

Документ подписан простой электронной подписью,
Информация о владельце:
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич
Должность: ректор
Дата подписания: 02.06.2021 18:31:06
Уникальный программный ключ:
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf27819631e7730df2774d16f3c0ce536f0fc6

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
Образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра экспертизы и управления недвижимостью, горного дела



**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ В
ГОРНОМ ДЕЛЕ**

Методические указания по выполнению практических работ для
студентов специальности
«Обогащение полезных ископаемых»
«Открытые горные работы»

Курск 2017

УДК 622

Составители: Л.А. Семенова, Л.П. Костромина

Рецензент

Кандидат географических наук, доцент Р.А. Попков

Метрология, стандартизация и сертификация в горном деле: Методические указания по выполнению практических работ для студентов специальности «Обогащение полезных ископаемых», «Открытые горные работы» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Л.А. Семенова.- Курск, 2017.- 28с.: рис. 5.- Библиогр.: с. 28.

Содержит основные сведения о правилах выполнения и оформления практических работ по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация в горном деле». В работе даны рекомендации по определению результатов равноточных измерений физических величин и оценке точности результатов неравноточных измерений.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной на заседании кафедры Э и УН, ГД протокол № 6 от «27» 12 2016 года.

Предназначены для студентов направления подготовки (специальности) 21.05.04 Горное дело для специализации «Обогащение полезных ископаемых», «Открытые горные работы».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать

формат 60x84 1/16

Усл. Печ. Лист

Уч.-изд.л. Тираж 100экз. Заказ

Бесплатно

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

Содержание

1	Практическое занятие №1. Определение результатов равнооточных измерений физических величин	4
2	Практическое занятие №2. Оценка точности результатов неравнооточных измерений	17
3	Практическое занятие №3. Применение теории размерностей физических величин	23
	Список литературы	28

Практическое занятие №1

Тема: **Определение результатов равноточных измерений физических величин**

1. Теоретическая часть

1.1 Общие сведения

Измерение – единственный способ получения количественной информации о величинах, характеризующих те или иные явления и процессы. Большинство показателей, характеризующих качество изделий и различных видов продукции, устанавливаются путем соответствующих измерений. Измерения параметров одного и того же объекта или явления, проведенные в разных местах, в разное время и разными людьми, должны быть сопоставимы. Последнее возможно, если при проведении измерений повсеместно будут выполняться определенные условия. Эти условия предполагают единообразие единиц измерения физических величин, единообразие методов измерений и средств, с помощью которых они осуществляются, и единообразие способов представления результатов.

Все эти условия обеспечиваются действием в стране Государственной системы обеспечения единства измерений.

1.2 Основные метрологические понятия.

Любые измерения направлены на получение результата, т.е. оценки истинного значения физической величины (ФВ) в принятых единицах. Измерения рассматривают с двух точек зрения: *количественной* — числовое значение измеренной величины, *качественной* — точность. Стремясь повысить точность, мы стремимся уменьшить погрешность, подойти к истинному значению измеряемой величины. Даже при самой тщательной работе многократные (повторные) измерения не дают одинаковых результатов: полученные результаты не являются точным значением измеряемой величины, а отклоняются от него. Значения отклонений характеризуют *точность*.

Измерение – нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. Измерения могут быть классифицированы: по характеристике точности – *равноточные, неравноточные*, числу измерений в ряду измерений – *однократные, многократные*. *Однократное измерение* - измерение, выполненное один раз, *многократное* - измерение одного того же размера физической величины,

результат которого получен из нескольких следующих друг за другом измерений, т.е. состоящее из ряда однократных измерений.

При числе отдельных измерений более 4 ряд измерений может быть обработан в соответствии с требованиями математической статистики. Это означает, что при четырех измерениях и более, входящих в ряд, измерение можно считать многократным. За результат многократного измерения принимают *среднеарифметическое* значение из отдельных измерений.

Прямое измерение – измерение, проводимое прямым методом, при котором искомое значение физической величины получают непосредственно из опытных данных.

Под средством измерений понимается техническое средство (или их комплекс), предназначенное для измерений, имеющие нормированные метрологические характеристики, воспроизводящие и (или) хранящие единицу физической величины, размер которой принимается неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени.

По отношению к измеряемой физической величине средства измерений подразделяются:

основные средства измерений;

вспомогательные средства измерений.

Мера — средство измерений, предназначенное для воспроизведения заданного размера физической величины. Различают меры однозначные и многозначные.

Однозначная мера воспроизводит физическую величину одного размера (*калибры*).

Многозначная мера — мера, воспроизводящая физическую величину разных размеров, например, линейка. Комплект мер разного размера одной и той же физической величины, необходимой для применения на практике как в отдельности, так и в различных сочетаниях называется набором мер.

