

Комитет по науке и высшей школе
Санкт-Петербургское государственное бюджетное
профессиональное образовательное учреждение
«Академия промышленных технологий»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
ОП.02. МЕТРОЛОГИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ**

среднего профессионального образования
по специальности

27.02.07 Управление качеством продукции, процессов и услуг (по отраслям)

Санкт-Петербург
2023

Методические рекомендации по выполнению практических работ предназначены для использования обучающимися при выполнении заданий по практическим работам по учебной дисциплине ОП.02. МЕТРОЛОГИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ о специальности среднего профессионального образования 27.02.07 Управление качеством продукции, процессов и услуг (по отраслям).

В методических рекомендациях предлагаются к выполнению практические работы, предусмотренные рабочей программой учебной дисциплины даны рекомендации по их выполнению.

Организация-разработчик:

Санкт-Петербургское государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение «Академия промышленных технологий» (СПб ГБПОУ «АПТ»)

Разработчик:

Ненарокова О.В.- преподаватель специальных дисциплин СПб ГБПОУ «АПТ»

Методические рекомендации рассмотрены и одобрены на заседании учебной цикловой комиссии _____.

Протокол №10 от 06 июня 2023г.

Председатель УЦК Е.В. Ладанова

Методические рекомендации рассмотрены и одобрены на заседании Методического совета СПб ГБПОУ «АПТ» и рекомендованы к использованию в учебном процессе.

Протокол №1 от 30 августа 2023 г.

	18ч-практические	
	12ч - лабораторные работы	
	3 семестр	
	Практические работы	
1	Практическая работа 1 Петля качества	2
2	Практическая работа 2 Знаки соответствия национальным стандартам и обязательных систем сертификации	2
3	Практическая работа 3 Схема структуры стандартов предприятия	2
4	Практическая работа 4 Физические величины, применение теории размерностей	4
5	Практическая работа 5 Анализ организации и порядка проведения метрологической поверки средств измерений	2
6	Практическая работа 6 Изучение Федерального Закона РФ №102 ФЗ «Об обеспечении единства измерений»	2
7	Практическая работа 7 Изучение Федерального Закона РФ №184 ФЗ «О техническом регулировании»	2
	4семестр	
8	Практическая работа 8 Определение погрешностей измерительных приборов.	2
9	Практическая работа 9 Нормирование и измерение параметров	2
	Лабораторная работа 1	2
	Определение плотности металлического бруска	
	Определение метода измерения	
3	Лабораторная работа 2	2
	Проведение неразрушающего метода контроля	
4	Лабораторная работа 3	2
	Изучение устройства штангенинструментов и их технических возможностей. Проведение измерений	
5	Лабораторная работа 4	2
	Изучение устройства микрометрических средств измерений и их технических возможностей. Проведение измерений	
6	Лабораторная работа 5	2
	Изучение устройств плоскопараллельных концевых мер длины и принадлежностей к ним. Проведение измерений	
7	Лабораторная работа 6	2
	Изучение устройства и технических возможностей индикаторов часового типа. Проведение измерений	

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

ПОСТРОЕНИЕ «ПЕТЛИ КАЧЕСТВА»

Цель работы: построение "петли" качества для конкретной продукции или услуги.

Теоретическая часть

В соответствии со стандартом ИСО 9004-1 жизненный цикл продукции (ЖЦП) включает 11 этапов, которые представляют в виде "*Петли качества продукции*" (рис.1). Обеспечение качества продукции - совокупность планируемых и систематически проводимых мероприятий, создающих необходимые условия для выполнения каждого этапа петли качества.

I. Обеспечение качества маркетинга

Маркетинг должен:

- создать систему поиска, обработки и анализа информации о требованиях, предъявляемых внешней средой (потребителями, обществом) к продукции и организации. Основными показателями качества маркетинговой информации выступают ее полнота, достоверность и актуальность.
- установить наличие текущей или перспективной потребности, средством которой может быть конкретный товар (услуга), и сформулировать требования потребителей.

Основой для выполнения следующего этапа ЖЦП может служить общее описание продукции, включающее аспекты:

- параметры эксплуатации (условия использования, надежность и т.д.);
- потребительские предпочтения в отношении дизайна и органолептических характеристик продукции;
- требования к упаковке;
- процедуры обеспечения качества продукции в процессе эксплуатации;
- существующие законодательные ограничения и стандарты.

II. Качество при разработке продукции

Этап разработки продукции должен обеспечить перевод предварительных параметров продукции, содержащихся в описаниях маркетологов, на язык технических требований к материалам, конструкции, технологическим процессам.

Качество проектирования обеспечивается путем:

- разработки и реализации программы проектирования с оценкой проекта на каждом этапе программы;
- привлечения к анализу проекта представителей различных подразделений организации;
- утверждения всей документации на соответствующих уровнях руководства.

III. Качество материально-технического снабжения

Покупные сырье, материалы и комплектующие изделия оказывают непосредственное влияние на качество продукции.

Качество снабжения обеспечивается следующими мероприятиями:

- разработкой и реализацией программы поставок, содержащей:
 1. требования к заказам на поставку;
 2. соглашение по обеспечению качества;
 3. соглашение по методам проверки;
 4. планы приемочного контроля;
 5. процедуру входного контроля.
- процедурами урегулирования спорных вопросов, относящихся к качеству поставок.
- Организацией работ по приему, хранению, выдаче, а также по обеспечению сохранности материалов.
- 1. Обеспечение качества при производстве продукции.**

Качество производства обеспечивается следующими мероприятиями:

- Планированием производственных операций;
- Техническим контролем производственных процессов;
- Созданием условий, исключающих возможность повреждения материалов, полуфабрикатов и продукции в ходе производства (соответствующим хранением, защитой и перемещением);
- Проверкой, калибровкой и испытаниями оборудования, инструментов и оснастки.



Рис. 1. Петля качества продукции

2. Обеспечение качества после производства продукции

В первую очередь речь идет об упаковке, монтаже и техническом обслуживании. Качество на этих этапах ЖЦП обеспечивают:

- Планирование всех процессов;
 - Создание условий, исключающих возможность порчи продукции до отправки потребителю или в торговую сеть и при погрузочно-разгрузочных работах;
 - Грамотно составленная сопроводительная документация на продукцию;
 - Проверка и испытание контрольно-измерительного и прочего оборудования;
 - Согласование взаимных обязательств продавцов и потребителей.
- ## 3. Обеспечение качества услуги



Рис. 2 Петля качества услуги

На рис. 2 приведена "Петля качества услуги" согласно ИСО 9004-2. Она представляет собой специфическую модель управления качеством. Услугу рассматривают как разновидность продукции. Следует различать понятия "услуга" и "предоставление услуги". Услуга - это итог непосредственного взаимодействия поставщика и потребителя и внутренней деятельности поставщика по удовлетворению потребностей потребителя, а предоставление услуги - деятельность поставщика, необходимая для обеспечения услуги. Обеспечение качества образовательной услуги – подготовки специалиста в колледже или любой другой образовательной услуги

Известная петля качества применительно к специфике подготовки специалистов - образовательные услуги - может выглядеть как схема, представленная на рис. 3.



Рис. 3. Петля качества образовательной услуги - подготовки специалиста в колледже.

Схема позволяет увидеть все основные этапы подготовки специалистов в их взаимосвязи. Каждый из этапов является необходимым и играет важную роль в обеспечении качества подготовки специалистов.

Практическая часть

Студенты строят петлю качества продукции, услуги или процесса по вариантам. Варианты соответствуют порядковому номеру фамилии в журнале

№ варианта	Наименование вида деятельности
1	Производство хлеба
2	Услуги по обучению в автошколе
3	Производство автомобилей
4	Услуги по доставке еды
5	Производство шариковых ручек
6	Производство мороженого
7	Косметологические услуги
8	Производство самокатов
9	Производство труб
10	Услуги по обучению танцев
11	Услуги по ремонту углов
12	Производство кондитерских изделий
13	Производство гвоздей
14	Услуги по чистке одежды
15	Автоперевозки
16	Производство дверных замков
17	Производство резервуаров
18	Услуги по сварке
19	Пошив одежды
20	Производство пластиковых контейнеров
21	Медицинские услуги
22	Услуги по мойке машин
23	Производство булочек
24	Производство дронов
25	Услуги по обучению чтению для дошкольников

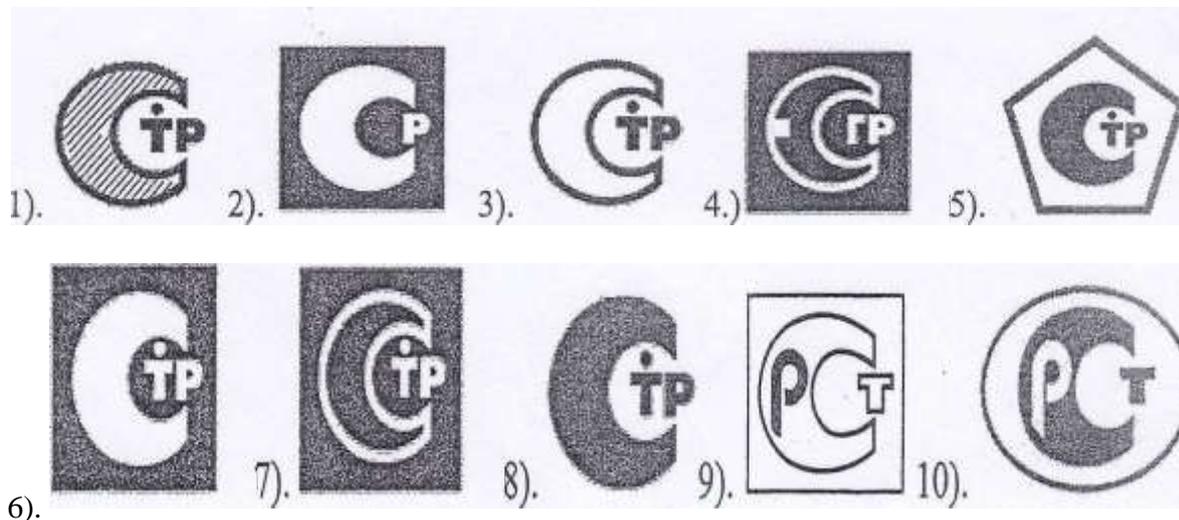
Выводы

В выводах обосновывается построенная петля качества и является обязательной частью работы

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Варианты изображения знака соответствия национальным стандартам Российской Федерации.

Укажите правильные варианты изображения знака обращения на рынке



ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Стандарт организации

Структура и содержание Стандарта организации

Цель работы:

Изучение правил построения, изложения и обозначения стандарта организации

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с содержанием стандарта организации, выданным преподавателям каждому студенту и указать его основную цель.
2. Ознакомиться со структурой стандарта организации и определить перечень его структурных элементов
3. Кратко описать содержание каждого элемента стандарта организации, данные занести в таблицу. Таблица должна иметь следующие графы: №п/п, наименование структурного элемента, краткое содержание элемента, назначение элемента.
4. Сделать вывод о проделанной работе

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ РАЗМЕРНОСТЕЙ

Цели работы:

- овладение умением пользоваться международной системой физических единиц и приобрести практические навыки применения теории размерностей;
- овладение умениями перевода внесистемных единиц измерения физических величин в единицы Международной системы (СИ) План занятия:

1. Определение физической величины.
2. Международная система единиц физической величины.
3. Порядок выполнения работы.
4. Задания для выполнения.

Теория

1 Определение физической величины

В науке, технике и повседневной жизни человек имеет дело с разнообразными свойствами окружающих нас физических объектов. Их описание производится посредством физических величин.

Физическая величина (ФВ) – свойство физического объекта, общее для многих объектов в качественном отношении (например, сопротивление R – это вид величины), но индивидуальное в количественном отношении (10 Ом – это размер величины).

Чтобы установить для каждого объекта различия в количественном содержании свойства, отображаемого физической величиной, в метрологии введены понятия ее размера и значения.

Размер ФВ – это количественное содержание свойства в данном объекте: все тела различаются по массе, т.е. по размеру этой ФВ.

Значение ФВ – это выражение ее размера в виде некоторого числа принятых для нее единиц.

Например: 0,001 км; 1 м; 100 см; 1000 мм – четыре варианта представления одного и того же размера величины, в данном случае длины.

Единица ФВ – это величина фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение, равное 1.

Пример: единицы одной и той же величины могут различаться по своему размеру (метр, фут и дюйм) являясь единицами длины, имеют различный размер: 1 фут = 0,3048 м, 1 дюйм = 0,0254 м.

Классификация единиц ФВ

1. Системные и внесистемные

*Системные** – которые входят в одну из принятых систем. (*это все основные, производные, кратные и дольные единицы).

Внесистемные – которые не входят ни в одну из принятых систем единиц ФВ: литр (единица объема), морская миля, карат (единица массы в ювелирном деле), лошадиная сила (устаревшая единица мощности).

2. Кратные и дольные

Кратная единица – это единица ФВ, значение которой в целое число раз больше системной или внесистемной единицы.

Единица длины км = 10^3 м, т.е. кратна метру.

Дольная единица – это единица ФВ, значение которой в целое число раз меньше системной или внесистемной единицы.

Единица длины мм = 10^{-3} м, т.е. является дольной.

3. Основные (условно независимые) и **производные** (условно зависимые) *Основные величины* не зависят друг от друга и служат основой для установления связей с другими физическими величинами, которые называют *производными* от них. В формуле Эйнштейна $E=mc^2$, масса – это основная единица, а энергия – это производная единица.

Совокупность основных и производных единиц называется **системой единиц физических величин**.

В названии системы ФВ применяют символы величин, принятые за основные – например, Международная система единиц (СИ) должна обозначаться символами L, M, T, I, Θ, N, J, обозначающими соответственно: длину, массу, время, силу тока, температуру, количество вещества и силу света.

История развития систем единиц физических величин

1. **Метрическая система** – первая система единиц (1791 г.). Эта система строилась на основе естественной единицы длины, равной одной десятиллионной части четверти меридиана, проходящего через Париж. Эта единица получила название «метр» (отсюда название системы – метрическая). В ней еще не было четкого подразделения единиц величин на основные и производные.
2. **Абсолютная** – была предложена немецким ученым К.Ф. Гауссом в 1832 г. В ее основе – мысль о том, что система единиц – это совокупность основных и производных единиц.
3. **СГС** (основными единицами являются сантиметр – грамм - секунда) – была принята в 1881 г. Неудобство системы СГС состояло в трудностях пересчета многих единиц в другие системы для определения их соотношения.
4. **МКС** (основными единицами являются метр – килограмм - секунда) – предложил в начале XX в. итальянский ученый Джорджи. Она довольно широко распространилась в мире.

Системы единиц	Длина L	Масса M	Время T	Сила F	Энергия A (Q)	Сила тока I	Мощность P	Площадь S	Объем V	Вместимость
<i>Метрическая</i> 1971 г.	м *	кг								
<i>Абсолютная</i> я, 1832 г.	м м	м г	се к							
<i>СГС, 1881</i> г.	с м	г	се к	к Г	эр г					
<i>МКС, 1990</i> г.	м	кг	се к	Н	Д ж	А	В т			

* – жирным шрифтом выделены основные единицы.

