

Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Дальневосточный государственный университет путей сообщения»

Кафедра «Транспортно-технологические комплексы»

Т.В. Белоус С.Г. Бочкарева

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Задание на контрольную работу

Методические указания по выполнению контрольной работы

Хабаровск
Издательство ДВГУПС
2017

УДК 006.9(075.8)
ББК Ж10+Ж.ц
Б 438

Рецензент:

Кафедра «Транспортно-технологические комплексы»
Дальневосточного государственного университета путей сообщения
ст. преподаватель Н.И. Яворский

Белоус, Т.В.

Б438 Метрология, стандартизация и сертификация: задание на контр. раб. Метод. указ./ Т.В. Белоус, С.Г. Бочкарева. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2017. – 51с.: ил.

Методическое указание соответствует ФГОС ВО по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность (уровень специалитета), 23.05.04 Эксплуатация железных дорог (по видам), а также по направлениям подготовки 09.03.01 Информационно-вычислительная техника, 20.03.01 Техносферная безопасность, 23.03.01 Технология транспортных процессов (по видам).

Приведены темы для изучения дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация». Даны рекомендации по выбору варианта и оформлению контрольной работы для студентов заочной формы обучения. Дается краткий алгоритм выполнения заданий контрольной работы. Имеется список основной и дополнительной литературы.

Предназначено для студентов, изучающих дисциплину «Метрология, стандартизация и сертификация» заочной формы обучения, для следующих специальностей: 20.05.01 «Пожарная безопасность», 23.05.04 Эксплуатация железных дорог (по видам), а также для направлений подготовки: 09.03.01 Информационно-вычислительная техника, 20.03.01 Техносферная безопасность, 23.03.01 Технология транспортных процессов (по видам).

УДК 006.9(075.8)
ББК Ж10+Ж.ц

© ДВГУПС, 2017

Принятые обозначения

x – результат измерения;
 x_0 – действительное значение измеряемой физической величины;
 Δ - абсолютная погрешность измерения;
 δ - относительная погрешность;
 γ - приведенная погрешность;
 x_N - нормирующее значение;
 x_{cp} - среднее арифметическое значение;
 P - доверительная вероятность;
 σ - среднеквадратическое отклонение (СКО);
 S_x - оценка среднеквадратического отклонения;
 β_i - критерий Романовского i -го измерения;
 β_m - критерий Романовского табличное значение;
 q - уровень значимости;
 t_p - коэффициент Стьюдента, зависящий от принятой доверительной вероятности P и числа наблюдений n ;
 $S_{\bar{x}}$ - средняя квадратическая погрешность среднего арифметического;
 ε - доверительные границы;
 D_n - номинальный размер отверстия;
 d_n - номинальный размер вала;
 ES, es – верхнее отклонение отверстия и вала, соответственно;
 EI, ei – нижнее отклонение отверстия и вала;
 IT - допуск, алгебраическая разность между предельными размерами или отклонениями;
 $D_{\max}, D_{\min}$ - предельные размеры отверстия;
 $d_{\max}, d_{\min}$ - предельные размеры вала;
 $N_{\max}, N_{\min}$ - соединение с натягом;
 $S_{\max}, S_{\min}$ - соединение с зазором;
 $S_{\max}, N_{\max}$ - переходная посадка.

Введение

Метрология, стандартизация и сертификация являются инструментами, которые позволяют производителю обеспечить качество выпускаемой продукции, работ и услуг, конкурентоспособность и эффективность производства. Овладение методами обеспечения качества, базирующимися на триаде – стандартизация, метрология, сертификация, является одним из главных условий выхода поставщика на рынок с конкурентоспособной продукцией (услугой), а значит, и коммерческого успеха.

Соблюдение правил метрологии в различных сферах коммерческой деятельности позволяет свести к минимуму материальные потери от недостоверных результатов измерений.

Стандартизация является инструментом обеспечения не только конкурентоспособности, но и эффективного партнерства изготовителя, заказчика и продавца на всех уровнях управления. Наибольшее доверие у заказчиков и потребителей вызывает сертификат на систему качества. Он создает уверенность в стабильности качества, в достоверности и точности измеренных показателей качества, свидетельствует о высокой культуре процессов производства продукции и предоставления услуг.

Техническое регулирование в области пожарной безопасности ядерного оружия и связанных с ним процессов разработки, производства, эксплуатации, хранения, перевозки, ликвидации и утилизации его составных частей, а также в области пожарной безопасности зданий и сооружений, объектов организаций ядерного оружейного комплекса Российской Федерации устанавливается законодательством Российской Федерации.

Цель изучения дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» состоит в получении студентами основных научно-практических знаний в области метрологии, стандартизации и сертификации, необходимых для обеспечения единства измерений, контроля качества продукции (услуг), метрологического и нормативного обеспечения разработки, производства, испытаний, эксплуатации и утилизации продукции, планирования и выполнения работ по стандартизации и сертификации продукции и процессов, проведения метрологической и нормативной экспертиз.

В результате изучения дисциплины студент должен **знать**:

- законодательные и нормативные правовые акты, методические материалы по стандартизации, сертификации, метрологии и управлению качеством;
- систему государственного надзора и контроля, межведомственного и ведомственного контроля за качеством продукции, стандартами, техническими регламентами и единством измерений;

- организацию и технологию стандартизации и подтверждения соответствия продукции, правила проведения контроля, испытаний и приёмки продукции;

- порядок разработки, утверждения и принятия технических регламентов, национальных стандартов, стандартов организаций, технических условий и другой нормативно-технической документации;

- процедуры проведения сертификации продукции, услуг и систем качества.

Уметь применять:

- контрольно-измерительную технику для контроля качества продукции и метрологического обеспечения производства и технологических процессов;

- компьютерные технологии для планирования и проведения работ по стандартизации, сертификации и метрологии;

- методы унификации, симплификации и расчёта параметрических рядов при разработке стандартов и другой нормативно-технической документации; методы и средства поверки (калибровки) и юстировки средств измерения, правила проведения метрологической и нормативной экспертизы документации;

- необходимые алгоритмы и процедуры сертификации продукции, услуг и систем качества.

Владеть:

- методами организации и проведения измерений, оценки, контроля качества и сертификации изделий, материалов, работ и услуг.

1 Разделы дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация»

1.1 Метрология

1.1.1 Теоретические основы метрологии

Определение метрологии как науки. Основные разделы метрологии. Роль метрологии в повышении качества, безопасности и конкурентоспособности продукции, в укреплении международных, региональных и национальных связей и её значение в развитии науки, техники.

Основные понятия, связанные с объектами измерения: свойства, физическая величина, количественные и качественные проявления свойств объектов материального мира. Единица физической величины. Истинное и действительное значение измеряемой величины.

1.1.2 Физические величины и их эталоны

Принципы разделения величин на основные и производные. Система единиц SI: основные единицы и их определение. Кратные и дольные единицы. Формирование единиц и размерностей производных единиц. Эталоны и стандартные образцы. Понятие размера единиц. Понятие об измерении. Виды измерений. Средства измерений. Основные понятия, связанные со средствами измерений. Метрологические характеристики средств измерения.

1.1.3 Погрешности измерений, обработка результатов, выбор средств измерений

Закономерности формирования результата измерения. Основные характеристики, определяющие качество измерений. Понятие погрешности измерения, источники погрешностей. Классификация погрешностей измерения: абсолютная и относительная; инструментальные, методические и субъективные; систематические, случайные и грубые.

Определение составляющих погрешности и способы их объединения в суммарную погрешность измерения. Способы исключения и уменьшения систематических и случайных погрешностей измерения. Показатели точности измерений и формы представления результатов измерений.

Понятие однократного и многократного измерений. Алгоритмы обработки результатов измерений.

1.1.4 Основы обеспечения единства измерений

Понятие метрологического обеспечения. Организационные, научные и методические основы метрологического обеспечения. Объект, предмет, цель и методология метрологического обеспечения. Требо-

вания и условия оптимизации решения основных проблем метрологического обеспечения. Структура и методы синтеза и анализа системы метрологического обеспечения. Методы и алгоритмы выбора и оценки правильности выбора средств измерений. Метрологическая экспертиза конструкторско-технологической документации.

Основные понятия, используемые в Законе РФ «Об обеспечении единства измерений». Метрологическая служба, метрологический контроль и надзор, поверка и калибровка средств измерений, сертификат об утверждении типа средств измерений, сертификат о калибровке, лицензия на изготовление средств измерений. Задачи, сфера деятельности и правовые основы государственного контроля и надзора.

1.2 Стандартизация и техническое регулирование

1.2.1 Роль стандартизации в современном обществе

Основные задачи стандартизации. История развития стандартизации и пути её развития в России. Основные направления формирования стандартизации как научного направления. Стандартизация в условиях развитых рыночных отношений и её экономические, социальные и коммуникативные функции. Роль стандартизации в повышении качества, безопасности и конкурентоспособности продукции, становлении научно-технического и экономического сотрудничества и развития торговых связей.

Стандартизация требований по безопасности транспорта и механизмов; сертификации продукции и услуг; системы сертификации.

Основные положения ФЗ РФ «О стандартизации».

1.2.2 Цели, принципы и методы стандартизации

Цели стандартизации. Методы стандартизации: симплификация, типизация, агрегатирование, моделирование и др.

Объекты стандартизации. Категории и виды стандартов. Классификация и обозначение стандартов. Межотраслевые системы стандартизации, их роль в повышении эффективности производства, обеспечении качества, безопасности и конкурентоспособности продукции. Характеристика, содержание и построение основных видов стандартов. Порядок разработки, согласования и утверждения проектов национальных стандартов. Стандарты организаций. Разработка, согласование, утверждение. Технические условия. Разработка, согласование и утверждение технических условий.

Системы государственных и межгосударственных стандартов межотраслевого применения: единая система конструкторской документации (ЕСКД), единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП), государственная система обеспечения единства измере-

ний (ГСИ), система показателей качества продукции (СПКП), единая система допусков и посадок (ЕСДП) и др.

Правовые основы стандартизации. Основные положения ФЗ РФ «О техническом регулировании».

1.2.3 Основные положения технического регулирования

Законодательная база технического регулирования. Принципы технического регулирования. Технические регламенты. Цели принятия, содержание и применение. Порядок разработки, экспертизы проектов и принятие технических регламентов.

Органы государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов. Объекты государственного контроля (надзора). Принудительный отзыв продукции. Знак обращения на рынке.

1.2.4 Международная и межгосударственная стандартизация

Международная организация по стандартизации (ИСО) и Международная электротехническая комиссия (МЭК), состав, структура и методология деятельности. Статус международных стандартов, порядок и формы их применения.

Основополагающие документы, определяющие деятельность в области стандартизации, метрологии и сертификации стран – участниц межгосударственной стандартизации.

1.3 Сертификация

1.3.1 Цели, принципы и объекты подтверждения соответствия

Формы подтверждения соответствия. Обязательное и добровольное подтверждение соответствия. Добровольная сертификация. Знаки соответствия.

Законы РФ «О защите прав потребителей», «О техническом регулировании». Стандарты качества как основа сертификации. Стандарты серии ИСО 9000 (Система управления качеством). Нормативные документы, регламентирующие деятельность органов по сертификации и испытательных лабораторий. Стандарты серии ГОСТ Р 51000 (Система аккредитации в Российской Федерации).

1.3.2 Проблемы оценки соответствия и пути их решения

Обязательная сертификация. Декларирование соответствия. Организация обязательной сертификации. Знаки обращения на рынке. Права и обязанности заявителя в области обязательного подтверждения соответствия. Условия ввоза на территорию РФ продукции, подлежащей обязательному подтверждению соответствия.

1.3.3 Системы и схемы сертификации

Основные цели и задачи систем сертификации. Существующие системы сертификации и различия между ними. Типовая схема участников сертификации и их основные функции.

Схемы сертификации в РФ. Выбор схем сертификации. Модули оценки соответствия в странах ЕС. Структура процессов сертификации.

1.3.4 Сертификация продукции и услуг

Правила и порядок проведения. Нормативно-технические документы на сертификацию продукции.

Особенности сертификации услуг. Схемы сертификации услуг. Требования к содержанию сертификата соответствия на услуги.

Системы сертификации на транспорте. Сертификация услуг по техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава. Сертификация грузовых и пассажирских перевозок.

Порядок подготовки и этапы проведения сертификации систем качества и производства. Нормативно-техническая документация на сертификацию систем качества и производства.

1.3.5 Аккредитация и взаимное признание сертификации

Сертификационные испытания, качество испытаний, методики и программы испытаний. Аттестация методик испытаний, метрологическое обеспечение испытаний.

Порядок аккредитации органов по сертификации и испытательных (измерительных) лабораторий. Структура систем аккредитации в России и Европе. Плановые и технологические вопросы международного признания (аккредитации) испытательных лабораторий. Этапы процесса аккредитации. Деятельность органов по аккредитации.

2 Выбор варианта и правила оформления контрольной работы

Вариант выбирается студентом по сумме двух последних цифр в шифре. Например: **КТ09-ПБ-512**, следует выбирать **вариант 3**.

Обучающийся по специальности 20.05.01 «Пожарная безопасность» должен выполнить две контрольные работы.

Задание на контрольные работы представлено в 4 разделе методического указания.

Контрольные работы выполняют на одной стороне белой нелинованной писчей бумаги формата А4 (210х297 мм) с рамкой. Расстояние от края страницы до линии рамки слева 20 мм, а справа, снизу и сверху – 5 мм. На первом текстовом листе выполняют основную надпись (штамп) по форме 2 ГОСТ 2.104-68 (рис. 1), а на всех последующих – по форме 2а (рис. 2).

Рамки, основные надписи и дополнительные графы к ним выполняются сплошными основными и сплошными тонкими линиями по ГОСТ 2.303-68.