Измерительный прибор — средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне. Измерительный прибор, как правило, содержит устройство для преобразования измеряемой величины в сигнал измерительной информации и его индикации в форме, наиболее доступной для восприятия.

Точность результата измерения — характеристика качества измерения, отражающая близость к нулю погрешности его результата.

Эти погрешности являются следствием многих причин: несовершенства средств измерения; метода измерений; воздействия внешних условий и т.д. Для уменьшения погрешностей необходимо устранить или уменьшить влияние каждой из причин их появления.

1.3 Методика оценки точности результатов равноточных измерений.

Равноточные измерения – измерения, выполненные одинаковыми по точности средствами измерений и в одних и тех же условиях. Любые измерения направлены на получение результата, то есть оценки истинного значения физической величины в принятых единицах. Полученные результаты не являются точным значением измеренной величины, а несколько отклоняются от него. Значение отклонений характеризует точность.

Погрешность результата измерений – отклонение результата измерений от истинного значения измеренной величины

$$\Delta X = X_{\text{изм}} - X_{\text{действ}}, \text{ где} \quad (1)$$

$X_{\text{изм}}$ - значение величины, полученное на основании измерения,

$X_{\text{действ.}}$ - значение величины, принятое за действительное.

За действительное значение при многократных измерениях принимаем среднеарифметическое из значений отдельных измерений. Среднеарифметическая погрешность измерения, входящая в серию равноточных измерений, вычисляется по формуле:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})}{n}, \text{ где} \quad (2)$$

x_i - результат i -го измерения, входящего в серию,

\bar{x} - среднеарифметическое из n значений величины.

Характеристикой точности служит среднеквадратическая погрешность m , вычисляемая по формуле:

$$m = \sqrt{\frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \dots + \Delta_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{\Delta^2}{n}} \quad (3)$$

Эта формула (3) применима для случаев, когда известно истинное значение измеряемой величины. Точность арифметической середины выше точности отдельного измерения. Среднеквадратическая погрешность арифметической середины M определяется по формуле:

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}}, \text{ где} \quad (4)$$

m – средняя квадратичная погрешность, вычисленная по формуле (3);

n – количество измерений.

2. Задание :

2.1 Исходные данные:

В результате многократного измерения на местности каждого из трех углов в треугольнике геодезическим прибором - теодолитом ДАНЛТА-020 (СКО=20") получили значения измеренных горизонтальных углов в точках: А ($\angle BAC$); В ($\angle CBA$); С $\angle ACB$. (Приложение 1).

Номер варианта задания студенту соответствует номеру фамилии студента в ведомости.

2.2 Определить:

1. исправленное значение углов;
2. погрешность измерения;
3. среднеквадратическую погрешность измерения.

3. Решение задачи.

3.1 Обработка результатов равноточных измерений.

По каждому многократно измеренному горизонтальному углу определяется среднеарифметическое значение каждого угла и заносится в таблицу 1.

Определяем сумму средних значений измеренных углов в треугольнике. Теоретически сумма углов в треугольнике должна быть равна 180^0 . Разница между суммой измеренных углов в треугольнике и теоретической суммой углов в треугольнике есть погрешность измерений.

Полученную погрешность (невязку) разбрасываем пропорционально на каждый измеренный угол (среднеарифметическое из многократных измерений). Путем введения поправок в измеренные углы исключаем случайные погрешности. Поправку вводим с обратным знаком.

В таблицу 1 заносим исправленное значение измеренных углов. Контролем правильности вычислений служит сумма исправленных углов. Она должна быть равна 180^0 .

3.2. Оценка точности результатов равноточных измерений.

Определяется абсолютная погрешность по формуле (1).

После введения поправок получили исправленное значение углов.

Характеристикой точности служит среднеквадратическая погрешность

m.

Определяем среднеквадратичную погрешность по формуле

$$m = \sqrt{\frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \dots + \Delta_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{\Delta^2}{n}}, \quad \text{где:}$$

ΔX – погрешность измерения каждого из трех углов,
 n – количество измерений каждого из трех углов.

Среднеквадратическая погрешность арифметической середины M определяется по формуле:

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}}, \text{ где}$$

m – средняя квадратичная погрешность, вычисленная по формуле (3),

n – количество измерений.

Результаты вычислений заносятся в таблицу 1.

Таблица 1

	Среднеарифметическое значение углов	Исправленное значение углов	Среднеквадратическая погрешность
т. А $\angle BAC$			$m = \sqrt{\frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \dots + \Delta_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{\Delta^2}{n}},$
т. В $\angle CBA$			
т. С $\angle ACB$			
Σ			$M = \frac{m}{\sqrt{n}}$

Для абсолютной величины случайной погрешности существует допустимый предел – это наибольшее значение погрешности средства измерения, устанавливаемое нормативно – техническим документом для данного типа средства измерений. Для геодезического прибора – теодолита ДАНЛТА-020 среднеквадратическая ошибка (СКО) равна 20".

