

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра метрологии, приборостроения
и управления качеством

МЕТРОЛОГИЯ, КВАЛИМЕТРИЯ
И СТАНДАРТИЗАЦИЯ
МЕРЫ ДЛИНЫ

Методические указания к лабораторной работе
для студентов бакалавриата направления 21.03.01

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2020

УДК 006.91(073)

МЕТРОЛОГИЯ, КВАЛИМЕТРИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ. Меры длины: Методические указания к лабораторной работе / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *А.А. Виноградова, Е.Е. Смирнова*. СПб, 2020. 22 с.

Методические указания содержат краткие теоретические сведения, порядок выполнения лабораторной работы, в них изложены основные ее цели, задачи, структура и правила составления отчета, требования к его оформлению.

Предназначены для студентов бакалавриата направления 21.03.01 «Нефтегазовое дело».

Научный редактор проф. *Э.А. Кремчев*

Рецензент *О.П. Пудовкин* (ООО «ПК МР-Автоматика»)

© Санкт-Петербургский
горный университет, 2020

МЕТРОЛОГИЯ, КВАЛИМЕТРИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ МЕРЫ ДЛИНЫ

*Методические указания к лабораторной работе
для студентов бакалавриата направления 21.03.01*

Сост.: *А.А. Виноградова, Е.Е. Смирнова*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой метрологии, приборостроения и управления качеством

Ответственный за выпуск *А.А. Виноградова*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 29.06.2020. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 1,3. Усл.кр.-отт. 1,3. Уч.-изд.л. 1,1. Тираж 50 экз. Заказ 409.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2

Лабораторная работа «Меры длины»

Цель и задачи работы:

1. Ознакомиться с плоскопараллельными концевыми мерами длины и документами, нормирующими требования к ним.
2. Научиться составлять блоки из плоскопараллельных концевых мер длины по заданным размерам и рассчитывать их погрешности.

1. Теоретические основы лабораторной работы

1.1. Введение

В данный момент нормативным документом на плоскопараллельные концевые меры (ПКМД) длины является стандарт ГОСТ 9038-90 «Меры длины концевые плоскопараллельные. Технические условия».

История развития документа.

Одним из первых документов, нормирующим требования к ПКМД является стандарт «ОСТ 85000-39 Меры длины концевые плоскопараллельные. Определения. Классификация. Метрологические и технические требования. Назначение и применение. Условия поверки». Он был утвержден Госстандартом СССР от 14.06.1939 взамен ОСТ/ВКС 7622 и ОСТ/ВКС 8517. Данный стандарт устанавливал систему плоскопараллельных мер длины, применяемых для передачи размеров от эталона до изделия. Плоскопараллельной концевой мерой называли меру в форме плитки или стержня, для определения значения (размера) которых служат две взаимнопараллельные измерительные плоскости. Есть указание, что материалом для изготовления концевых мер должна служить сталь. С 01.01.1961 указанный стандарт был заменен на ГОСТ 9038-59, утвержденный Госстандартом СССР. Взамен с его 01.01.1975 утвержден и введен в действие ГОСТ 9038-73 (ИУС 7-73) «Меры длины концевые плоскопараллельные. Основные параметры, технические требования». Далее с 01.01.1985 взамен ГОСТ 9038-73 утвержден и введен в действие ГОСТ 9038-83, взамен которого с 01.07.1991 постановлением Госстандарта СССР от 25.01.1990 N 86 утвержден и введен в действие ГОСТ 9038-90 (ИУС 4-90).

Настоящий стандарт распространяется на плоскопараллельные концевые меры длины (далее - концевые меры) из стали длиной до 1000 мм и твердого сплава длиной до 100 мм, имеющие форму прямоугольного параллелепипеда с двумя плоскими взаимно параллельными измерительными поверхностями.

Концевые меры предназначены для использования в качестве:

- рабочих мер для регулировки и настройки показывающих измерительных приборов и для непосредственного измерения линейных размеров промышленных изделий;

- образцовых мер для передачи размера единицы длины от первичного эталона концевым мерам меньшей точности и для проверки и градуировки измерительных приборов.

1.2. Основные параметры и размеры

Концевые меры должны быть изготовлены следующих классов точности: 0; 1; 2; 3 - из стали; 0; 1; 2 и 3 - из твердого сплава. Концевые меры из стали и твердого сплава классов точности 00 и 01 изготавливают по согласованию между потребителем и изготовителем.

Таблица 1

Градация концевых мер	Номинальные значения длины концевых мер, мм				
	1,0005				
-	1,0005				
0,001	От	0,99	до	1,01	включ.
	От	1,99	до	2,01	включ.
	От	9,99	до	10,01	включ.
0,005	От	0,40	до	0,41	включ.
0,01	От	0,1	до	0,7	включ.
	От	0,9	до	1,5	включ.
	От	2	до	3	включ.
	От	9,9	до	10,1	включ.
0,1	От	0,1	до	3	включ.
0,5	От	0,5	до	25	включ.
1	От	1	до	25	включ.
10	От	10	до	100	включ.
25	От	25	до	200	включ.
50	От	50	до	300	включ.
100	От	100	до	1000	включ.