Расстояние от рамки до границ текста в начале и в конце строк – не менее 3 мм, а от рамки до верхней или нижней строки текста – не менее 10 мм. Абзацы в тексте начинают отступом, равным 15-17 мм.

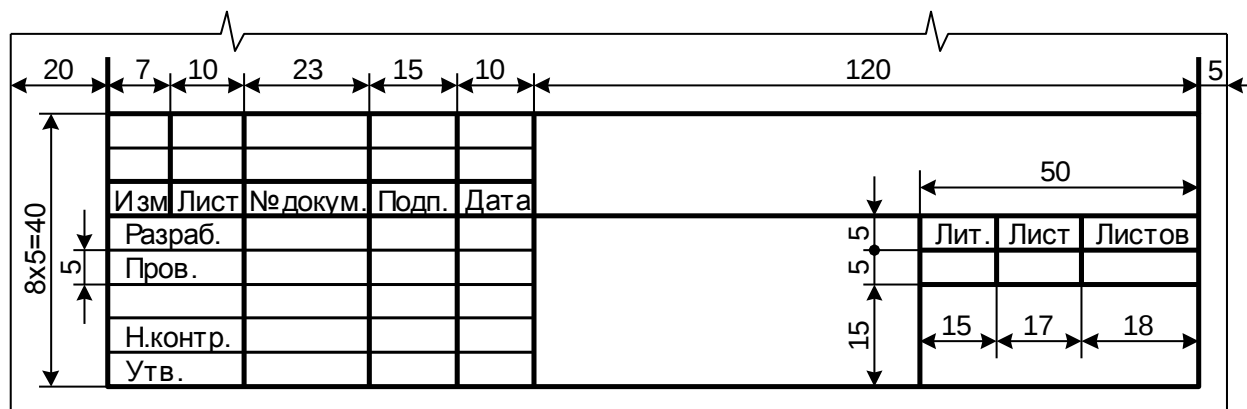


Рис. 1. Основная надпись первого текстового листа
(форма 2 ГОСТ 2.104-68)

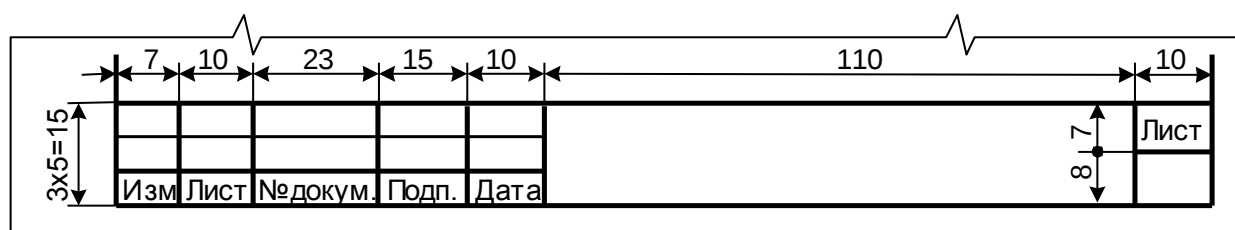


Рис. 2. Основная надпись для всех последующих листов
(форма 2а ГОСТ 2.104-68)

Расстояние между заголовком и текстом – 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела, а также между строками текста 8 -10 мм.

Пример выполнения титульного листа текстового документа приведен в приложении А.

Оформление контрольной работы выполняют одним из следующих способов:

- рукописным – чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304-81 с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм, черного цвета;
- при помощи ПК, шрифтом Arial или Times New Roman, размер 14 pt, интервал междустрочный – одинарный, поля: левое - 3 см; верхнее - 1,5 см, нижнее - 2,5 см и правое – 1,5 см. Красная строка – 0,75 см. Выравнивание по ширине листа, автоматическая расстановка переносов.

3 Алгоритм выполнения задач контрольных работ с примерами

3.1 Физические величины. Кратные и дольные единицы. Значащие цифры

3.1.1 Множество физических величин представляют собой некоторую систему, в которой отдельные величины связаны между собой системой уравнений.

Основная физическая величина — это физическая величина, входящая в систему единиц и условно принятая в качестве независимой от других величин этой системы.

Для каждой физической величины должна быть установлена единица измерения.

Единица физической величины — физическая величина фиксированного размера, которой условно присвоено значение, равное единице, и применяемая для количественного выражения однородных физических величин.

Кроме основных и производных физических величин различают кратные, дольные, когерентные, системные и внесистемные единицы.

Размерностью называют символическое (буквенное) обозначение зависимости производных величин (или единиц) от основных.

Степени символов основных величин, входящих в одночлен, могут быть целыми, дробными, положительными и отрицательными. Размерность величин обозначают знаком **dim**. В системе *LMT* размерность величин *X* будет:

$$\dim X = L^{\ell} M^m T^t, \quad (1)$$

где *L*, *M*, *T* — символы величин, принятые за основные (соответственно, длины, массы, времени); *l*, *m*, *t* — целые или дробные, положительные или отрицательные вещественные числа, которые являются показателями размерности; **dim** — сокращение от слова *dimension* — размерность.

Международная система единиц или сокращенно СИ, состоит из семи основных единиц измерений. В механике такими являются единицы длины, массы и времени, в электричестве добавляется единица силы электрического тока, в теплоте — единица термодинамической температуры, в оптике — единица силы света, в молекулярной физике, термодинамике и химии — единица количества вещества. Эти семь единиц соответственно: **метр, килограмм, секунда, ампер, Кельвин, кандела и моль** — и выбраны в качестве основных единиц СИ.

Таблица 1

Основные единицы СИ

Величина			Единица		
Наименование		Размерность	Наименование	Обозначение	
				Русское	Международное
1	Длина	L	Метр	м	m
2	Масса	M	Килограмм	кг	kg
3	Время	T	Секунда	с	s
4	Сила электрического тока	I	Ампер	А	A
5	Термодинамическая температура	Θ	Кельвин	К	K
6	Сила света	J	кандела	кд	cd
7	Количество вещества	N	Моль	моль	mol

Пример: ускорение находится как $a = \frac{S}{t^2} = \frac{m}{c^2} = mc^{-2}$, где S- путь, t- время. В единицах СИ запись будет **dim a = LT⁻²**.

Таблица 2

Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их обозначение

Множитель	Приставка		Обозначение Приставок		Множитель	Приставка		Обозначение приставок	
	русская	международная	международное	русское		русская	международная	международное	русское
10^1	дека	deca	da	да	10^{-1}	деци	deci	d	д
10^2	Гекто	hecto	h	г	10^{-2}	санти	centi	с	с
10^3	кило	kilo	k	к	10^{-3}	милли	milli	м	м
10^6	мега	mega	M	М	10^{-6}	микро	micro	μ	мк
10^9	гига	giga	G	Г	10^{-9}	нано	nano	п	н
10^{12}	тера	tera	T	Т	10^{-12}	пико	pico	р	п
10^{15}	пета	peta	P	П	10^{-15}	фемто	Femto	f	ф
10^{18}	экса	exa	E	Э	10^{-18}	атто	atto	а	а
10^{21}	зетта	zetta	Z	З	10^{-21}	zepto	zepto	з	з
10^{24}	иотта	yotta	Y	Й	10^{-24}	иокто	yocto	и	у

Пример: Выпишите и переведите приставки для образования дольных и кратных единиц системы СИ: $300 \text{ дм} = 300 \times 10^{-1} = 30 \text{ м}$.

3.1.2 Правила округления результатов и погрешностей измерений.

а) Результат измерения округляется до того же десятичного знака, которым оканчивается округленное значение абсолютной погрешности. Лишние цифры в целых числах заменяются нулями. Если десятичная дробь в числовом значении результата измерений оканчивается нулями, то нули отбрасываются до того разряда, который соответствует разряду числового значения погрешности.

Пример: Результат 4,0800 погрешность 0,001; результат округляют до 4,080.

б) Если цифра старшего из отбрасываемых разрядов меньше 5, то остальные цифры числа не изменяются. Лишние цифры в целых числах заменяются нулями, а в десятичных дробях отбрасываются.

Пример: Число 174437 при сохранении четырех значащих цифр должно быть округлено до 174400, число 174,437 — до 174,4.

в) Если цифра старшего из отбрасываемых разрядов больше или равна 5, но за ней следуют отличные от нуля цифры, то последнюю сохраняемую цифру увеличивают на единицу.

Пример: При сохранении трех значащих цифр число 12567 округляют до 12600, число 125,67 до 126.

г) Если отбрасываемая цифра равна 5, а следующие за ней цифры неизвестны или нули, то последнюю сохраняемую цифру не изменяют, если она четная, и увеличивают на единицу, если она нечетная.

Пример: Число 232,5 при сохранении двух значащих цифр округляют до 232, а число 233,5 до 234.

д) Погрешность результата измерения указывается *двумя* значащими цифрами, если первая из них равна 1 или 2, и *одной* — если первая цифра равна 3 или более.

е) Округление производят лишь в окончательном ответе, а все предварительные вычисления проводят с одним - двумя лишними знаками.

Если руководствоваться этими правилами округления, то количество значащих цифр в числовом значении результата измерений дает возможность ориентировочно судить о точности измерения. Это связано с тем, что предельная погрешность, обусловленная округлением, равна половине единицы последнего разряда числового значения результата измерения.

3.2 Погрешность результата измерения. Погрешность средства измерения.

По форме *количественного выражения* (по способу выражения) погрешности измерений делят на: абсолютные, относительные и приведенные погрешности.

Погрешность результата измерения – отклонение результата измерения от истинного (действительного) значения измеряемой величины. Определяется как разность между результатом измерения и истинным (действительным) значением измеряемой физической величины.

Абсолютная погрешность - погрешность результата измерения, которая выражается в единицах измеряемой физической величины и определяется по формуле:

$$\Delta = \Delta x = |x - x_0|, \quad (2)$$

где x – результат измерения; x_0 – действительное значение измеряемой физической величины.

Абсолютная погрешность не может, однако, сама по себе служить показателем точности измерений, так как одно и то же ее значение, например, $\Delta = 0,05$ мм при $x = 100$ мм, соответствует достаточно высокой точности, а при $x = 1$ мм – низкой. Поэтому для характеристики точности результатов измерения вводится понятие относительной погрешности.

Относительная погрешность – погрешность результата измерения, определяется как отношение абсолютной погрешности измерения - Δ к действительному x_0 или измеренному значению x , измеряемой величины и как правило, выражается в процентах:

$$\delta = \frac{\Delta}{x_0} 100\%. \quad (3)$$

Приведенная погрешность– это значение, вычисляемое как отношение значения абсолютной погрешности к нормирующему значению:

$$\gamma = \frac{\Delta}{x_N} 100\%, \quad (4)$$

где x_N - нормирующее значение, которое определяется следующим образом:

1) для средств измерений, для которых утверждено номинальное значение, это номинальное значение принимается за нормирующее значение;

2) для средств измерений, у которых нулевое значение располагается на краю шкалы измерения или вне шкалы, нормирующее значение принимается равным конечному значению из диапазона изме-

рений. Исключением являются средства измерений с существенно неравномерной шкалой измерения;

3) для средств измерений, у которых нулевая отметка располагается внутри диапазона измерений, нормирующее значение принимается равным сумме конечных численных значений диапазона измерений;

4) для средств измерения (измерительных приборов), у которых шкала неравномерна, нормирующее значение принимается равным целой длине шкалы измерения или длине той ее части, которая соответствует диапазону измерения. Абсолютная погрешность тогда выражается в единицах длины.

Пример: Определить абсолютную, относительную и приведенную погрешности вольтметра с диапазоном измерений 0-200 В при показании его $x=180$ В и действительном значении измеряемого напряжения $x_0=180,6$ В. За нормирующее значение принят верхний предел измерения $x_N=200$ В.

Решение:

Абсолютная погрешность: $\Delta = |x - x_0| = |180 - 180,6| = 0,6$ В

Относительная погрешность:

$$\delta = \frac{\Delta}{x_0} \times 100\% = \frac{0,6}{180,6} \times 100\% = 0,33\%;$$

$$\text{Приведенная погрешность: } \gamma = \frac{\Delta}{x_N} \times 100\% = \frac{0,6}{200} \times 100\% = 0,30\%.$$

Ответ: $\Delta = 0,6$ В, $\delta = 0,33\%$, $\gamma = 0,30\%$.

3.3 Классы точности средств измерений

Классы точности средств измерений — обобщенная характеристика средств измерений, определяемая пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также другими свойствами средств измерений, влияющими на точность, значения которых устанавливаются в стандартах на отдельные виды средств измерений.

Класс точности средства измерений характеризует их свойства в отношении точности, но не является непосредственным показателем точности измерений, выполненных с помощью этих средств.

Обозначения классов точности наносят на циферблаты, щитки и корпуса средств измерений, приводятся в нормативно-технической документации. В зависимости от формы выражения погрешности классы точности могут обозначаться *прописными буквами латинского алфавита* (например, М, С) или *римскими цифрами* (I, II, III и т.д.) с добавлением условных знаков, смысл которых раскрывается в нормативно-технической документации. При этом меньшие пределы погрешности должны соответствовать буквам, находящимся ближе к на-

чалу алфавита, или меньшими цифрами. Если же класс точности обозначается арабскими цифрами с добавлением какого-либо условного знака, то эти цифры непосредственно устанавливают оценку точности показаний средств измерений снизу.