Грамм – вес 1 см³ химически чистой воды при температуре около +4 °С.

Ар – площадь квадрата со стороной 10 м.

Стер – объем куба с ребром 10 м.

Литр – объем куба с ребром 0,1 м.

Были и другие предложения, что указывает на стремление к единству измерений в международном аспекте. В то же время даже сейчас некоторые страны не отошли от исторически сложившихся у них единиц измерения. Известно, что Великобритания, США, Канада основной единицей массы считают фунт.

2 Международная система единиц физической величины

В 1960 г. XI Генеральная конференция по мерам и весам (ГКМВ) в качестве основных

приняла шесть независимых друг от друга единиц: длины – *метр*, массы – *килограмм*, времени – *секунда*, силы электрического тока – *ампер*, термодинамической температуры – *кельвин*, силы света – *кандела* (*моль* был принят в качестве единицы СИ XIV Генеральной конференцией по мерам и весам в 1971 году), из которых выводятся единицы всех остальных производных физических величин, и вынесла решение:

- а) присвоить основанной системе наименование «*Международная система единиц*»;
- б) установить международное сокращенное наименование этой системы «*SI*» (Systeme International, на русском «*СИ*» – Система Интернациональная);
- в) ввести таблицу приставок для образования десятичных кратных и дольных единиц;
- г) образовать 27 производных единиц Международной системы с возможным добавлением в будущем и других производных единиц.

Система считается наиболее совершенной и универсальной по сравнению с предыдущими. В ней для любой физической величины (такой, как длина, время или сила) предусматривается одна и только одна единица измерения.

Система содержала *основные* (таблица 1.1), *дополнительные и производные единицы* (таблица 1.2) физических величин.

Единицы плоского и телесного углов – *радиан и стерадиан* – были введены впервые, они предназначены и используются для образования единиц угловой скорости, углового ускорения, и некоторых других физических величин. Плоский и телесный углы имели статус *дополнительных единиц* до недавнего времени, но с целью упрощения системы были переведены в категорию безразмерных производных единиц.

Радиан – плоский угол между двумя радиусами окружности, длина дуги между которыми равна радиусу. Выражаются плоские углы трансцендентными числами (2π , $\pi/2$ и т.д.), 1 радиан = 57° 17' 44", переход из градусов в радианы по формуле: α (радиан) = $\alpha_0 \cdot \pi/1800$.

Стерадиан – равен телесному углу с вершиной в центре сферы, вырезающему на ее поверхности площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы. Измеряют их путем определения плоских углов и проведения дополнительных расчетов по формуле

$$\alpha = 2\pi[1 - \cos(\varphi/2)],$$

где α – телесный угол; φ – плоский угол при вершине конуса, образованного внутри сферы данным телесным углом.

Таблица 1.1 – Основные единицы системы СИ

Физическая величина		Единица		
наименование	размерность	наименование	обозначение	
			международное	русское
Длина	L	метр	m	м
Масса	M	килограмм	kg	кг
Время	T	секунда	s	с
Сила электрического тока	I	ампер	A	А
Термодинамическая температура	q	кельвин	K	К
Сила света	J	кандела	cd	кд
Количество вещества	N	моль	mol	моль

Таблица 1.2 – Производные единицы СИ, имеющие специальные наименования и обозначения

Физическая величина		Единица		
наименование	размерность	наименование	обозначение	
			обозначен.	выражение через единицы СИ
1	2	3	4	5
Плоский угол	1	радиан	рад	$\text{м} \cdot \text{м}^{-1} = 1$
Телесный угол	1	стерадиан	ср	$\text{м}^2 \cdot \text{м}^{-2} = 1$
Частота	T^{-1}	герц	Гц	с^{-1}
Сила, вес	LMT^{-2}	ньютон	Н	$\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
Давление, механическое напряжение	$\text{L}^{-1}\text{MT}^{-2}$	паскаль	Па	$\text{м}^{-1} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
Энергия, работа, количество теплоты	L^2MT^{-2}	джоуль	Дж	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
Мощность, поток энергии	L^2MT^{-3}	ватт	Ватт	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3}$
Электрический заряд (количество электричества)	T I	кулон	К	$\text{с} \cdot \text{А}$
Электрическое напряжение, потенциал, разность потенциалов, электродвижущая сила	$\text{L}^2\text{MT}^{-3}\text{I}^{-1}$	вольт	В	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{А}^{-1}$
Электрическая емкость	$\text{L}^{-2}\text{M}^{-1}\text{T}^4\text{I}^2$	фарада	Ф	$\text{м}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^4 \cdot \text{А}^2$
Электрическое сопротивление	$\text{L}^2\text{MT}^{-3}\text{I}^{-2}$	ом	Ом	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{А}^{-2}$
Электрическая проводимость	$\text{L}^{-2}\text{M}^{-1}\text{T}^3\text{I}^2$	сименс	См	$\text{м}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^3 \cdot \text{А}^2$
Поток магнитной индукции, магнитный поток	$\text{L}^2\text{MT}^{-2}\text{I}^{-1}$	вебер	Вб	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-1}$

1	2	3	4	5
Плотность магнитного потока, магнитная индукция	$MT^{-2}I^{-1}$	тесла	Тл	$кг \cdot с^{-2} \cdot А^{-1}$
Индуктивность, взаимная индуктивность	$L^2MT^{-2}I^{-2}$	генри	Гн	$м^2 \cdot кг \cdot с^{-2} \cdot А^{-2}$
Температура Цельсия	Θ	градус Цельсия	$^{\circ}C$	К
Световой поток	J	люмен	лм	кд·ср
Освещенность	$L^{-2} J$	люкс	лк	$м^2 кд \cdot ср$
Активность радионуклида	T^{-1}	беккерель	Бк	$с^{-1}$
Поглощенная доза ионизирующего излучения, керма	L^2T^{-2}	грей	Гр	$м^2с^{-2}$
Эквивалентная доза ионизирующего излучения	L^2T^{-2}	зиверт	Зв	$м^2 \cdot с^{-2}$
Активность катализатора	NT^{-1}	катал	кат	моль·с ⁻²

Сами по себе радиан и стерадиан применяются в основном для теоретических расчетов, на практике измерения углов производят в угловых градусах (минутах, секундах).

Производные единицы Международной системы единиц образуются из основных при помощи уравнений связи между величинами, в которых числовые коэффициенты равны единице. Например, для установления единицы линейной скорости v следует воспользоваться уравнением равномерного прямолинейного движения

$$v = l / t,$$

где l – длина пройденного пути (в метрах); t – время (в секундах).

Следовательно, единица скорости СИ – метр в секунду – это скорость прямолинейно и равномерно движущейся точки, при которой она за время 1 с перемещается на расстояние 1 м.

Также ГКМВ разработала следующие определения основных единиц (таблица 1.3). Приведенные определения довольно сложны. Но такое толкование представляет основные единицы как достоверные и понятные для всех стран мира, что является главным условием для того, чтобы система единиц стала международной.

Таблица 1.3 – Определения основных единиц

Наименование		Определение
единица длины	метр	Длина пути, проходимого светом в вакууме за $1/299792458$ долю секунды
единица массы	килограмм	Масса, равная массе международного прототипа килограмма
Единица времени	секунда	Продолжительность 9192631770 периодов излучения, соответствующего переходу между двумя уровнями сверхтонкой структуры основного состояния атома цезия-133 при отсутствии возмущения со стороны внешних полей
Единица силы электрического тока	ампер	Сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным проводникам бесконечной длины и ничтожно малого кругового сечения, расположенным на расстоянии 1 м один от другого в вакууме, создал бы между этими проводниками силу, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н на каждый метр длины
Единица термодинамической температуры	кельвин	$1/273,16$ часть термодинамической температуры тройной точки воды
Единица количества вещества	моль	Количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько атомов содержится в нуклиде углерода-12 массой 0,012 кг
Единица силы света	кандела	Сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, энергетическая сила которого в этом направлении составляет $1/683$ Вт/ср ²

После принятия Международной системы единиц ГКМВ практически все крупнейшие страны стали использовать ее в своей метрологической деятельности. В нашей стране данная система введена в действие с 1 января 1982 г., в соответствии с ГОСТ 8.417 - 81 ГСИ. Единицы физических величин (заменен на ГОСТ 8.417 – 2002 ГСИ. Единицы величин).

На сегодняшний день система СИ действительно стала международной, но вместе с тем применяются и внесистемные единицы, например, тонна, сутки, литр, гектар и др.

Для удобства применения единиц физических величин СИ приняты приставки для образования наименований десятичных кратных единиц и дольных единиц (таблица 1.4)

Таблица 1.4 – Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименования

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

В соответствии с международными правилами кратные и дольные единицы площади и объема следует образовывать, присоединяя приставки к исходным единицам. Таким образом, степени относятся к тем единицам, которые получены в результате присоединения приставок. Например, $1 \text{ км}^2 = 1 (\text{км})^2 = (10^3 \text{ м})^2 = 10^6 \text{ м}^2$.

Все приставки пишутся слитно с наименованием основной единицы, к которой они присоединяются (килограмм, миллиметр). Присоединение двух и более приставок не допускается.

Качественной характеристикой измеряемых величин является их размерность. Она отражает её связь с основными величинами и зависит от выбора последних. Размерность обозначается символом \dim , происходящим от слова dimension, которое в зависимости от контекста может переводиться как размер, и как размерность.

Размерность основных физических величин обозначается соответствующими заглавными буквами. Для длины, массы, времени, например $\dim l = L$; $\dim m = M$; $\dim t = T$.

При определении размерности производных величин руководствуются следующими правилами:

1. Размерности левой и правой частей не могут не совпадать, так как сравниваться между собой могут только одинаковые свойства, объединяя левые и правые части уравнений, отсюда можно прийти к выводу, что алгебраически суммироваться могут только величины, имеющие одинаковые размерности.

2. Алгебра размерностей мультипликативна, т.е. состоит из одного единственного действия – умножения.

2.1. Размерность произведения нескольких величин равна произведению их размерностей. Так, если зависимость между значениями величин Q, A, B, C

имеет вид $Q = A B C$, то $\dim Q = \dim A \dim B \dim C$. 2.2. Размерность частного при делении одной величины на другую равна отношению их размерностей, $Q = A/B$, тогда $\dim Q = \dim A / \dim B$.

2.3. Размерность любой величины, возведённой в некоторую степень, равна её размерности в той же степени, так, если

$$Q = A^n,$$

то

$$\dim Q = \prod_1^n \dim A = \dim^n A.$$

Например, если скорость определять по формуле $V = l/t$, то

$$\dim V = \dim l / \dim t = L/T = LT^{-1}.$$

Если сила по второму закону Ньютона $F = m \cdot a$, где $a = V/t$ – ускорение тела, то

$$\dim F = \dim m \cdot \dim a = ML/T^2 = LMT^{-2}.$$

Таким образом, всегда можно выразить размерность производной физической величины за размерность основных физических величин с помощью степенного одночлена

$$\dim Q = L^{\alpha} \cdot M^{\beta} \cdot T^{\gamma} \dots$$

где L, M, T, \dots – размерности соответствующих основных физических величин; $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ – показатели размерности. Каждый из показателей размерности может быть положительным или отрицательным целым или дробным числом, нулём. Если все показатели размерности равны нулю, то такая величина называется безразмерной. Теория размерностей повсеместно применяется для оперативной проверки правильности сложных формул. Если размерности правой и левой частей уравнений не совпадают, т.е. не выполняется правило 1, то в выводе формулы следует искать ошибку.

3 Порядок выполнения работы

1. Дать характеристику общих правил конструирования систем единиц.

2. Ознакомиться с основными и производными единицами системы СИ, с *правилами написания* обозначений единиц:

- обозначения единиц ставят после их числовых значений и помещают в строку с ними (без переноса на следующую строку). В обозначениях единиц точку и знак сокращения не ставят, например: 10 км (а не 10 км.), 2 с (а не 2 с.);
- между последней цифрой числа и обозначением единицы оставляют пробел, например: 20 °C (а не 20°C или 20° C), 99 % (а не 99%), 220 В (а не 220В). Исключения составляют обозначения в виде знака, поднятого над строкой, перед которыми пробел не оставляют, например: 20°10'35";
- при указании значений величин с предельными отклонениями числовые значения с предельными отклонениями заключают в скобки и обозначения единиц помещают за скобками или проставляют обозначение единицы за числовым значением и ее предельным отклонением, например: 20.0 кг ± 0.1 кг или (5.5 ± 0.2) г;

- обозначение единиц рядом с формулами, выражающими зависимости между величинами, не допускается (т.е. пояснения обозначений величин к формулам даются ниже), например:

$$v = 3,6 \frac{s}{t},$$

где v – скорость, км/ч; s – путь, км; t – время, ч;
буквенные обозначения единиц, входящих в произведение, разделяются точками на средней линии, например: Н·м; с·А; Па·с (а не Нм; с×А; Па с);

- в буквенных обозначениях отношений единиц в качестве знака деления должна применяться только одна черта: косая или прямая. При применении косой черты обозначения единиц в числителе и знаменателе помещают в строку, произведение обозначений единиц в знаменателе заключают в скобки, например, Вт/(м²·К). Допускается вместо знака черты применять обозначения единиц в виде произведений единиц, возведённых в степени $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$; Вт·м²·К⁻¹;

- обозначения единиц, наименования которых образованы по фамилиям ученых, следует писать с прописной (заглавной) буквы, например: 220 В, 25 мА, 50 Гц, 10⁻¹² Гр.

Более полный перечень правил написания обозначений единиц приведен в ГОСТ 8.417–2002.

3. Ознакомиться с принципом образования кратных и дольных единиц.

4. Выполнить ряд заданий, представленных преподавателем по применению теории размерностей, ответить на вопросы. Оформить отчет.

5. Для проверки качества усвоения материала по теории размерностей рекомендуется выполнить следующие задания.

4. Задания для выполнения

При выполнении работы используется ГОСТ 8.417-2002 ГСОЕИ. Единицы величин. Оформление работы согласно ГОСТ 2.105-95 ЕСКД.

Общие требования к текстовым документам.

Для защиты практической работы 1 нужно выполнить 5 заданий.

Задание 1. Выведите размерность физических величин (Приложение А, таблица А.1.1

Примечание: Каждый студент выбирает свой вариант равный порядковому номеру своей фамилии по журналу), используя следующее правило:

1. Выбрать формулу, содержащую буквенное обозначение физической величины.
2. Алгебраически вывести из формулы значение этой величины.

3. В полученное выражение подставить все известные единицы измерения с их размерностями.

4. Выполнить все возможные алгебраические действия над размерностями, упрощающие выражения.

5. Принять полученный результат за искомую единицу измерения и дать ей название.

Смотри пример в приложении.

Задание 2. Выразите результаты измерения физической величины (Приложение А, таблица А.1.2 *Примечание: Каждый студент выбирает свой вариант равный порядковому номеру своей фамилии по журналу*) в единицах Международной системы единиц.

Задание 3. Запишите результаты измерения физической величины, используя приставку для обозначения кратных и дольных единиц (Приложение А, таблица А.1.3 *Примечание: Каждый студент выбирает свой вариант равный порядковому номеру своей фамилии по журналу*) (отметьте не рекомендуемые к использованию).