Концевые меры при использовании в качестве образцовых должны быть поверены в качестве образцовых 1, 2, 3 и 4-го разрядов по МИ 1604 «ГСИ. Меры длины концевые плоскопараллельные. Общие требования к методикам поверки. Образцовые меры» должны иметь отличительный знак при выпуске из производства.

Концевые меры следует отправлять наборами, специальными наборами или отдельными мерами и комплектами наборов. Класс точности набора определяется низшим классом отдельной меры, входящей в набор. Концевая мера 1,005 мм, входящая в наборы 1, 2, 3, 12 и 15 3-го класса точности, должна быть не ниже 2-го класса точности.

Наборы специальных мер представлены в таблице 2.

Таблица 2

Номер набора	Число мер в наборе	Градация мер, мм	Номинальные значения длины мер, мм	Число мер	Защитные меры		Класс точности наборов	
					Ном. знач. длины, мм	Число мер	из стали	из тв. сплава
1	83	-	1,005	1	-	-	0; 1; 2 и 3	1; 2 и 3
		0,01	От 1 до 1,5 вкл	51				
		0,1	От 1,6 до 2 вкл	5				
		0,5	0,5	1				
		10	От 2,5 до 10	16				
		10	От 20 до 100 вкл	9				
2	38	-	1,005	1	-	-	1; 2 и 3	1; 2 и 3
		0,01	От 1 до 1,1 вкл	11				
		0,1	От 1,2 до 2 вкл	9				
		1	От 3 до 10 вкл	8				
		10	От 20 до 100 вкл	9				
3	112	-	1,005	1	-	-	0; 1; 2 и 3	1; 2 и 3
		0,01	От 1 до 1,5 вкл	51				
		0,1	От 1,6 до 2 вкл	5				
		0,5	0,5	1				
			От 2,5 до 25 вкл	46				
		10	От 30 до 100 вкл	8				
4	11	0,001	От 2 до 2,01 вкл	11	-	-	0; 1; 2	-
5	11	0,001	От 1,99 до 2 вкл.	11	-	-	0; 1; 2	-
6	11	0,001	От 1 до 1,01 вкл	11	-	-	0; 1; 2	0 и 1

Окончание табл. 2

Номер набора	Число мер в наборе	Градация мер, мм	Номинальные значения длины мер, мм	Число мер	Защитные меры		Класс точности наборов	
					Ном. знач. длины, мм	Число мер	из стали	из тв. сплава
7	11	0,001	От 0,99 до 1 вкл	11	-	-	0; 1; 2	0 и 1
8	10	25	От 125 до 200 вкл	4	50	2	0; 1; 2 и 3	-
		50	От 250 до 300 вкл	2				
		100	От 400 до 500 вкл	2				
9	12	100	От 100 до 1000 вкл	10	50	2	0; 1; 2 и 3	-
10	20	0,01	От 0,1 до 0,29 вкл	20	-	-	1; 2 и 3	-
11	43	0,01	От 0,3 до 0,7	41	-	-	0; 1; 2 и 3	-
		0,1	От 0,8 до 0,9 вкл	2				
12	74	-	1,005	1	-	-	-	1; 2; 3
		0,01	От 0,9 до 1,5 вкл	61				
		0,1	От 1,6 до 2 вкл	5				
		-	0,5	1				
		0,5	От 2,5 до 5 вкл	6				
13	11	-	5	1	-	-	1; 2; 3	-
		10	От 10 до 100 вкл	10				
14	38	0,5	От 10,5 до 25 вкл	30	-	-	0; 1; 2; 3	-
		10	От 30 до 100 вкл	8				
15	29	0,001	1,005	1	-	-	1; 2 и 3	-
		0,01	От 1 до 1,1 вкл	11				
		0,1	От 1,2 до 2 вкл	9				
		1	От 3 до 10 вкл	8				
16	19	0,001	От 0,991 до 1,009 вкл	19	-	-	0; 1 и 2	0 и 1
17	19	0,001	От 1,991 до 2,009 вкл	19	-	-	0; 1 и 2	-
18	2	-	-	-	1	2	-	1; 2 и 3
19	2	-	-	-	2	2	-	1; 2 и 3

Примеры условных обозначений:

Набор N 2 концевых мер из стали класса точности 1:

Концевые меры 1-Н2 ГОСТ 9038-90.

Набор N 3 концевых мер из твердого сплава класса точности 2:

Концевые меры 2-Н3-Т ГОСТ 9038-90.