Сравнивая вычисленные значения СКО с нормативными, делаем вывод о приемлемости наших измерений.

Варианты практической работы

	1 измерени е	2 измерени е	3 измерени е	Среднее значение углов	Исправле н-ное значение углов
т.А $\angle BAC$	40° 40'40"	40° 40'45"	40° 40'30"		
т.В $\angle BAC$	60° 10' 40"	60° 10' 38"	60° 10' 45"		
т.С $\angle ACB$	79° 09' 30"	79° 09' 30"	79° 09' 30"		
Σ					

**Вари
ант**

№2

	1 измерени е	2 измерени е	3 измерени е	Среднее значение углов	Исправле н-ное значение углов
т.А $\angle BAC$	45° 40'40"	45° 40'45"	45° 40'30"		
т.В $\angle CBA$	55° 10' 42"	55° 10' 38"	55° 10' 40"		
т.С $\angle ACB$	79° 09' 28"	79° 09' 32"	79° 09' 35"		
Σ					

Вариант№3

	1 измерени е	2 измерени е	3 измерени е	Среднее значение углов	Исправле н-ное значение углов
т.А $\angle BAC$	43° 40'37"	43° 40'40"	43° 40'42"		
т.В $\angle CBA$	57° 10' 40"	57° 10' 40"	57° 10' 40"		
т.С $\angle ACB$	77° 09' 27"	77° 09' 33"	77° 09' 28"		
Σ					

Вариант №4

	1 измерени е	2 измерени е	3 измерени е	Среднее значение углов	Исправле н-ное значение углов
т.А $\angle BAC$	47° 40'42"	47° 40'41"	47° 40'37"		
т.В $\angle CBA$	55° 10' 42"	55° 10' 38"	55° 10' 40"		
т.С $\angle ACB$	79° 09' 28"	79° 09' 28"	79° 09' 28"		
Σ					

Вариант №5

	1 измерени е	2 измерени е	3 измерени е	Среднее значение углов	Исправле н-ное значение углов
т.А $\angle BAC$	40° 40'40"	40° 40'45"	40° 40'30"		
т.В $\angle CBA$	60° 10' 40"	60° 10' 40"	60° 10' 40"		
т.С $\angle ACB$	79° 09' 30"	79° 09' 30"	79° 09' 30"		
Σ					

Вариант №6

	1 измерени е	2 измерени е	3 измерени е	Среднее значение углов	Исправле н-ное значение углов
т.А $\angle BAC$	41° 40'40"	41° 40'45"	41° 40'30"		
т.В $\angle CBA$	59° 10' 40"	59° 10' 40"	59° 10' 40"		
т.С $\angle ACB$	79° 09' 30"	79° 09' 30"	79° 09' 30"		

Σ					
----------	--	--	--	--	--

Вариант №7

	1 измерени е	2 измерени е	3 измерени е	Среднее значение углов	Исправле н-ное значение углов
т.А $\angle BAC$	40° 40'40"	40° 40'45"	40° 40'30"		
т.В $\angle CBA$	61° 10' 40"	61° 10' 40"	61° 10' 40"		
т.С $\angle ACB$	78° 09' 30"	78° 09' 30"	78° 09' 30"		
Σ					

Вариант №8

	1 измерени е	2 измерени е	3 измерени е	Среднее значение углов	Исправле н-ное значение углов
т.А $\angle BAC$	40° 40'40"	40° 40'45"	40° 40'32"		
т.В $\angle CBA$	62° 10' 40"	62° 10' 38"	62° 10' 40"		
т.С $\angle ACB$	77° 09' 33"	77° 09' 30"	77° 09' 36"		
Σ					

Вариант №9

	1 измерени е	2 измерени е	3 измерени е	Среднее значение углов	Исправле н-ное значение углов
т.А $\angle BAC$	43° 40'37"	43° 40'40"	43° 40'42"		
т.В	57° 10'	57° 10'	57° 10'		

$\angle CBA$	40"	40"	40"		
т.С $\angle ACB$	77° 09' 27"	77° 09' 33"	77° 09' 28"		
Σ					

Вариант №10

	1 измерени е	2 измерени е	3 измерени е	Среднее значение углов	Исправле н-ное значение углов
т.А $\angle BAC$	40° 40'40"	40° 40'45"	40° 40'31"		
т.В $\angle CBA$	62° 10' 40"	62° 10' 40"	62° 10' 39"		
т.С $\angle ACB$	77° 09' 30"	77° 09' 30"	77° 09' 32"		
Σ					