Задание 4. Запишите правильно значения физической величины (Приложение А, таблица А.1.4 *Примечание: Каждый студент выбирает свой вариант равный порядковому номеру своей фамилии по журналу*). *Задание 5.* По определяющим уравнениям выразите размерности физических величин (*Примечание – задание общее для всех студентов*):

скорость $V = l/t$; ускорение $a = V/t$; сила $F = m \cdot a$; плотность $\rho = m \cdot V$; давление $P = F/S$; работа $A = F \cdot l$; мощность $N = A/t$.

По размерности физических величин определить основные формулы и обозначить единицы измерений: кинематическая вязкость L^2T^{-1} ; удельный вес L^3M^{-1} ; динамическая вязкость $L^{-1}MT^{-1}$; поверхностное натяжение MT^{-2} ; магнитная проводимость $L^2MT^{-2}I^{-2}$; удельное электрическое сопротивление $L^3MT^{-2}I^{-2}$.

Содержание отчета:

1. Наименование и цель работы.
2. Основные теоретические положения, таблица основных и производных единицы системы СИ, множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц.
3. Выполненные расчетные задания.

Вопросы для подготовки к защите практической работы:

1. Что называется физической величиной (ФВ), привести примеры физических величин.
2. Что является важным отличительным признаком измеряемых ФВ?
3. Какие характеристики имеют ФВ?
4. Как можно качественно различить измеряемую ФВ?
5. Что является количественной характеристикой измеряемой ФВ?
6. Что значит найти значение ФВ?
7. Что такое единица ФВ?
8. Перечислите основные единицы системы СИ.
9. Перечислите производные единицы системы СИ.
10. Наименования каких единиц пишется с заглавной буквы?
11. Наименования каких единиц пишется с маленькой буквы?
12. Наименования каких приставок пишется с заглавной буквы и почему?

13. Наименования каких приставок пишется с маленькой буквы?
 14. Что такое система физических величин?

Приложение А

Задание 1 Выведите размерность физических величин (таблица А.1.1)

Примечание: Каждый студент выбирает свой вариант равный порядковому номеру своей фамилии по журналу таблица А.1.1

Вариант	Физическая величина
1	ДАВЛЕНИЕ
2	ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ
3	ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ
4	ПЛОТНОСТЬ
5	СИЛА
6	КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ
7	РАБОТА
8	ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ
9	ДАВЛЕНИЕ
10	НАПРЯЖЕНИЕ
11	ВЕС ТЕЛА
12	НАПРЯЖЕНИЕ
13	ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЭМКОСТЬ
14	МАГНИТНЫЙ ПОТОК
15	СИЛА ТЯЖЕСТИ
16	ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ
17	ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ
18	ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД
19	ВЕС
20	ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОВОДИМОСТЬ
21	ДАВЛЕНИЕ
22	РАБОТА
23	ВЕС ТЕЛА
24	НАПРЯЖЕНИЕ
25	СИЛА ТЯЖЕСТИ

Пример: Необходимо вывести единицу мощности.

- Находим мощность как отношение работы, выполняемой за некоторый промежуток времени, к этому промежутку времени:

$$N = \frac{A}{t}$$

- Выбираем формулу для вычисления работы: $A = F \cdot s$, и подставляем ее в предыдущую формулу: $N = \frac{F \cdot s}{t} = \frac{m \cdot a \cdot s}{t}$

- Подставляем единицы измерения $[N] = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ с}} = \frac{1 \text{ кг} \cdot \text{м} / \text{с}^2 \cdot \text{м}}{1 \text{ с}}$

- Выполняем алгебраические действия $[N] = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^3}$

- Назовем ее ватт (Вт).
 Размерность мощности - $1 \text{ Вт} = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^3}$.

Задание 2 Выразите следующие результаты измерения физической величины (таблица А.1.2) в единицах Международной системы единиц

Примечание: Каждый студент выбирает свой вариант равный порядковому номеру своей фамилии по журналу таблица А.1.1

Вариант	Результаты измерения величин				
1	760 мм рт.ст.	15 л	2 г/см ³	100 км/час	55т/ч
2	20 г/л	900	50 км/сут	6 л/ч	15 об/час
3	90 км/час	5 т/ч	2 об/мин	120 ⁰	10 мм рт.ст
4	1.6 л/ч	180 об/ч	200 га	100 мм рт.ст.	3,8 г/л
5	8 л/час	100 л.с.	30 км/сут	70 га	25 ⁰
6	3,5 ккал	740 мм рт.ст	1.8 л/мин	55т/ч	100 км/ч
7	20 км/сут	2,6 л/ч	150 об/час	200 га	10 мм рт.ст.
8	20 г/см ³	50 км/час	1,5 т/час	4 об/мин	100 кал
9	45 ⁰	40 мм рт.ст	7 л/мин	20 г/л	80 км/ч
10	100 мм рт.ст	3 г/л	45 ⁰	50 км/сут	16 л/ч
11	100кал	770 мм рт.ст	20 л/мин	15 об/час	50 км/мес
12	100 км/час	5 т/мин	2 об/сек	135 ⁰	700 мм рт.ст
13	760 мм рт.ст	15 л/мин	200 г/мм ³	1000 км/год	15 т/ч
14	360 ⁰	40 мм рт.ст	70 л/мин	5 г/см ³	80 км/мес
15	50 км/ч	10 т/ч	4 об/мин	20 ⁰	50 мм рт.ст
16	5 кал	50 мм рт.ст	40 л/сут.	200 мг/м ³	100 км/ч
17	60 мм рт.ст	15 мг/л	2 г/см ³	10 км/ч	90 т/мин
18	270 ⁰	200 га	7 л/мин	5 г/мм ³	800 км/год
19	80 км/час	500 л/год	10 об/ч	90 ⁰	2 мм рт.ст
20	5 ккал	80 мм рт.ст	7 л/мин	100 мг/м ³	100 км/мин
21	360 мм рт.ст.	690 ⁰	690 км/час	3,5 ккал	100 л/год
22	12 об/сек	15 л/мин	20т/ч	300 мг/м ³	65 ⁰
23	125 кал	6,5 ккал	100 га	17 ⁰	70 мм рт.ст
24	60 ⁰	70 км/ч	50 мм рт.ст	35 об/сек	200 га
25	100 мг/м ³	20 об/сек	12 ⁰	55 л/мин	2,5 ккал

Задание 3 Запишите результаты измерения физической величины (таблица А.1.3), используя приставку для обозначения кратных и дольных единиц (отметьте не рекомендуемые к использованию)

Примечание: Каждый студент выбирает свой вариант равный порядковому номеру своей фамилии по журналу

таблица А.1.3

Вариант	Результаты измерения величин				
1	$2 \cdot 10^4$ м	$2 \cdot 10^A$	$5 \cdot 10^{-18}$ Гц	$3,4 \cdot 10^{-1}$ Н	$4 \cdot 10^{-10}$ мЗ
2	$4 \cdot 10^{-1}$ г	$4 \cdot 10^{-6}$ мЗ	$4 \cdot 10^{-18}$ г	$2 \cdot 10^4$ м	$5 \cdot 10^{-12}$ Ф
3	$8 \cdot 10^{12}$ Гц	$2 \cdot 10^9$ мЗ	$2 \cdot 10^4$ м	$7 \cdot 10^6$ м	$4 \cdot 10^{-21}$ г
4	$5 \cdot 10^{-12}$ Ф	$6 \cdot 10^{24}$ мин	$4 \cdot 10^{12}$ кд	$15 \cdot 10^{-12}$ Ф	$3 \cdot 10^9$ Дж
5	$1,8 \cdot 10^{12}$ Па	$1,5 \cdot 10^{-9}$ Кл	$2,3 \cdot 10^{15}$ Вб	$5 \cdot 10^{-18}$ Гц	$3,4 \cdot 10^{-1}$ м
6	$5 \cdot 10^{-2}$ Ом	$14 \cdot 10^{-6}$ Гц	$5 \cdot 10^{-1}$ м	$3 \cdot 10^9$ Дж	$4 \cdot 10^{15}$ кд
7	$4 \cdot 10^2$ г	$7 \cdot 10^{15}$ Дж	$3 \cdot 10^6$ В	$5 \cdot 10^{-18}$ Гц	$3 \cdot 10^2$ Н
8	$8 \cdot 10^{12}$ Гц	$6 \cdot 10^{21}$ Дж	$4 \cdot 10^{12}$ мкд	$15 \cdot 10^{-12}$ Тл	$1,4 \cdot 10^{-3}$ А
9	$5 \cdot 10^2$ Па	$14 \cdot 10^{-9}$ А	$3 \cdot 10^{12}$ Дж	$6 \cdot 10^9$ мЗ	$5 \cdot 10^{-12}$ Ф
10	$5 \cdot 10^{-12}$ Ом	$4 \cdot 10^{-6}$ г	$5 \cdot 10^{-21}$ Кл	$3 \cdot 10^6$ м ²	$9 \cdot 10^{12}$ с
11	$4 \cdot 10^{-12}$ м ²	$5 \cdot 10^{-6}$ мЗ	$4 \cdot 10^{-19}$ с	$4 \cdot 10^{-2}$ Ф	$6 \cdot 10^{-7}$ Кл
12	$3 \cdot 10^{10}$ Н	$6 \cdot 10^{22}$ См	$4 \cdot 10^2$ кд	$15 \cdot 10^{-13}$ Ф	$1,4 \cdot 10^{-9}$ м ³
13	$5 \cdot 10^{-2}$ См	$4 \cdot 10^{-7}$ Гц	$5 \cdot 10^{-1}$ м	$3 \cdot 10^8$ г	$8 \cdot 10^{25}$ г
14	$4 \cdot 10^{-1}$ м	$8 \cdot 10^{12}$ Гц	$4 \cdot 10^8$ г	$5 \cdot 10^{-16}$ Ф	$6 \cdot 10^5$ Дж
15	$2,5 \cdot 10^{10}$ Гц	$68 \cdot 10^{27}$ Па	$20 \cdot 10^{10}$ кд	$1,5 \cdot 10^{-11}$ Ф	$1,4 \cdot 10^{-8}$ м ³
16	$8 \cdot 10^{11}$ мЗ	$6 \cdot 10^{23}$ В	$4 \cdot 10^{12}$ кд	$12 \cdot 10^{-12}$ Ф	$15 \cdot 10^{-4}$ кг
17	$2,5 \cdot 10^{-3}$ Ом	$10 \cdot 10^{-5}$ мин	$7 \cdot 10^{-4}$ м	$9 \cdot 10^9$ Дж	$4 \cdot 10^{18}$ кд
18	$4 \cdot 10^{-7}$ м	$4 \cdot 10^{-6}$ мЗ	$7 \cdot 10^8$ г	$5 \cdot 10^{-13}$ Ф	$2 \cdot 10^{26}$ Дж
19	$8 \cdot 10^{16}$ Гц	$7 \cdot 10^{21}$ Дж	$4 \cdot 10^{-12}$ Н	$1,5 \cdot 10^{-13}$ Ф	$16 \cdot 10^{-23}$ Тл
20	$5,2 \cdot 10^{-13}$ Ом	$40 \cdot 10^{-7}$ Гц	$4 \cdot 10^{-6}$ м ²	$6 \cdot 10^{10}$ Дж	$6 \cdot 10^{17}$ Вт
21	$2 \cdot 10^4$ м	$4 \cdot 10^{-6}$ мЗ	$5 \cdot 10^{-12}$ Ф	$15 \cdot 10^{-12}$ Ф	$3,4 \cdot 10^{-1}$ м
22	$4 \cdot 10^{-10}$ мЗ	$2 \cdot 10^4$ м	$4 \cdot 10^{-18}$ г	$6 \cdot 10^{24}$ мин	$68 \cdot 10^{27}$ Па

23	$8 \cdot 10^{12}$ Гц	$5 \cdot 10^{-6}$ м3	$1,5 \cdot 10^{-13}$ Ф	$4 \cdot 10^{-21}$ г	$5 \cdot 10^{-2}$ Ом
24	$4 \cdot 10^{-6}$ т	$5 \cdot 10^{-2}$ См	$10 \cdot 10^{-5}$ мин	$5 \cdot 10^{-12}$ Ф	$4 \cdot 10^2$ г
25	$14 \cdot 10^{-9}$ А	$5 \cdot 10^{-21}$ Кл	$4 \cdot 10^{12}$ кД	$5,2 \cdot 10^{-13}$ Ом	$4 \cdot 10^{-6}$ т

Задание 4 Запишите правильно значения физической величины (таблица А.1.4).

Примечание: Каждый студент выбирает свой вариант равный порядковому номеру своей фамилии по журналу

таблица А.1.4

Вариант	Результаты измерения величин					
	т					
1	150кВт	90^0 С	50 ± 1 В	95 Нм	$110 \frac{\text{т}}{\text{м}^2/\text{К}}$	210^0 К
2	50 м/с	127В	$95 \frac{\text{Нм}}{\text{с}^{-1}}$	110 Ватт/м ² /К	100^0 С	$50 \text{ В} \pm 1$
3	5 м/сек	273^0 К	100Ам	50 ± 1 гр.	90 км/час	$90^0,46$
4	100^0 К	$110 \frac{\text{В}}{\text{м}^2/\text{К}}$	$95 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}^{-1}}$	10Ам.	$100^0 \text{ К} \pm 1$	$110 \frac{\text{В}}{\text{м}^2/\text{К} \cdot \text{с}}$
5	50 ± 5 мкм	$5 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}^{-1}}$	90 км/час	$1^0,46$	10 мм.рт.ст.	5 сек
6	100^0 С	$100 \frac{\text{В}}{\text{м}^2/\text{К}}$	50 ± 5 м.	10 мм.рт.ст.	$5 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}^{-1}}$	50 ± 5 Ам
7	90 км/час	10^0 С	5 сек-1	50 ± 5 м.	$110 \frac{\text{В}}{\text{м}^2/\text{К}-1}$	$5 \text{ м}/\text{с}^2$
8	$5 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}^{-1}}$	$10^0 \frac{\text{С}}{\text{час}}$	40 км/час	$5 \frac{\text{Н} \cdot \text{метр}}{\text{с}^{-1}}$	5 секунд	$5 \text{ В}/\text{с}$
9	$220 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{кг}}{\text{с}^3} / \text{А}$	$50,0 \pm 0,5$ м	$110 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2/\text{К}}$	109^0 С	$98 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}^{-1}}$	$3 \frac{\text{Джоуль}}{\text{кг} \cdot ^0\text{С}}$
10	100^0 С	70 км/час	$10 \frac{\text{В}}{\text{м}^2} \cdot \text{К}$	90 км/час.	5 Нм	$50 \frac{\text{Н} \cdot \text{метр}}{\text{сек}^{-1}}$
11	5 км/сек	273^0 К	100Ам	50 ± 5 гр	90 км в час	$9^0,46$
12	$100^0 \text{ К} \pm 5$	$120 \frac{\text{В}}{\text{м}^2/\text{К}}$	$9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}^{-1}}$	10 Амп.	100^0 С	$110 \frac{\text{В}}{\text{м}^2/\text{К} \cdot \text{с}}$
13	50 ± 5 мкм	$5 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}^{-1}}$	90 км/час.	$1^0,4$	10 мм.рт.ст.	5 сек
14	100^0 С	$100 \frac{\text{В}}{\text{м}^2/\text{К}}$	50 ± 5 м.	10 мм.рт.ст.	$5 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}^{-1}}$	50 ± 5 Ам
15	80 км/час	10^0 С	5 сек-1	50 ± 5 м.	$110 \frac{\text{В}}{\text{м}^2/\text{К}-1}$	$5 \text{ м}/\text{с}^2$