Концевая мера длиной 1,49 мм из стали класса точности 3:

Концевая мера 3-1,49 ГОСТ 9038-90.

Комплект образцовых концевых мер 1-го разряда:

Концевые меры образцовые 1-КО ГОСТ 9038-90.

Набор N 3 образцовых концевых мер 2-го разряда:

Концевые меры образцовые 2НОЗ ГОСТ 9038-90.

1.3. Технические требования

Концевые меры длины должны изготавливаться в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ 9038-90 по рабочим чертежам, утвержденным в установленном порядке.

Допускаемые отклонения длины концевых мер от номинальной при температуре 20 °С и отклонения от плоскопараллельности измерительных поверхностей не должны превышать значений, указанных в табл.3.

Таблица 3

Номинальные значения длины концевых мер, мм	Допускаемые отклонения											
	длины от номинального значения ±, мкм, для классов точности						от плоскопараллельности, мкм, для классов точности					
	00	01	0	1	2	3	00	01	0	1	2	3
До 0,29	-	-	-	0,20	0,40	0,80	-	-	-	0,16	0,30	0,30
Св. 0,29 до 0,9	-	-	0,12	0,20	0,40	0,80	-	-	0,10	0,16	0,30	0,30
Св. 0,9 до 10	0,06	0,20	0,12	0,20	0,40	0,80	0,05	0,05	0,10	0,16	0,30	0,30
Св. 10 до 25	0,07	0,30	0,14	0,30	0,60	1,20	0,05	0,05	0,10	0,16	0,30	0,30
Св. 25 до 50	0,10	0,40	0,20	0,40	0,80	1,60	0,06	0,06	0,10	0,18	0,30	0,30
Св. 50 до 75	0,12	0,50	0,25	0,50	1,00	2,00	0,06	0,06	0,12	0,18	0,35	0,40
Св. 75 до 100	0,14	0,60	0,30	0,60	1,20	2,50	0,07	0,07	0,12	0,20	0,35	0,40
Св. 100 до 150	0,20	0,80	0,40	0,80	1,60	3,00	0,08	0,08	0,14	0,20	0,40	0,40
Св. 150 до 200	0,25	1,00	0,50	1,00	2,00	4,00	0,09	0,09	0,16	0,25	0,40	0,40
250	0,30	1,20	0,60	1,20	2,40	5,00	0,10	0,10	0,16	0,25	0,45	0,50
300	0,35	1,40	0,70	1,40	2,80	6,00	0,10	0,10	0,18	0,25	0,50	0,50
400	0,45	1,80	0,90	1,80	3,60	7,00	0,12	0,12	0,20	0,30	0,50	0,50
500	0,50	2,00	1,00	2,00	4,00	8,00	0,14	0,14	0,25	0,35	0,60	0,60
600	0,60	2,50	1,30	2,50	5,00	10,0	0,16	0,16	0,25	0,40	0,70	0,70
700	0,70	3,00	1,50	3,00	6,00	11,0	0,18	0,18	0,30	0,45	0,70	0,80
800	0,80	3,20	1,60	3,20	6,50	13,0	0,20	0,20	0,30	0,50	0,80	0,80
900	0,90	3,60	1,80	3,60	7,00	14,0	0,20	0,20	0,35	0,50	0,90	0,90
1000	1,00	4,00	2,00	4,00	8,00	16,0	0,25	0,25	0,40	0,60	1,00	1,00

Параметр шероховатости измерительных поверхностей концевых мер 0,063 мкм по ГОСТ 2789 «Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики».

Края измерительных поверхностей концевых мер должны быть закруглены до радиуса, не превышающего 0,3 мм, или иметь фаски не более 0,3 мм. На измерительных поверхностях концевых мер, в том числе в зоне перехода фасок в измерительную поверхность, не должно быть дефектов, которые отрицательно влияют на использование концевых мер.

Допускаются на измерительных поверхностях концевых мер царапины, не влияющие на притираемость и на отклонение длины от номинального значения и от плоскопараллельности

Температурный коэффициент линейного расширения материала концевых мер из стали на 1 м и 1 °С должен быть в пределах 10,5-12,5 мкм при температуре от 10 до 30 °С. Концевые меры из твердого сплава должны иметь температурный коэффициент линейного расширения при температуре от 10 до 30 °С в соответствии с табл.4 и изготавливаться целиком из твердого сплава или из стали с измерительными поверхностями, оснащенными твердым сплавом.

Таблица 4

Номинальные значения длины концевых мер, мм				Температурный коэффициент линейного расширения концевых мер, мкм, на 1 м и 1 °С	Класс точности концевых мер
От	2	до	5	3,5-12,5	1; 2 и 3
Св.	5	до	10	8-12,5	1
Св.	5	до	10	3,5-12,5	2 и 3
Св.	10	до	25	8-12,5	1; 2 и 3
Св.	25	до	100	10,5-12,5	1; 2 и 3

Пределы доверительной погрешности измерений длины образцовых концевых мер 1 - 5-го разрядов и допускаемые отклонения от плоскопараллельности для этих концевых мер приведены в таблице 5, где 1) - Пределы допускаемых погрешностей измерения длины, мкм, ± 2) - Допускаемое отклонение от плоскопараллельности, мкм.