Вариант №11

	1 измерени е	2 измерени е	3 измерени е	Среднее значение углов	Исправле н-ное значение углов
т.А $\angle BAC$	40° 40'40"	40° 40'45"	40° 40'30"		
т.В $\angle CBA$	60° 10' 40"	60° 10' 40"	60° 10' 40"		
т.С $\angle ACB$	79° 09' 30"	79° 09' 30"	79° 09' 30"		
Σ					

Вариант №12

	1 измерени	2 измерени	3 измерени	Среднее значение	Исправле н-ное
--	---------------	---------------	---------------	---------------------	-------------------

	е	е	е	углов	значение углов
т.А $\angle BAC$	41° 40'40"	41° 40'45"	41° 40'30"		
т.В $\angle CBA$	59° 10' 40"	59° 10' 40"	59° 10' 40"		
т.С $\angle ACB$	79° 09' 30"	79° 09' 30"	79° 09' 30"		
Σ					

Вариант №13

	1 измерение	2 измерение	3 измерение	Среднее значение углов	Исправленное значение углов
т.А $\angle BAC$	40° 40'40"	40° 40'45"	40° 40'30"		
т.В $\angle CBA$	61° 10' 40"	61° 10' 40"	61° 10' 40"		
т.С $\angle ACB$	78° 09' 30"	78° 09' 30"	78° 09' 30"		
Σ					

Вариант №14

	1 измерение	2 измерение	3 измерение	Среднее значение углов	Исправленное значение углов
т.А $\angle BAC$	45° 40'40"	45° 40'45"	45° 40'30"		
т.В $\angle CBA$	55° 10' 42"	55° 10' 38"	55° 10' 40"		
т.С $\angle ACB$	79° 09' 28"	79° 09' 32"	79° 09' 35"		
Σ					

Вариант №15

	1 измерени е	2 измерени е	3 измерени е	Среднее значение углов	Исправле н-ное значение углов
т.А $\angle BAC$	45° 40'40"	45° 40'45"	45° 40'30"		
т.В $\angle CBA$	55° 10' 42"	55° 10' 38"	55° 10' 40"		
т.С $\angle ACB$	79° 09' 28"	79° 09' 32"	79° 09' 35"		
Σ					

Вариант №16

	1 измерени е	2 измерени е	3 измерени е	Среднее значение углов	Исправле н-ное значение углов
т.А $\angle BAC$	43° 40'37"	43° 40'40"	43° 40'42"		
т.В $\angle CBA$	57° 10' 40"	57° 10' 40"	57° 10' 40"		
т.С $\angle ACB$	77° 09' 27"	77° 09' 33"	77° 09' 28"		
Σ					

Вариант №17

	1 измерени е	2 измерени е	3 измерени е	Среднее значение углов	Исправле н-ное значение углов
т.А $\angle BAC$	45° 40'40"	45° 40'45"	45° 40'30"		
т.В $\angle CBA$	55° 10' 42"	55° 10' 38"	55° 10' 40"		
т.С $\angle ACB$	79° 09' 28"	79° 09' 32"	79° 09' 35"		

Σ					
----------	--	--	--	--	--

Вариант №18

	1 измерени е	2 измерени е	3 измерени е	Среднее значение углов	Исправле н-ное значение углов
т.А $\angle BAC$	40° 40'40"	40° 40'45"	40° 40'30"		
т.В $\angle CBA$	60° 10' 40"	60° 10' 40"	60° 10' 40"		
т.С $\angle ACB$	79° 09' 30"	79° 09' 30"	79° 09' 30"		
Σ					

Вариант №19

	1 измерени е	2 измерени е	3 измерени е	Среднее значение углов	Исправле н-ное значение углов
т.А $\angle BAC$	40° 40'42"	40° 40'43"	40° 40'33"		
т.В $\angle CBA$	62° 10' 41"	62° 10' 40"	62° 10' 41"		
т.С $\angle ACB$	77° 09' 30"	77° 09' 30"	77° 09' 34"		
Σ					

Вариант №20

	1 измерени е	2 измерени е	3 измерени е	Среднее значение углов	Исправле н-ное значение углов
т.А $\angle BAC$	43° 40'37"	43° 40'40"	43° 40'42"		
т.В	57° 10'	57° 10'	57° 10'		

$\angle CBA$	40"	40"	40"		
т.С $\angle ACB$	77° 09' 27"	77° 09' 33"	77° 09' 28"		
Σ					

Вариант №21

	1 измерени е	2 измерени е	3 измерени е	Среднее значение углов	Исправле н-ное значение углов
т.А $\angle BAC$	45° 40'40"	45° 40'45"	45° 40'30"		
т.В $\angle CBA$	55° 10' 42"	55° 10' 38"	55° 10' 40"		
т.С $\angle ACB$	79° 09' 28"	79° 09' 32"	79° 09' 35"		
Σ					

Практическое занятие №2

Тема: Оценка точности результатов неравноточных измерений

1. Цель работы. Изучение метода оценки точности неравноточных измерений и определение окончательного результата измерений длины изделия методом неравноточных измерений.