16	$5 \text{ Н} \cdot \text{м} / \text{с}^{-1}$	10^0 С/час	40 км/час	5 $\text{Н} \cdot \text{метр} / \text{с}^{-1}$	5 секунд	5 В/s
17	220 $\text{м}^2 \text{кг} / \text{с}^3 /$ А	$50,0 \pm 0,$ 5 м	110 $\text{Вт} / \text{м}^2 / \text{К}$	109^0 С	$98 \text{ Н} \cdot \text{м} / \text{с}^{-1}$	3 Джоуль/кг $\cdot 10^6 \text{ С}$
18	50^0 С	30 км/час	$10 \text{ В} / \text{м}^2 \cdot$ К	50 км/час.	3 Нм	50 $\text{Н} \cdot \text{метр} / \text{сек}$ $^{-1}$
19	100 КВт/ми н	90^0 С	$50 \pm 1 \text{ В}$	95 Нм	220 $\text{Вт} / \text{м}^2 / \text{К}$	210^0 К
20	30 м/с	27В	$93 \text{ Н} \cdot \text{м} / \text{с}^{-1}$ ₁	110 $\text{Ватт} / \text{м}^2 /$ К	100^0 С	$50 \text{ В} \pm 1$
21	$50 \pm 1 \text{ В}$	95 $\text{Н} \cdot \text{м} / \text{с}^{-1}$	100 Ам	$95 \text{ Н} \cdot \text{м} / \text{с}^{-1}$	30 км/час	$50 \pm 1 \text{ гр.}$
22	$50,0 \pm 0,5$ м	$90^0,46$	5 км/сек	$50 \pm 5 \text{ мкм}$	220 $\text{м}^2 \text{кг} / \text{с}^3 /$ А	$5 \text{ Н} \cdot \text{метр} / \text{с}^{-1}$ ₁
23	$50 \pm 5 \text{ мкм}$	5 $\text{Н} \cdot \text{м} / \text{с}^{-1}$	90 км/час	$1^0,46$	10 мм.рт.ст.	5 сек
24	$3 \text{ Н} \cdot \text{м} / \text{с}^{-1}$	20^0 С/час	$50 \pm 1 \text{ В}$	51 $\text{Н} \cdot \text{метр} / \text{с}^{-1}$	15 секунд	15 В/s
25	$40 \pm 5 \text{ мк}$ м	5 $\text{Н} \cdot \text{м} / \text{с}^{-1}$	10 км/час.	$11^0,4$	20 мм.рт.ст.	3 сек

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

Тема «АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ И ПОРЯДКА ПРОВЕДЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ»

Цель работы: выполнить анализ организационных и поверочных мероприятий метрологической поверки средств измерений

После выполнения работы студент должен:

ЗНАТЬ: порядок проведения поверки средств измерения

УМЕТЬ: организовать метрологическую поверку средств измерений

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ:

Поверка средств измерений – совокупность операций, выполняемых органами Государственной метрологической службы (другими уполномоченными органами, организациями) с целью определения и подтверждения соответствия средств измерений установленным техническим требованиям.

1. Средства измерений, подлежащие государственному метрологическому контролю и надзору, подвергаются поверке органами Государственной метрологической службы при выпуске из производства или ремонта, при ввозе по импорту и эксплуатации.

Эталоны органов Государственной метрологической службы, а также средства измерений, им не поверяемые, подвергаются поверке государственными научными метрологическими центрами

2. По решению Госстандарта России право поверки средств измерений может быть предоставлено аккредитованным метрологическим службам юридических лиц. Деятельность этих метрологических служб осуществляется в соответствии с действующим законодательством и нормативными документами по обеспечению единства измерений Госстандарта России.

3. Поверочная деятельность, осуществляемая аккредитованными метрологическими службами юридических лиц, контролируется органами Государственной службы по месту расположения этих юридических лиц.

4. Поверка средств измерений осуществляется физическим лицом, аттестованным в качестве поверителя в порядке, устанавливаемым Госстандартом России.

5. Поверка производится в соответствии с нормативными документами, утверждаемыми по результатам испытаний по утверждению типа средства измерений.

6. Результатом поверки является подтверждение пригодности средств измерений к применению или признание средства измерений непригодным к измерению.

Если средство измерений по результатам поверки признано пригодным к применению, то на него или техническую документацию наносится **поверительное клеймо** или выдается «Свидетельство о поверке».

Форма «Свидетельства о поверке» приведена в приложении 1 и 1в.

Поверительные клейма наносят на средство измерений во всех случаях, когда конструкция средств измерений не препятствует этому и условия их эксплуатации обеспечивают сохранность поверительных клейм в течение всего межповерочного интервала.

Если особенности конструкции (при условии эксплуатации) средств измерений делают невозможным нанесение на них поверительных клейм, то поверительные клейма наносят на паспорт или формуляр средств измерений.

Если средство измерений по результатам поверки признано непригодным к применению, **поверительное клеймо** гасится, «Свидетельство о поверке» аннулируется, выписывается «Извещение о непригодности» или делается соответствующая запись в технической документации.

Форма «Извещения о непригодности» приведена в приложении 2.

В целях предотвращения доступа к узлам регулировки или элементам конструкции средств измерений, при наличии у средств измерений мест пломбирования, на средства измерений устанавливаются пломбы, несущие на себе поверительные клейма.

7. Ответственность за ненадлежащее выполнение поверочных работ и несоблюдение требований соответствующих нормативных документов несет орган Государственной метрологической службы или юридическое лицо, метрологической службой которого выполнены поверочные работы.

8. При выполнении поверочных работ на территории отдельного региона с выездом на место эксплуатации средств измерений орган исполнительной власти этого региона обязан оказывать поверителям содействие, в том числе:

9. Предоставлять им соответствующие помещения, обеспечивать их соответствующим персоналом и транспортом, извещать всех владельцев и пользователей средств измерений о времени поверки.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

2.1. Средства измерений подвергаются первичной, периодической, внеочередной и инспекционной поверке.

2.2. Первичной поверке подлежат средства измерений утвержденных типов при выпуске из производства и ремонта, при ввозе по импорту.

Первичной поверке могут не подвергаться средства измерений при ввозе по импорту на основании заключенных международных соглашений (договоров) о признании результатов поверки, произведенной в зарубежных странах.

2.3. Первичной поверке подлежит, как правило, каждый экземпляр средств измерений.

Допускается выборочная поверка.

2.4. Первичную поверку органы Государственной метрологической службы могут производить на контрольно-поверочных пунктах, организуемых юридическими лицами, выпускающими и ремонтирующими средства измерений.

2.5. Периодической поверке подлежат средства измерений, находящиеся в эксплуатации или на хранении, через определенные межповерочные интервалы.

2.6. Конкретные перечни средств измерений, подлежащих поверке, составляют юридические и физические лица – владельцы средств измерений.

Перечни средств измерений, подлежащих поверке, направляют в органы Государственной метрологической службы.

Органы государственной метрологической службы в процессе осуществления государственного надзора за соблюдением метрологических правил и норм контролирует правильность составления перечней средств измерений, подлежащих поверке.

2.7. Периодическую поверку должен проходить каждый экземпляр средств измерений. Периодической поверке могут не подвергаться средства измерений, находящиеся на длительном хранении. Периодическую поверку средств измерений, предназначенных для измерений (воспроизведения) нескольких величин или имеющих несколько диапазонов измерений, но используемых для измерения (воспроизведения) меньшего числа величин или на меньшем числе диапазонов измерений, допускается на основании решения главного метролога или руководителя юридического лица производить только по тем требованиям нормативных документов по поверке, которые определяют пригодность средств измерений для применяемого числа величин и применяемых диапазонов измерений.

Соответствующая запись должна быть сделана в эксплуатационных документах.

2.8. Результаты периодической поверки действительны в течение межповерочного интервала.

2.9. Первый межповерочный интервал устанавливается при утверждении типа. Органы Государственной метрологической службы и юридические лица обязаны вести учет результатов периодических поверок и разрабатывать рекомендации по корректировке межповерочных интервалов с учетом специфики их применения.

2.10. Корректировка межповерочных интервалов проводится Органом Государственной метрологической службы по согласованию с метрологической службой юридического лица.

2.11. В тех случаях, когда согласие сторон по п.2.10 не достигнуто, результаты исследований, позволяющие вынести заключение об изменении межповерочных интервалов, передаются в государственные научно-метрологические центры, которые дают соответствующее заключение.

2.12. Периодическая поверка может производиться на территории пользователя, органа Государственной метрологической службы или юридического лица, аккредитованного на право поверки.

Место поверки выбирает пользователь средств измерений, исходя из экономических факторов и возможности транспортировки поверенных средств измерений и эталонов.

2.13. Средства измерений должны предоставляться на поверку по требованию органа Государственной метрологической службы расконсервированными, вместе с техническим описанием, инструкцией по эксплуатации, методикой поверки, паспортом или свидетельством о последней поверке, а также необходимыми комплектующими устройствами.

2.14. Внеочередную поверку средств измерений, находящихся в эксплуатации, проводят при:
-повреждении поверительного клейма, пломб, несущих на себе поверительные клейма или в случае утраты свидетельства о поверке
-вводе в эксплуатацию средств измерений после длительного хранения (более одного межповерочного интервала)
-проведении повторной юстировки или настройки, известном или предполагаемом ударном воздействии на средство измерений или неудовлетворительной работе прибора.

2.15. Инспекционную проверку производят для выявления пригодности к применению средств измерений при осуществлении государственного метрологического надзора.

3. ПОРЯДОК ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ НА ПОВЕРКУ В ОРГАНЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ

3.1. Юридические и физические лица, выпускающие средства измерений из производства или ремонта, обязаны своевременно предоставлять средства измерений на поверку.

3.2. Органы Государственной метрологической службы осуществляют поверку средств измерений на основании графиков поверки, составляемых юридическими и физическими лицами.

3.3. Графики поверки составляются по видам измерений по форме, представленной в приложении 3.

3.4. Графики поверки составляются на срок, устанавливаемый владельцами средств измерений.

3.5. Сроки представления графиков поверки устанавливают органы Государственной метрологической службы.

3.6. Графики поверки могут быть скорректированы в зависимости от изменения номенклатуры и количества средств измерений.

3.7. Графики поверки направляются в орган Государственной метрологической службы на обслуживаемой территории которого находятся владельцы средств измерений.

Графики поверки составляются в 3-х экземплярах.

3.8. В течение 10 дней с момента поступления графиков поверки средств измерений орган Государственной метрологической службы проводит их рассмотрение.

3.9. Порядок рассмотрения и согласования графиков поверки средств измерений устанавливает руководитель органа Государственной метрологической службы.

3.10. При рассмотрении графиков поверки определяют средства измерений, поверка которых производится в органе Государственной метрологической службы.

3.11. Данные средства измерений отмечаются в третьем экземпляре, который возвращается для сведения Заявителю.

3.12. В ответе могут быть указаны другие органы Государственной метрологической службы или юридические лица, которые могут обеспечить поверку средств измерений, не обеспеченных поверкой в данном органе Государственной метрологической службы.

3.13. Заявитель повторно направляет графики поверки в другой орган государственной метрологической службы или юридическое лицо по своему выбору, который их согласовывает.

3.14. При согласовании графиков поверки проверяют полноту информации о средствах измерений, предоставляемых на поверку, уточняют место, сроки, объем поверки, а также оплату.

3.15. Первый экземпляр согласованных графиков поверки и подписанных руководителем органа Государственной метрологической службы направляется Заявителю.

3.16. Доставку средств измерений на поверку обеспечивают юридические и физические лица – владельцы средств измерений.

Средства измерений сдаются на поверку в органы Государственной метрологической службы под расписку.

3.17. Ответственность за сохранность средств измерений несет орган Государственной метрологической службы в соответствии с действующим законодательством.

Проверка электроизмерительных приборов. Целью поверки электроизмерительных приборов вообще является устранение соответствия точности прибора классу точности, указанному на его шкале или установление класса точности прибора.

Для обозначения класса точности приборов служит величина основной погрешности прибора, выраженная в процентах. Основная погрешность равна приведенной погрешности прибора, определенной в нормальных рабочих условиях.

Приведенная погрешность Y есть выраженное в процентах отношение абсолютной погрешности показания $\Delta A = A_{\text{изм}} - A$

ΔA

$$Y = \frac{\Delta A}{A_n} \times 100\%$$

A_n

Абсолютная погрешность есть разница между измеренным и действительным значением измеряемой величины $\Delta A = A_{\text{изм}} - A$

Абсолютная погрешность с обратным знаком является поправкой прибора $A = -\Delta A$. Согласно ГОСТа 1845-59, измерительные приборы делятся, на восемь классов точности: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4.

Поверка приборов производится методов непосредственного сравнения, заключающимися в сравнении показателей испытуемого прибора с показаниями образцового, погрешности которого известны.

Образцовая аппаратура должна обеспечивать точность измерений выше той, которую обеспечиваем поверяемый прибор.

Для получения надлежащей точности измерений, выбор измерений образцовых приборов должен быть сделан таким образом, чтобы стрелка прибора при отсчете не находилась в первой трети шкалы.

ПОВЕРКА АМПЕРМЕТРА

При проверке амперметры, как измеряемый, так и образцовый, включаются последовательно, так что по ним протекает один и тот же ток. Перед началом проверки необходимо убедиться, что стрелки прибора стоят на нулевом делении шкалы.

Поверка прибора производится в следующей последовательности:

По поверяемому прибору устанавливают силу тока (I_1), с помощью латра, изменяя его плавно от 0 до номинального значения. Поверка производится на каждой числовой шкале отметке шкалы, у которой поставлено число, обозначающее значение измеряемой величины, и по образцовому прибору производят отсчет действительного значения измеряемой величины. Затем дойдя до конца шкалы, делает поверку при убывающих значениях измеряемой величины (I_2) от конца шкалы до 0. Абсолютная погрешность прибора определяется как среднее арифметическое двух поверок при возрастающей и убывающей силы тока.

$$U_{\text{ср.}} = \frac{I_1 + I_2}{2} \qquad \Delta I_0 = I_n - I_{\text{ср.}}$$

ПОВЕРКА ВОЛЬТМЕТРА

При проверке вольтметра, как измеряемый, так и образцовый, включается параллельно, что обуславливает одинаковые напряжения на зажимах обоих вольтметров. Перед началом проверки необходимо убедиться, что стрелки прибора стоят на нулевом делении шкалы.

Проверка прибора производится в следующей последовательности:

по проверяемому прибору устанавливают напряжение с помощью латра, изменяя его плавно от 0 до номинального значения.

Проверка производится на каждой числовой отметке шкалы, у которой поставлено число, обозначающее значение измеряемой величины, и по образцовому прибору производят отсчет действительного значения измеряемой величины (U_1). Затем дойдя до конца шкалы, делает проверку при убывающих значениях измеряемой величины от конца шкалы до 0 (U_2).