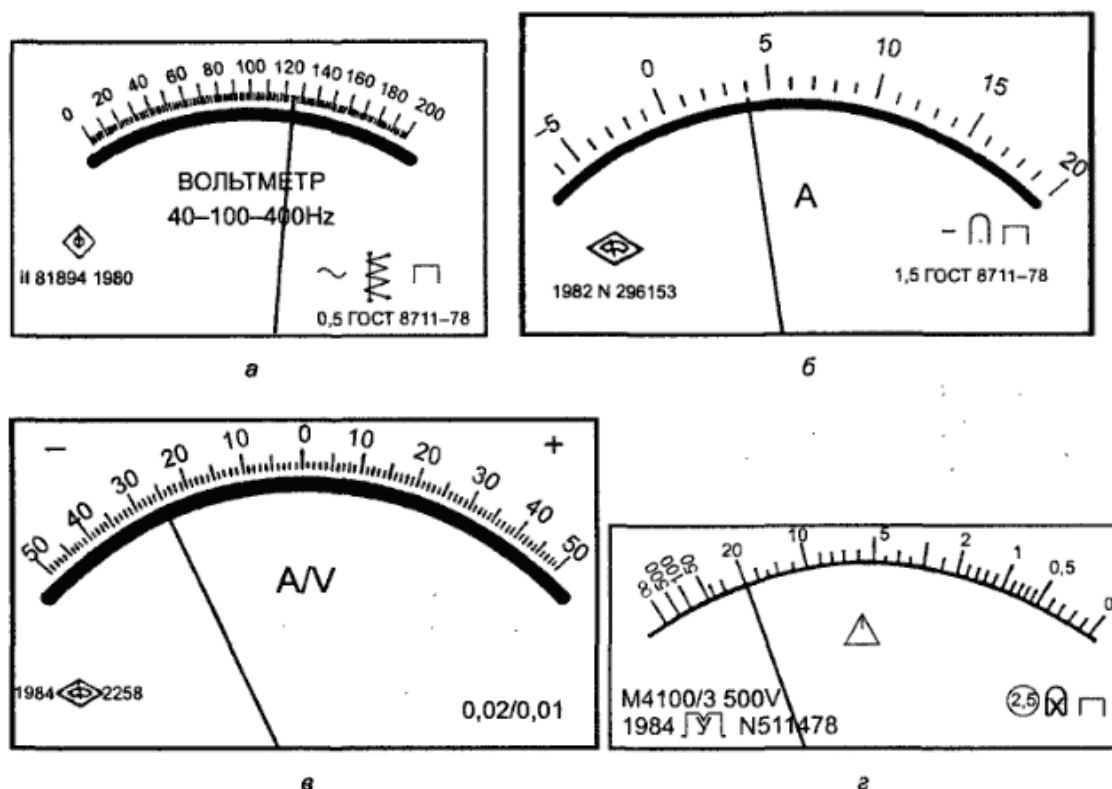


Рис. 3. Приборы измерений а) вольтметр класса точности 0,5 б) амперметр класса точности 1,5 в) ампервольтметр класс точности 0,02/0,01 г) прибор с классом точности 2,5

Таким образом, на рис. 3:

а) для приборов, приведенная погрешность γ составляет 0,5% от нормирующего значения x_N , при этом x_N принимается равным большему из модулей пределов измерений, если нулевое значение входного (выходного) сигнала находится на краю или вне диапазона измерений;

б) $\frac{15}{\sqrt{2}}$ — то же, что и в предыдущем случае, но при x_N равным длине шкалы или ее части;

в) 0,02/0,01 — для приборов, у которых измеряемая величина не может отличаться от значения x , показанного указателем, больше,

чем на $\left[c + d \left(\left| \frac{X_k}{x} \right| - 1 \right) \right]$, %, где c и d — числитель и знаменатель соответственно в обозначении класса точности; X_k — больший (по модулю) из пределов измерений прибора;

2,5

г) и т. д. — для приборов, у которых относительная погрешность δ составляет например, как для этого случая 2,5%, непосредственно от полученного значения измеряемой величины x .

Таблица 3

Нормирование точности средств измерений

Форма выражения погрешности	Формулы для определения пределов допускаемой погрешности	Примеры пределов допускаемой основной погрешности	Обозначение класса точности	
			на средствах измерения	в нормативной документации
Абсолютная погрешность	$\Delta = \pm f = p$	—	M	Класс точности M
	$\Delta = \pm(a + bx)$	—	C	Класс точности C
Относительная погрешность	$\delta = \frac{\Delta}{x} = \pm q$	$\delta = \pm 2,5\%$	2,5	Класс точности 2,5
	$\delta = \left[c + d \left(\left \frac{x_k}{x} \right - 1 \right) \right]$	$\delta = \left[0,02 + 0,01 \left(\left \frac{x_k}{x} \right - 1 \right) \right]$	0,02/0,01	Класс точности 0,02/0,01
Приведенная погрешность	$\gamma = \frac{\Delta}{x_N} = \pm p$	$\gamma = \pm 1,5\%$ $\gamma = \pm 0,5\%$	15	Класс точности 1,5
			0,5	Класс точности 0,5

Пример: Указатель отсчетного устройства вольтметра класса точности 0,5, показывает 134 В. Пределы измерения вольтметра 0-200 В. Определите абсолютную погрешность вольтметра и запишите результат измерения.

Решение: Показание вольтметра $x=134$ В. Класс точности обозначен числом, согласно таблице 3, нормирована приведенная погрешность средства измерения:

$$\gamma = \pm 0,5\%.$$

Приведенная погрешность: $\gamma = \frac{\Delta}{x_N} \cdot 100\%$, а нормирующее значение принят верхний предел измерения $x_N = 200$ В.

Тогда находим абсолютную погрешность средства измерения:

$$\Delta = \frac{\gamma \cdot x_N}{100\%} = \frac{\pm 0,5\% \cdot 200}{100\%} = \pm 1 \text{ В.}$$

Абсолютная погрешность $\Delta = |x - x_\delta|$. Откуда действительное значение $x_\delta = |x - \Delta| = (134 \pm 1) \text{ В.}$

Ответ: Действительное значение находится в диапазоне $x_\delta = (134 \pm 1) \text{ В}$ или $133 \text{ В} \leq x_\delta \leq 135 \text{ В.}$

3.4 Обработка результатов многократных измерений

Основная *цель* обработки экспериментальных данных – получение результата измерения и оценка его погрешности. Измерение, результат которого получен из ряда однократных измерений, называется *многократным*.

Для определения результата многократных измерений и оценки их погрешностей широкое распространение получили вероятностно-статистические методы.

Основная *цель* обработки результатов многократных измерений состоит в нахождении оценки измеряемой величины и доверительного интервала, в котором находится ее истинное значение.

Порядок обработки результатов прямых многократных равноточных измерений изложен в соответствии с *ГОСТ 8.207*:

1. Путем введения поправок из результатов наблюдения исключают известные систематические погрешности.

2. Вычисляют среднее арифметическое исправленных результатов наблюдений $\bar{x}$, принимая его за оценку истинного значения измеряемой величины.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (5)$$

3. Вычисляют оценку среднеквадратического отклонения (СКО) результата наблюдения как

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (6)$$

4. Оценка случайной погрешности среднего арифметического значения результата измерений проводят путем вычисления средней квадратичной погрешности среднего арифметического $S_{\bar{x}}$.

$$S_{\bar{x}} = \frac{1}{\sqrt{n}} S_x = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \dots\dots\dots (7)$$

5. Определяют наличие грубых погрешностей и промахов и, если они обнаружены, **соответствующие результаты отбраковывают и вычисления повторяют**.

Если оператор в ходе измерения обнаруживает промах и достоверно находит его причину, он вправе его отбросить и провести (при необходимости) дополнительное наблюдение взамен отброшенного. При обработке уже имеющихся результатов наблюдений произвольно отбрасывать отдельные результаты нельзя, так как это может привести к фиктивному повышению точности результата измерения.

Способы исключения грубых погрешностей результатов прямых измерений:

а) Критерий «трех сигм»

Очень часто при измерениях физических величин распределение результатов наблюдений подчиняется так называемому **нормальному**, или **гауссову** закону (рис. 4):

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\sigma\pi}} e^{-\frac{(x_i - x_{cp})^2}{2\sigma^2}}, \quad (8)$$

где σ – средне-квадратическое отклонение (СКО);

σ^2 – дисперсия распределения.

Дисперсией случайной величины называют меру разброса данной случайной величины, то есть ее отклонения от математического ожидания. Чем больше σ , тем больше разброс.

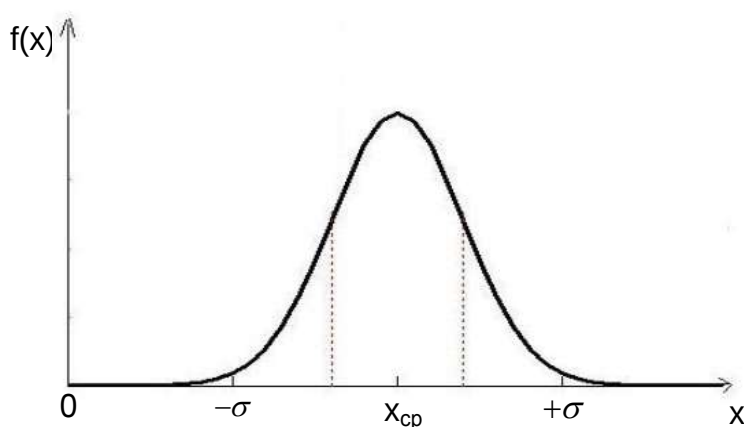


Рис. 4. Распределение Гаусса

В теории вероятностей доказывается, что если будет проведена бесконечно большая серия наблюдений величины x и если результаты будут распределены по нормальному закону, то вероятность того, что результат x_i каждого отдельного на-

блюдения попадает в интервал от $(x_{cp} - \sigma)$ до $(x_{cp} + \sigma)$ или того, что случайная погрешность не превысит значения $\pm\sigma$, равна $P = 0,6827$. Вероятности попадания результатов наблюдений в более широкие интервалы $x_{cp} \pm 2\sigma$ и $x_{cp} \pm 3\sigma$ равны соответственно 0,9545 и 0,9975. Случайные погрешности в этих случаях с вероятностью 0,9545 и 0,9975 не превышают значений $\pm 2\sigma$ и $\pm 3\sigma$.

Вероятность попадания результатов наблюдений в заданный интервал значений называется **доверительной вероятностью**, сам интервал – **доверительным интервалом**, границы погрешностей – **доверительными границами погрешностей**.

Для нахождения σ необходимо провести бесконечно большое число наблюдений и построить $f(x)$. В реальных условиях число наблюдений конечно, поэтому можно найти лишь приближенную оценку σ . Эта оценка называется выборочным средним квадратическим отклонением S_x результата отдельного наблюдения и вычисляется по формуле (6). Таким образом, проведя конечную серию наблюдений и определив среднее квадратическое отклонение, можно для любого из результатов наблюдений указать с определенной вероятностью доверительный интервал значений и доверительные границы случайной погрешности.

Данный расчет получил название *критерий "трёх сигм"*. По этому критерию для результатов измерений, распределённых по нормальному закону, считается, что можно принимать промахом результат, если

$$|x_{cp} - x_i| > 3S_x. \quad (9)$$

Данное правило также применимо только для нормального закона.

б) Критерий Романовского

При числе измерений $n < 20$ применяют критерий Романовского. Вычисляют отношение:

$$\beta_i = \frac{|(x_{cp} - x_i)|}{S_x}. \quad (10)$$

В зависимости от выбранного уровня значимости $q = 1 - P$, т. е. от желания экспериментатора получить уверенный результат проверки гипотезы, и числа измерений n из табл. 4 находят теоретический критерий Романовского β_m , и сравнивают с ним расчетное значение β_i . Если $\beta_i \geq \beta_m$, то результат x_i , считается промахом и отбрасывается.

Таблица 4

Значения критерия Романовского $\beta_m = f(n)$

q	$n = 4$	$n = 6$	$n = 8$	$n = 10$	$n = 12$	$n = 15$	$n = 20$
0,01	1,73	2,16	2,43	2,62	2,75	2,90	3,08
0,02	1,72	2,13	2,37	2,54	2,66	2,80	2,96
0,05	1,71	2,10	2,27	2,41	2,52	2,64	2,78
0,10	1,69	2,00	2,17	2,29	2,39	2,49	2,62

Где q - уровень значимости.

в) Вариационный критерий Диксона

Данный критерий применяют при числе измерений $n > 3$, он считается достаточно удобным и мощным. При этом результаты наблюдений записывают в порядке возрастания: $x_1, x_2, \dots, x_n$, ($x_1 < x_2 < \dots < x_n$). При наличии одновременно наименьшего и наибольшего выброса, т.е. числа отличающегося от остальных чисел (двусторонних выбросов) считают, что односторонний выброс один.

Таблица 5

Расчетный коэффициент Диксона

Кол-во измерений n	Коэффициент Диксона для выброса	
	Наименьшего	Наибольшего
3...7	$r_{10} = (x_2 - x_1) / (x_n - x_1)$	$r_{10} = (x_n - x_{n-1}) / (x_n - x_1)$
8...10	$r_{11} = (x_2 - x_1) / (x_{n-1} - x_1)$	$r_{11} = (x_n - x_{n-1}) / (x_n - x_2)$
11...13	$r_{21} = (x_3 - x_1) / (x_{n-1} - x_1)$	$r_{21} = (x_n - x_{n-2}) / (x_n - x_2)$
14...30	$r_{22} = (x_3 - x_1) / (x_{n-2} - x_1)$	$r_{22} = (x_n - x_{n-2}) / (x_n - x_3)$

Критические области измерения $r_{расч} > r_{табл}$, т.е. число, считается промахом, если рассчитанный коэффициент Диксона превышает его табличное значение. Зависимости от уровня значимости и числа измерений приведены в табл. 6.

