

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра технологии машиностроения

Составитель
О. Н. Дегтярева

ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ

**Методические указания к практическому занятию № 7
по дисциплине «Метрология, стандартизация
и сертификация»**

Рекомендовано учебно-методической комиссией специальности
23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства
в качестве электронного издания
для использования в учебном процессе

Кемерово 2025

Рецензенты:

Абабков Н. В., кандидат технических наук, заведующий кафедрой технологии машиностроения ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Махалов М. С., кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Дегтярева Ольга Николаевна

Выбор средств измерения геометрических параметров деталей : методические указания к практическому занятию № 7 по дисциплине «**Метрология, стандартизация и сертификация**» для студентов специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства / Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева ; Кафедра технологии машиностроения ; составитель О. Н. Дегтярева. – Кемерово : КузГТУ, 2025. – 1 файл (580 Кб). – Текст : электронный.

В методических указаниях изложен теоретический материал по теме практического занятия, индивидуальные варианты задания, рассмотрен пример выполнения. Приведены контрольные вопросы.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация».

© Кузбасский государственный
технический университет имени
Т. Ф. Горбачева, 2025
© Дегтярева О. Н., составление,
2025

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7

ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ

1. ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Цель работы – научиться выбирать средства измерения линейных размеров.

Содержание работы – по заданным размерам детали (табл. 1) выбрать СИ для измерения этих размеров.

Таблица 1

По первой цифре номера варианта

Вариант	1	2	3	4	5
Заданный размер	$\varnothing 220d11$	$\varnothing 32h9$	$\varnothing 60g6$	$\varnothing 80f7$	$\varnothing 120n6$
Вариант	6	7	8	9	0
Заданный размер	$\varnothing 100h8$	$\varnothing 40e8$	$\varnothing 70k6$	$\varnothing 200js6$	$\varnothing 30r6$

По второй цифре номера варианта

Вариант	1	2	3	4	5
Заданный размер	$\varnothing 80H7$	$\varnothing 100F8$	$\varnothing 20E9$	$\varnothing 30Js7$	$\varnothing 60H11$
Вариант	6	7	8	9	0
Заданный размер	$\varnothing 80N7$	$\varnothing 40H8$	$\varnothing 100P7$	$\varnothing 200H9$	$\varnothing 120K7$

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

При выборе средства измерения линейного размера детали необходимо учитывать следующие факторы: величину допуска на изготовление измеряемого размера; номинальный размер; допускаемую погрешность измерения этого размера; общий контур элемента и всей этой детали; предельную (полную) погрешность измерения выбираемого средства измерения; экономичность контроля.

Чем меньше допуск на изготовление изделия, тем более точным должен быть измерительный инструмент. При этом нужно иметь в виду, что гарантированный допуск, т. е. тот допуск, который устанавливается в соответствии со стандартами, в про-

цессе измерения будет уменьшен на величину погрешностей самих измерительных инструментов. В итоге производственный допуск, та действительная допустимая неточность изготовления, которая может быть допущена с учетом погрешности средства измерения, будет меньше гарантированного допуска на максимальную величину этих погрешностей.

Это обстоятельство следует учитывать и при выборе средств измерений. Взяв более точный измерительный инструмент, изготавливаемый с более жесткими допусками и дающий меньшие погрешности при измерении, мы тем самым увеличим производственный допуск, и контролер забракует меньше изделий, но время и стоимость контроля увеличится. Применяв менее точный инструмент, можно удешевить и ускорить контроль, но вместе с этим уменьшается производственный допуск. Поэтому, важно учитывать экономический фактор.

Во всех случаях не следует выбирать инструмент и приборы выше той точности, которая требуется. Исходя из точности изделия.

По метрологическим характеристикам выбираемыми параметрами СИ являются предельная погрешность измерения и цена деления измерительного средства. В соответствии с требованиями ГОСТ 8.051-81 установлены соотношения между заданным допуском T на измеряемые (контролируемые) размеры и допускаемыми погрешностями измерения δ , определяющими действительный размер измеряемой величины (табл. 2).

