



ГБПОУ «Пермский политехнический колледж имени  
Н.Г. Славянова»


## Методические указания

для обучающихся по выполнению практических работ  
по учебной дисциплине

## ОП.05 «Технические измерения»

специальности /профессии

15.01.32 Оператор станков с программным управлением

Рассмотрено на заседании  
Предметной цикловой  
комиссии  
«Рабочие профессии»  
Протокол № 7 от 22 марта 2023 г.  
Председатель ПЦК  
 Н.Ф. Никулина

**Автор:**

преподаватель высшей квалификационной  
категории ГБПОУ «ППК им. Н.Г. Славянова»  
Веретенников Андрей Леонидович

Пермь – 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Пояснительная записка	3
2	Содержание практических занятий	
	Практическая работа №1 «Измерение размеров детали «Вал» штангенциркулем»	4
	Практическая работа №2 «Измерение размеров детали «Вал» гладким микрометром»	5
	Практическая работа №3 «Определение степени износа штангенциркуля и микрометра гладкого с помощью концевых	6
	Практическая работа №4 «Расчет размерных цепей на обеспечение полной взаимозаменяемости («минимум-	7
	Практическая работа №5 «Расчет и конструирование гладких цилиндрических калибров»	9
	Практическая работа №6 «Выбор средств измерения»	11
3	Список источников и литературы	14

## Пояснительная записка

Методические указания по выполнению практических работ обучающимися по дисциплине ОП.05 «Технические измерения» предназначены для обучающихся по специальности 15.01.32 Оператор станков с программным управлением

Цель методических указаний: оказание помощи обучающимся в выполнении практических работ по дисциплине ОП.05 «Технические измерения.» Настоящие методические указания содержат работы, которые позволят обучающимся закрепить теоретические знания, сформировать необходимые умения и навыки деятельности по профессии, направлены на формирование следующих компетенций:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.

ОК 04. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде.

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста.

ОК 09. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

ПК 1.2 Осуществлять подготовку к использованию инструмента, оснастки, подналадки металлорежущих станков различного вида и типа (сверлильных, токарных, фрезерных, копировальных, шпоночных и шлифовальных) в соответствии с полученным заданием

ПК 1.4 Вести технологический процесс обработки и доводки деталей, заготовок и инструментов на металлорежущих станках различного вида и типа (сверлильных, токарных, фрезерных, копировальных, шпоночных и шлифовальных) с соблюдением требований к качеству, в соответствии с заданием и технической документацией

ПК 3.2 Осуществлять подготовку к использованию инструмента и оснастки для работы на металлорежущих станках различного вида и типа (сверлильных, токарных, фрезерных, копировальных, шпоночных и шлифовальных) с программным управлением, настройку станка в соответствии с заданием

ПК 3.4 Вести технологический процесс обработки и доводки деталей, заготовок и инструментов на металлорежущих станках с программным управлением с соблюдением требований к качеству, в соответствии с заданием и технической документацией

Описание каждой практической работы содержит: раздел, тему, количество часов, цели работы, материальное обеспечение, что должен знать и уметь обучающийся, теоретическую часть, порядок выполнения работы, контрольные вопросы, учебно-методическое и информационное обеспечение.

На выполнение лабораторных работ по дисциплине ОП.05 «Технические измерения» отводится 24 часа.

## Содержание практических работ

### Практическая работа №1 Измерение размеров детали «Вал» штангенциркулем

**Раздел 5.** Нормирование точности размеров. Система допусков и посадок для гладких элементов деталей

#### **Тема 5.1 Основные понятия о размерах, отклонениях и посадок**

**Количество часов:** 4

**Цели:** Определение на практике размеров детали и простановка их на эскизе

**Материальное обеспечение:** штангенциркуль, деталь «Вал»

#### **Теоретическая часть:**

При измерении штангенциркулем целые миллиметры отсчитываются по миллиметровой шкале, а десятые доли — по шкале нониуса, начиная от нулевой отметки до той риски, которая совпадает с какой-либо риской миллиметровой шкалы

Штангенциркуль состоит из штанги с неподвижными губками, по которой перемещается рамка с подвижными губками.