Таблица 6

Значения критерия Диксона

n	Доверительная вероятность				Обозначение коэффициента Диксона
	0,9	0,95	0,99	0,995	
3	0,886	0,941	0,988	0,994	r_{10}
4	0,679	0,765	0,889	0,926	
5	0,557	0,642	0,780	0,821	
6	0,482	0,560	0,698	0,740	
7	0,434	0,507	0,637	0,680	
8	0,479	0,554	0,683	0,725	r_{11}
9	0,441	0,512	0,635	0,677	
10	0,409	0,477	0,597	0,639	
11	0,517	0,576	0,679	0,713	r_{21}
12	0,490	0,546	0,642	0,675	
13	0,467	0,521	0,615	0,649	
14	0,492	0,546	0,641	0,674	r_{22}
15	0,472	0,525	0,616	0,647	
16	0,454	0,507	0,595	0,624	
17	0,438	0,490	0,577	0,605	
18	0,424	0,475	0,561	0,589	
19	0,412	0,462	0,547	0,575	
20	0,401	0,450	0,537	0,562	
20	0,401	0,450	0,537	0,562	
20	0,401	0,450	0,537	0,562	
21	0,391	0,440	0,524	0,551	
22	0,382	0,430	0,514	0,541	
23	0,374	0,421	0,505	0,532	
24	0,367	0,413	0,497	0,524	

6. Определяют доверительные границы случайной погрешности ε при доверительной вероятности $P=0,95$, а также при $P=0,99$, если измерения в дальнейшем повторить нельзя,

$$\varepsilon = \pm t_p \cdot S_x = \pm t_p \cdot \frac{S_x}{\sqrt{n}}, \quad (11)$$

где t_p — коэффициент, определяемый по таблице распределения Стьюдента по заданной доверительной вероятности P и числу наблюдений n .

Значения коэффициентов Стьюдента для доверительной вероятности $P=0,95$ (в учебных лабораториях рекомендуется определять доверительные границы погрешности именно для такой вероятности) приведены в табл. 7.

Таблица 7

Значение коэффициента t_p для случайной величины, имеющей распределение Стьюдента с $n-1$ степенями свободы

$n-1$	$P = 0,95$	$P = 0,99$	$n-1$	$P = 0,95$	$P = 0,99$
1	12,706	63,657	14	2,145	2,997
2	4,302	9,924	16	2,120	2,921
3	3,182	5,841	18	2,101	2,878
4	2,776	4,604	20	2,086	2,845
5	2,571	4,032	22	2,074	2,819
6	2,447	3,707	24	2,064	2,797
7	2,365	3,499	26	2,056	2,779
8	2,306	3,355	28	2,048	2,763
9	2,262	3,250	30	2,043	2,750
10	2,228	3,169	40	2,021	2,704
12	2,179	3,055	∞	1,960	2,576

7. Определяют доверительные границы и погрешности результата измерения Δ .

Определяют границы θ неисключенной систематической погрешности (НСП) результата измерений. В качестве составляющих неисключенной систематической погрешности рассматриваются погрешности метода и средств измерений и погрешности, вызванные другими причинами.

В контрольной работе будем считать, что выполняется условие $\frac{\theta}{S_{\bar{x}}} < 0,8$, тогда систематической погрешностью можно пренебречь и определяют доверительные границы погрешности результата как доверительные границы случайной погрешности по формуле:

$$\Delta = \varepsilon = \pm t_p \cdot S_{\bar{x}}, \text{ при } P=0,95 \text{ (} P=0,99 \text{)}. \quad (12)$$

8. Результат измерения записывается в виде

$$X = X_{cp} \pm \Delta, \text{ при } P=0,95 \text{ (} P=0,99 \text{)}. \quad (13)$$

Пример: Проведены n равноточных измерений физической величины. Результаты измерений распределены нормально, дисперсия неизвестна. Исключить грубые ошибки, полученные в результате прямых наблюдений. Оцените доверительный интервал истинного значения для вероятности. Результаты измерений: 13,23; 13,29; 13,35; 13,25; 13,45; 13,22; 13,29; 13,5; 13,5; 13,21; 13,41; 13,42; 13,32; 13,41; 13,39; 13,5; 12,59; 13,20; 13,25; 13,39; 14,5; 13,35; 13,43; 13,13.

1. Выстраиваем измерения в порядке возрастания: 12,59; 13,13; 13,20; 13,21; 13,22; 13,23; 13,25; 13,25; 13,29; 13,29; 13,31; 13,31; 13,32; 13,35; 13,35; 13,35; 13,39; 13,39; 13,41; 13,41; 13,42; 13,43; 13,45; 14,5.

2. Находим x_{cp} :

$$x_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{320,1}{24} = 13,34$$

3. Найдем S_x :

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{cp})^2}{n-1}} =$$

$$\sqrt{\frac{(13,34 - 12,59)^2 + (13,34 - 13,13)^2 + (13,34 - 13,13)^2}{24-1} +$$

$$\sqrt{\frac{(13,34 - 13,21)^2 + \dots + (13,34 - 14,5)^2}{24-1}} = 0,354 \approx 0,35$$

4. Определим среднеквадратическую погрешность среднего арифметического.

$$S_{\bar{x}} = \frac{S_x}{\sqrt{n}} = \frac{0,35}{\sqrt{24}} = 0,07$$

5. Определим промах.

а) Используя критерий «трех сигм», т.к. число измерений более 20, определим промахи:

$$|x_{cp} - x_i| > 3S_x, \text{ получаем: } 13,34 - 1,05 < x_i < 13,34 + 1,05; 12,29 < x_i < 14,39 -$$

следовательно, значения не входящие в данный интервал являются промахом. Таким образом, число 14,5 является промахом, и его следует исключить.

Промех так же можно определить другим подходящим способом, например, при помощи вариационного критерия Диксона (см. далее).

б) Используя вариационный критерий Диксона, определим промах.

Проверим наибольшее число в измерениях:

$$r_{22} = \frac{(x_n - x_{n-2})}{(x_n - x_3)} = \frac{14,5 - 13,43}{14,5 - 13,20} = 0,82$$

Как следует из табл. 6:

$$r_{табл} = 0,367 \text{ при } P=0,9;$$

$$r_{табл} = 0,413 \text{ при } P=0,95;$$

$$r_{табл} = 0,497 \text{ при } P=0,99;$$

$$r_{табл} = 0,524 \text{ при } P=0,995;$$

по этому критерию результат 14,5 может быть отброшен как промах, т.к. $r_{расч} > r_{табл}$, при всех доверительных вероятностях.

6. Необходимо пересчитать значения $x_{ср}$, S_x , $S_{\bar{x}}$, без промаха.

$$x_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{305,6}{23} = 13,28$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{ср})^2}{n-1}} =$$

$$\sqrt{\frac{(13,28 - 12,59)^2 + (13,28 - 13,13)^2 + (13,28 - 13,13)^2}{23-1}} +$$

$$\sqrt{\frac{(13,28 - 13,21)^2 + \dots + (13,28 - 14,5)^2}{23-1}} = 0,173.$$

$$S_{\bar{x}} = \frac{S_x}{\sqrt{n}} = \frac{0,173}{\sqrt{23}} = 0,036.$$

7. Определяем доверительные границы:

$$\varepsilon = \pm t_p \cdot S_{\bar{x}} = \pm 2,074 \cdot 0,036 = 0,0746 \approx 0,07, \text{ при } P=0,95$$

$$\varepsilon = \pm t_p \cdot S_{\bar{x}} = \pm 2,819 \cdot 0,036 = 0,1, \text{ при } P=0,99$$

8. Определяем доверительные границы и погрешности результата измерения Δ .

$$\Delta = \varepsilon = 0,07, \text{ при } P=0,95$$

$$\Delta = \varepsilon = 0,1, \text{ при } P=0,99$$

Ответ: Промахом является число 14,5. Доверительный интервал истинного значения находится в следующих пределах:

$$x = 13,28 \pm 0,07, \text{ при } P=0,95$$

$$x = 13,28 \pm 0,10, \text{ при } P=0,99.$$

3.5 Обработка однократных измерений

Как правило, погрешность результата измерения оценивается при доверительной вероятности $P=0,95$. Обычно данная вероятность удовлетворяет степень важности расчетов.

При однократных измерениях возможно образование инструментальной, методической и субъективной погрешностей. Если последние две погрешности не превышают 15% погрешности средства измерений, тогда погрешность измерения принимают равной погрешности используемого средства измерений. Такая ситуация весьма часто имеет место на практике.

Однократный отсчет показаний может содержать промах. Во избежание промаха при выполнении однократных измерений рекомендуется повторять измерения 2–3 раза, приняв за результат среднее арифметическое. Статистической обработке эти измерения не подвергаются. В простейшем случае, если влияющие величины соответствуют нормальной области значений, погрешность результата прямого однократного измерения равна основной погрешности средства измерений $\Delta_{си}$, определяемой по нормативно-технической документации.

Если в условии известна величина среднего квадратического отклонения (СКО) σ , тогда погрешность находится как:

$$\Delta = \varepsilon = \pm t_p \cdot \sigma, \text{ при } P=0,95 \text{ (} P=0,99 \text{)}. \quad (14)$$

Результат измерений записывают в виде:

$$x = x_{си} \pm \Delta_{си} \text{ или } x = x_{си} \pm \Delta, \text{ при } P=0,95 \text{ (} P=0,99 \text{)} \quad (15)$$

За результат измерения в этом случае принимают результат однократного наблюдения x (с введением поправки, если она имеется), используя предварительно полученные (например, при разработке МВИ) данные об источниках, составляющих погрешность.

Пример: При измерении давления прибор показывает $x_{си}=2,5$ атм. Среднее квадратическое отклонение (СКО) показаний $\sigma=0,1$. Систематическая погрешность измерения $\Delta_{сисм}=-0,2$ атм. Укажите доверительные границы для истинного значения температуры с вероятностью $P=0,95$.

Решение: Внесем поправку в показание прибора:

$$x' = x_{си} - \Delta_{сисм} = 2,5 - (-0,2) = 2,7 \text{ атм.}$$

Определим доверительные границы измерения, при доверительной вероятности $P=0,95$ и числе измерений $n-1=2$, см. табл. 7.

$$\Delta = \varepsilon = \pm t_p \cdot \sigma = \pm 4,3 \cdot 0,1 = 0,43 \approx 0,4.$$

Ответ: Результат измерения записываем следующим образом

$$x = 2,7 \pm 0,4, \text{ при } P=0,95$$

3.6 Единая система допусков и посадок (ЕСДП)

3.6.1 Понятия о размерах и отклонениях

Две детали, элементы которых взаимодействуют друг с другом, образуют соединения. Такие детали называются *сопрягаемыми деталями*, а поверхности соединяемых элементов – *сопрягаемыми поверхностями*.

В соединении элементов двух деталей один из них является внутренним (охватывающим), другой – наружным (охватываемым). В системе допусков и посадок гладких соединений наружный элемент условно называется *валом* (d), внутренний – *отверстием* (D).

Размер – числовое значение величины параметра (диаметр, длина и т.д.) в выбранных единицах измерения.

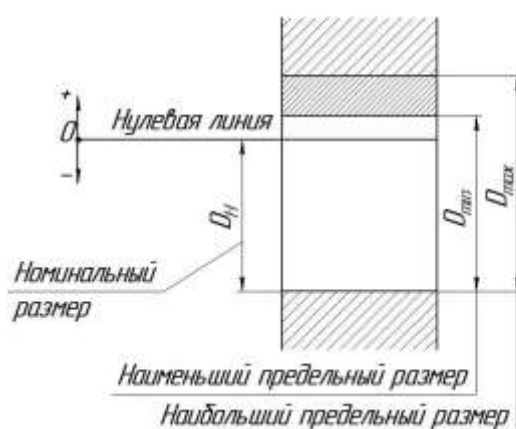
Размеры подразделяют на номинальные, действительные и предельные.

Номинальный размер – это размер, который служит началом отсчета отклонений и относительно которого определяются предельные размеры. Номинальный размер отверстия обозначают латинской прописной буквой D_n , вала – латинской строчной буквой d_n .

Действительный размер – размер элемента, установленный измерением.

Предельные размеры – два предельно допустимых размера, в пределах которых должен находиться действительный размер детали (рис. 5).

а)



б)

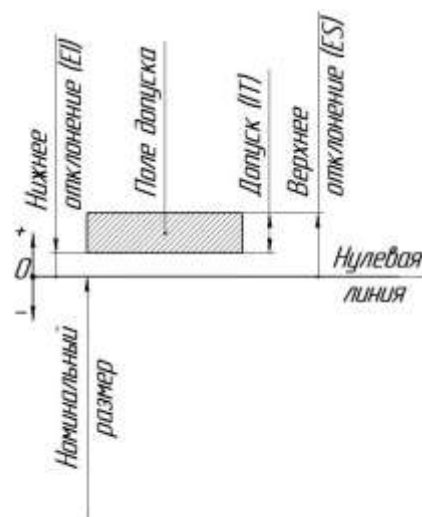


Рис. 5. Предельные размеры отверстия и графическое изображение его поля допуска: а – схема отверстия; б – изображение поля допуска отверстия

Большой из двух предельных размеров называется *наибольшим предельным размером* (D_{max} , d_{max}), меньший – *наименьшим предельным размером* (D_{min} , d_{min}).

Предельное отклонение – это алгебраическая разность между предельным и номинальным размерами. Различают верхнее и нижнее

предельные отклонения, применяя при этом краткие термины – верхнее и нижнее отклонения.

Верхнее отклонение – алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами. Верхнее отклонение отверстия обозначают буквами ES , вала – es .

Нижнее отклонение – алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами. Нижнее отклонение отверстия обозначают буквами EI , вала – ei .

Допуск (T) – разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или алгебраическая разность между верхним и нижним отклонениями.

Поле допуска – поле, ограниченное наибольшим и наименьшим предельными размерами или верхним и нижним отклонениями и определяемое его положением относительно номинального размера (рис. 5.).

Изобразить отклонения и допуски в одном масштабе с размерами детали практически невозможно. При графическом изображении полей допусков предельные отклонения размеров в условном масштабе откладываются от нулевой линии.