Абсолютная погрешность прибора определяется как среднее арифметическое двух проверок при возрастающем и убывающем напряжении

$$U_{\text{ср.}} = \frac{U_1 + U_2}{2} \qquad \Delta U_0 = U_n - U_{\text{ср.}}$$

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

1. Сформулируйте и запишите порядок организации и проведения проверки.
2. Сформулируете и запишите порядок представления средств измерения на проверку в органы государственной метрологической службы.
3. Сформулируйте и запишите порядок проверки электроизмерительных приборов (амперметра, вольтметра)
4. Проанализируйте формы документации, заполняемые при проверке средств измерений (приложение 1, 1а, 2, 3). Запишите в каких случаях применяются эти формы.
5. Сделайте и запишите выводы
6. Для защиты работы необходимо ответить преподавателю на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. В каких случаях на средства измерения наносится поверительное клеймо
2. Что такое межповерочный интервал
3. С кем согласуется график проверки средств измерений
4. Как осуществляется проверка вольтметра
5. Как осуществляется проверка амперметра

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение 1

наименование органа Государственной метрологической службы, юридического лица

СВИДЕТЕЛЬСТВО

О ПОВЕРКЕ

N _____

Действительно до
"___"____г.

Средство измерений _____
наименование, тип.

Серия и номер клейма предыдущей поверки (если такие серия и номер имеются)

заводской номер _____
принадлежащее _____

наименование юридического (физического) лица, ИНН

поверено и на основании результатов первичной (периодической) поверки признано пригодным к применению.

Поверительное клеймо

должность руководителя _____
подразделения _____
подпись _____ инициалы, фамилия _____

Поверитель _____
Подпись _____ инициалы, фамилия _____

"___"____ 20__ г.

Примечание. Обратная сторона свидетельства о поверке заполняется в соответствии с нормативными документами по поверке средств измерений.

Приложение 1а

Именно свидетельство о поверке является для средств измерений, соответствующих установленным требованиям, основным документом.

наименование органа ГИС, ГИМЦ, юридического лица _____

СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПОВЕРКЕ N _____

Действительно до
"___"____ г.

Экземпляр (средство измерений) _____
наименование, тип (или в скобках название измерений) _____
измерений (видов) установленных требований, на которые он поверен(а).

Серия и номер клейма предыдущей поверки (если такие серия и номер имеются) _____

заводской номер (измеряет) _____

принадлежность _____
наименование юридического (физического) лица, ИНН _____
дату и место выдачи с _____
наименование и номер документа, на который поверен(а)

с применением эталона: _____
наименование, заводской номер, разряд _____

АККС или организация _____
для фиксации значимых элементов факторов: _____
применяет первичный, вторичный, фото-

лента, микрофильм и документ на микроплёнку поверки, с указанием их значений и по окончании результатов первичной (периодической) поверки признано пригодным к применению.

Поверительное клеймо

Должность руководителя _____
подразделения _____
подпись _____ инициалы, фамилия _____

Поверитель _____
Подпись _____ инициалы, фамилия _____

наименование органа государственной метрологической службы, юридического лица

**ИЗВЕЩЕНИЕ
О ПОДГОТОВКЕ И ПРИМЕНЕНИИ**
И _____

СРЕДСТВО ИЗМЕРЕНИЙ _____
наименование, тип

Сфера и номер класса действительной поверки (если такое свидетельство имеется)

Принадлежность _____
наименование юридического (физического) лица

поверки и на основании результатов поверки проведены метрологическим и прикладным в сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора.

Присвоены метрологическим _____

должность руководителя подразделения _____
Подпись _____ инициалы, фамилия

Проверитель _____
Подпись _____ инициалы, фамилия

г. _____ 20__ г.

 наименование юридического лица,
 физическое лицо

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель органа
 Государственной
 метрологической службы

 подпись инициалы, фамилия

Тел. _____

ГРАФИК
поверки средств измерений

Вид измерений

NN п/п	Наименование, тип, заводское обозначение	Метрологические характеристики		Перио- дичность поверки (месяцы)	Дата послед. поверки	Место прове- дения поверки	Сроки прове- дения поверки	Сфера госу- дарст- венно - го мет- роло- гиче- ского кон- троля и надзора
		Класс точности, погреш- ность	Предел (диапа- зон) измере- ний					
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Руководитель

 наименование юридического лица,
 физическое лицо

 подпись инициалы, фамилия

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

Тема. ИЗУЧЕНИЕ ФЗ «ОБ ОБЕСПЕЧЕНИИ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ»

Цель работы: - изучить Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений»; - рассмотреть структуру и содержание Федерального закона «Об обеспечении единства измерений».

Задание № 1. Изучите структуру и содержание предложенного Федерального закона.

Задание № 2. Законспектируйте и дайте ответы на предложенные вопросы. а) Дайте определения приведенным ниже терминам:

- аттестация методик (методов) измерений;
 - государственный эталон единицы величины;
 - эталон единицы величины; - прослеживаемость средств измерений;
 - единица величины;
 - поверка средств измерений;
 - методика (метод) измерений;
 - метрологические требования;
 - средство измерений; - стандартный образец;
- б) Письменно ответьте на следующие вопросы:
1. Когда вступил в силу Федеральный закон № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений»?
 2. Что настоящий Федеральный закон регулирует?
 3. На какие измерения распространяется сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений?
 4. Какие требования предъявляются к средствам измерений?
 5. Какие средства измерений, до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта подлежат первичной поверке, а в процессе эксплуатации – периодической поверке?
 6. С использованием чего выполняется калибровка средств измерений?
 7. Что является основополагающим документом по метрологическому обеспечению в РФ?

Требования к оформлению данной практической работы:

Работу необходимо оформить автоматизированным способом в формате Word.

Требования к шрифтам, межстрочному расстоянию, абзацам и построению документа в соответствии с ГОСТ Р 2.105-2019.

Если нет возможности выполнить работу автоматизированным способом, тогда работа должна быть выполнена ручным способом и соблюдены требования по построению документа в соответствии с ГОСТ Р 2.105-2019.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

по изучению Федерального закона «о техническом регулировании»

Цель работы.

Рассмотрение основных положений Закона, принципов технического регулирования, порядка разработки, принятия, изменения и отмены технического регламента.

Изучение целей и принципов стандартизации, документов в области стандартизации, правил разработки и утверждения национальных стандартов. Изучение основных положений и норм Закона «О техническом регулировании» в области подтверждения соответствия.

Справочный материал.

Федеральный закон «О техническом регулировании»

Техническое регулирование – это правовое регулирование отношений в области установления, применения и исполнения обязательных и добровольных требований к продукции, процессам и услугам, а также правовое регулирование отношений в области оценки соответствия.

Федеральный закон «О техническом регулировании» был принят 27.12.2002 года и вступил в силу с 01.07.2003 года. Принятие этого закона положило начало реорганизации Государственной системы стандартизации РФ (ГСС РФ), которая необходима для вступления России во Всемирную торговую организацию (ВТО) и устранения технических барьеров в торговле. В результате реорганизации к 2010 году ГСС РФ будет преобразована в Национальную систему стандартизации РФ (НСС РФ), с изменением статуса системы с государственного на добровольный.

Закон «О техническом регулировании» направлен на разделение требований к качеству продукции на обязательные к исполнению и добровольные. *Обязательные требования* к продукции устанавливаются техническими регламентами (ТР), имеющими статус федеральных законов и принимаемых Государственной думой. ТР содержат перечень параметров продукции, обеспечивающих безопасность потребителя. *Добровольные требования* к продукции устанавливаются стандартами. Стандарт приобретает статус рыночного стимула.

Задание 1. Используя текст Закона «О техническом регулировании», письменно дайте определения следующим понятиям:

1. Безопасность продукции и связанных с ней процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации;
2. Ветеринарно-санитарные и фитосанитарные меры;
3. Декларирование соответствия;
4. Декларация о соответствии;
5. Заявитель;
6. Знак обращения на рынке;
7. Знак соответствия;
8. Идентификация продукции;
9. Международный стандарт;
10. Орган по сертификации;
11. Оценка соответствия;
12. Подтверждение соответствия;
13. Продукция;
14. Риск;
15. Сертификация;

16. Сертификат соответствия;
17. Техническое регулирование;
18. Технический регламент;
19. Формы подтверждения соответствия;
20. Эксперт-аудитор

Задание 2. Изучите принципы технического регулирования по ст. 3 Закона «О техническом регулировании». Результаты оформите в виде таблицы 1.

Таблица 1 - Основные принципы технического регулирования

Наименование принципа	Характеристика

Задание 3. Изучите порядок разработки, принятия, изменения и отмены технического регламента, опираясь на ст. 9 Закона «О техническом регулировании». Составьте схему, наглядно показывающую порядок разработки и применения технического регламента.

Задание 4. Перечислите нормативные документы, используемые на территории Российской Федерации в настоящее время. Какие из них не предусмотрены Федеральным законом «О техническом регулировании»?

Задание 5. Руководствуясь ст. 18 Закона «О техническом регулировании», напишите цели подтверждения соответствия.

Задание 6. Изучите принципы подтверждения соответствия по ст. 19 Закона «О техническом регулировании». Результаты представьте в виде таблицы 2.

Таблица 2 - Принципы подтверждения соответствия

Наименование принципа	Сущность принципа

Задание 7. Ознакомившись с Главой 4 «Подтверждение соответствия» Федерального закона «О техническом регулировании», заполните таблицу 3.

Таблица 3 - Сравнительный анализ разных форм подтверждения соответствия

Форма подтверждения соответствия	Основные цели	Объекты	Основание для проведения	Нормативная база	Сущность оценки соответствия
Обязательная сертификация					
Добровольная сертификация					
Декларирование соответствия					

Задание 8. Изучив Главу 6 «Государственный контроль (надзор) за соблюдением требований технических регламентов» Федерального закона «О техническом регулировании», напишите права и обязанности органов государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов.

Контрольные вопросы:

1. Какие Законы РФ утратили силу со дня вступления в действие Федерального закона «О техническом регулировании»?
2. Что такое техническое регулирование?

3. Что такое технический регламент?
4. Каковы цели принятия технических регламентов?
5. Какие существуют виды технических регламентов, каков порядок их разработки и принятия?
6. Назовите принципы технического регулирования.
7. Что такое технический барьер?
8. Какие функции выполняет Федеральное агентство по техническому регулированию?
9. Каковы цели подтверждения соответствия?
10. Что такое принцип подтверждения соответствия.
11. Что такое знак обращения на рынке?
12. Что такое знак соответствия?
13. Может ли добровольная сертификация продукции, подлежащей обязательной сертификации, заменить обязательную сертификацию такой продукции?
Объяснить почему
14. Может ли Заявитель выбирать орган по сертификации?
15. Назовите органы, осуществляющие государственный контроль (надзор) за соблюдением требований технических регламентов.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8 по определению погрешностей измерительных приборов

Наименование работы: Определение погрешностей измерительных приборов

Цель работы: Научиться определять погрешности средств измерений

Задание: Решить 3 задачи, сделать вывод

Задача №1 (Данные для решения задачи1 – в Таблице1)

1. Определить для вольтметра с пределом измерений U_{\max} (В) класса точности **К** приведенную и относительную погрешность для точек U_1 ; U_2 ; U_3 ; U_4 ; U_s В и наибольшую абсолютную погрешность прибора.

Решение:

1. **Определение Приведенной погрешности:** - это выраженное в процентах отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению, она постоянна и равна классу точности прибора

$$\delta = \frac{\Delta U}{U_{\max}} * 100(\%) \quad \delta = \mathbf{K}$$

2. Определение Относительной погрешности:

Для однократного измерения – это выраженное в процентах отношение абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины, но т.к. оно известно, в расчетах можно определить по формуле:

$$\gamma = \frac{\Delta U}{U_{\text{изм}}} * 100 = \mathbf{K} * \frac{U_{\max}}{U_{\text{изм}}}$$

где U_{\max} (В)-диапазон измерений;

$U_{\text{изм}}$ (В)-измененные значения физической величины

Необходимо определить относительную погрешность для каждого измерения, т.е. сделать расчет 5 раз. После этого надо сравнить все результаты и сделать вывод, при каком измерении **Относительная** погрешность будет минимальна.

3. **Определение Абсолютной погрешности** однократного измерения – это разность между выходным сигналом физической величины (показанием прибора) и истинным значением физической величины. Т.к. оно неизвестно, в расчетах можно определить по формуле:

$$\Delta U = \frac{K * U_{max}}{100}$$

Определенная таким образом погрешность постоянна на всех отметках рабочей части шкалы прибора, т.е. достаточно определить один раз.

Сделать вывод по задаче

Варианты заданий:

Таблица 1. Задача 1:

№ варианта	Диапазон измерений U_{max} (В)	Класс Точности прибора	$U_{изм}$ (В) – измеренные значения физической величины				
			U_1 , В	U_2 , В	U_3 , В	U_4 , В	U_5 , В
1;14	200	0,5	100	85	178	78	66
2;15	10	1	5	2,5	3	4,5	1,5
3;16	15	1,5	6	10	12	7	11
4;17	50	2	23	30	20	44	8
5;18	30	2,5	15	20	13	28	7
6;19	100	0,2	40	26	86	94	71
7;20	250	0,1	56	125	245	180	56
8;21	150	4	68	100	132	98	36
9;22	5	0,5	0,78	1	2	3	4
10;23	30	1	28	15	13	8	18
11;24	30	1,5	18,9	25	23	13	9
12;25	20	2	17,8	13	15	12	18
13;26	300	2,5	250	180	146	178	64

Задача 2 (Данные для решения задачи 2 – в Таблице2)

Требуется выбрать один из двух поддиапазонов U_{max1} или U_{max2} магнитоэлектрического вольтметра класса точности **K** так, чтобы минимизировать максимальную, без учета знака, погрешность измерения напряжения, значение которого близко к $U_{изм}$ **Решение:**

1. Определить **относительную** погрешность в (%) измерения для каждого диапазона с учетом максимального значения измеряемой величины по шкале

$$Y^1 = \frac{\Delta U}{U_{изм}} * 100 = K * \frac{U_{max}}{U_{изм}}$$

$$Y^2 = \frac{\Delta U}{U_{изм}} * 100 = K * \frac{U_{max}}{U_{изм}}$$

2. Определить **абсолютную** погрешность для каждого диапазона

$$\Delta U = \frac{K * U_{max1}}{100}$$

$$\Delta U = \frac{K * U_{max2}}{100}$$

3. Сравнить полученные результаты расчетов и выбрать диапазон измерений, при котором погрешности будут минимальные.

Таблица 2. Задача 2:

№ варианта	Диапазон измерений U_{max1} (В)	Диапазон измерений U_{max2} (В)	Класс Точности прибора	$U_{изм};$ В
1;14	0-30	0-100	0,5	18
2;15	0-150	0-50	1	25
3;16	0-250	0-150	1,5	125
4;17	0-50	0-100	2	30
5;18	0-100	0-200	2,5	75
6;19	0-200	0-50	0,2	48
7;20	0-30	0-150	0,1	25
8;21	0-150	0-30	4	15
9;22	0-250	0-50	0,5	46
10;23	0-150	0-100	1	75
11;24	0-100	0-50	1,5	45
12;25	0-200	0-30	2	18
13;26	0-300	0-100	2,5	80

Задача 3 (Данные для решения задачи 3 – в Таблице3)

Для проверки лабораторного ваттметра использовали образцовый прибор и сравнивали показания испытуемого ваттметра с показаниями образцового. Опыт производили 5 раз (W_{0i} и $W_{иi}$). Диапазон у приборов одинаков - W_{max} . Необходимо определить класс точности испытуемого ваттметра на основе проведенных измерений.