Рамку можно закреплять в нужном положении стопорным винтом. На штанге нанесены деления, которые образуют миллиметровую шкалу. Цена ее деления — 1 мм. Длина миллиметровой шкалы — 150 мм. На подвижных губках нанесена вспомогательная шкала, называемая нониусом (рис.2). Она разделена на 10 равных частей, но вся длина нониусной шкалы составляет 19 мм.

Для того чтобы проверить штангенциркуль на точность, надо совместить губки инструмента. При этом нулевые риски обеих шкал должны совпасть. Одновременно должен совместиться десятый штрих нониуса с девятнадцатым штрихом миллиметровой шкалы.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Выполнить эскиз детали «Вал»
2. Снять размеры детали
3. Проставить размеры на эскизе

#### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое плоскопараллельные концевые меры (КМД), для чего они применяются?
2. Какие средства измерения входят в число штангенинструментов?
3. Назовите основные части штангенциркуля?
4. Какие типы штангенциркулей выпускаются?
5. Прочитать размеры и сделать заключение о годности детали.

## **Практическая работа № 2**

### **Измерение размеров детали «Вал» гладким микрометром**

**Раздел 5.** Нормирование точности размеров. Система допусков и посадок для гладких элементов деталей

**Тема 5.2 Система допусков и посадок для гладких элементов деталей**

**Количество часов:** 4

**Цели:** определение на практике размеров детали микрометром гладким.

**Материальное обеспечение:** микрометр гладкий, деталь «Вал.»

**Теоретическая часть:**

Основанием микрометра является скоба, а передаточным устройством служит винтовая пара, состоящая из микрометрического винта и микрометрической гайки, расположенной в стебле. В скобу запрессованы пятка и стемпель. Измеряемая деталь охватывается измерительными поверхностями микровинта и пятки. Барабан бприсоединен к микровинту корпусом трещотки. Для приближения микровинта к пятке его вращают за барабан или за трещотку правой рукой по часовой стрелке (от себя), а для удаления микровинта от пятки его вращают против часовой стрелки (на себя). Закрепляют микровинт в требуемом положении стопором. При плотном соприкосновении измерительных поверхностей микрометра с поверхностью Подпись и дата Инв. № дубл. Взам. инв. № Подпись и дата Инв. № дубл. Изм.Лист № документа Подпис Дата Лист . измеряемой детали трещотка проворачивается с легким треском, при этом стабилизируется измерительное усилие микрометра. Результат измерения размера микрометром отсчитывается как сумма отсчетов по шкале стебля 5 и барабана 6. Следует помнить, что цена деления шкалы стебля 0,5 мм, а шкалы барабана 0,01 мм. Предельная погрешность измерения наружных размеров гладким микрометром  $A = 5 \dots 50$  мм.

**Порядок выполнения работы:**

1. Выполнить эскиз детали «Вал,»
2. Снять размер детали
3. Проставить размеры на эскизе
4. Сравнить точность размеров работы №1и2, сделать выводы

**Контрольные вопросы:**

1. Какие средства измерения называются микрометрическими инструментами?
2. Из каких частей состоит микропора?
3. Назвать основные части микрометра
4. Какова цена деления шкалы барабана микрометра?
5. Прочитать размер с поля микрометра

## Практическая работа №3

### Определение степени износа штангенциркуля и микрометра гладкого с помощью концевых мер

#### Раздел 6 Нормирование точности формы и расположения поверхностей, шероховатость поверхностей

##### Тема 6.2 Шероховатость поверхностей

**Количество часов:** 4

**Цели:** приобретения практических навыков в работе с измерительными инструментами.

**Материальное обеспечение:** Штангенциркули ШЦ-1, ШЦ-2, ШЦ-3, микрометр гладкий, концевые меры длины, бензин, ткань мягкая.

##### **Теоретическая часть:**

Основные сведения.