Нулевая линия – это линия, соответствующая номинальному размеру. Используя приведенные выше определения, можно вычислить предельные размеры и допуски по следующим формулам:

- наибольший предельный размер отверстия

$$D_{max} = D_n + ES , \quad (16)$$

- наименьший предельный размер отверстия

$$D_{min} = D_n + EI , \quad (17)$$

- наибольший предельный размер вала

$$d_{max} = d_n + es , \quad (18)$$

- наименьший предельный размер вала

$$d_{min} = d_n + ei . \quad (19)$$

3.6.2 Посадка. Виды посадок

Посадка – характер соединения двух деталей, определяемый разностью их размеров до сборки.

Различают три вида посадок: посадки с зазором; посадки с натягом; переходные посадки.

Посадка с зазором – посадка, при которой всегда образуется зазор в соединении, т.е. наименьший предельный размер отверстия больше наибольшего предельного размера вала.

Зазор (S) – это положительная разность между размером отверстия (D) и размером вала (d) (рис. 6, а).

Наибольший зазор (S_{max}) – это разность между наибольшим предельным размером отверстия и наименьшим предельным размером вала (формула 20).

$$S_{max} = N_{min} = D_{max} - d_{min} = ES - ei \quad (20)$$

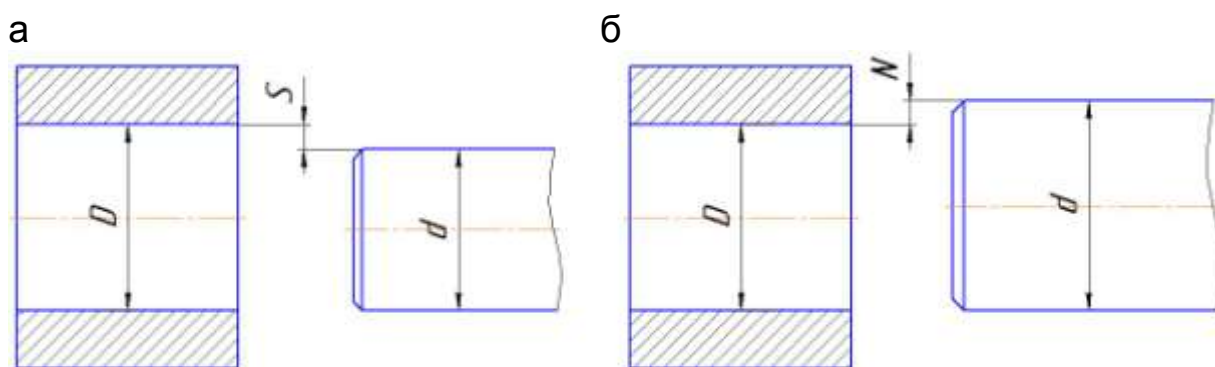


Рис. 6. Схема образования зазоров и натягов в соединении вал – втулка

Наименьший зазор (S_{min}) – это разность между наименьшим предельным размером отверстия и наибольшим предельным размером вала (формула 21).

$$S_{min} = N_{max} = D_{min} - d_{max} = EI - es \quad (21)$$

Посадка с натягом – посадка, при которой всегда образуется натяг в соединении, т.е. наибольший предельный размер отверстия меньше наименьшего предельного размера вала. При графическом изображении поле допуска отверстия расположено под полем допуска вала (рис. 8).

Натяг (N) – это отрицательная разность размеров отверстия и вала до сборки (рис. 6, б).

Наибольший натяг (N_{max}) – это разность между наименьшим предельным размером отверстия и наибольшим предельным размером вала (21).

Наименьший натяг (N_{min}) – это разность между наибольшим предельным размером отверстия и наименьшим предельным размером вала (20).

Если значение в формуле (20) или (21) положительное, то это **зазор**, а если отрицательное, то это **натяг**.

Переходная посадка – посадка, при которой возможно получение, как зазора, так и натяга в зависимости от действительных размеров отверстия и вала. Для переходной посадки характерно частичное пе-

рекрытие полей допусков отверстия и вала при их графическом изображении.

Переходная посадка характеризуется наибольшим зазором S_{max} и наибольшим натягом N_{max} . Для определения наибольшего зазора и наибольшего натяга можно воспользоваться формулами (20) и (21).

3.6.3 Образование и обозначение полей допусков

В ЕСДП поле допуска образуется сочетанием основного отклонения и качества. Соответственно условное обозначение поля допуска состоит из буквы (букв) основного отклонения и номера качества, например:

поля допусков валов h6, d8, k7, p9;

поля допусков отверстий H8, N9, F7, R10.

По основному отклонению и допуску определяется второе предельное отклонение, ограничивающее данное поле допуска. Если поле допуска располагается ниже нулевой линии, то основным отклонением является верхнее отклонение, а нижнее определяется по формулам:

$$\text{для вала} \quad ei = es - IT; \quad (22)$$

$$\text{для отверстия} \quad EI = ES - IT. \quad (23)$$

При расположении поля допуска выше нулевой линии основным отклонением является нижнее отклонение, а верхнее отклонение определяется по формулам:

$$\text{для вала} \quad es = ei + IT, \quad (24)$$

$$\text{для отверстия} \quad ES = EI + IT. \quad (25)$$

Обозначение поля допуска указывается после номинального размера.

Например: 40a11; 60H7; 35k8.

Посадка обозначается в виде дроби, в числителе которой указывается обозначение поля допуска отверстия, а в знаменателе – обозначение поля допуска вала.

Например: $\frac{H7}{k6}$ или H7/k6.

Обозначение посадки указывается после номинального размера сопряжения, например $30 \frac{H7}{k6}$.

3.6.4 Пример: В заданном соединении определить вид посадки и систему, в которой назначена посадка.

1. Определить предельные отклонения отверстия.
2. Определить предельные отклонения вала.
3. Построить схему полей допусков.

4. Определить наибольший и наименьший (предельные) размер отверстия и вала.

5. Определить характер посадки.

Поставить на чертеже соединений обозначение заданных посадок, а на чертежах деталей – обозначения заданных полей допусков. Размеры проставить тремя способами. (См. приложение Д)

3.6.4.1 Сопряжение $60 \frac{H9}{e8}$.

1 Раскрываем предельные отклонения размера отверстия 60H9.

По ГОСТ 25346 – 89 (см. прил. Г) основное нижнее отклонение отверстия EI=0.

Верхнее отклонение отверстия определяем по формуле (25)

$$ES = EI + IT9$$

Значение допуска IT9 находим по таблице стандарта (см. прил. Б)
IT9 = 0,074 мм.

Тогда ES = 0 + 0,074 = +0,074 мм

2 Раскрываем предельные отклонения размера вала 60e8.

По ГОСТ 25346 – 89 (см. прил. В) основное верхнее отклонение вала es = -0,06 мм.

Нижнее отклонение размера вала определяем по формуле (22)

$$ei = es - IT8$$

Значение допуска IT8 находим по таблице стандарта (см. прил. Б)
IT8 = 0,046 мм.

Тогда ei = -0,06 - 0,046 = -0,106 мм.

3 Строим схему полей допусков (рис. 7)

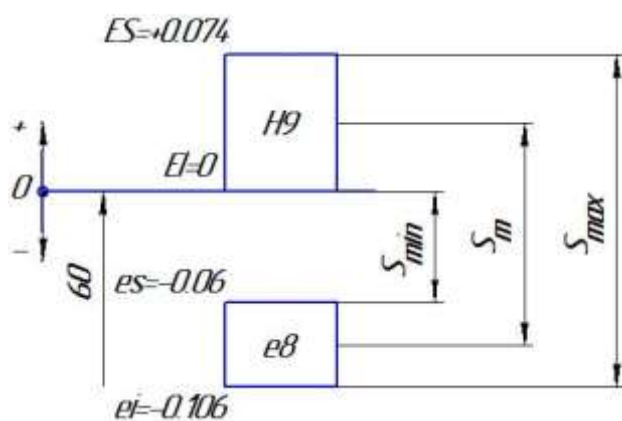


Рис. 7. Схема полей допусков сопряжения 60H9/e8

4 Предельные размеры отверстия определяем по формулам (16) и (17):

$$D_{\max} = D_H + ES = 60 + 0,074 = 60,074 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D_H + EI = 60 + 0 = 60 \text{ мм}.$$

Предельные размеры вала определяем по формулам (18) и (19):

$$d_{\max} = d_H + es = 60 + (-0,06) = 59,94 \text{ мм}.$$

$$d_{\min} = d_H + ei = 60 + (-0,106) = 59,894 \text{ мм}.$$

5 Определяем характер соединения по формулам (20) и (21):

$$S_{\max} = ES - ei = +0,074 - (-0,106) = 0,18 \text{ мм};$$

$$S_{\min} = EI - es = 0 - (-0,06) = 0,06 \text{ мм.}$$

Вывод: Т.к. значения положительные, то у нас посадка с гарантированным зазором.

3.6.4.2 Выполнить задания, изложенные в п. 3.5.4. для сопряжения $80 \frac{S8}{h7}$.

1 Раскрываем предельные отклонения размера отверстия $80S8$.

По ГОСТ 25346-89 (см. прил. Г) верхнее отклонение отверстия $ES = -0,059 \text{ мм}$.

Нижнее отклонение отверстия определяем по формуле (23):

$$EI = ES - IT8.$$

Значение допуска $IT8$ находим по таблице стандарта (см. прил. Б) $IT8 = 0,046 \text{ мм}$.

Тогда $EI = -0,059 - 0,046 = -0,105 \text{ мм}$.

2 Раскрываем предельные отклонения размера вала $80h7$.

По ГОСТ 25346-89 (см. прил. В) верхнее отклонение вала $es = 0$.

Нижнее отклонение размера вала определяем по формуле (22):

$$ei = es - IT7.$$

Значение допуска $IT7$ находим по таблице стандарта (см. прил. Б) $IT7 = 0,03 \text{ мм}$.

Тогда $ei = 0 - 0,03 = -0,03 \text{ мм}$.

3 Строим схему полей допусков (рис. 8)

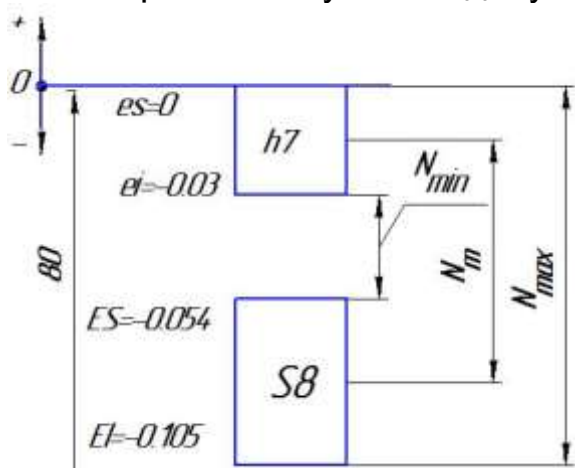


Рис. 8. Схема полей допусков сопряжения $80S8 / h7$

4 Предельные размеры отверстия определяем по формуле (16) и (17):

$$D_{\max} = D_H + ES = 80 + (-0,059) = 79,941 \text{ мм}$$

$$D_{\min} = D_H + EI = 80 + (-0,105) = 79,895 \text{ мм}$$

Предельные размеры вала определяем по формулам (18) и (19)

$$d_{\max} = d_H + es = 80 + 0 = 80 \text{ мм}$$

$$d_{\min} = d_H + ei = 80 + (-0,03) = 79,97 \text{ мм}$$

5 Определяем характер соединения по формулам (20) и (21):

$$N_{\max} = EI - es = (-0,105) - 0 = -0,105 \text{ мм};$$

$$N_{\min} = ES - ei = (-0,059) - (-0,03) = -0,029 \text{ мм}$$

Вывод: Т.к. значения отрицательные, то у нас посадка с гарантированным натягом.

3.6.4.3 Выполнить задания изложенные в п. 3.5.4 для сопряжения $150 \frac{J_s7}{h6}$.

1 Раскрываем предельные отклонения размера отверстия $150J_7$.

По ГОСТ 25346-89 (см. прил. Г) предельные отклонения $= \pm IT / 2$.
Поле допуска располагается симметрично относительно нулевой линии.

Верхнее отклонение $ES = \pm IT7 / 2$.

Нижнее отклонение $EI = -IT7 / 2$.

Значение допуска $IT7$ находим по таблице стандарта (см. прил. Б)
 $IT7 = 0,04$ мм.

Тогда $ES = +0,02$ мм;

$EI = -0,02$ мм.

2 Раскрываем предельные отклонения размера вала $150h6$.

По ГОСТ 25346-89 (см. прил. В) верхнее отклонение вала $es = 0$.

Нижнее отклонение размера вала определяем по формуле (22)

$$ei = es - IT6.$$

Значение допуска $IT6$ находим по таблице стандарта (см. прил. Б)
 $IT6 = 0,025$ мм.

Тогда $ei = 0 - 0,025 = -0,025$ мм.

3 Строим схему полей допусков (рис. 9)

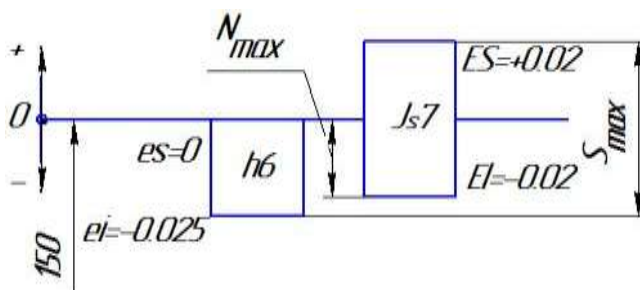


Рис.9. Схема полей допусков сопряжения $150J_7 / h6$

4 Предельные размеры отверстия определяем по формулам (16) и (17):

$$D_{\max} = D_H + ES = 150 + 0,02 = 150,02 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D_H + EI = 150 + (-0,02) = 149,98 \text{ мм}.$$

Предельные размеры вала определяем по формулам (18) и (19)

$$d_{\max} = d_H + es = 150 + 0 = 150 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d_H + ei = 150 + (-0,025) = 149,975 \text{ мм}.$$

5 Определяем характер соединения по формулам (20) и (21):

$$S_{\max} = ES - ei = 0,02 - (-0,025) = 0,045 \text{ мм}.$$

$$N_{\max} = EI - es = -0,02 - 0 = -0,02 \text{ мм}$$

Вывод: На схеме наблюдается частичное перекрытие полей допусков отверстия и вала, что характерно для переходных посадок. В п.