Решение:

1. Показания образцового ваттметра можно принять близкими к истинным значениям измеряемой величины. Поэтому можно определить абсолютную погрешность при каждом измерении

$$\Delta X_1 = W_{и1} - W_{01}$$

$$\Delta X_2 = W_{и2} - W_{02}$$

$$\Delta X_3 = W_{и3} - W_{03}$$

$$\Delta X_4 = W_{и4} - W_{04}$$

$$\Delta X_5 = W_{и5} - W_{05}$$

2. Известно, что класс точности прибора – это максимальная приведенная погрешность. Необходимо определить приведенную погрешность при каждом измерении и выбрать из 5 значение максимальное. Абсолютную погрешность учитываем без знака

$$\delta = \frac{\Delta X}{X_{max}} * 100(\%) \quad \delta = K$$

$$X_{max} = W_{max}$$

3. Определить класс точности прибора из перечня классов точности, утвержденных ГОСТ 8.401

«Классы точности (Выдержка из ГОСТ 8.401: приборы подразделяются на 8 классов точности: 0,05;

0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 1,5; 2,5 и 4,0)

Таблица 3. Задача 3:

№ варианта	Диапазон измерений W_{max} (Вт)	$W_{и1}/W_{о1}$	$W_{и2}/W_{о2}$	$W_{и3}/W_{о3}$	$W_{и4}/W_{о4}$	$W_{и5}/W_{о5}$
1;14	0-250	149/150	112/115	78/80	59/60	126/123
2;15	0-50	48,5/50	32/30	18/20	48/50	18/15
3;16	0-100	74,8/75	69/70	99/100	46/45	33/35
4;17	0-200	199/200	155/150	99/100	53/55	148/150
5;18	0-300	267/266,7	189/190	213/215	77/80	113/110
6;19	0-30	15,3/15	6/8	11/10	19/20	13/15
7;20	0-150	99/100	77/75	79/80	26/25	18/20
8;21	0-250	239/240	136/140	121/120	145/150	249/250
9;22	0-50	29/30	18/20	11/10	9/10	6/5
10;23	0-100	64,7/65	89/90	71/75	12/15	89/90
11;24	0-200	189,8/190	99/100	189/190	149/150	71/75
12;25	0-30	28,9/30	11/10	29/30	28/30	18/20
13;26	0-150	148,9/150	101/100	68/70	148/150	48/50

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9

«Определение параметров шероховатости поверхности»

В результате изучения темы студенты должны научиться читать обозначения на рабочих чертежах деталей и уметь объяснять, как определены параметры шероховатости и как неправильно назначенная конструктором и технологом шероховатость повлияет на работу узла.

При подготовке к практическому занятию студенты должны:

- Ознакомиться с презентацией по теме шероховатость поверхности;
- Повторить методику определения параметров шероховатости по профилограмме.

Краткая теоретическая часть

Шероховатость – совокупность микронеровностей (чередующихся выступов и впадин) с относительно малыми расстояниями между их вершинами (шагами).

Влияние шероховатости на работу деталей машин :

- степень шероховатости поверхности может нарушать характер сопряжения деталей из-за смятия или интенсивного износа микронеровностей профиля;
- шероховатость поверхности разрушает контактирующие с ней различного рода уплотнения;
- неровности, являясь концентраторами напряжений, снижают усталостную прочность деталей;
- шероховатость влияет на герметичность соединений, на качество гальванических и лакокрасочных покрытий;
- шероховатость влияет на точность измерения деталей;
- коррозия металлов возникает и распространяется быстрее на грубо обработанных поверхностях.

Для перехода к заданию №1 необходимо письменно ответить на вопросы:

Вопрос 1.

Шероховатость поверхности , это чередование выступов и впадин :

1. большими шагами
2. малыми шагами
3. шаг не имеет значения

Вопрос 2.

Какое влияние оказывает на точность измерения шероховатость:

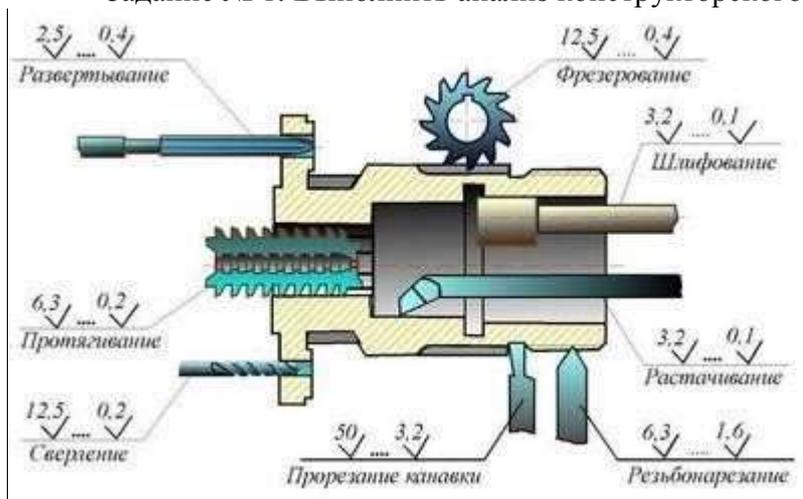
1. точность не изменяется
2. результат измерения не точный
3. точность измерения повышается

Вопрос 3.

При изготовлении поршня на его поверхности осталась большая шероховатость, что произойдет при работе:

1. увеличится зазор между поршнем и гильзой
2. влияние на изменение зазора не окажет
3. зазор уменьшится

Задание № 1. Выполнить анализ конструкторского документа.

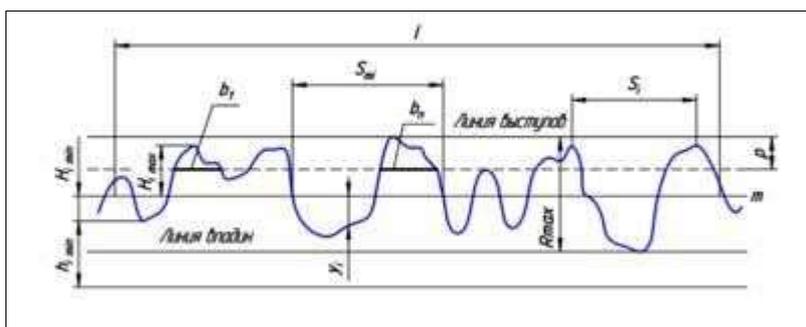


значение параметра шероховатости Ra для различных видов поверхности

Классы шероховатости	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
R_a мкм	80-40	40-20	20-10	10-5	5-2.5	2.5-1.25	1.25-0.63	0.63-0.32	0.32-0.16	0.16-0.08	0.08-0.04	0.04-0.02	0.02-0.01	0.01-0.008
R_z мкм	320-160	160-80	80-40	40-20	20-10	10-6.3	6.3-3.2	3.2-2.6	2.6-2.0	2.0-1.6	1.6-1.2	1.2-0.8	0.8-0.5	0.5-0.25

Задание № 2. Выполнить расчет параметров шероховатости по смоделированной профилограмме.

Пример расчета параметров шероховатости по смоделированной профилограмме :



Для обработки и расчетов параметров шероховатости проводят среднюю линию m - m , примерно посередине профиля. Для оценки шероховатости поверхности ее рассматривают в пределах ограниченного участка, длина которого называется базовой длиной - ℓ .

Обозначения:

m - m - средняя линия y – расстояние между любой точкой профиля и средней линией.

$H_{i \max}$ – высота i -го наибольшего выступа;

$H_{i \min}$ – глубина i -й наибольшей впадины профиля.

S_i – высота неровностей профиля по вершинам

S_m – высота неровностей профиля по средней линии

Высотные параметры шероховатости

R_a – среднее арифметическое отклонение профиля

$$R_z = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i|$$

R_z – высота неровностей профиля по 10 точкам

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^{n=6} H_{i \max} + \sum_{i=1}^{n=5} H_{i \min} \right)$$

Шаговые параметры шероховатости

S – средний шаг неровностей профиля по вершинам

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i$$

S_m – средний шаг неровностей профиля по средней линии

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{ni}$$

t_p — относительная опорная длина профиля, где p — значения уровня сечений профиля из ряда 10; 15; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90 %.

$$t_p = \frac{\sum_{i=1}^n b_i}{l}$$

R_a , R_z и R_{max} определяются на базовой длине l , которая может принимать значения из ряда 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; 25 мм.

Параметр R_a является предпочтительным.

Перед выполнением задания №2 необходимо письменно ответить на вопросы

Вопрос 1.

Каким символом обозначен шаг неровностей профиля по вершинам:

1. S_m
2. S_i
3. t_p

Вопрос 2.

Каким знаком обозначается высота неровности профиля по 10 точкам:

1. R_{\max}
2. R_z

3. . R_a

Вопрос 3.

По какой формуле определяется среднее арифметическое отклонение профиля:

1.
$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i|$$

2.
$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi}$$

3.
$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^{n=5} H_{i \max} + \sum_{i=1}^{n=5} H_{i \min} \right)$$

Порядок выполнения задания №2:

Провести среднюю линию m-m примерно посередине профиля. Базовой длине соответствует весь изображенный фрагмент профилограммы.

Определить значение R_a , определяя отклонения профиля через каждое деление профилограммы.

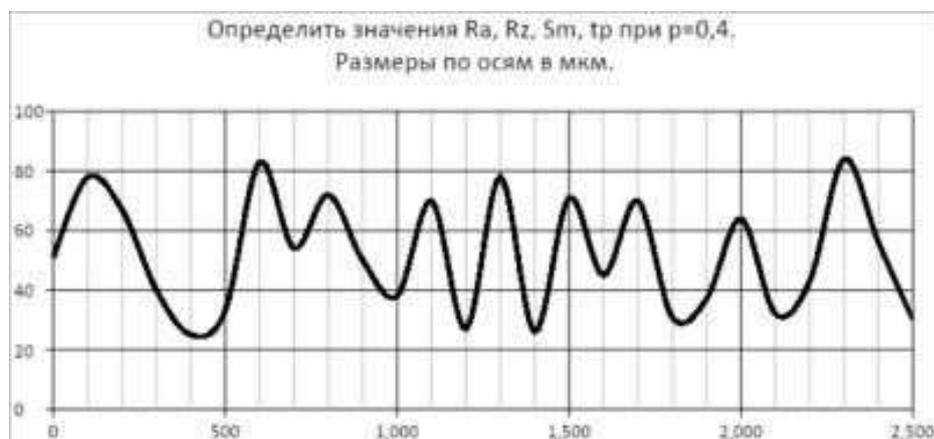
Определить значение R_z по 10 точкам с наибольшим отклонением.

Определить S_m – средний шаг неровностей профиля по средней линии, вычислив среднее расстояние между точками пересечения средней линии и профиля. Точки брать через одну.

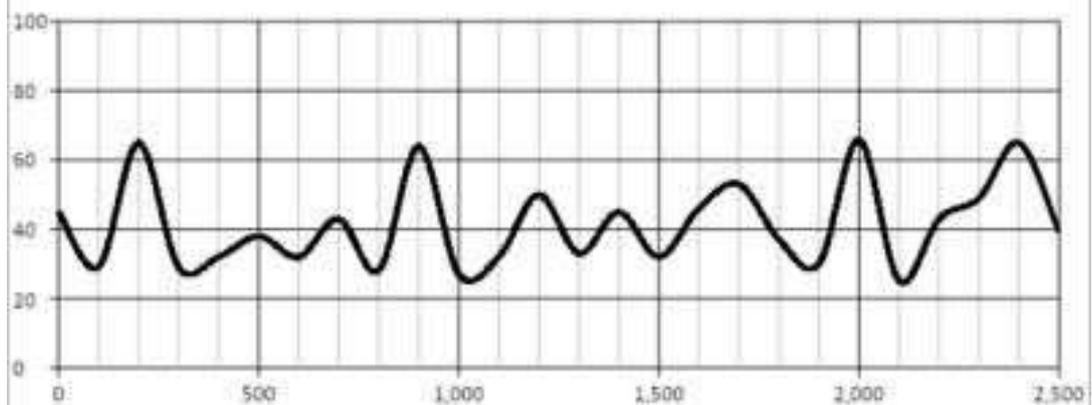
Определить t_r при $r=0.4$, для чего провести линию параллельно средней линии на расстоянии $0.4R_{\max}$, вычислить суммарную длину отсекаемых ей отрезков профиля и разделить ее на базовую длину.

Задания (индивидуально для каждого студента)

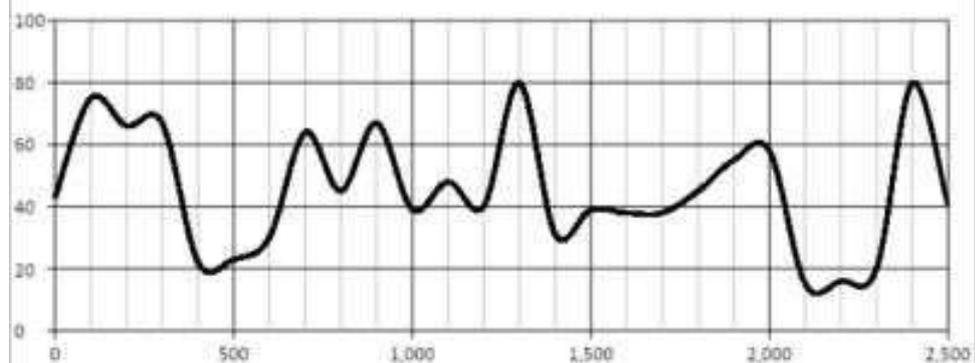
Вариант №1



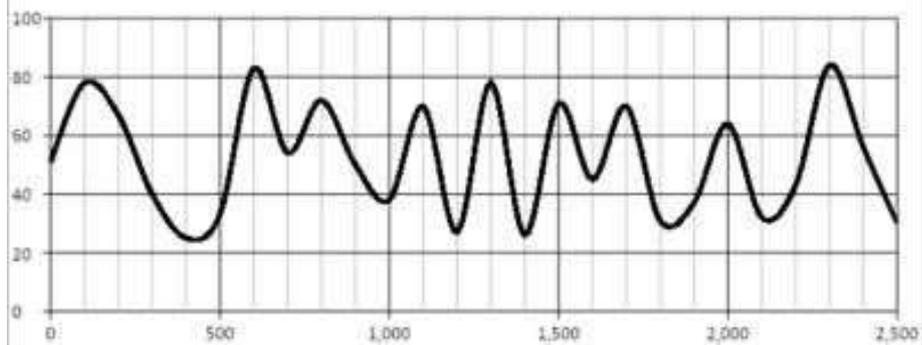
Определить значения R_a , R_z , S_m , t_p при $r=0,4$.
Размеры по осям в мкм.