Концевые меры длины имеют вид прямоугольного параллелепипеда с двумя взаимно параллельными измерительными плоскостями. Каждая из этих мер воспроизводит один фиксированный размер с высокой точностью. Так как измерительные плоскости имеют очень малую шероховатость, то две меры легко притираются одна к другой и сцепляются, образуя уже другой фиксированный линейный размер, т.е. другую меру. Таким образом, соблюдая правила обращения с концевыми мерами длины, можно составить из них практически любой фиксированный размер. Используют концевые меры длины для проверки измерительных приборов и их установки в нулевое положение в процессе измерений.

Штангенинструменты являются средствами для линейных измерений, у которых отсчетные устройства основаны на применении линейного нониуса. Принцип построения нониуса заключается в совмещении двух шкал с неодинаковой ценой деления, основной и вспомогательной ( нониуса ).

Микрометры относятся к микрометрическим средствам измерения. Принцип действия микрометра основан на работе микрометрической пары, состоящая из высокоточного винта и гайки, что позволяет преобразовать вращательное движение винта, установленного в неподвижную гайку, в его поступательное движение вдоль оси.

##### **Инструкция по выполнению практической работы:**

Для определения инструментальной погрешности штангенциркуля можно использовать набор концевых мер длины. Для этих целей создают блок из нескольких концевых мер длины определенного размера и трижды измеряют штангенциркулем полученный размер. Затем определяют действительный размер блока концевых мер, используя действительный размер каждой отдельной меры по аттестату периодической проверки, и сравнивают его со средним арифметическим значением результата измерения. Если полученная разность размеров превышает половину цены деления шкалы штангенциркуля, то его следует отправить в ремонт.

Для оценки погрешности микрометра выбрать из набора концевых мер длины две меры, согласно заданию. Тщательно очистить рабочие поверхности этих мер, приложить меры одну к другой рабочими поверхностями и сжать их до полного совмещения рабочих поверхностей. Соединенные таким образом меры измерим микрометром в трех местах ( по краям и по центру меры), и занести результаты каждого измерения и их среднее значение в таблицу 4 и 5. Затем определим действительный размер блока концевых мер, используя действительный размер каждой отдельной меры по аттестату периодической проверки, и сравним его со средним арифметическим значением результата измерения.

##### **Порядок выполнения работы:**

1. Собрать блок плиток с точностью до 0,1мм
2. Выполнить измерение собранного блока плиток штангенциркулем.
3. Определить погрешность измерения штангенциркулем

4. Собрать блок плиток с точностью до 0,01мм
5. Выполнить измерение собранного блока плиток микрометром гладким
6. Определить погрешность измерения микрометром гладким
7. Сделать вывод о степени износа штангенциркуля и микрометра гладкого

#### **Контрольные вопросы:**

1. Приведите определение понятия «средство измерения».
2. Какие основные метрологические характеристики средств измерений устанавливаются стандартом?
3. Как определяется погрешность средств измерений и от каких факторов она зависит?
4. Каково основное назначение концевых мер длины?
5. Чем определяется класс и разряд концевой меры длины?
6. В чем заключается правило составления блока концевых мер длины?
7. Как можно оценить точность работы штангенциркуля?
8. Как можно оценить точность работы микрометра гладкого?

### **Практическая работа №4**

#### **Расчет размерной цепи на обеспечение полной взаимозаменяемости («минимум-максимум»)**

#### **Раздел 6 Нормирование точности формы и расположения поверхностей, шероховатость поверхностей**

##### **Тема 6.3 Точность размерных цепей**

**Количество часов:** 4

**Цели:** научиться составлять схему размерной цепи и находить числовое значение замыкающего звена.

**Материальное обеспечение:** эскиз детали, микрокалькулятор.

##### **Теоретическая часть:**

**Размерная цепь** - это совокупность взаимосвязанных размеров, образующих замкнутый контур и непосредственно участвующих в решении поставленной задачи. Размерные цепи могут быть: конструкторские, технологические, измерительные. Конструкторская размерная цепь составляется для решения задачи по обеспечению точности при конструировании изделия, технологическая - для решения задачи по обеспечению точности при изготовлении, а измерительная при измерении величин, характеризующих точность изделия.