Допускаемая погрешность измерения включает в себя случайные и неучтенные систематические погрешности измерения. Случайная погрешность измерения не должна превышать 0,6 от допускаемой погрешности измерения. Допускаемая погрешность измерения должна быть небольшой по сравнению с допуском контролируемого параметра изделия и не превышать значений, указанных в табл. 2. При выборе СИ необходимо, чтобы предельная погрешность измерения не превышала допускаемой погрешности измерения. Чем ближе значение предельной погрешности СИ к значению допускаемой погрешности измерения, тем менее трудоемким и более дешевым будет измерение.

Цена деления шкалы выбирается с учетом заданной точности измерения. Принятие более грубой шкалы вносит дополни-

тельные субъективные погрешности, а более точной приводит к удорожанию СИ.

Абсолютная погрешность СИ – разность показаний измерительного средства и истинного (действительного) значения измеряемой величины.

Относительная погрешность СИ – отношение абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой величины и выражается долях или процентах.

Систематическая погрешность СИ – составляющая часть всей погрешности результата измерения, не изменяющаяся (или изменяющаяся по известной зависимости) при каждом последующем измерении одной и той же величины.

Случайная погрешность СИ – составляющая часть всей погрешности результата измерения, изменяющаяся случайно при каждом последующем измерении одной и той же величины.

Основная погрешность СИ – погрешность, полученная в нормальных условиях эксплуатации СИ.

Типовыми видами погрешностей, входящие в основные погрешности СИ являются:

Аддитивная погрешность – погрешность, получаемая путем сложения различного вида погрешностей.

Мультипликативная погрешность – погрешность, которая линейно изменяется с изменением измеряемой величины.

Класс точности СИ – обобщенная характеристика средств измерений, показывающая близость результатов измерений к истинному значению измеряемой величины.

На классы точности разделены все СИ, кроме угломерных приборов и приборов для измерения длин.

Обозначение классов точности всех видов СИ, кроме названных, приводят в паспортных данных в зависимости от способов задания пределов допускаемой основной погрешности.

Наиболее широко используют три типовых варианта обозначения классов точности:

- класс точности указан в кружке в виде относительной погрешности;
- класс точности указан без кружка в виде приведенной погрешности;

– класс точности прибора указан двумя числами, в виде двух приведенных погрешностей – конечного и начального деления шкалы.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.1. Выписать исходные данные (табл. 1) согласно номеру варианта. Найти значения предельных отклонений по ГОСТ 25347-82.

3.2. Определить номинальный размер (d , D), допуск (IT) размера детали.

Пример.

Дано: вал $\varnothing 45h8$, вал $\varnothing 45_{-0,039}$;
отверстие $\varnothing 90F9$, отверстие $90_{+0,123}^{+0,036}$

Для вала:

номинальный размер $d = 45$ мм;

допуск вала $IT = es - ei = 0 - (-0,039) = 0,039$ мм = 39 мкм.

Для отверстия:

номинальный размер $D = 90$ мм;

допуск отверстия

$IT = ES - EI = +0,123 - (+0,036) = 0,087$ мм = 87 мкм.

3.3. Определить допускаемую погрешность измерения $\delta_{\text{изм}}$ для заданных размеров по табл. 2.

Пример.

Для вала $\delta_{\text{изм}} = 10$ мкм;

для отверстия $\delta_{\text{изм}} = 20$ мкм.

3.4. Определить индекс СИ по табл. 3, 4.

Пример.

Для вала: индексы СИ – 5, 8 (табл. 3);

для отверстия: индексы СИ – 11, 12, 8 (табл. 4).

3.5. Определить наименование СИ, тип (модель) и способ его применения по табл. 5, 6.

Пример.

Вал (табл. 5). Для измерения вала $\varnothing 45_{-0,039}$ можно применить:

- микрометр рычажный типа МР или МРИ;
- скобу рычажную типа СР при использовании в стойке или при обеспечении теплоизоляции от рук оператора при настройке на «ноль» по установочной мере длины 3-го класса (индекс СИ 5);
- микроскоп инструментальный типа ММИ–2, БМИ–1 (индекс СИ 8).

Отверстие (табл. 6). Для измерения отверстия $\varnothing 90^{+0,123}_{+0,036}$ можно применить:

- нутромер микрометрический типа НМ при настройке по установочной мере (индекс СИ 11);
- нутромер индикаторный типа НИ с ценой деления 0,01 мм при настройке по концевым мерам длины 4-го класса или по микрометру (индекс СИ 12);
- микроскоп инструментальный типа ММИ–2, БМИ–1 (индекс СИ 8).