5 у нас одно значение положительное, а второе отрицательное, что доказывает наличие переходной посадки.

Следовательно, данное сопряжение выполняется по переходной посадке.

4 Задания на контрольную работу по вариантам

Задание 1. Расчет абсолютной, относительной и приведенной погрешностей измерительного прибора.

Из таблицы 8 выпишите данные вашего варианта для двух средств измерений. Для каждого средства измерения (вольтметра) рассчитайте значения абсолютной, относительной и приведенной погрешности.

Таблица 8

Данные по вариантам для расчета абсолютной, относительной и приведенной погрешностей вольтметров

№ вар-та	№ прибора	Показание вольтметров, В	Действительное значение напряжения, В	Диапазон измерения, В	№ вар-та	№ прибора	Показание вольтметров, В	Действительное значение напряжения, В	Диапазон измерения, В
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	I II	110,0 109,0	110,2 110,2	0 – 120 0 – 120	10	I II	70,0 70,0	70,2 70,7	0 – 130 0 – 130
1	I II	108,0 107,0	110,4 110,4	0 – 130 0 – 130	11	I II	70,0 70,0	70,3 70,7	0 – 130 0 – 130
2	I II	105,0 104,0	105,6 105,6	0 – 130 0 – 130	12	I II	75,0 75,0	75,1 75,8	0 – 130 0 – 130
3	I II	103,0 102,0	103,2 103,2	0 – 120 0 – 120	13	I II	75,0 75,0	75,3 75,9	0 – 130 0 – 130
4	I II	101,0 100,0	101,3 101,3	0 – 120 0 – 120	14	I II	74,0 74,0	74,2 74,7	0 – 130 0 – 130
5	I II	98,0 97,0	98,2 98,2	0 – 130 0 – 130	15	I II	74,0 74,0	74,3 74,6	0 – 120 0 – 120
6	I II	96,0 96,0	96,5 96,2	0 – 130 0 – 130	16	I II	73,0 73,0	73,9 73,5	0 – 120 0 – 120
7	I II	95,0 95,0	95,3 95,5	0 – 120 0 – 120	17	I II	72,0 72,0	72,2 72,7	0 – 120 0 – 120
8	I II	94,0 94,0	94,7 94,9	0 – 110 0 – 110	18	I II	35,0 34,0	34,5 34,2	0-50 0-50
9	I II	70,0 70,0	70,0 70,3	0 – 120 0 – 120					

Задание 2. Класс точности прибора, приведенная погрешность.

Из таблицы 9 выпишите данные вашего варианта и определите абсолютную погрешность прибора. Запишите результат измерения.

Таблица 9

Исходные данные

№ варианта	Класс точности СИ	Показание вольтметра В	Пределы измерения вольтметра В	№ варианта	Класс точности СИ	Показание вольтметра В	Пределы измерения вольтметра В
0	0,5	40	0 – 100	9	2,0	170	0 – 230
1	1,0	50	0 - 110	10	2,5	180	0 – 240
2	1,5	60	0 - 120	11	0,5	190	0 – 250
3	2,0	70	0 – 130	12	1,0	200	0 – 260
4	2,5	80	0 – 140	13	1,5	210	0 - 270
5	0,5	90	0 - 150	14	2,0	220	0 – 280
6	1,0	100	0 – 160	15	0,5	230	0 – 290
7	1,5	110	0 – 170	16	1,0	240	0 – 300
8	2,0	120	0 – 180	17	1,5	250	0 - 310
				18	2,0	260	0 – 320

Задание 3. Класс точности прибора, относительная погрешность.

Из таблицы 10 выпишите данные вашего варианта и определите абсолютную погрешность прибора. Запишите результат измерения.

Таблица 10

Исходные данные

№ варианта	Класс точности СИ	Показание вольтметра, В	№ варианта	Класс точности СИ	Показание вольтметра, В
0	0,5	40	9	1,0	170
1	1,0	50	10	1,5	180
2	1,5	60	11	2,0	190
3	2,0	70	12	2,5	200
4	2,5	80	13	0,1	210
5	0,1	90	14	0,2	220
6	0,2	100	15	0,5	230
7	0,6	110	16	0,6	240
8	0,5	120	17	1,5	250
			18	2,0	260

Задание 4. Класс точности прибора, относительная погрешность.

Из таблицы 11 выпишите данные вашего варианта и определите абсолютную погрешность прибора. Запишите результат измерения.

Таблица 11

Исходные данные

№ варианта	Класс точности СИ	Показание вольтметра В	Пределы измерения вольтметра В	№ варианта	Класс точности СИ	Показание Вольтметра В	Пределы измерения вольтметра В
0	0,1/0,05	20	(-50...+50)	9	0,5/0,25	65	(-100...+100)
1	0,25/0,1	25	(-50...+50)	10	1,0/0,5	70	(-100...+100)
2	0,5/0,25	30	(-50...+50)	11	1,5/1,0	75	(-100...+100)
3	1,0/0,5	35	(-50...+50)	12	2,5/1,5	80	(-100...+100)
4	1,5/1,0	40	(-50...+50)	13	4,0/2,5	85	(-100...+100)
5	2,5/1,5	45	(-75...+75)	14	0,1/0,05	90	(-100...+100)
6	4,0/2,5	50	(-75...+75)	15	0,25/0,1	95	(-100...+100)
7	0,1/0,05	55	(-75...+75)	16	0,5/0,25	100	(-150...+150)
8	0,25/0,1	60	(-75...+75)	17	1,0/0,5	110	(-150...+150)
				18	1,5/1,0	120	(-150...+150)

Задание 5. Обработка результатов многократных прямых измерений

Проведены n равноточных измерений физической величины (по варианту). Результаты измерений представлены в таблице 12. Результаты измерений распределены нормально, дисперсия неизвестна. Оцените доверительный интервал истинного значения для вероятности $P = \underline{\hspace{1cm}}$ ($t_p = \underline{\hspace{1cm}}$).

Таблица 12

Задания для обработки результатов многократных измерений

№ варианта	Физическая величина	Результаты измерения	Вероятность, P
1	2	3	4
0	Температура, $^{\circ}\text{C}$	28,4; 28,2; 28,0; 28,5; 27,7; 28,3; 28,4; 28,1	0,99
1	Мощность, Вт	130,2; 130,3; 130,2; 130,3; 130,2; 129,6; 129,8; 129,9; 130,1; 129,9; 129,3	0,99
2	Напряжение, В	267, 265, 269, 259, 270, 268, 263, 275	0,95
3	Температура, $^{\circ}\text{C}$	20,4; 20,2; 20,0; 20,5; 19,7; 20,3; 20,4; 20,1	0,99
4	Сила, Н	263; 268; 273; 265; 267; 261; 266; 264; 267	0,95
5	Напряжение, кВ	14,2; 13,8; 14,0; 14,8; 13,9; 14,1; 14,5; 14,3	0,99
6	Сила, Н	403; 408; 410; 405; 406; 398; 406; 404	0,95
7	Влажность	65, 64, 66, 65, 63, 64, 66, 67	0,99

8	Длина, м	30,2; 30,0; 30,4; 29,7; 30,3; 29,9; 30,2	0,95
9	Масса, кг	50,0; 50,1; 50,2; 49,9; 50,0; 49,8; 50,3; 50,2; 50,0	0,99
10	Объем, м ³	100,5; 100,4; 100,6; 100,7; 100,0; 99,9; 100,5; 100,7	0,95
11	Время, с	5,0; 5,5; 5,4; 5,6; 5,2; 5,0; 5,7; 5,4; 5,9; 5,8	0,99
12	Ускорение, м/с ²	8,9; 8,7; 8,9; 8,3; 8,4; 8,5; 8,6; 8,2; 8,0	0,95
13	Количество света, кд	13,7; 13,8; 13,4; 13,7; 13,9; 13,6; 13,6; 13,7; 13,9	0,99
14	Длина, м	150,2; 150,0; 150,4; 150,7; 146,3; 150,9; 150,2	0,95
15	Масса, кг	5,0; 5,1; 5,2; 4,9; 5,0; 4,8; 5,3; 5,2; 5,0	0,99
16	Объем, м ³	10,5; 10,4; 10,6; 10,7; 10,0; 9,9; 10,5; 10,7	0,95
17	Время, с	50,0; 51,5; 51,4; 51,6; 51,2; 51,0; 51,7; 51,4; 51,9; 50,8	0,99
18	Напряжение, В	26,7; 26,5; 26,9; 25,9; 27,0; 26,8; 26,3; 27,5	0,95

Задание 6. Обработка результатов однократных измерений

При измерении физической величины _____ (по варианту) прибор показывает $x_{\text{си}} = \underline{\hspace{2cm}}$. Среднее квадратическое отклонение (СКО) показаний $\sigma = \underline{\hspace{2cm}}$. Систематическая погрешность измерения $\Delta_{\text{сист}} = \underline{\hspace{2cm}}$. Укажите доверительные границы для истинного значения температуры с вероятностью $P = \underline{\hspace{2cm}}$.

Из таблицы 13 выпишите необходимые данные для вашего варианта.

Таблица 13

Задания для обработки результатов однократных измерений

№ варианта	Физическая величина	Показания прибора, $x_{\text{си}}$	СКО, σ	Сист. погрешность, $\Delta_{\text{сист}}$	Вероятность, P
0	Ускорение, м/с ²	15	0,5	+0,2	0,95
1	Температура в помещении, С°	26	0,3	+0,5	0,99
2	Усилие, Н	1000	10	-50	0,95
3	Сопротивление, Ом	50	1,5	- 0,5	0,95
4	Сила тока, А	2	0,05	+0,1	0,99
5	Напряжение, В	100	0,5	-1	0,95
6	Давление, Дж	70	3	+0,4	0,99
7	Длина, м	1000	5	-1	0,99
8	Количества вещества, моль	3	0,5	+ 0,1	0,95

9	Масса, кг	50	0,1	- 0,2	0,99
10	Объем, м ³	300	10	+ 5	0,99
11	Время, с	10	1	- 0,1	0,95
12	Ускорение, м/с ²	2	0,1	+0,02	0,95
13	Количество света, кд	100	5	- 0,9	0,99
14	Температура в помещении, С°	26	0,3	+0,5	0,99
15	Усилие, Н	1000	10	-50	0,95
16	Сопротивление, Ом	50	1,5	- 0,5	0,95
17	Сила тока, А	2	0,05	+0,1	0,99
18	Масса, кг	50	0,1	- 0,2	0,99

Задание 7. Расчет посадки с зазором

В заданном соединении определить вид посадки и систему, в которой назначена посадка.

1. Определить предельные отклонения отверстия.
2. Определить предельные отклонения вала.
3. Построить схему полей допусков.
4. Определить наибольший и наименьший (предельные) размер отверстия и вала.
5. Определить характер посадки.

Поставить на чертеже соединений обозначение заданных посадок, а на чертежах деталей – обозначения заданных полей допусков. Размеры проставить тремя способами.

Таблица 14

Варианты заданий для расчета посадки с зазором

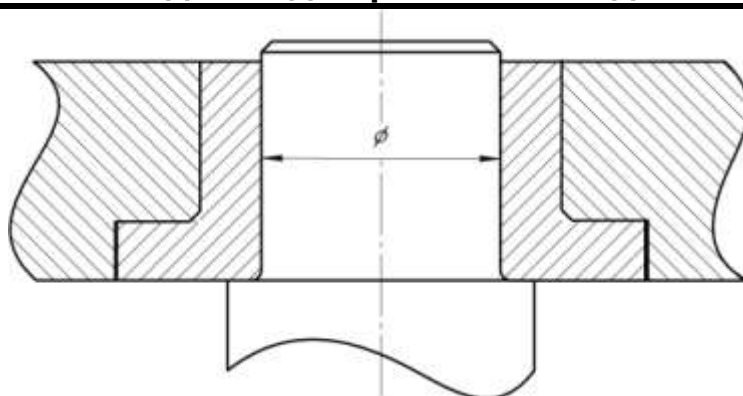


Рис. 10 Соединение вала с втулкой

Вариант	0	1	2	3	4	5	6
Диаметр и характер соединения	$10 \frac{H6}{h5}$	$8 \frac{G7}{ef6}$	$16 \frac{H6}{f5}$	$28 \frac{E7}{g6}$	$25 \frac{H7}{e6}$	$22 \frac{G7}{d6}$	$200 \frac{G7}{d6}$
Вариант	7	8	9	10	11	12	13
Диаметр и характер соединения	$20 \frac{E6}{f5}$	$18 \frac{D8}{h7}$	$25 \frac{G8}{e7}$	$30 \frac{E7}{e6}$	$15 \frac{H6}{d5}$	$26 \frac{F6}{d5}$	$315 \frac{G7}{d6}$
Вариант	14	15	16	17	18		

Диаметр и характер соединения	$35 \frac{A6}{h5}$	$120 \frac{C8}{h7}$	$45 \frac{D9}{h8}$	$55 \frac{H7}{d6}$	$70 \frac{H7}{a6}$
-------------------------------	--------------------	---------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Задание 8. Расчет посадки с натягом

В заданном соединении определить вид посадки и систему, в которой назначена посадка.