Основой для составления и расчета линейных и угловых размерных цепей является РД 50-635-87 [33].

Все размеры, входящие в размерную цепь называют звеньями и обозначают одной прописной буквой русского алфавита с соответствующим индексом. Звенья размерной цепи разделяют на составляющие и замыкающее. Замыкающее звено может быть только одно. Это звено, которое получается последним в результате решения поставленной задачи при изготовлении детали или сборки сборочной единицы, а также при измерении. Составляющих звеньев может быть различное количество, определяемое назначением изделия и решением поставленной задачи.

На рисунке 9.1 приведены примеры простейших трехзвенных размерных цепей, где  $A_1$  и  $A_2$  - составляющие звенья;  $A_Δ$  - замыкающее звено.

Составляющие звенья по разному влияют на замыкающее звено. В зависимости от этого влияния их разделяют на увеличивающие и уменьшающие.

**Увеличивающими** называют такие звенья, с увеличением размеров которых замыкающее звено увеличивается, а **уменьшающими** такие, с увеличением которых замыкающее звено уменьшается.

В более сложных размерных цепях удобно использовать правило обхода по замкнутому контуру [34]. С этой целью замыкающему звену дают произвольное направление стрелкой, поставленной над обозначением звена (рисунок 9.2) и обходят все звенья, начиная с замыкающего так, чтобы образовался замкнутый поток направлений. Тогда все звенья, имеющие направление стрелок на схеме размерной цепи одинаковое с замыкающим будут уменьшающими, а все остальные - увеличивающими.

Если замыкающему звену задавать всегда направление только налево, то тогда при обходе по замкнутому контуру все составляющие звенья, имеющие направление стрелок налево будут уменьшающими, а с направлением стрелок направо - увеличивающими. Этот частный случай общего правила обхода по замкнутому контуру часто используется [33, 36, 44].

В зависимости от взаимного расположения звеньев размерные цепи разделяют на линейные (с параллельными звеньями), плоские и пространственные. Все размерные цепи рассчитывают по формулам для линейных цепей. Пространственные размерные цепи приводят к плоским, а плоские к линейным путем проектирования размеров цепи на одно направление, в качестве которого обычно используют направление замыкающего звена.

Расчет размерных цепей является обязательным этапом при конструировании машин. Он способствует обеспечению взаимозаменяемости, повышению качества изделия и снижению трудоемкости изготовления. Расчет размерных цепей заключается в нахождении допусков и предельных отклонений всех звеньев цепи исходя из требований конструкции и технологии изготовления.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Выполнить эскиз детали
2. Составить схему РЦ
3. Определить тип РЦ
4. Определить тип задачи расчета РЦ
5. Рассчитать РЦ по алгоритму расчета

#### **Алгоритм расчета РЦ**

1. Определить номинальное значение замыкающего звена

$$\Delta X = \sum \text{ном. ув} - \sum \text{ном. ум.}$$

2. Определить В.О. замыкающего звена

$$В. О. \Delta x = \sum В. О. ув. - \sum Н. О. ум.$$

3. Определить Н.О. замыкающего звена

$$Н. О. \Delta x = \sum Н. О. ув. - \sum В. О. ум.$$

4. Определить Т замыкающего звена

$$Т \Delta x = \sum Т \text{ всех составляющих звеньев.}$$

#### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое РЦ?
2. Какие виды РЦ встречаются в машинах?
3. Из каких звеньев состоит РЦ?
4. Какое звено называется замыкающим?
5. Что такое увеличивающие и замыкающее звено?

## Практическая работа №5 Расчет и конструирование гладких цилиндрических калибров

### Раздел 7 ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ

#### Тема 7.2 Средства и методы измерения, погрешность измерения

**Количество часов:** 4

**Цели:** научиться рассчитывать исполнительные размеры рабочих и контрольных калибров, строить схемы расположения допусков рабочих и контрольных размеров с указанием отклонений в микрометрах.

**Материальное обеспечение:**

КЗ, справочная литература, калькулятор, алгоритм расчета.