3.6. Выбрать конкретное СИ из предложенных в табл. 7. Дать обоснование.

Пример.

Из перечисленных в п. 3.5. СИ имеются следующие приборы:

- скоба рычажная типа СР50 с ценой деления 0,002 мм; диапазон измерения 25–50 мм; диапазон показаний отсчетного устройства $\pm 0,140$ мм; допускаемая погрешность $\pm 0,002$.
- нутромер индикаторный типа НИ 100 с ценой деления 0,01 мм и диапазоном показаний отсчетного устройства 0–5 мм (определяются используемым индикатором часового типа ИЧ–5), диапазон измерения прибора 50–100 мм, допускаемая погрешность $\pm 0,018$ мм.

По метрологическим и эксплуатационным характеристикам данные СИ соответствуют заданным условиям.

4. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по практической работе оформить на листах формата А4 с рамками. На титульном листе указать: фамилию; группу; номер варианта. На последующих листах записать исходные данные, описать последовательность выполнения задания.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 5.1. Классификация средств измерений.
- 5.2. Основные метрологические характеристики приборов.
- 5.3. Виды погрешностей СИ.
- 5.4. Дать определения погрешностей.
- 5.5. Причины появления погрешностей.
- 5.6. Что учитывается при выборе СИ.

6. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

6.1. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник для студентов вузов, обучающихся по машиностроительным направлениям подготовки и специальностям / А. И. Аристов, Л. И. Карпов, В. М. Приходько, Т. М. Раковщик. – 3-е изд., перераб. – Москва : Академия, 2006. – 384 с. – (Высшее профессиональное образование: Машиностроение). – ISBN 9785769548857.

6.2. Дегтярева, О. Н. Метрология, стандартизация и сертификация : учебное пособие для студентов направлений подготовки бакалавров «Машиностроение», «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / О. Н. Дегтярева ; Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева. – Кемерово : КузГТУ, 2015. – 1 файл (2,4 Мб). – URL:

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=91284&type=utchposob:common>
(дата обращения: 11.06.2025).

6.3. ГОСТ 25347–2013. Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Ряды допусков, предельные отклонения отверстий и валов : межгосударственный стандарт : введен в действие Приказом Росстандарта от 18 февра-

ля 2014 г. № 29-ст : дата введения. 2015–07–01. Москва : Стандартиформ, 2014. – 52 с.

6.4. ГОСТ 8.051–81. Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм : межгосударственный стандарт : утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 23 ноября 1981 г. № 5067 : дата введения 1982–01–01. – Москва : Изд-во стандартов, 1982. – 12 с.

Приложение
Таблица 2

Допускаемые погрешности измерений линейных размеров
(выписка из ГОСТ 8.051–81)

Номинальный размер, мм	Квалитеты									
	5		6		7		8		9	
	<i>IT</i>	$\delta_{\text{изм}}$	<i>IT</i>	$\delta_{\text{изм}}$	<i>IT</i>	$\delta_{\text{изм}}$	<i>IT</i>	$\delta_{\text{изм}}$	<i>IT</i>	$\delta_{\text{изм}}$
Св. 18 до 30	9	3	13	4	21	6	33	8	52	12
Св. 30 до 50	11	4	16	5	25	7	39	10	62	16
Св. 50 до 80	13	4	19	5	30	9	46	12	74	18
Св. 80 до 120	15	5	22	6	35	10	54	12	87	20
Св. 120 до 180	18	6	25	7	40	12	63	16	100	30
Св. 180 до 250	20	7	29	8	46	12	72	18	115	30
Св. 250 до 315	23	8	32	10	52	14	81	20	130	30
Св. 315 до 400	25	9	36	16	57	16	89	24	140	40
Номинальный размер, мм	Квалитеты									
	10		11		12		13		14	
	<i>IT</i>	$\delta_{\text{изм}}$	<i>IT</i>	$\delta_{\text{изм}}$	<i>IT</i>	$\delta_{\text{изм}}$	<i>IT</i>	$\delta_{\text{изм}}$	<i>IT</i>	$\delta_{\text{изм}}$
Св. 18 до 30	84	18	130	30	210	50	330	70	520	120
Св. 30 до 50	100	20	160	40	250	50	390	80	620	140
Св. 50 до 80	120	30	190	40	300	60	460	100	740	160
Св. 80 до 120	140	30	220	50	350	70	540	120	870	180
Св. 120 до 180	160	40	250	50	400	80	630	140	1000	200
Св. 180 до 250	185	40	290	60	460	100	720	160	1150	240
Св. 250 до 315	210	50	320	70	520	120	810	180	1300	260
Св. 315 до 400	230	50	360	80	570	120	890	180	1400	280