Таблица 5

Номинальное значение длины концевой меры L , мм	Разряды мер									
	1		2		3		4		5	
	1)	2)	1)	2)	1)	2)	1)	2)	1)	2)
До 10 вкл	0,02	0,09	0,06	0,09	0,11	0,16	0,22	0,30	0,6	0,6
св. 10 до 25 вкл	0,02	0,10	0,36	0,10	0,12	0,16	0,25	0,30	0,6	0,6
св. 25 до 50 вкл	0,03	0,10	0,08	0,10	0,15	0,18	0,30	0,30	0,8	0,6
св. 50 до 75 вкл	0,03	0,12	0,09	0,12	0,18	0,18	0,35	0,35	0,9	0,8
св. 75 до 100 вкл	0,04	0,12	0,10	0,12	0,20	0,20	0,40	0,35	1,0	0,8
св. 100 до 125 вкл	0,04	0,14	0,11	0,14	0,22	0,20	0,45	0,40	1,1	0,8
св. 125 до 150 вкл	0,05	0,14	0,12	0,14	0,25	0,20	0,50	0,40	1,2	0,8
св. 150 до 175 вкл	0,06	0,15	0,14	0,15	0,28	0,22	0,55	0,40	1,4	0,8
св. 175 до 200 вкл	0,06	0,15	0,15	0,15	0,30	0,22	0,60	0,40	1,5	0,8
250	0,07	0,15	0,18	0,15	0,35	0,26	0,70	0,40	1,8	0,8
300	0,08	0,18	0,20	0,18	0,40	0,25	0,80	0,40	2,0	0,8
400	0,10	0,20	0,25	0,20	0,50	0,30	1,00	0,50	2,5	1,0
500	0,12	0,25	0,30	0,25	0,60	0,35	1,20	0,60	3,0	1,0
600	0,14	0,25	0,35	0,25	0,70	0,40	1,40	0,70	3,5	1,5
700	0,16	0,30	0,40	0,30	0,80	0,45	1,60	0,70	4,0	1,5
800	0,18	0,30	0,45	0,30	0,90	0,50	1,80	0,80	4,5	1,5
900	0,20	0,30	0,50	0,30	1,00	0,50	2,00	0,90	5,0	1,5
1000	0,22	0,40	0,55	0,40	1,10	0,60	2,20	1,00	5,5	1,5

В паспорте концевых мер из твердого сплава изготовитель должен указывать соответствующее применяемой в наборе марки твердого сплава значение температурного коэффициента линейного расширения мер. Твердость измерительных поверхностей концевых мер из стали должна быть не ниже 800 HV по ГОСТ 2999 «Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Виккерсу».

Требования к стабильности концевых мер во времени должны быть обеспечены изготовителем при условии, что концевые меры не подвергались резким температурным воздействиям, вибрациям и ударам, а также влияниям магнитных полей, исключая магнитное поле земли.

1.4. Маркировка

На каждой концевой мере должно быть нанесено значение ее номинальной длины. На концевых мерах длиной 5,5 мм и менее значение номинальной длины должно быть максимально удалено от се-

редины измерительной поверхности с тем, чтобы в ее центральной части зона длиной 9 мм оставалась свободной от надписей.

На концевых мерах длиной более 5,5 мм значение номинальной длины и товарный знак предприятия-изготовителя должны быть нанесены на нерабочей поверхности. На защитных и образцовых мерах, кроме указанной выше маркировки, должен быть нанесен отличительный знак. На концевых мерах классов точности 00, 01 и 0 допускается маркировать номер набора или другую дополнительную маркировку.

На футляре каждого набора должны быть нанесены:

- товарный знак предприятия-изготовителя (на наружной поверхности крышки);
- порядковый номер набора или комплекта;
- класс точности (для рабочих концевых мер); разряд (для образцовых концевых мер); надпись «образцовые меры» (на наружной поверхности крышки футляра набора или комплекта образцовых концевых мер);
- обозначение настоящего стандарта;
- буква «Т» (для наборов из твердого сплава) на внутренней поверхности футляра.

У каждого гнезда, в которое укладывают концевую меру, следует указывать значения номинальной длины.

Для проверки соответствия концевых мер требованиям настоящего стандарта проводят государственные испытания, метрологическую аттестацию (для образцовых концевых мер), приемочный контроль, периодические испытания и испытания на соответствие мер по температурному коэффициенту линейного расширения материала концевых мер и по стабильности длины концевых мер во времени.