2. Объект измерения – изделие определенной длины L .

3. Средства измерения – микрометр с погрешностью 0,01 мм, штангенциркуль с нониусом до 1/50 мм, штангенциркуль с нониусом до 1/10 мм.

4. Задание:

4.1 Изучить устройство и способ выполнения измерений штангенциркулем и микрометром.

4.2 Пользуясь понятием средневзвешенного, измерить и определить достоверное значение длины изделия, записать окончательный результат измерений.

Номер варианта задания студенту соответствует номеру студента в списке. (Приложение 1).

5. Теоретическая часть.

Неравноточные результаты измерений возникают, если заданная величина измерялась средствами измерений: различной точности; одинаковой точности, но при разном числе измерений; одинаковой точности при одинаковом числе измерений, но в различных условиях.

Задача обработки неравноточных измерений состоит в определении достоверного значения измеряемой величины и оценки воспроизводимости измерений.

При неравноточных измерениях результатом многократного измерения является средневзвешенный результат.

Средневзвешенное значение – среднее значение величины, полученное на основании ряда неравноточных измерений с учетом весов отдельных результатов, принятых в обработку.

В таком случае:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n a_i p_i}{\sum_{i=1}^n p_i}, \text{ где} \quad (1)$$

a_i – это значение величины полученное из i -го измерения, входящего в ряд неравноточных измерений,

p_i – вес i -го измерения данного ряда.

Вес результирующих измерений – положительное число, служащее оценкой доверия к этому или иному отдельному результату измерения, входящему в ряд неравноточных измерений. С этой целью результату с большей погрешностью приписывается вес, равный 1, остальные веса находятся по отношению к нему.

В лабораторной работе критерием для установления веса будет погрешность применяемых приборов. Самому малоточному прибору приписываем вес, равный 1. Остальным значениям измерений приписать вес пропорционально точности. Для получения достоверного окончательного результата необходимо умножить каждый результат измерения на его вес, взять сумму полученных произведений и разделить на сумму весов формула (1).

6. Порядок выполнения.

Производим измерения одного и того же размера образца горной породы двумя различными способами, средствами измерений различной точности.

6.1 Измерения штангенциркулем

Штангенциркуль – инструмент для измерения линейных размеров.

Штангенциркуль состоит из основных элементов (рис. 6.1):

1- губок для внутренних измерений;

2 – стопорного винта;

3 – штанги;

4 – глубиномера;

5 – рамки;

6 – нониуса;

7 – губок для наружных измерений;

Штанга 3 снабжена шкалой с ценой деления 1 мм. Длина шкалы 155 мм.