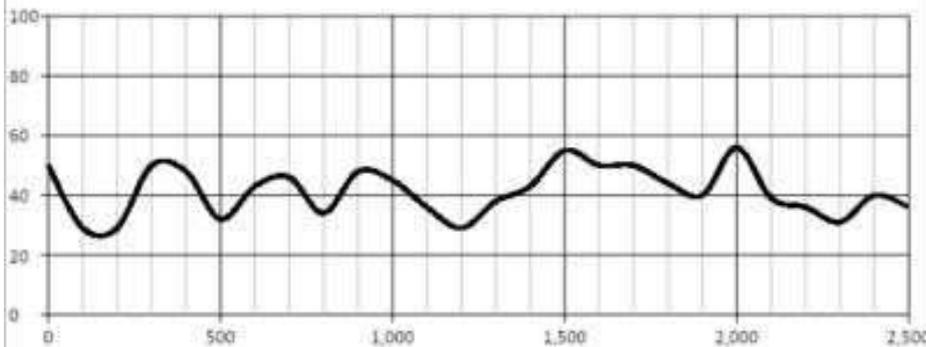
Определить значения R_a , R_z , S_m , t_p при $r=0,4$.
Размеры по осям в мкм.



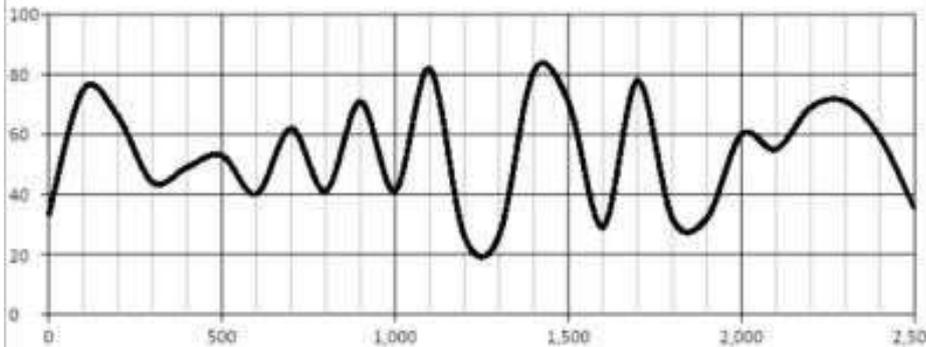
Определить значения R_a , R_z , S_m , t_p при $r=0,4$.
Размеры по осям в мкм.



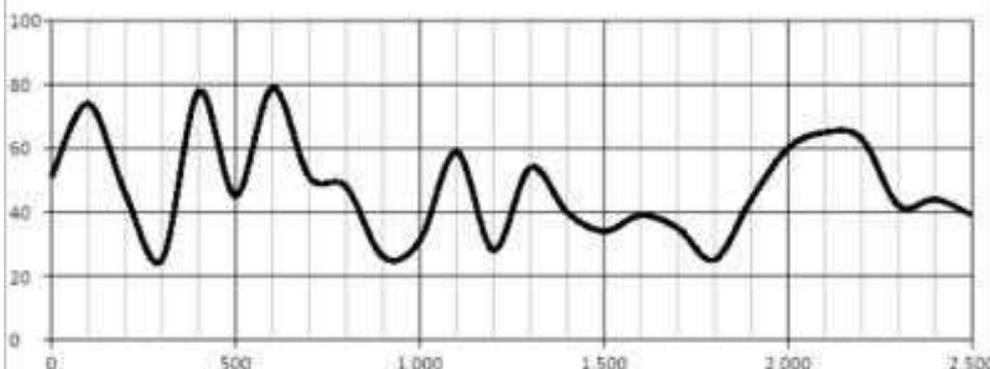
Определить значения R_a , R_z , S_m , t_p при $r=0,4$,
Размеры по осям в мкм.



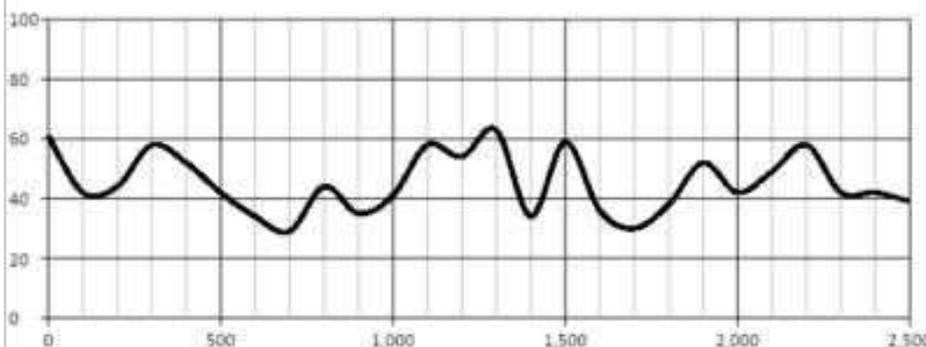
Определить значения R_a , R_z , S_m , t_p при $r=0,4$,
Размеры по осям в мкм.

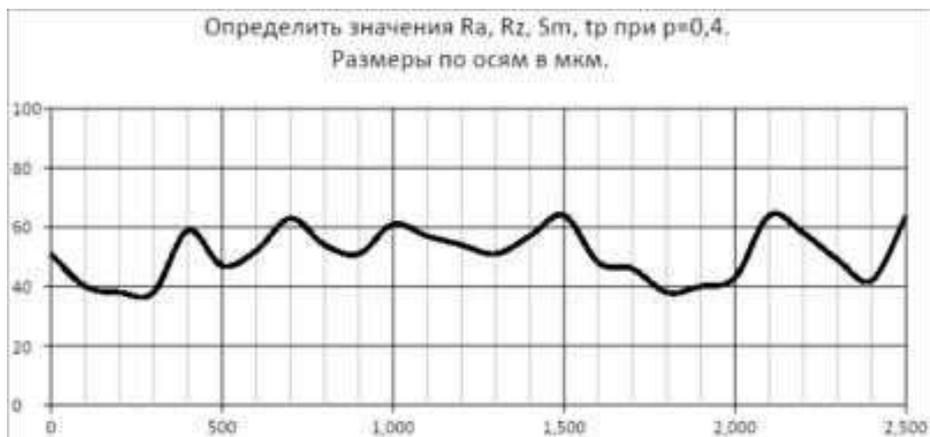
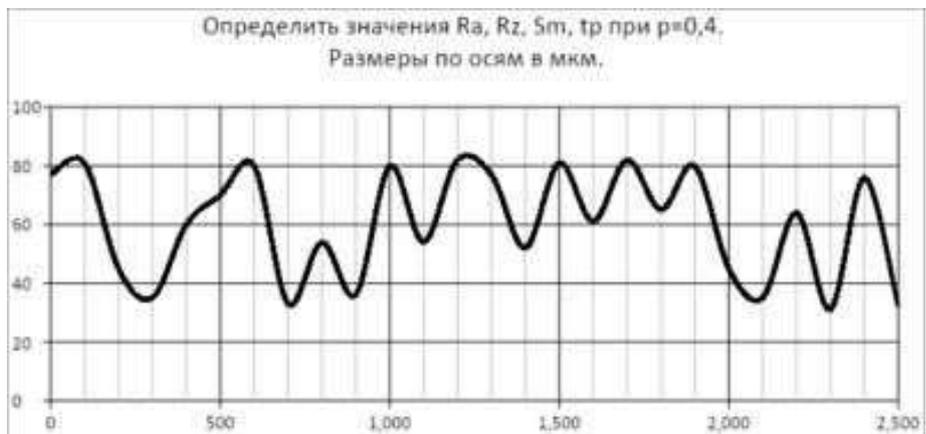
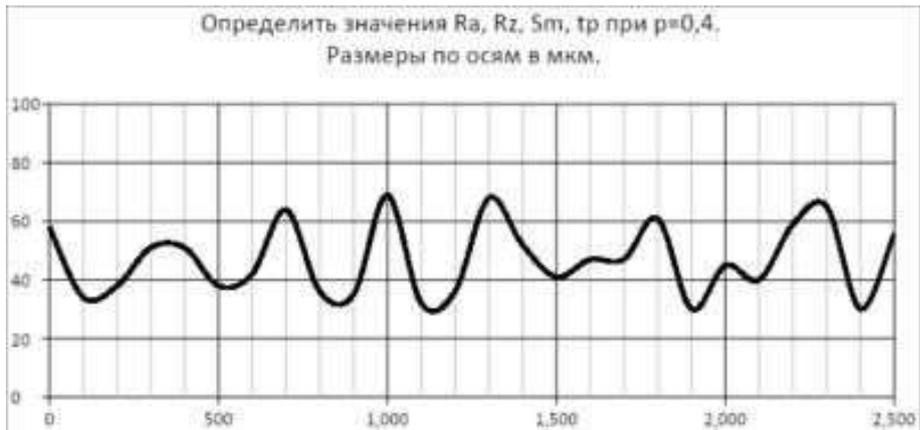
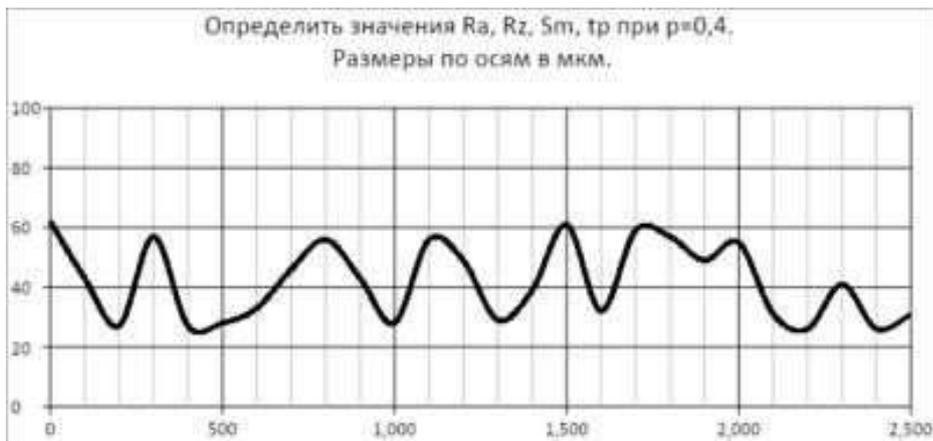


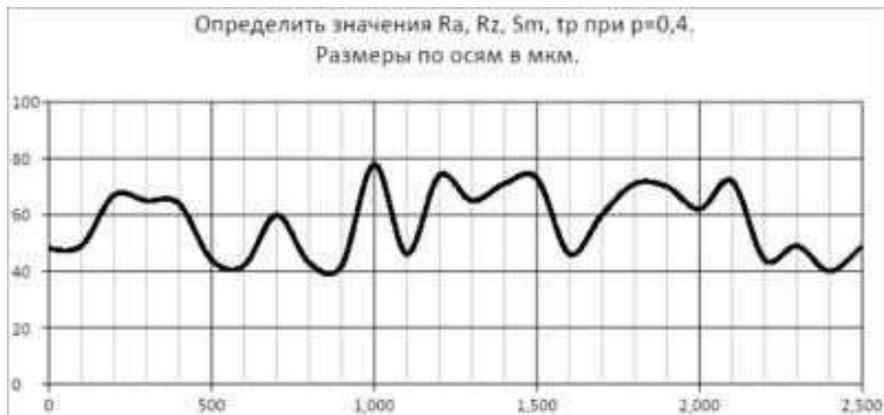
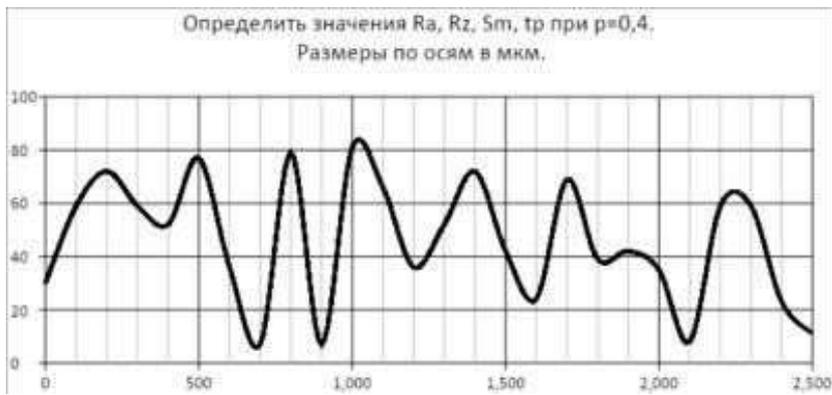
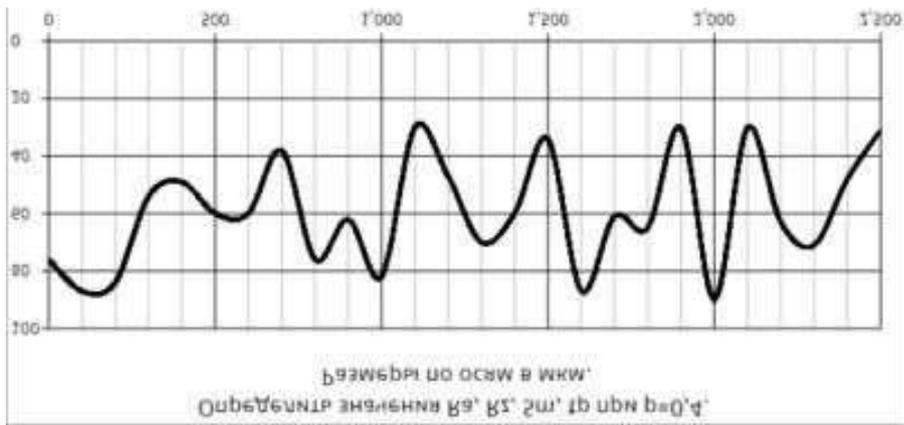
Определить значения R_a , R_z , S_m , t_p при $r=0,4$,
Размеры по осям в мкм.