**Теоретическая часть:**

Калибрами называются бесшкальные мерительные инструменты, предназначенные для проверки размеров, формы и взаимного расположения частей изделий,

В зависимости от способа проверки изделий калибры делятся на нормальные, изготавливаемые по номинальному размеру, на предельные калибры пробки и скобы, которые служат для ограничения предельных размеров изделий. Наиболее распространенными являются предельные калибры. Для контроля одного размера требуется два предельных калибра - проходной и непроходной. Изделие считается годным, если проходной калибр проходит, а непроходной не проходит, следовательно, размер изделия находится между размерами двух калибров. Так как эти два калибра, обычно, объединены конструктивно в один калибр, то размер годного изделия должен лежать между размером проходной стороны и размером непроходной стороны калибра. По назначению предельные калибры делятся на калибры пробки для проверки отверстий и на калибры кольца и скобы для проверки валов для деталей 6-17 квалитетов.

По применению калибры делятся на рабочие, приемные и контрольные.

По рабочим калибрам ПР и НЕ изготавливаются изделия на рабочем месте.

Контрольными калибрами контролируются размеры рабочих и приемных калибров.

Предельные калибры изготавливают из углеродистой инструментальной стали марки У10А, закачивают в масле для получения твердости в пределах HRC 58-62.

В процессе эксплуатации проходных калибров вследствие контакта измерительной поверхности с поверхностью измеряемой детали происходит износ поверхности проходного калибра. В связи с этим измерительные поверхности проходных калибров имеют дополнительный допуск на эксплуатационный износ.

Для восстановления размеров проходных сторон калибров применяют размерное хромирование. На рабочей поверхности калибра должно быть указано буквенное обозначение поля допуска с номинальным размером детали для проверки, которой он предназначен. Полная маркировка должна содержать еще дополнительные указания.

Размеры, по которым изготавливаются измерительные поверхности калибров, называются исполнительными размерами. Допуски на их изготовление устанавливаются по СТ СЭВ 1S7-7S в зависимости от номинальных размеров, системы допусков с учетом схемы расположения полей допусков.

Допуски калибров ГОСТ 24853-81 устанавливает допуски и отклонения на гладкие калибры для контроля отверстий и валов до 500 мм, изготовленных с точностью от 6-го до 17-го квалитетов (см. приложение 2). ГОСТ 24853-81 устанавливает допуски и отклонения на гладкие калибры для контроля отверстий и валов свыше 500 до 3150 мм, изготовленных с точностью от 9-го до 17-го квалитетов. Для деталей, изготовленных с точностью размеров до 6-го квалитета, калибры как средние, так как вносятся большая погрешность измерения. Такие детали целесообразнее контролировать универсальными средствами измерений. Допуски на изготовление проходного и непроходного калибров назначаются в зависимости от точности (допуска IT) размера



контролируемого элемента детали:  $(0,1 \dots 0,2) IT$ , где для более точных квалитетов принимается  $0,2 IT$ , для менее точных –  $0,1 IT$ . Допуски на изготон означаются одинаковыми. В процессе и калибры-скобы подвергаются интенсивному износу; чтобы качество контроля не снижалось, нормируют их износ. У рабочих непроходных калибров, а также контрольных калибров износ практически отсутствует или весьма незначителен, поэтому им пренебрегаю Для отведено четыре варианта расположения ля контроля отверстий и четыре варианта расположения полей допусков калибров и контркалибров для контроля валов. Это связано как с размерами, так и с точностью контролируемой деталей. Для предельных гладких калибров размерами свыше 500 до 3150 мм предусмотрен один вариант расположения полей допусков калибров (ГОСТ 24852 – 81)

**Порядок выполнения работы:).**

1. Рассчитать исполнительные размеры калибров, пользуясь алгоритмом расчета и таблицей справочника.
2. Построить в масштабе схему расположения полей допусков рабочих и контрольных калибров, пользуясь результатами расчетов и типовыми схемами для соответствующих квалитетов и интервалов диаметров.
3. Выбрать конструкции калибров для контроля отверстия и вала в зависимости от контролирования номинального размера.
4. Вычернить рабочие калибры по размерам в зависимости от выбранной конструкции номинального размера калибра
5. Нанести исполнительные размеры согласно расчету и другие размеры с соответствующими допусками
6. Нанести значение шероховатости и др. необходимые обозначения
7. Нанести технические требования
8. Выполнить основную надпись
9. Результат: рабочий чертеж калибра скобы или калибра-пробки.