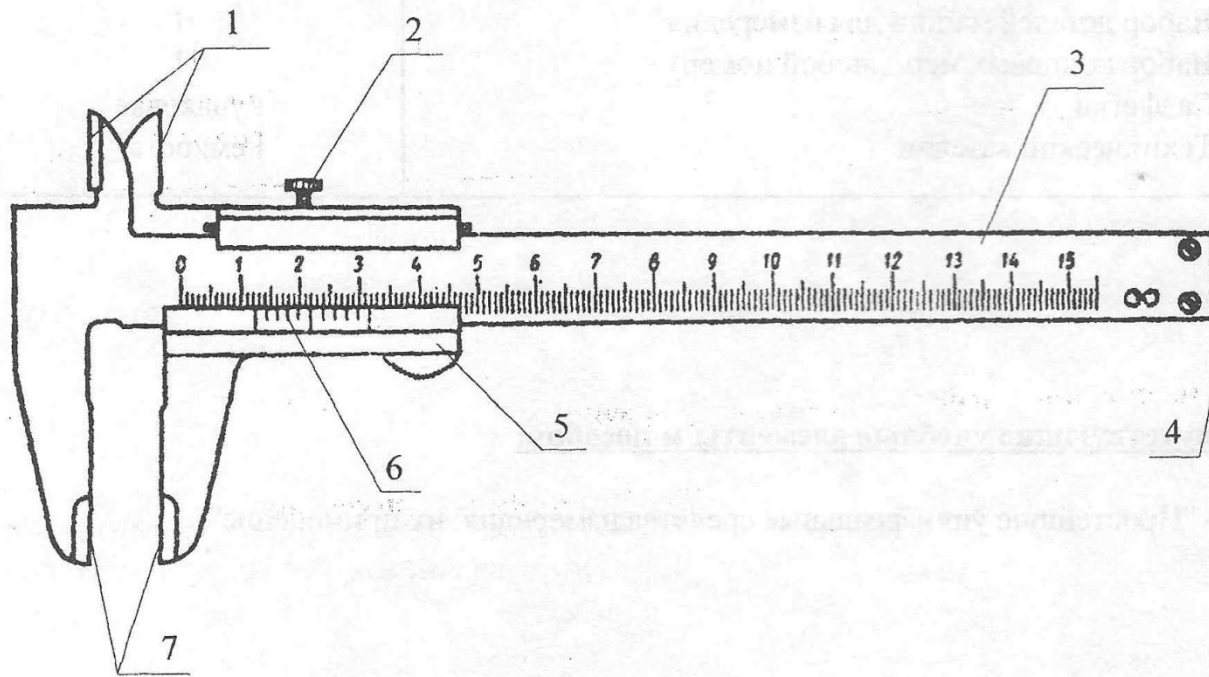


Рис.6.1 Общий вид штангенциркуля

На штангу одета рамка 5, к задней стенке которой прикреплен глубиномер 4. Рамка с глубиномером могут перемещаться вдоль штанги. Рамка 5 снабжена вспомогательной шкалой - нониусом 6. Нониус имеет 10 делений. Стопорный винт 2 служит для фиксации рамки относительно штанги.

6.2 Измерения микрометром.

Микрометром называется инструмент для измерения наружных размеров изделий (рис.6.2).

6.2.1 Микрометры предназначены для измерения наружных размеров различных изделий с точностью до 0,01 мм.

Микрометры являются более совершенным измерительным инструментом по сравнению со штангенциркулем.

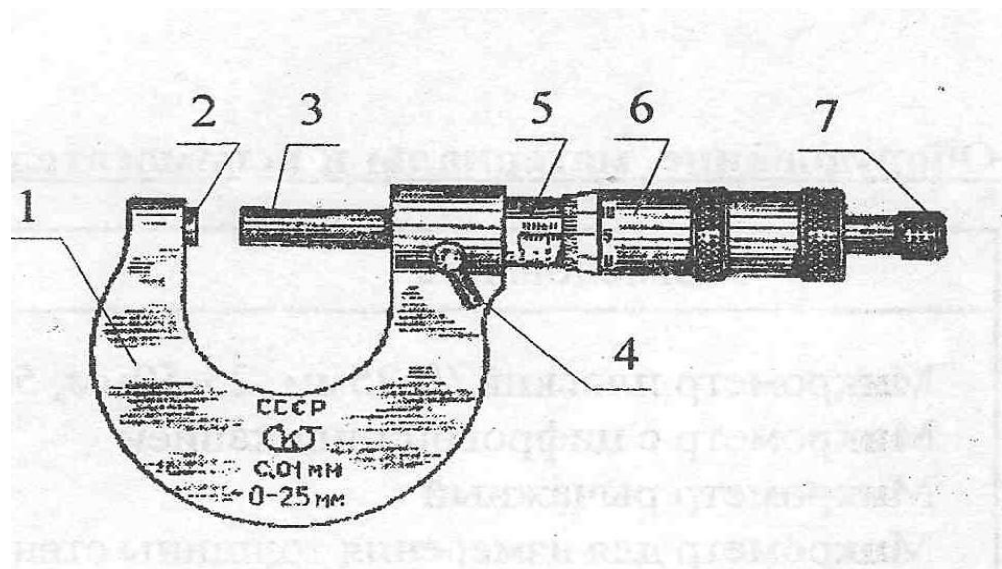


Рис.6.2 Общий вид микрометра

Микрометр включает в себя следующие основные элементы:

- 1 – скобу
- 2 – пятку
- 3 – микрометрический винт;
- 4 – стопор;
- 5 – стебель;
- 6 – барабан с коническим нониусом;
- 7 – трещотку.

6.2.2 Отсчеты измерений производятся по шкале на стебле 5 и шкале на коническом нониусе барабана 6.

Вдоль оси стебля имеется риска, перпендикулярно к ней сверху и снизу нанесены штрихи, расстояние между которыми равно 1 мм. Штрихи, расположенные над рисккой (вспомогательная шкала), смещены вправо относительно нижних штрихов(основная шкала) на 0,5 мм. Длина основной и вспомогательной шкал – 25 мм. По штрихам, находящимся под рисккой, отсчитывают целое число миллиметров, а по штрихам над рисккой – 0,5 мм.

Микрометры изготовляют со шкалой различных диапазонов измерения: 0...25 мм, 25...50 мм, 50...75 мм и далее с диапазоном измерений 25 мм.6.2.3 При повороте барабана на один полный оборот микрометрический винт и барабан переместятся вдоль оси на шаг резьбы микрометрического винта – 0,5 мм.