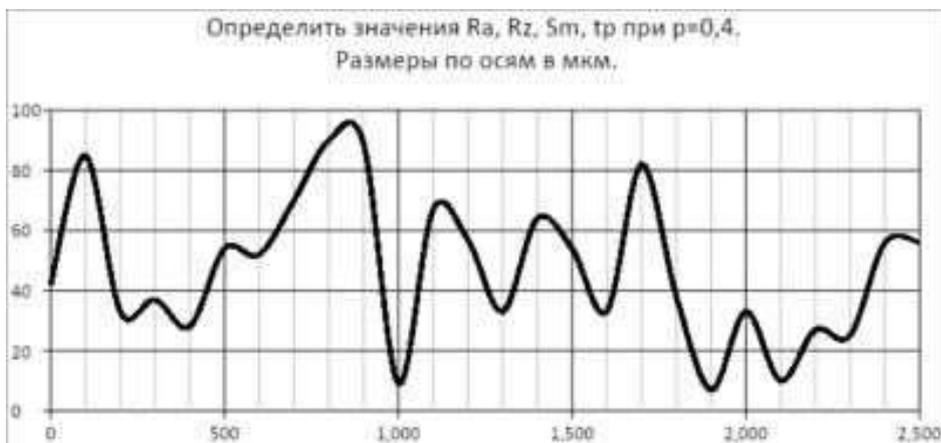
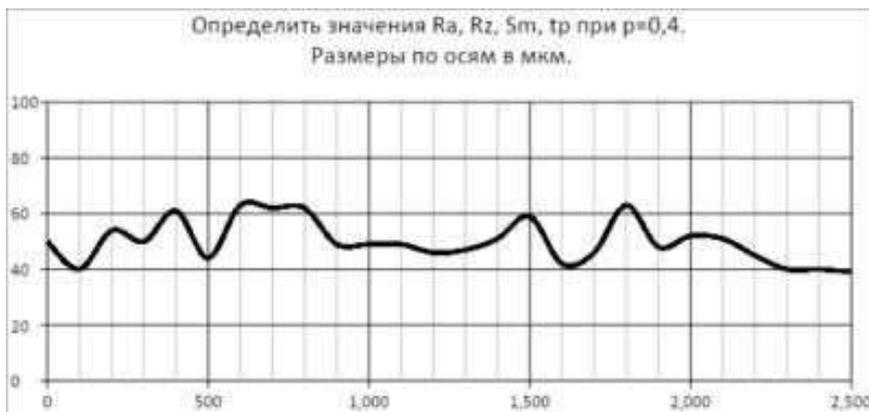
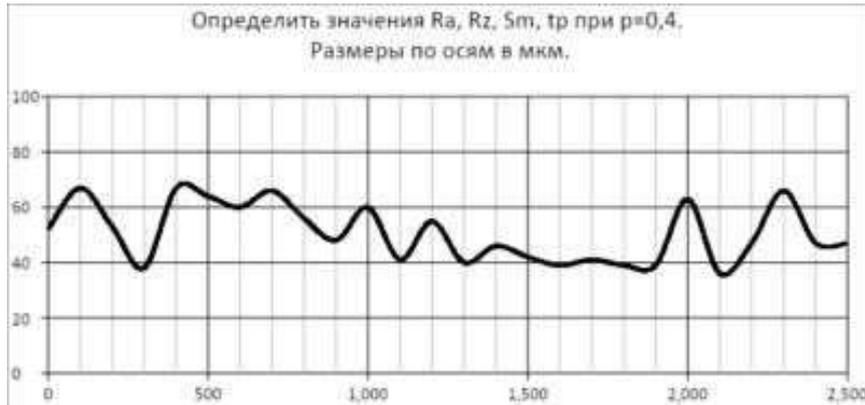


Определить значения R_a , R_z , S_m , t_p при $r=0,4$,
Размеры по осям в мкм.

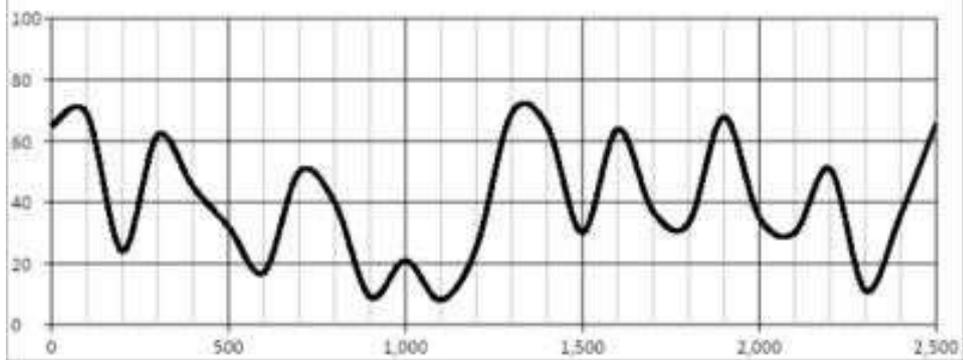




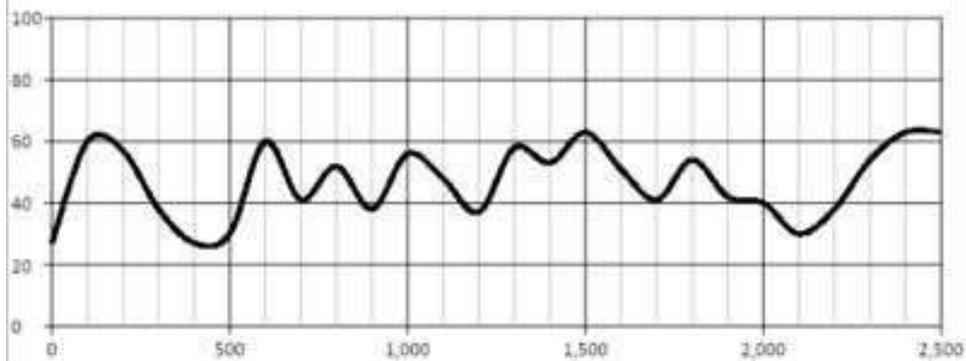




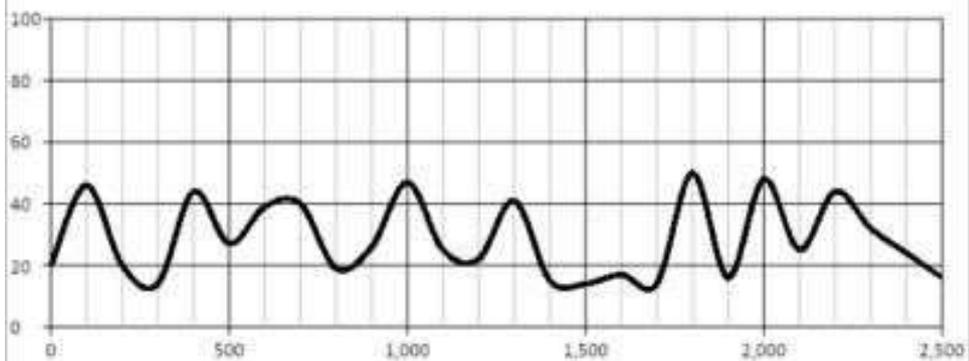
Определить значения R_a , R_z , S_m , t_p при $r=0,4$.
Размеры по осям в мкм.



Определить значения R_a , R_z , S_m , t_p при $r=0,4$.
Размеры по осям в мкм.



Определить значения R_a , R_z , S_m , t_p при $r=0,4$.
Размеры по осям в мкм.



Лабораторная работа №1 Средства и методы измерения

Тема: Определение метода измерения

Цель работы: Научиться правильно определять методы результатов измерения

Оборудование:

1. Технические средства обучения: компьютер с лицензионным программным обеспечением, мультимедиа проектор
2. Лабораторное оборудование и инструменты: деталь для измерений, комплект измерительных инструментов
3. Лист формата А4 или тетрадь
4. Калькулятор инженерный или устный расчет.
- 5 Ручка, карандаш простой, линейка, резинка.

Задания:

1. Выполнить письменно нижеприведенные задания в тетради или на листе бумаги, определить метод измерения по способам получения искомого значения измеряемой величины
 - 1.1 Отрезок проволоки длиной $l=1$ м и диаметром $d=0.1$ м имеет электрическое сопротивление $R=XX$ Ом. (Числовое значение сопротивления R выбирается студентом из таблицы приложения 4 – в зависимости от последней цифры порядкового номера студента по журналу)

Из какого материала выполнена проволока? (Для определения материала воспользоваться приложением 1)
 - 1.2 Для идентификации материала, из которого сделан цилиндр, штангенциркулем измерили его диаметр $d=1$ см и высоту $h=5$ см. Из какого материала сделан цилиндр, если его масса, определенная взвешиванием, оказалась равной $m=0.0XXX$ кг (Числовое значение массы выбирается из таблицы приложения 3- в зависимости от последней цифры порядкового номера студента по журналу. Для определения материала воспользоваться приложением 2)
2. Определить объем выданного преподавателем предмета. При этом воспользовавшись средствами измерений, произвести замеры выбранных величин и определить методы измерения при расчете объема.

Порядок выполнения задания №2

- рассмотреть выданный преподавателем предмет и описать его;
- определить метод измерения (по способам получения искомого значения измеряемой величины и по приемам измерения) и записать;
- определить какие параметры необходимо измерить для определения объема и записать эти параметры;
- выбрать средство измерения (линейка, транспортир, штангенциркуль и т.д.) и записать его;
- выполнить замер выбранной величины и записать;
- произвести необходимый расчет и записать его;
- зафиксировать (записать) условия измерения (влажность, температура и т.д.)

Пояснения к работе:

Метод измерений – это способ или комплекс способов, посредством которых производится измерение данной величины, т.е. сравнение измеряемой величины и ее мерой согласно принятому принципу измерений.

Существует несколько критериев классификации методов измерений.

–По способам получения искомого значения измеряемой величины выделяют:

- 1) Прямой метод (осуществляется при помощи прямых, непосредственных измерений)
- 2) Косвенный метод

–По приемам измерения выделяют:

- 1) контактный метод измерения (Контактный метод измерения основан на непосредственном контакте какой-либо части измерительного прибора с измеряемым объектом)
- 2) бесконтактный метод измерения (При бесконтактном методе измерения измерительный прибор непосредственно не контактирует с измеряемым объектом)

Метод непосредственной оценки основан на применении измерительного прибора, показывающего значение измеряемой величины.

Метод сравнения с мерой основан на сравнении объекта измерения его с мерой.

Принцип измерений – это некоторое физическое явление или их комплекс, на которых базируется измерение.

Погрешность измерений – это разность между результатом измерения величины и настоящим (действительным) значением этой величины. Погрешность, как правило, возникает из-за недостаточной точности средств и методов измерения или из-за невозможности обеспечить идентичные условия при многократных наблюдениях.

Точность измерений – это характеристика, выражающая степень соответствия результатов измерения настоящему значению измеряемой величины.

Количественно точность измерений равна величине относительной погрешности в минус первой степени, взятой по модулю.

Правильность измерений – это качественная характеристика измерения, которая определяется тем, насколько близка к нулю величина постоянной или фиксировано изменяющейся при многократных измерениях погрешности (систематическая погрешность). Данная характеристика зависит, как правило, от точности средств измерений.

Достоверность измерений – это характеристика, определяющая степень доверия к полученным результатам измерений. По данной характеристике измерения делятся на достоверные или недостоверные. Достоверность измерений зависит от того, известны ли вероятность отклонения результатов измерения от настоящего значения измеряемой величины. Если же достоверность измерений не определена, то результаты таких измерений, как правило, не используются. Достоверность измерений ограничена сверху погрешностью измерений.

Содержание отчета

1. Записать тему и задание практической работы.
2. Выполнить задания, в каждом из которых определить метод измерения
3. Сделать заключение.

Критерии оценивания: Сделаны все задания без ошибок- оценка 5, сделаны все задания с одной или двумя ошибками -4, больше двух ошибок-3. Сделаны правильно два задания – оценка 3

Значения удельного сопротивления для материалов

Проводник	Удельное сопротивление, $\frac{\text{Ом}\cdot\text{мм}^2}{\text{м}}$
Алюминий	0.028
Бронза	0.095 - 0.1
Висмут	1.2
Вольфрам	0.05
Железо	0.1
Золото	0.023
Константан	0.5
Латунь	0.025 - 0.108
Медь	0.0175
Молибден	0.059
Нейзильбер (сплав меди цинка и никеля)	0.2
Никелин (сплав меди и никеля)	0.42
Никель	0.087
Олово	0.12
Платина	0.107
Свинец	0.22
Серебро	0.015
Сталь	0.103 - 0.137
Титан	0.6
Цинк	0.054

Плотности твердых веществ

Твердое вещество	ρ , кг/м ³	ρ , г/см ³
Осмий	22600	22,6
Иридий	22400	22,4
Платина	21500	21,5
Золото	19300	19,3
Свинец	11300	11,3
Серебро	10500	10,5
Медь	8900	8,9
Латунь	8500	8,5
Сталь, железо	7800	7,8
Олово	7300	7,3
Цинк	7100	7,1
Чугун	7000	7,0
Корунд	4000	4,0
Алюминий	2700	2,7
Мрамор	2700	2,7
Стекло оконное	2500	2,5
Фарфор	2300	2,3
Бетон	2300	2,3
Кирпич	1800	1,8
Сахар-рафинад	1600	1,6
Оргстекло	1200	1,2
Капрон	1100	1,1
Полиэтилен	920	0,92
Парафин	900	0,90
Лед	900	0,90
Дуб (сухой)	700	0,70
Сосна (сухая)	400	0,40
Пробка	240	0,24

Приложение 3

Масса материала для задания 1.2

№ п/п	Масса в кг
1	0,088705
2	0,0278675
3	0,027475
4	0,08792
5	0,0090275
6	0,0412125
7	0,0757525
8	0,0333625
9	0,0843875
0	0,0105975

Приложение 4

Сопротивление материала для задания 1.1

№ п/п	Сопротивление R в Ом
1	133,33
2	11,11
3	66,66
4	13,33
5	24,44
6	11,89
7	55,56
8	3,12
9	1,67
0	22,23

Пример для задания 1

Задание №3: Отрезок проволоки длиной $l = 2$ м и диаметром $d = 0,15$ мм имеет электрическое сопротивление $R = 46,7$ Ом. Из какого материала сделана проволока и к какому виду относится измерение удельного электрического сопротивления?

Решение. Сопротивление отрезка проволоки определяется соотношением $R = \frac{\rho \cdot l}{S}$. Следовательно, для определения материала проволоки, необходимо найти значение удельного электрического сопротивления. Тогда удельное сопротивление равно:

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l} = \frac{46,7 \text{ Ом} \cdot 0,018 \text{ мм}^2}{2 \text{ м}} = 0,42 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

где S – площадь поперечного сечения проволоки, равная $S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0,018 \text{ мм}^2$

Проводник	Удельное сопротивление, $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$
Алюминий	0,028
Бронза	0,095 - 0,1
Висмут	1,2
Вольфрам	0,05
Железо	0,1
Золото	0,023
Константан	0,5
Латунь	0,025 - 0,108
Мель	0,0175
Молибден	0,059
Нейзильбер (сплав меди цинка и никеля)	0,2
Никелин (сплав меди и никеля)	0,42
Никель	0,087
Олово	0,12
Платина	0,107
Свинец	0,22
Серебро	0,015
Сталь	0,103 - 0,137
Титан	0,6
Цинк	0,054

Следовательно, правильный ответ - никелин (сплав меди и никеля), косвенное измерение.

Пример для задания №2

Для идентификации материала, из которого сделан цилиндр, штангенциркулем измерили его диаметр $d=1$ см и высоту $h=5$ см. Из какого материала сделан цилиндр, если его масса определенная взвешиванием, оказалась равной $m=0,0349$ кг

Для начала найдем плотность данного материала. Плотность находится по следующей формуле $\rho = m/v$ размерность г/см^3 , $v = \pi R^2 h$

где m - масса тела, кг,

D - диаметр цилиндра, м

h - высота цилиндра, м

$$d=1 \text{ см}, R=0,5 \text{ см}$$

$$h=5 \text{ см}$$

$$m=0,0349 \text{ кг}=34,9 \text{ г}$$

Подставляем в формулу

$$V=3,14 \times 0,5^2 \times 5=3,925 \text{ см}^3$$

$$\rho=34,9/3,925=8,9 \text{ г/см}^3$$

Материал с таким значением плотности является медь

Исходные параметры, а именно измерение параметров цилиндра были сделаны прямыми измерениями, а неизвестная величина – при помощи известной зависимости. Следовательно, в этом случае применялся косвенный метод.