1.5. Методы контроля и испытаний

Проверка концевых мер по МИ 2079 «ГСИ. Меры длины концевые плоскопараллельные образцовые 3 и 4-го разрядов и рабочие классов точности 1-5 длиной до 100 мм. Методика поверки», МИ 2186 «Рекомендация. ГСИ. Меры длины концевые плоскопарал-

лельные образцовые 3 и 4-го разрядов и рабочие классов точности 1-5 длиной свыше 100 до 1000 мм. Методика поверки», ГОСТ 8.367 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Меры длины концевые плоскопараллельные образцовые 1-го и 2-го разрядов и рабочие классов точности 00 и 0 длиной до 1000 мм. Методы и средства поверки» и МИ 1604 «ГСИ. Меры длины концевые плоскопараллельные. Общие требования к методикам поверки».

Воздействие климатических факторов внешней среды при транспортировании проверяют в климатических камерах. Испытания проводят в следующем режиме: при температуре плюс (50 ± 3) °С, минус (50 ± 3) °С и при относительной влажности $(95\pm 3)\%$ при температуре (35 ± 3) °С. Выдержка в климатической камере в каждом режиме 2 ч. После испытаний все испытываемые меры должны соответствовать требованиям стандарта.

При проверке влияния транспортной тряски используют ударный стенд, создающий тряску ускорением 30 м/с² и частотой 80-120 ударов в минуту.

Ящики с упакованными мерами крепят к стенду и испытывают при общем числе ударов 15000. После испытаний метрологические характеристики мер не должны превышать значений, предусмотренных настоящим стандартом.

В набор мер, могут входить дополнительные защитные меры с номинальным размером 1; 1,5; 2 мм, которые служат для предохранения мер от истирания, износа и повреждения

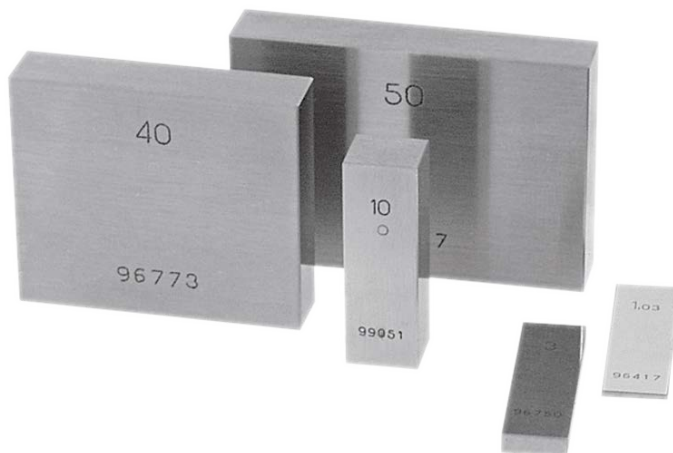


Рис. 1. Изображение плоскопараллельных концевых мер длины



Рис. 2. Набор плоскопараллельных концевых мер длины, используемый для выполнения лабораторной работы

2. Основные термины и определения

Длина концевой меры (в любой точке) – длина перпендикуляра, опущенного из данной точки измерительной поверхности концевой меры на ее противоположную измерительную поверхность. Противоположной измерительной поверхностью при абсолютном интерференционном методе измерения длины мер служит поверхность плоской вспомогательной пластины, изготовленной из того же материала и с поверхностью того же качества, что и концевая мера, к которой она притерта.

Отклонение значения длины концевой меры от номинальной – наибольшая по абсолютному значению разность между длиной концевой меры в любой точке и номинальной длиной концевой меры.

Отклонение от плоскопараллельности концевой меры – разность между наибольшей и наименьшей длинами концевой меры.

Притираемость концевой меры – свойство измерительных поверхностей концевой меры, обеспечивающее прочное сцепление концевых мер между собой, а также с плоской металлической, стеклянной пластинами при прикладывании или надвигании одной концевой меры на другую или концевой меры на пластину. Притираемость характеризуется усилием сдвига.

Защитная мера – мера, устанавливаемая на краю блока мер, для предохранения от износа основных мер.

Набор специальных мер – набор мер, предназначенный для проверки определенных изделий и измерительных приборов (проволочек, микрометров, штангенинструмента, оптикаторов).

Мера (материальная) – средство измерений, которое воспроизводит в процессе использования или постоянно хранит величины одного или более данных родов, с приписанными им значениями.

Средство измерений – техническое средство, предназначенное для измерений и имеющее нормированные (установленные) метрологические характеристики.

Класс точности – обобщенная характеристика данного типа средств измерений, как правило, отражающая их уровень точности и выражаемая точностными характеристиками средств измерений.

Погрешность (результата измерения) – разность между измеренным значением величины и опорным значением величины.

Погрешность меры – разность между номинальным значением меры и опорным значением воспроизводимой ею величины.