**Контрольные вопросы:**

- 1.Что называется калибром?
- 2.Для чего служат гладкие предельные калибры?
- 3.Когда отверстие или вал считается годным при контроле их калибрами?
  
- 4.Какие калибры бывают по назначению, конструктивному признаку, форме измерительной поверхности ?
- 5.Что является номинальным размером для проходной и непроходной стороны калибра-пробки и калибра-скобы?
- 6.Что называется исполнительным размером калибра?
- 7.Что является исполнительным размером проходной и непроходной стороны калибра-пробки и калибра-скобы и как они указываются на рабочем чертеже калибра?

## Практическая работа №6 Выбор средств измерения

### Раздел 7 ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ

#### Тема 7.2 Средства и методы измерения, погрешность измерения

Количество часов: 4

Цель работы: научиться выбирать средства измерения по точности

#### Теоретическая справка

Выбор средств измерения и контроля (ГОСТ 14.306) основывается на обеспечении заданных показателей процесса технического контроля (ТК) и анализе затрат на реализацию процесса контроля. К обязательным показателям процесса контроля относят точность измерения, достоверность, трудоемкость, стоимость контроля.

При выборе средств измерения точность средств измерений должна быть достаточно высокой по сравнению с заданной точностью выполнения измеряемого размера, а трудоемкость измерения и их стоимость должны быть возможно более низкими, обеспечивающими наиболее высокие производительность труда и экономичность.

Недостаточная точность измерений приводит к тому, что часть годной продукции бракуют, а в то же время по той же причине другую часть фактически негодной продукции принимают как годную.

Излишняя точность измерений связана с повышением трудоемкости и стоимости контроля качества продукции и ведет к удорожанию производства и ограничению выпуска продукции.

Для средств измерений, принято деление на *классы точности*, которые дают их *обобщенную метрологическую характеристику*.

Требования к метрологическим характеристикам устанавливаются в стандартах на средства измерений конкретного типа.

*Классы точности присваиваются средствам измерений с учетом результатов государственных приемочных испытаний.*

Обозначения классов точности наносятся на циферблаты, щитки и корпуса средств измерений, приводятся в нормативно-технических документах. Классы точности могут обозначаться буквами (например, М, С и т. д.) или римскими цифрами (I, II, III и т. д.). Обозначение классов точности по ГОСТу 8.401-80 может сопровождаться дополнительными условными знаками:

- 0,5, 1,6, 2,5 и т. д. — для приборов, приведенная погрешность  $\gamma = \Delta/X_N$  которых составляет 0,5, 1,6, 2,5% от нормирующего значения  $X_N$  ( $\Delta$  — пределы допустимой абсолютной погрешности). При этом  $X_N$  принимается равным большему из модулей пределов измерений, если нулевое значение входного (выходного) сигнала находится на краю или вне диапазона измерений;

^

- 0,5 – то же, что и в предыдущем случае, но при  $X_N$  равным длине шкалы или ее части;

- 0,1, 0,4, 1,0 и т. д. – для приборов, у которых относительная погрешность  $\delta = \Delta/x$  составляет 0,1, 0,4, 1,0% непосредственно от полученного значения измеряемой величины  $x$ ;

- 0,02/0,01 – для приборов у которых измеряемая величина не может отличаться от значения  $x$ , показанного указателем, больше, чем на  $[c+d(|X_k/x|-1)]\%$ , где  $c$  и  $d$  – числитель и знаменатель соответственно в обозначении класса точности;  $X_k$  – больший (по модулю) из пределов измерений прибора.