1. Определить предельные отклонения отверстия.
2. Определить предельные отклонения вала.
3. Построить схему полей допусков.
4. Определить наибольший и наименьший (предельные) размер отверстия и вала.
5. Определить характер посадки.

Поставить на чертеже соединений обозначение заданных посадок, а на чертежах деталей – обозначения заданных полей допусков. Размеры проставить тремя способами.

Таблица 15

Варианты заданий для расчета посадки с натягом

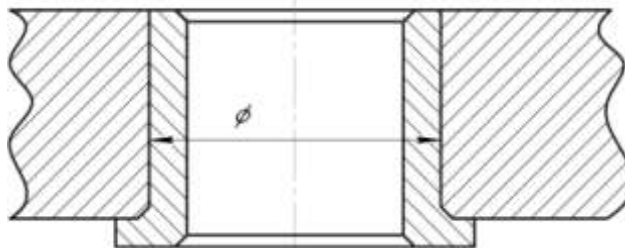


Рис. 11 Соединение с натягом

Вариант	0	1	2	3	4	5	6
Диаметр и характер соединения	$35 \frac{V6}{h5}$	$25 \frac{H7}{s6}$	$60 \frac{H6}{t5}$	$45 \frac{H7}{t6}$	$42 \frac{H7}{u6}$	$62 \frac{H7}{v6}$	$20 \frac{H7}{u6}$
Вариант	7	8	9	10	11	12	13
Диаметр и характер соединения	$20 \frac{U6}{h5}$	$8 \frac{S8}{h7}$	$30 \frac{V8}{h7}$	$40 \frac{T7}{h6}$	$60 \frac{H6}{x5}$	$38 \frac{Z6}{h5}$	$35 \frac{ZA7}{h6}$
Вариант	14	15	16	17		18	
Диаметр и характер соединения	$80 \frac{ZA6}{h5}$	$20 \frac{ZC8}{h7}$	$60 \frac{V9}{h8}$	$90 \frac{H7}{x6}$		$80 \frac{H7}{za6}$	

Задание 9. Расчет посадки с дополнительным креплением

В заданном соединении определить вид посадки и систему, в которой назначена посадка.

1. Определить предельные отклонения отверстия.
2. Определить предельные отклонения вала.
3. Построить схему полей допусков.

4. Определить наибольший и наименьший (предельные) размер отверстия и вала.

5. Определить характер посадки.

Поставить на чертеже соединений обозначение заданных посадок, а на чертежах деталей – обозначения заданных полей допусков. Размеры проставить тремя способами.

Таблица 16

Варианты заданий для расчета посадки с дополнительным креплением

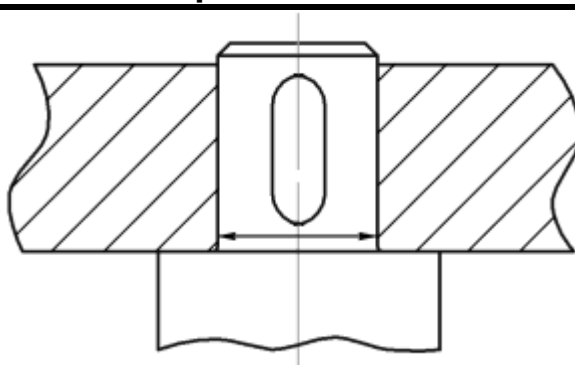


Рис. 12 Соединение с дополнительным креплением

Вариант	0	1	2	3	4	5	6
Диаметр и характер соединения	$40 \frac{J_s 6}{h5}$	$85 \frac{H7}{j_s 6}$	$160 \frac{H6}{n5}$	$30 \frac{H7}{k6}$	$70 \frac{H7}{m6}$	$62 \frac{H7}{n6}$	$210 \frac{H7}{j_s 6}$
Вариант	7	8	9	10	11	12	13
Диаметр и характер соединения	$40 \frac{M6}{h5}$	$85 \frac{N8}{h7}$	$55 \frac{N8}{h7}$	$60 \frac{J_s 7}{h6}$	$68 \frac{H9}{n8}$	$25 \frac{M10}{h9}$	$65 \frac{M7}{h6}$
Вариант	14	15	16	17		18	
Диаметр и характер соединения	$50 \frac{N7}{h6}$	$20 \frac{J_s 10}{h9}$	$95 \frac{K9}{h8}$	$100 \frac{H7}{k6}$		$70 \frac{H7}{m7}$	

Задание 10. В письменном виде ответить на теоретические вопросы, согласно своего варианта.

Вариант 0

1. Опишите структуру метрологической службы на федеральном железнодорожном транспорте. Укажите функции каждого из участников.

2. Приведите классификацию нормативных документов по стандартизации, действующим на территории РФ. Дайте характеристику видам стандартов, применяемых в РФ.

3. Цели и принципы подтверждения соответствия.

Вариант 1

1. Структура Государственной метрологической службы.
2. Мера и её разновидности.
3. Маркировка сертифицируемой продукции.

Вариант 2

1. Классификация погрешностей.
2. Основные принципы технического регулирования.
3. Организация обязательной сертификации.

Вариант 3

1. Метрологическая служба государственных органов управления РФ и юридических лиц.
2. Определение понятия *метрология*. Классификация метрологии.
3. Основные цели принятия технических регламентов.

Вариант 4

1. Государственный метрологический контроль за средствами измерений.
2. Шкала интервалов.
3. Порядок проведения сертификации продукции.

Вариант 5

1. Грубые погрешности и методы их исключения.
2. Эталоны и стандартные образцы.
3. Международная сертификация.

Вариант 6

1. Шкала отношений и абсолютная шкала.
2. Основы метрологического обеспечения.
3. Участники обязательной сертификации.

Вариант 7

1. Методы измерений, их классификация.
2. Порядок разработки и утверждения национальных стандартов.
3. Организация добровольной сертификации.

Вариант 8

1. Государственный метрологический контроль и надзор.
2. Международные организации по стандартизации (ИСО, МЭК).
3. Унификация.

Вариант 9

1. Погрешность измерений. Основные понятия. Классификация.
2. Размерность и размер единиц физических величин.
3. Методы стандартизации.

Вариант 10

1. Шкала порядка.
2. Определение понятия *метрология*.
3. Кодирование информации о товаре.

Вариант 11

1. Абсолютные и относительные измерения.
2. Декларирование соответствия.
3. Объекты и участники проверки при сертификации систем качества.

Вариант 12

1. Российская система калибровки. Цели и задачи.
2. Производные единицы системы SI. Принципы образования. Классификация.
3. Международные стандарты ИСО-9000 по управлению качеством продукции.

Вариант 13

1. Классификация погрешностей по характеру их проявления.
2. Единицы физических величин, не входящие в систему SI.
3. Сертификация и технические барьеры в торговле.

Вариант 14

1. Калибровка средств измерений.
2. Погрешности, связанные со средствами измерений.

3. Сертификация в зарубежных странах.

Вариант 15

1. Международные организации по метрологии.
2. Прямые и косвенные измерения.
3. Знаки соответствия.

Вариант 16

1. Метрологические характеристики средств измерений.
2. Поверка средств измерений. Структура поверочных схем.
3. Взаимозаменяемость.

Вариант 17

1. Международная стандартизация.
2. Типизация.
3. Технические комитеты ИСО.

Вариант 18

1. Средства измерений. Классификация.
2. Понятие качества измерений.
3. Аккредитация.

Библиографический список

Основной

1. Димов, Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. для вузов / Ю. В. Димов. - 3-е изд. - Санкт-Петербург : Питер, 2010. - 464 с.
2. Белоус, Т. В. Метрология, стандартизация, сертификация и взаимозаменяемость [Текст] : учеб. пособие / Т. В. Белоус, С. Г. Бочкарева ; ДВГУПС, Каф. "Транспортно-технологические комплексы". - Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2015. - 158 с.

Нормативно-правовые документы:

1. Закон РФ «О стандартизации в Российской Федерации» от 29.06.2015 №162-ФЗ (с изменениями).
2. Закон РФ «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 №102-ФЗ (с изменениями).
3. Закон РФ «О техническом регулировании» от 27.12.2002 № 184-ФЗ (с изменениями).

4. Закон РФ «О пожарной безопасности» от 22.07.2008 №123-ФЗ (с изменениями).

5. Об организации работ по стандартизации, обеспечению единства измерений, сертификации продукции и услуг) (с изменениями на 27 ноября 2013 года). Постановление правительства РФ 12.02.1994 N 100.

6. РМГ 29-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения.

7. РМГ 83-2007 Государственная система обеспечения единства измерений. Шкалы измерений. Термины и определения.

8. ГОСТ 8.417-2002. Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин (утв. постановлением Госстандарта СССР от 08.02.1984 № 449).

9. ГОСТ Р 8.885-2015 Государственная система обеспечения единства измерений. Эталоны. Основные положения.

10. ГОСТ 8.009-84 Государственная система обеспечения единства измерений. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.

11. ГОСТ 8.207-76 Государственная система обеспечения единства измерений. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения.

12. ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения.

13. ГОСТ Р 1.4-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения.

14. ГОСТ Р 1.5-2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.

15. ГОСТ Р 1.12-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Термины и определения.

16. ГОСТ Р 1.15-2009 Стандартизация в Российской Федерации. Службы стандартизации в организациях. Правила создания и функционирования.

17. ГОСТ Р 6.30-2003 Унифицированные системы документации. Унифицированная система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов.

18. ГОСТ 2.114-2016 Единая система конструкторской документации. Технические условия.

19. ГОСТ Р ИСО 9000-2008 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.

20. ГОСТ Р ИСО 9001-2008 Системы менеджмента качества. Требования.

21. ГОСТ Р ИСО 9004-2010 Менеджмент для достижения устойчивого успеха организации. Подход на основе менеджмента качества.

22. ГОСТ Р ИСО 19011-2012 Руководящие указания по аудиту систем менеджмента качества.

23. ГОСТ Р 55568-2013 Оценка соответствия. Порядок сертификации систем менеджмента качества и систем экологического менеджмента.

24. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17021-1-2017 Оценка соответствия. Требования к органам, проводящим аудит и сертификацию систем менеджмента. Часть 1. Требования.

25. ГОСТ ИСО/МЭК 17011-2009 Оценка соответствия. Общие требования к органам по аккредитации, аккредитующим органы по оценке соответствия.

26. ПР (Правила) от 08.02.1994 № 50.2.010-94 Требования к государственным центрам испытаний средств измерений и порядок их аккредитации. Постановление Госстандарта РФ от 08.02.1994 № 8.

27. Порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право проведения калибровочных работ. Постановление Госстандарта РФ от 28.12.1995 № 95.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Управление качеством [Электронный ресурс] /Л.Е. Басовский, В.Б. Протасьев. - Электрон. текстовые дан. - М.: Кодекс, 2006. - эл. опт. диск (CD-ROM). - (Электронная библиотека).

2. <http://www.ria-stk.ru> - РИА «Стандарты и качество»: журналы «Стандарты и качество», «Методы менеджмента качества», «Контроль качества продукции (МОС)», «Мир измерений», «Business Excellence», «Методы менеджмента качества».

3. Системы информационно-правового обеспечения «Гарант», «КонсультантПлюс», «Кодекс».

4. www.gost.ru - Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (РОССТАНДАРТ).

5. www.vniims.ru - ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии».

6. www.vniim.ru - Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии имени Д.И. Менделеева.

7. www.vniis.ru - Всероссийский научно-исследовательский институт сертификации.

8. www.iso.org - Международная организация по стандартизации (ИСО).

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный государственный университет путей сообщения»

Кафедра «Транспортно-
технологические комплексы»

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Контрольная работа
по дисциплине
«Метрология, стандартизация и сертификация»

Руководитель разработки

(подпись) (И.О. Фамилия)

Разработчик

(подпись) (И.О. Фамилия)

(шифр)

(дата)

Приложение Б

ЕСДП. Значение допусков, мкм (ГОСТ 25346-89)

Квалитет		0 1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Для интервалов размеров, мм	До 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000	1400
	Свыше 3 до 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200	1800
	Свыше 6 до 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500	2200
	Свыше 10 до 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	2700
	Свыше 18 до 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100	3300
	Свыше 30 до 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	3900
	Свыше 50 до 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	4600
	Свыше 80 до 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400
	Свыше 120 до 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300
	Свыше 180 до 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600	7200
	Свыше 250 до 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200	8100
	Свыше 315 до 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700	8900
	Свыше 400 до 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300	9700

Приложение В

ЕСДП. Значение основных отклонений валов, мкм (ГОСТ 25346-89)