Действительное значение меры – значение величины, приписанное мере на основании ее калибровки или поверки.

Случайная погрешность (измерения) – составляющая погрешности измерения, изменяющаяся случайным образом (по знаку и значению) при повторных измерениях, проведенных в определенных условиях.

Систематическая погрешность (измерения) – составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или же закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же величины.

Постоянные погрешности – погрешности, которые в течение длительного времени, например, в течение времени выполнения всего ряда измерений, остаются постоянными (или – неизменными). Они встречаются наиболее часто.

Поправка – значение величины, вводимое в показание с целью исключения систематической погрешности.

Периодические погрешности – погрешности, значение которых является периодической функцией времени или перемещения указателя измерительного прибора.

Доверительные границы (погрешности измерения) – верхняя и нижняя границы интервала, внутри которого с заданной вероятностью находится значение погрешности измерений.

Максимальная допускаемая погрешность (измерения) – максимальное значение погрешности измерения (без учета знака), разрешенное спецификацией или нормативными документами для данного измерения.

Погрешность метода (измерений) – составляющая погрешности измерений, обусловленная несовершенством принятого метода измерений.

Инструментальная погрешность (измерения) – составляющая погрешности измерения, обусловленная погрешностью применяемого средства измерений.

Абсолютная погрешность (измерения) – погрешность измерения, выраженная в единицах измеряемой величины.

Относительная погрешность (измерения) – погрешность измерения, выраженная отношением абсолютной погрешности измерения к опорному значению измеряемой величины.

3. Методика проведения лабораторной работы

Для выполнения данной лабораторной работы используется набор стальных мер с известными номинальными размерами и поправками (действительными погрешностями изготовления), приведенными в табл. 6.

Таблица 6

Номинальн. размер, мм	Поправка, мкм	Номинальн. размер, мм	Поправка, мкм	Номинальн. размер, мм	Поправка, мкм
0,5	-0,06	1,36	+0,11	11,5	+0,22
1	-0,05	1,37	+0,15	12	+0,18
1,005	+0,17	1,38	+0,13	12,5	-0,10
1,01	+0,10	1,39	-0,05	13	-0,05
1,02	-0,07	1,40	-0,09	13,5	+0,20
1,03	-0,03	1,41	-0,06	14	-0,05
1,04	-0,12	1,42	+0,18	14,5	+0,09
1,05	-0,05	1,43	-0,06	15	+0,14
1,06	+0,06	1,44	+0,10	15,5	-0,15
1,04	+0,14	1,45	+0,06	16	+0,27
1,08	-0,03	1,46	+0,13	16,5	+0,24
1,09	+0,05	1,47	+0,09	17	+0,13
1,1	+0,11	1,48	-0,14	17,5	-0,05
1,11	+0,16	1,49	-0,13	18	+0,03
1,12	-0,06	1,50	+0,13	18,5	-0,05
1,13	+0,03	1,60	-0,15	19	+0,03
1,14	+0,03	1,70	+0,13	19,5	+0,14
1,15	+0,17	1,80	-0,05	20	-0,08
1,16	-0,12	1,90	+0,09	20,5	-0,04
1,17	+0,11	2	+0,06	21	+0,12

Номинальн. размер, мм	Поправка, мкм	Номинальн. размер, мм	Поправка, мкм	Номинальн. размер, мм	Поправка, мкм
1,18	-0,05	2,5	+0,06	21,5	+0,24
1,19	-0,06	3	+0,09	22	-0,08
1,20	-0,03	3,5	+0,04	22,5	-0,15
1,21	+0,06	4	+0,08	23	+0,23
1,22	-0,08	4,5	+0,11	23,5	-0,06
1,23	-0,08	5	-0,15	24	-0,15
1,24	+0,12	5,5	-0,05	24,5	+0,19
1,25	+0,16	6	+0,13	25	+0,22
1,26	+0,18	6,5	+0,13	30	-0,11
1,27	+0,05	7	+0,13	40	-0,06
1,28	-0,05	7,5	-0,12	50	-0,16
1,29	+0,17	8	+0,14	60	+0,26
1,30	+0,01	8,5	+0,02	70	-0,05
1,31	-0,06	9	+0,08	80	+0,16
1,32	-0,06	9,5	+0,05	90	+0,90
1,33	+0,14	10	+0,02	100	-0,08
1,34	+0,12	10,5	+0,11		
1,35	+0,13	11	-0,10		

Порядок составления блока мер заданного размера:

1. Подбирается мера, содержащая наименьшую долю размера.
2. Значение подобранной меры вычитается из заданного размера блока.
3. Подбирается мера, содержащая наименьшую долю размера полученного остатка.
4. Значение подобранной меры вычитается из заданного размера полученного остатка.
5. Пункты 3-4 повторяются до получения нулевого остатка или получения остатка, к которому невозможно подобрать меру.

