +200 | 0- в середине шкалыХN-бóльший по модулю предел измерения или сумма модулей пределов измерения (50ед.; 200 ед.). |
| | | 200 600 | 0- условныйХN –разность пределов измерения (400ед.). |
| СИ имеет номинальное значение Хн | ХN=Xн |
| Для неравномерных шкал |
| Всех видов | **Х**N- длина всей шкалы или еѐ части, равной диапазону измерения, выраженные в миллиметрах или сантиметрах. |

В формулах таблиц В1 и В2: а, в, c, d - положительные числа, независящие от Хп;

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

ХN – нормирующий интервал; Хп- показание прибора;

а  сd в dХк