### Задание для аудиторной работы

Выберите прибор с наибольшей точностью для измерения напряжения  $X$ . Первый вольтметр имеет класс точности  $\gamma_1$  и верхний предел измерений  $X_{к1}$ , а второй вольтметр имеет погрешность, заданную в виде  $c/d$ , и верхний предел измерений  $X_{к2}$ .

Данные для решения следует выбрать из таблицы 3.

Таблица 1 - Данные для выполнения работы

№ варианта	Первый вольтметр		Второй вольтметр		Значение измеренной величины $X$
	Верхний предел измерений $X_{к1}$	Класс точности $\gamma$ , %	Верхний предел измерений $X_{к2}$	Класс точности $c/d$	
1	10мВ	0,1	1мВ	0,2/0,1	0,5мВ
2	50мВ	0,1	10мВ	0,1/0,05	8мВ
3	150В	2,5	100В	1,0/0,2	50В
4	100мВ	0,06	1В	0,05/0,02	60мВ
5	1,5В	0,5	10В	0,05/0,02	1В
6	250В	1,5	300В	0,02/0,05	200В
7	450В	1,5	350В	1,5/4,0	300В
8	500В	0,06	1000В	0,05/0,02	400В
9	700В	0,3	1000В	0,2/0,5	600В
10	1000В	0,01	1000В	0,02/0,003	800В
11	10мВ	0,1	1мВ	0,2/0,5	0,5мВ
12	50мВ	0,1	10мВ	0,1/0,2	8мВ
13	150В	1,5	100В	0,2/0,5	80В
14	100мВ	0,5	500мВ	0,01/0,02	80мВ
15	1,5В	0,5	10В	0,05/0,02	1В
16	250В	1,5	300В	0,02/0,05	200В
17	50В	2,5	100В	1,5/4,0	40В
18	500В	0,06	1000В	0,05/0,1	400В
19	500В	0,2	1000В	0,2/0,4	400В
20	800В	0,5	1000В	0,02/0,05	600В
21	250В	1,5	300В	0,05/0,1	200В
22	450В	1,5	350В	1,5/2,5	300В
23	500В	0,5	1000В	0,02/0,05	400В
24	500В	1,5	1000В	0,1/0,2	400В
25	800В	0,4	1000В	0,01/0,02	500В
26	200В	2,5	500В	0,02/0,1	160В

### Пример выполнения

Выбрать прибор с наибольшей точностью для измерения напряжения 8 В. Первый вольтметр имеет класс точности 0,2 и пределы измерений 0-10 В, а второй вольтметр имеет погрешность, заданную в виде  $c/d=0,2/0,05$ , и пределы измерений 0-20 В.

#### Решение:

Первый вольтметр имеет класс точности, выраженный в форме приведенной погрешности  $r_1=\gamma=0,2$  ( $\pm 0,2\%$ ), и верхний предел измерения  $U_{к1}=10В$ .

Второй вольтметр имеет класс точности, выраженный в виде  $c/d=0,2/0,05$  и через относительную погрешность, и верхний предел измерения  $U_{к2}=20В$ .

Из формулы (3) определяем пределы допускаемой абсолютной погрешности для первого вольтметра

$$\Delta_1 = \pm \frac{\gamma \cdot X_N}{100} = \pm \frac{0,2 \cdot 10}{100} = \pm 0,02 \text{ В}$$

Пределы допускаемой относительной погрешности для первого вольтметра определяются по формуле (4)

$$\delta_1 = \pm \frac{\Delta}{X} \cdot 100\% = \pm \frac{0,02}{8} \cdot 100\% = \pm 0,25\%$$

Из формулы (5) определяем пределы допускаемой относительной погрешности для второго вольтметра

$$\delta_2 = \pm \left[ c + d \left( \left| \frac{X_{K2}}{X} \right| - 1 \right) \right] = \pm \left[ 0,2 + 0,05 \left( \frac{20}{8} - 1 \right) \right] \% = \pm 0,275\%$$

При сравнении полученных значений пределов допускаемых относительных погрешностей выбираем первый вольтметр, так как это средство измерения имеет меньшую погрешность измерения напряжения 8 В.