При составлении блока мера рекомендовано выполнять следующие правила:

1. При составлении блока мер меру из набора можно использовать только один раз.
2. Количество мер при составлении блока должно быть ми-

нимальным (рекомендовано не более 5 штук).

3. При составлении блока подбор мер необходимо начинать с наименьшей доли размера.

4. Пример выполнения расчета

Задание: необходимо подобрать плоскопараллельные концевые меры длины для размера 47,847 мм, используя меры из таблицы 6.

1. Подбираем меру, содержащую наименьшую долю размера, а именно 0,005 мм. Данное значение имеет только одна мера 1,005 мм.

2. Вычитаем из заданного размера 47,845 мм значение меры 1,005 мм, получаем остаток 46,842 мм.

3. К тысячным долям остатка подобрать меру из данного набора невозможно, поэтому подбираем меру, содержащую сотые доли остатка, а именно 0,04 мм. Выбираем меру 1,34 мм.

4. Вычитаем из остатка 46,842 мм значение меры 1,34 мм, получаем остаток 45,502 мм.

5. Подбираем меру, содержащую наименьшую долю остатка, а именно 0,5 мм. Выбираем меру 5,50 мм, т.к. она в ее значении есть и необходимое значение единиц.

6. Вычитаем из остатка 45,502 мм значение меры 5,50 мм, получаем остаток 40,002 мм.

7. Подбираем меру, содержащую наименьшую долю остатка, а именно 40 мм. Ближайшая по значению мера – это мера 40 мм.

10. Вычитаем из остатка 40,002 мм значение меры 40 мм, получаем остаток 0,002 мм.

Номинальным размером блока будет являться сумма выбранных мер, в данном случае она будет равняться:

$$H_n = 1,005 + 1,34 + 1,80 + 5,50 + 40 = 47,845 \text{ мм}$$

Погрешность номинального размера блока - предельная погрешность номинального размера этого блока - средняя квадратичная сумма допусковых погрешностей изготовления отдельных концевых мер, вошедших в этот блок:

$$\Delta H_H = \sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta i_{изз}^2}, \quad (1)$$

где ΔH_H – предельная погрешность номинального размера блока;
 $\Delta i_{изз}$ – допускаемая при изготовлении погрешность длины i -й концевой меры. Значение $\Delta i_{изз}$ берется из данных таблицы 3; n – количество концевых мер длины, вошедших в блок.

Тогда номинальный размер блока с его предельной погрешностью:

$$H_H = \pm \Delta H_H \quad (2)$$

Предположим, что выбранные концевые меры второго класса точности, поэтому согласно данным таблицы 6 допускаемые погрешности их длин:

- концевой мере 1,005 мм соответствует $\Delta_{изз} \pm 0,40$ мкм;
- концевой мере 1,34 мм соответствует $\Delta_{изз} \pm 0,40$ мкм;
- концевой мере 5,50 мм соответствует $\Delta_{изз} \pm 0,40$ мкм;
- концевой мере 40 мм соответствует $\Delta_{изз} \pm 0,80$ мкм;

Тогда, согласно формуле (1), предельная погрешность номинального размера блока, составленного из концевых мер 2-го класса точности, будет равна:

$$\Delta H_H = \sqrt{(\pm 0,40)^2 + (\pm 0,40)^2 + (\pm 0,40)^2 + (\pm 0,80)^2} = 1 \text{ мкм}.$$

Номинальный размер блока согласно формуле (2) с его предельной погрешностью:

$$(47,845 \pm 0,001) \text{ мм}.$$

Действительным размером (H_d) блока концевых мер будет являться сумма номинального размера и алгебраической суммы ($\sum \Delta$) поправок (действительной погрешности блока) с учетом их знака из табл. 6.

Для данного номинального размера блока (H_H), который состоит из концевых мер 1,005; 1,34; 5,5; 40, поправки (Δ) выбираются по данным табл. 6:

- концевой мере 1,005 мм соответствует поправка +0,17 мкм;
- концевой мере 1,34 мм соответствует поправка +0,12 мкм;
- концевой мере 5,50 мм соответствует поправка -0,05 мкм;
- концевой мере 40 мм соответствует поправка -0,06 мкм;

$$\sum \Delta = +0,17 + 0,12 + (-0,05) + (-0,06) = +0,18 \text{ мкм} = 0,00018 \text{ мм.}$$

$$H_d = H_n + \sum \Delta = 47,84500 + 0,00018 = 47,84518 \text{ мм.}$$

Погрешность действительного размера блока концевых мер - предельная погрешность действительного размера блока, которая равна средней квадратичной сумме допускаемых погрешностей измерения отдельных концевых мер, вошедших в блок.

$$\Delta H_d = \sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta i_{изм}^2}, \quad (3)$$

где ΔH_d – предельная погрешность действительного размера блока;
 $\Delta i_{изм}$ – допускаемая погрешность измерения i -й концевой меры длины в соответствии с данными таблицы 5; n – количество концевых мер длины, вошедших в блок.