Для интервалов размеров, мм		Верхнее отклонение es											Нижнее отклонение ei																					
		a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j			k		m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc		
	Квалитеты	Все квалитеты											5 и 6	7	8	от 4 до 7	до 3 и > 7	Все квалитеты																
До 3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	Предельные отклонения = ± IT/2	-2	-4	-6	0	0	+2	+4	+6	+10	+14		+18		+20		+26	+32	+40	+60			
Свыше 3 до 6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0		-2	-4		+1	0	+4	+8	+12	+15	+19		+23		+28		+35	+42	+50	+80			
> 6 до 10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0		-2	-5		+1	0	+6	+10	+15	+19	+23		+28		+34		+42	+52	+67	+97			
> 10 до 14	-290	-150	-95		-50	-32		-16		-6	0		-3	-6		+1	0	+7	+12	+18	+23	+28		+33		+40		+50	+64	+90	+130			
> 14 до 18														+39	+45		+60	+77	+108	+150														
> 18 до 24	-300	-160	-110		-65	-40		-20		-7	0		-4	-8		+2	0	+8	+15	+22	+28	+35		+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188			
> 24 до 30													+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218													
> 30 до 40	-310	-170	-120		-80	-50		-25		-9	0		-5	-10		+2	0	+9	+17	+26	+34	+43		+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274		
> 40 до 50	-320	-180	-130										+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325													
> 50 до 65	-340	-190	-140		-100	-60		-30		-10	0		-7	-12		+2	0	+11	+20	+32		+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405		
> 65 до 80	-360	-200	-150										+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480											
> 80 до 100	-380	-220	-170		-120	-72		-36		-12	0		-9	-15		+2	0	+13	+23	+37		+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585		
> 100 до 120	-410	-240	-180										+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690											
> 120 до 140	-460	-260	-200		-145	-85		-43		-14	0		-11	-18		+3	0	+15	+27	+43		+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800		
> 140 до 160	-520	-280	-210										+65	+100	+134	+199	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900											
> 160 до 180	-580	-310	-230										+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000											
> 180 до 200	-660	-340	-240		-170	-100		-50		-15	0		-13	-21		+4	0	+17	+31	+50		+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150		
> 200 до 225	-740	-380	-260										+80	+130	+180	+258	+310	+385	+475	+580	+740	+960	+1250											
> 225 до 250	-820	-420	-280										+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350											
> 250 до 280	-920	-480	-300										+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550											
> 280 до 315	-1050	-540	-330		-190	-110		-56		-17	0		-16	-26		+4	0	+20	+34	+56		+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700		
> 315 до 355	-1200	-600	-360										+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900											
> 355 до 400	-1350	-680	-400										+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600										
> 400 до 450	-1500	-760	-440		-230	-135		-68		-20	0		-20	-32		+5	0	+23	+40	+68		+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400		
> 450 до 500	-1650	-840	-480										+132	+252	+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600											

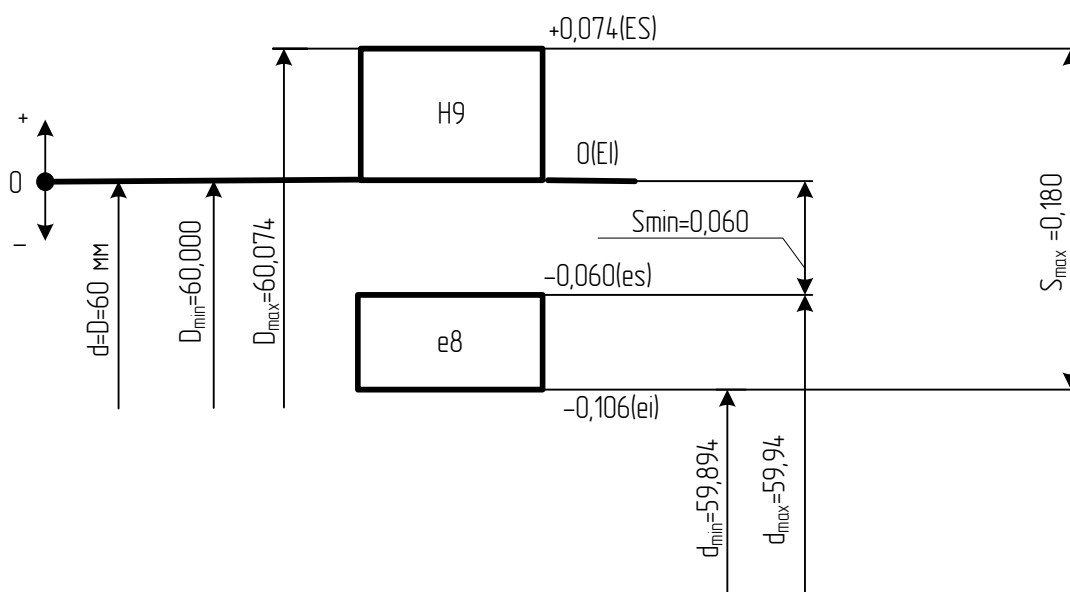
ЕСДП. Значение основных отклонений отверстий, мкм (ГОСТ 25346-89)

		Нижнее отклонение EI											Верхнее отклонение ES																	Δ' ****, мкм												
		A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	Js*	J	K	M	N	от P до ZC	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB									ZC				
	Квалитет	Все квалитеты											6	7	8	до 8	> 8	до 8	> 8	до 8*	> 8	до 7	Свыше 7											3	4	5	6	7	8			
Для интервалов размеров, мм	До 3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	Предельные отклонения = ± IT/2	+2	+4	+6	0	0	-2	-2	-4	-4	Отклонения, как для квалитетов свыше 7, увеличенное на Δ'	-6	-10	-14		-18		-20		-26	-32	-40	-60			=0				
	> 3 до 6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0		+5	+6	+10	-1+Δ'		-4+Δ'	-4	-8+Δ'	0		-12	-15	-19		-23		-28		-35	-42	-50	-80	1	1,5	1	3	4	6	
	> 6 до 10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0		+5	+8	+12	-1+Δ'		-6+Δ'	-6	-10+Δ'	0		-15	-19	-23		-28		-34		-42	-52	-67	-97	1	1,5	2	3	6	7	
	> 10 до 14	+290	+150	+95		+50	+32		+16		+6	0		+6	+10	+15	-1+Δ'		-7+Δ'	-7	-12+Δ'	0		-18	-23	-28		-33		-39	-45		-60	-77	-108	-150	1	2	3	3	7	9
	> 14 до 18	+290	+150	+95										+8	+12	+20	-2+Δ'		-8+Δ'	-8	-15+Δ'	0		-22	-28	-35		-41		-47	-54	-63	-73	-98	-136	-188	1,5	2	3	4	8	12
	> 18 до 24	+300	+160	+110		+65	+40		+20		+8	0		+8	+12	+20	-2+Δ'		-8+Δ'	-8	-15+Δ'	0		-26	-34	-43		-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274	1,5	3	4	5	9	14
	> 24 до 30	+300	+160	+110										+10	+14	+24	-2+Δ'		-9+Δ'	-9	-17+Δ'	0		-32	-41	-53	-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405	2	3	5	6	11	16	
	> 30 до 40	+310	+170	+120		+80	+50		+25		+9	0		+10	+14	+24	-2+Δ'		-9+Δ'	-9	-17+Δ'	0		-37	-51	-71	-91	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585	2	4	5	7	13	19	
	> 40 до 50	+320	+180	+130										+13	+18	+28	-2+Δ'		-11+Δ'	-11	-20+Δ'	0		-43	-59	-75	-102	-120	-146	-174	-210	-274	-360	-480	3	4	6	7	15	23		
	> 50 до 65	+340	+190	+140		+100	+60		+30		+10	0		+16	+22	+34	-3+Δ'		-13+Δ'	-13	-23+Δ'	0		-50	-80	-130	-180	-258	-310	-385	-470	-575	-740	-960	-1250	3	4	6	9	17	26	
	> 65 до 80	+360	+200	+150										+18	+26	+41	-3+Δ'		-15+Δ'	-15	-27+Δ'	0		-56	-84	-104	-144	-172	-210	-254	-310	-400	-525	-690	4	4	7	9	20	29		
	> 80 до 100	+380	+220	+170		+120	+72		+36		+12	0		+18	+26	+41	-3+Δ'		-15+Δ'	-15	-27+Δ'	0		-62	-92	-122	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620	-800	4	5	7	11	21	32		
	> 100 до 120	+410	+240	+180										+20	+30	+47	-4+Δ'		-17+Δ'	-17	-31+Δ'	0		-68	-108	-146	-210	-252	-310	-380	-465	-600	-780	-1000	5	5	7	13	23	34		
	> 120 до 140	+460	+260	+200		+145	+85		+43		+14	0		+22	+30	+47	-4+Δ'		-17+Δ'	-17	-31+Δ'	0		-77	-122	-166	-236	-284	-350	-425	-520	-670	-880	-1150	5	6	8	12	18	27		
	> 140 до 160	+520	+280	+210										+25	+36	+55	-4+Δ'		-20+Δ'	-20	-34+Δ'	0		-84	-140	-196	-284	-340	-425	-520	-640	-820	-1050	-1350	6	6	8	12	18	27		
	> 160 до 180	+580	+310	+230		+170	+100		+50		+15	0		+25	+36	+55	-4+Δ'		-20+Δ'	-20	-34+Δ'	0		-80	-130	-180	-258	-310	-385	-470	-575	-740	-960	-1250	6	7	9	12	18	27		
	> 180 до 200	+660	+340	+240										+28	+42	+60	-5+Δ'		-23+Δ'	-23	-40+Δ'	0		-94	-158	-218	-315	-385	-475	-580	-710	-920	-1200	-1550	7	7	9	12	18	27		
	> 200 до 225	+740	+380	+260		+190	+110		+56		+17	0		+29	+39	+60	-4+Δ'		-21+Δ'	-21	-37+Δ'	0		-98	-170	-240	-350	-425	-525	-650	-790	-1000	-1300	-1700	7	8	10	13	19	28		
	> 225 до 250	+820	+420	+280										+33	+48	+66	-5+Δ'		-23+Δ'	-23	-40+Δ'	0		-108	-190	-268	-390	-475	-590	-730	-900	-1150	-1500	-1900	8	8	10	13	19	28		
	> 250 до 280	+920	+480	+300		+210	+125		+62		+18	0		+33	+43	+66	-5+Δ'		-23+Δ'	-23	-40+Δ'	0		-114	-208	-294	-435	-530	-660	-820	-1000	-1300	-1650	-2100	8	9	11	14	21	31		
> 280 до 315	+1050	+540	+330	+37									+52	+74	-6+Δ'		-25+Δ'	-25	-42+Δ'	0	-120	-232	-330	-490	-595	-740	-920	-1100	-1450	-1850	-2400	9	9	11	14	21	31					
> 315 до 355	+1200	+600	+360		+230	+135		+68		+20	0	+37	+48	+74	-6+Δ'		-25+Δ'	-25	-42+Δ'	0	-132	-252	-360	-540	-660	-820	-1000	-1250	-1600	-2100	-2600	9	10	12	15	22	33					
> 355 до 400	+1350	+680	+400									+41	+56	+84	-7+Δ'		-27+Δ'	-27	-44+Δ'	0	-140	-272	-390	-595	-740	-920	-1100	-1450	-1850	-2400	10	10	12	15	22	33						
> 400 до 450	+1500	+760	+440		+230	+135		+68		+20	0	+41	+56	+84	-7+Δ'		-27+Δ'	-27	-44+Δ'	0	-140	-272	-390	-595	-740	-920	-1100	-1450	-1850	-2400	10	11	13	16	23	34						
> 450 до 500	+1650	+840	+480									+45	+60	+90	-7+Δ'		-27+Δ'	-27	-44+Δ'	0	-140	-272	-390	-595	-740	-920	-1100	-1450	-1850	-2400	10	11	13	16	23	34						

* Симметричные отклонения ± IT/2 для Js квалитетов от 7 до 11 могут округляться, если значение IT нечетное. Замена производится ближайшим меньшим числом

Частный случай: для M6, ES=-9 (а не -11) для размеров от 250 до 315 мм

Схема полей допусков посадки 60 H9/e8.



Эскиз деталей с простановкой размеров тремя способами

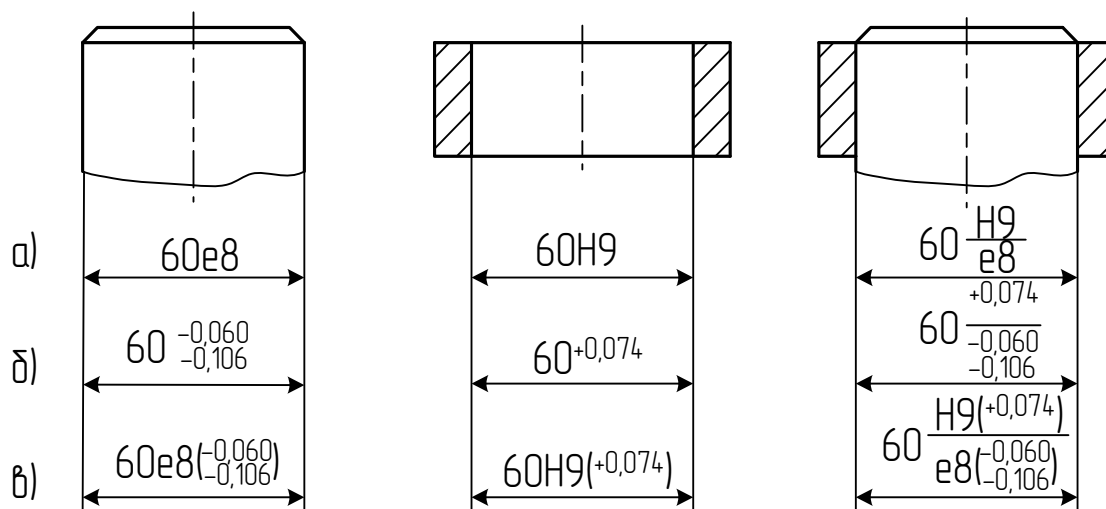


Рисунок – Схема полей допусков и эскизы деталей соединения 60 H9/e8

Оглавление

Принятые обозначения.....	3
Введение.....	4
1 Разделы дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация».....	6
1.1 Метрология.....	6
1.2 Стандартизация и техническое регулирование.....	7
1.3 Сертификация.....	8
2 Выбор варианта и правила оформления контрольной работы.....	9
3 Алгоритм выполнения задач контрольных работ с примерами.....	11
3.1 Физические величины. Кратные и дольные единицы. Значащие цифры.....	11
3.2 Погрешность результата измерения. Погрешность средства измерения.....	13
3.3 Классы точности средств измерений.....	15
3.4 Обработка результатов многократных измерений.....	17
3.5 Обработка однократных измерений.....	24
3.6 Единая система допусков и посадок (ЕСДП).....	25
4 Задания на контрольную работу по вариантам.....	33
Библиографический список.....	42
Приложение А.....	45
Приложение Б.....	46
Приложение В.....	47
Приложение Г.....	48
Приложение Д.....	49