6.2.4 Сотые доли миллиметра определяются при помощи делений на коническом нониусе барабана. Нониус включает в себя 50 делений.

При повороте барабана на одно деление нониуса микрометрический винт переместится на расстояние, равное 0,5 мм: 50 делений = 0,01 мм, которое определяет точность измерения микрометра.

6.2.5 Принцип действия микрометра заключается в следующем. Образец (изделие) помещается между пяткой 2 и торцом микрометрического

винта 3. Затем барабан 6 поворачивается по часовой стрелке до тех пор, пока торец микрометрического винта 3 не приблизится к поверхности образца. Дальнейшее движение микрометрического винта 3 производится при помощи вращения колпачка с трещоткой 7 по часовой стрелке. При появлении характерного треска, подобного треску пружины часов при заводе, поворот трещотки прекращается.

Появившийся треск указывает на то, что торец микрометрического винта плотно прижат к поверхности образца, то есть достигнуто постоянство давления винта на поверхность измеряемого элемента детали. После этого микрометрический винт стопорят стопором 4, отделяет микрометр от образца и читают размер. Результаты измерений заносятся в таблицу 1.

Таблица 1- Результаты измерений длины изделия (образца)

Средства измерения	Измеренная величина, а	Вес измерения, р	$a_i p_i$	$R = \frac{\sum_{i=1}^n a_i p_i}{\sum_{i=1}^n p_i}$
Микрометр				
Штангенциркуль 1/50мм				
Штангенциркуль 1/10мм				
Σ				Окончательный результат

Варианты результатов измерений размера горного образца различными средствами

№ вариантов	Измеренная величина, мм	№ вариантов	Измеренная величина, мм
1	2	3	4
1	1 способ =15,69; 2 способ =15,66; 3 способ =15,70	11	1 способ =16,49; 2 способ =16,46; 3 способ =16,50
2	1 способ =20,59; 2 способ =20,56; 3 способ =20,60	12	1 способ =19,80; 2 способ =19,77 3 способ =19,81
3	1 способ =18,79; 2 способ =18,76; 3 способ =18,80	13	1 способ =14,50; 2 способ =14,47; 3 способ =14,51

4	1 способ =17,63; 2 способ =17,60; 3 способ =17,64	14	1 способ =14,58; 2 способ =14,45; 3 способ =14,40
5	1 способ =21,69; 2 способ =21,66 3 способ =21,70	15	1 способ =13,50; 2 способ =13,47; 3 способ =13,51
6	1 способ =17,63; 2 способ =17,60; 3 способ =17,64	16	1 способ =14,58; 2 способ =14,45; 3 способ =14,40
7	1 способ =21,69; 2 способ =21,66 3 способ =21,70	17	1 способ =13,50; 2 способ =13,47; 3 способ =13,51
8	1 способ =17,63; 2 способ =17,60; 3 способ =17,64	18	1 способ =14,58; 2 способ =14,45; 3 способ =14,40
9	1 способ =21,69; 2 способ =21,66 3 способ =21,70	19	1 способ =13,50; 2 способ =13,47; 3 способ =13,51
10	1 способ =18,79; 2 способ =18,76; 3 способ =18,80	20	1 способ =14,50; 2 способ =14,47; 3 способ =14,51

Практическое занятие №3

Тема: Применение теории размерностей физических величин

1.Цель работы: ознакомление с характеристикой свойств физических величин, международной системой единиц, практикой применения теории размерностей физических величин.

2.Теоретическая часть

Физическими величинами называются общепринятые или установленные законодательным путём характеристики (меры) различных свойств, общих в качественном отношении для многих физических объектов (физических систем, их состояний и происходящих в них процессов), но в количественном отношении индивидуальных для каждого из них.

Таким образом, под термином «*физическая величина*» понимают свойство, общее в качественном отношении многим физическим объектам, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них.

Количественным выражением этого свойства в объекте является размер физической величины, а числовой оценкой её размера – значение физической величины. Физическая величина, которой по определению присвоено *числовое значение, равное единице, называют единицей физической величины.*

В любой системе единиц существует лишь одна основная единица данной физической величины.

Международная система единиц (СИ) была принята в 1960г. на XI генеральной конференции по мерам и весам. В нашей стране данная система введена в действие с 1 января 1982г., в соответствии с ГОСТ 8.417 – 81 «ГСИ. Единицы физических величин».

В настоящее время она характеризуется как *когерентная система единиц, состоящая из семи основных, двух дополнительных и ряда производных единиц, число которых не ограничено.*

Основные и дополнительные единицы СИ приведены в табл. 1.

Производные единицы Международной системы единиц образуются из основных и дополнительных единиц СИ на основании законов, устанавливающих связь между физическими величинами, или уравнений по которым определяют физическую величину.