### Контрольные вопросы

1. С какими показателями связана излишняя точность измерений?
2. Какие параметры относят к обязательным показателям процесса контроля?
3. К чему может привести недостаточная точность измерений?
4. На чем основывается выбор средств измерения и контроля?
5. Какой должна быть точность средств измерений при выборе средств измерения?
6. Какими дополнительными условными знаками может сопровождаться обозначение классов точности?

## Список источников и литературы

### Основные источники:

1. Кевлев В.М. и др. Метрология, стандартизации и сертификация: Учебное пособие для СПО.– М.: ВШ, 2019.

2. Куликова, Е. А., Метрология и технические измерения. Лабораторный практикум : лабораторный практикум / Е. А. Куликова, М. С. Трофимова. — Москва : Русайнс, 2023. — 140 с. — ISBN 978-5-466-02139-4. — URL: <https://book.ru/book/947417>. — Текст : электронный.

3. Куликова, Е. А., Метрология и технические измерения. Лабораторный практикум : лабораторный практикум / Е. А. Куликова, М. С. Трофимова. — Москва : Русайнс, 2023. — 140 с. — ISBN 978-5-466-02139-4. — URL: <https://book.ru/book/947417>. — Текст : электронный.

4. Никифоров А.Д. Метрология, стандартизации и сертификация: Учебное пособие для СПО.– М.: ВШ, 2020.

### Дополнительные источники:

1. ГОСТ 2.307-68. ЕСКД Нанесение размеров и предельных отклонений

2. ГОСТ 2.308-79. ЕСКД Указания на чертежах допусков формы и расположения поверхностей.

3. ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики

4. ГОСТ 6636-69. ЕСКД Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные линейные размеры.

5. ГОСТ 24642-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные линейные размеры.

6. ГОСТ 24643-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски и расположения. Числовые значения .

7. ГОСТ 25142-82. Шероховатость поверхности. Термины и определения.

8. ГОСТ 25346-89. Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений

9. ГОСТ 25347-82. Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки.

10. Багдасарова Т.А. Допуски и технические измерения: Контрольные материалы: учеб. пособие для студ. СПО. – М.: ИЦ «Академия», 2015

11. Багдасарова Т.А. Допуски и технические измерения: Лабораторно-практические работы: учеб. Пособие для студ. СПО. – М.: ИЦ «Академия», 2017

12. Зайцев С.А. Технические измерения: учеб. пособие для НПО. – М.: ИЦ «Академия», 2018

13. Шишмарёв, В. Ю., Метрология, стандартизация и технические измерения : учебник / В. Ю. Шишмарёв. — Москва : КноРус, 2023. — 469 с. — ISBN 978-5-406-10965-6. — URL: <https://book.ru/book/947207>. — Текст : электронный

14. Якушев А.И., Воронцов Л.Н, Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М.: Машиностроение, 1987.

### Интернет-ресурсы:

1. Технические измерения и приборы [Электронный ресурс]: [сайт]. Режим доступа: [www.mami.ru/kaf/aipu/techizm1.doc](http://www.mami.ru/kaf/aipu/techizm1.doc)

2. Допуски и технические измерения [Электронный ресурс]: [сайт]. Режим доступа: <http://elmashina.ru/content/view/59/40/>

3. Технические измерения: Изготовление изделий из металла [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://machineguide.ru/pages/1>

4. Измерения технические в машиностроении: Энциклопедия по машиностроению XXL [Электронный ресурс]: [сайт]. Режим доступа: <http://mash-xxl.info/info/325246/>

5. Допуски и посадки. Межгосударственный стандарт: ГОСТ 7713-62. [Электронный ресурс]: [сайт]. Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/data2/1/4294822/4294822344.htm>
6. Допуски и технические измерения. [Электронный ресурс]: [сайт]. Режим доступа: [http://dok74.ru/pluginfile.php/69/mod\\_resource/content/1/4.pdf](http://dok74.ru/pluginfile.php/69/mod_resource/content/1/4.pdf)