Тогда действительный размер блока с его предельной:

$$H_d = \pm \Delta H_d \quad (4)$$

Предположим, что выбранные концевые меры второго класса точности, поэтому согласно данным таблицы 6 допускаемые погрешности их длин:

- концевой мере 1,005 мм соответствует $\Delta_{изз} \pm 0,06$ мкм;
- концевой мере 1,34 мм соответствует $\Delta_{изз} \pm 0,06$ мкм;
- концевой мере 5,50 мм соответствует $\Delta_{изз} \pm 0,06$ мкм;
- концевой мере 40 мм соответствует $\Delta_{изз} \pm 0,08$ мкм;

Тогда, согласно формуле (3), предельная погрешность номинального размера блока, составленного из концевых мер 2-го класса точности, будет равна:

$$\Delta H_d = \sqrt{(\pm 0,06)^2 + (\pm 0,06)^2 + (\pm 0,06)^2 + (\pm 0,08)^2} = 0,13 \text{ мкм}$$

Действительный размер блока согласно формуле (4) с его

предельной погрешностью:

$$(47,84518 \pm 0,00013) \text{ мм.}$$

Для удобного восприятия данные расчеты нужно свести в таблицу (табл. 7).

Таблица 7

Значение размера, мм	№	Мера, мм	Остаток, мм	Поправка меры, мкм	$\Delta_{изг}$, мкм	$\Delta_{изм}$, мкм
47,847	1	1,005	46,842	+0,17	$\pm 0,40$	$\pm 0,06$
46,842	2	1,34	45,502	+0,12	$\pm 0,40$	$\pm 0,06$
45,502	3	5,50	40,002	-0,05	$\pm 0,40$	$\pm 0,06$
40,002	4	40	40,002	-0,06	$\pm 0,80$	$\pm 0,08$
			0,002			
Сумма		47,845		+0,18		
Нн		47,845			$\Delta_{Нн}=1,06$	
Нд		47,84518				$\Delta_{Нд}=0,13$

5. Варианты заданий

Номер задания выбирается согласно последней цифре номера зачетной книжки.

Таблица 8

№ варианта	Последняя цифра номера зачетной книжки	Значение размера, мм	Класс точности мер	Разряд мер
1	1	50,667	2	3
2	2	40,874	3	4
3	3	39,549	1	2
4	4	24,365	2	1
5	5	75,426	3	2
6	6	12,992	1	3
7	7	64,254	2	4
8	8	43,855	3	3
9	9	38,743	1	1
0	0	26,358	2	2

6. Требования к содержанию отчёта по лабораторной работе

Отчёт оформляется в печатном виде на листах формата А4 в соответствии с требованиями, предъявляемыми кафедрой МПиУК, в котором помимо стандартного титульного листа должны быть приведены следующие пункты:

- I. Цель работы.
- II. Краткое теоретическое содержание:
 1. Объект, изучаемый в работе.
 2. Определение основных понятий.
- III. Расчеты.
- IV. Таблица с результатами вычислений.
- V. Значения номинального и действительных размеров блока с погрешностями.
- VI. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что означает условное обозначение «Концевые меры 1-Н2 ГОСТ 9038-90»?
2. Для чего можно использовать концевые меры длины?
3. Какой стандарт регламентирует требования к концевым мерам длины?
4. Что такое погрешность меры? Приведите пример.
5. Дайте определение понятия «мера (материальная)».
6. Что такое средство измерений?
7. В чем разница между абсолютной погрешностью измерения и относительной?
8. Что такое погрешность метода (измерений)?
9. В чем разница между случайной погрешностью измерения и систематической?
10. Как рассчитывается предельная погрешность номинального размера блока концевых мер?
11. Как рассчитывается предельная погрешность действительного размера блока концевых мер?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 9038-90 Меры длины концевые плоскопараллельные. Технические условия. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. - 12 с
2. МИ 1604-87 ГСИ. Меры длины концевые плоскопараллельные. Общие требования к методикам поверки. - М.: Издательство стандартов, 1988. - 15 с.
3. РМГ 29-2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения. - М.: Стандартинформ, 2014. - 60 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Теоретические основы лабораторной работы.....	3
1.1. Введение.....	3
1.2. Основные параметры и размеры.....	4
1.3. Технические требования.....	7
1.4. Маркировка.....	9
1.5. Методы контроля и испытаний.....	10
2. Основные термины и определения.....	13
3. Методика проведения лабораторной работы.....	15
4. Пример выполнения расчета.....	17
5. Варианты заданий.....	20
6. Требования к содержанию отчёта по лабораторной работе.....	20
Контрольные вопросы.....	21
Библиографический список.....	22