Единицы могут быть дольными и кратными от единиц СИ.

Кратной единицей называют единицу, которая в целое число раз больше системной или внесистемной единицы.

Дольной единицей называют единицу, которая в целое число раз меньше системной или внесистемной единицы.

Таблица 1 - Единицы физических величин СИ

Физическая величина		Единица СИ		
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение	
			международное	русское
<i>Основные</i>				
Длина	M	метр	m	м
Масса	T	килограмм	Kg	кг
Время		секунда	S	с
Сила электрического тока	I	ампер	A	A
Термодинамическая температура	Q	Кельвин	K	K
Количество вещества	N	моль	mol	моль
Сила света	J	кандела	cd	Кд
<i>Дополнительные</i>				
Плоский угол	-	радиан	rad	рад
Телесный угол	-	стерадиан	Sr	ср

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

Для образования наименьших кратных и дольных единиц физических величин используют приставки, изложенные в табл. 2.

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 $\dim l = L$; $\dim m = M$; $\dim t = T$.

Таблица 2 – Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименований

Множитель	Приставка				
	На-именование	Происхождение		Обозначение	
		от какого слова	из какого языка	между народное	русское
$1000000000000000000=10^{18}$	экса	шесть раз по 10^3	греч.	Е	Э
$1000000000000000=10^{15}$	пета	пять раз по 10^3	греч.	Р	П
$10000000000000=10^{12}$	тера	огромный	греч.	Т	Т
$1000000000=10^9$	гига	гигант	греч.	G	Г
$1000000=10^6$	мега	большой	греч.	M	М
$1000=10^3$	кило	тысяча	греч.	k	к
$100=10^2$	гекто	сто	греч.	h	г
$10=10^1$	дека	десять	греч.	da	да
$0,1=10^{-1}$	деци	десять	лат.	d	д
$0,01=10^{-2}$	санتي	сто	лат.	c	с
$0,001=10^{-3}$	милли	тысяча	лат.	m	м
$0,000001=10^{-6}$	микро	малый	греч.	μ	мк
$0,000000001=10^{-9}$	нано	карлик	лат.	n	н
$0,0000000000001=10^{-12}$	пико	пикколо	итал.	p	п
$0,0000000000000001=10^{-15}$	фемто	пятнадцат ь	дат.	f	ф
$0,000000000000000001=10^{-18}$	атто	восемнад цать	дат.	a	а

При определении размерности производных величин руководствуются следующими правилами:

1. *Размерность левой и правой части 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 $Q = A \cdot B \cdot C$, то: $\dim Q = \dim A \cdot \dim B \cdot \dim C$

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

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 $\dim Q = L^\alpha \cdot M^\beta \cdot T^\gamma$, где L, M, T, \dots – размерности соответствующих основных физических величин; $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ – показатели степени 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.

Таким образом, размерность физической величины – выражение, показывающее связь данной величины с физическими величинами, положенными в основу системы единиц; записывается в виде произведения символов соответствующих основных величин, возведенных в определенные степени, которые называются показателями размерности. Так, размерность ускорения (символ a) записывается в виде $[a] = LT^{-2}$, где L — символ длины, T — времени, а степень (-2) — показатель размерности времени. Величины, в которые все основные величины входят в степени, равной нулю, называются безразмерными.

2. Порядок выполнения работы.

В начале занятия студенты должны охарактеризовать общие правила конструирования систем единиц. Далее следует 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;

- в обозначениях единиц точку и знак сокращения не ставят;
- 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 $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$; Вт·м⁻²·К⁻¹.

Затем студенты должны ознакомиться с принципом образования наименьших кратных и дольных единиц.

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

По определяющим уравнениям выразить размерности физических величин:

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	$P = A/t;$

3. Контрольные вопросы:

1. Каковы правила конструирования систем единиц?
2. Назовите основные и дополнительные единицы системы СИ?
3. Как образуются кратные и дольные единицы Международной системы единиц?
4. Что называют единицей физической величины?
5. Что такое физическая величина?
7. Что такое размер физической величины?
8. Какие единицы являются дольными, кратными от единиц СИ?

Список литературы

- 1.Сергеев А.Г., Латышев М.В. Метрология, стандартизация, сертификация [Текст]: учебное пособие.-2-е изд., перераб. и доп.-М.: ЛОГОС, 2005г. –560 с.
- 2.БакиевТ.А., Никифоров А.Д. Метрология, стандартизация, сертификация [Текст]: учебное пособие.-3-е изд., испр.-М.: Высшая школа, 2005г. – 422 с.
- 3.Титов В.С., В., Эрастов В., Метрология, стандартизация, сертификация: [Текст]: учебное пособие,- Курск: КГТУ, 2005 г. – 184 с