Таблица 3

Индексы СИ наружных размеров деталей

Номинальный размер, мм	Квалитеты				
	5	6	7	8	9
	Пределы допускаемых погрешностей измерения (мкм), допуски (мкм), индекс СИ				
Св. 18 до 30	3/9	4/13	6/21	8/33	12/52
	5; 6; 7	5; 9	5; 8	3; 8	3; 8
Св. 30 до 50	4/11	5/16	7/25	10/39	16/62
	5; 6; 7	5; 8	5; 8	5; 8	3; 4; 8
Св. 50 до 80	4/13	5/19	9/30	12/46	18/74
	5a; 6; 7	5; 9	5; 9	5; 8	3; 8
Св. 80 до 120	5/15	6/22	10/35	12/54	20/87
	5a; 6; 7	5; 9	5; 8	5; 8	3; 4; 8
Св. 120 до 180	6/18	7/25	12/40	16/63	30/100
	5; 7 *	5; 7*	5; 9	5; 9	3; 4; 9
Св. 180 до 250	7/20	8/29	12/46	18/72	30/115
	5; 7 *	5; 7 *	5; 7 *	5	3
Св. 250 до 315	8/23	10/32	14/52	20/81	30/130
	5; 7 *	5; 7 *	5	5	3
Св. 315 до 400	8/25	16/36	16/57	24/89	40/140
	5a	5	5	5	3

Продолжение табл. 3

Номинальный размер, мм	Квалитеты				
	10	11	12	13	14
	Пределы допускаемых погрешностей измерения (мкм), допуски (мкм), индекс СИ				
Св. 18 до 30	18/84	30/130	50/210	70/330	120/520
	3; 4; 8	3; 4; 8	3; 4; 8	3; 4; 8	2
Св. 30 до 50	20/100	40/160	50/250	80/390	140/620
	3; 4; 8	3; 4; 8	3; 4; 8	3; 4; 8	2
Св. 50 до 80	30/120	40/190	60/300	100/460	160/740
	3; 4; 8	3; 4; 8	3; 4; 8	2	2
Св. 80 до 120	30/140	50/220	70/350	120/540	180/870
	3; 4; 8	3; 4; 8	3; 4; 8	2	2
Св. 120 до 180	40/160	50/250	80/400	140/630	200/1000
	3; 4; 9	3; 4; 9	3; 4; 9	2; 3	1; 3
Св. 180 до 250	40/185	60/290	100/460	160/720	240/1150
	3; 4	3; 4	2; 3	2; 3	1; 3
Св. 250 до 315	50/210	70/320	120/520	180/810	260/1300
	3; 4	3; 4	3; 4	3; 4	1; 3
Св. 315 до 400	50/230	80/360	120/570	180/890	280/1400
	3; 4	3; 4	3; 4	3; 4	1; 3

* Измерительное средство не полностью обеспечивает диапазон номинальных размеров

Таблица 4

Индексы СИ внутренних размеров деталей

Номинальный размер, мм	Квалитеты				
	5	6	7	8	9
	Пределы допускаемых погрешностей измерения (мкм), допуски (мкм), индекс СИ				
Св. 18 до 30	3/9	4/13	6/21	8/33	12/52
	13 $\sqrt{6}$; 7	13a; 7	13; 9	13; 9	12; 8
Св. 30 до 50	4/11	5/16	7/25	10/39	16/62
	13a; 7	13a; 7	13; 9	13; 8	12; 8
Св. 50 до 80	4/13	5/19	9/30	12/46	18/74
	13a; 7	13a; 7	13; 9	13; 8	12; 8
Св. 80 до 120	5/15	6/22	10/35	12/54	20/87
	13a; 7	13a; 7	13; 8	13; 8	11; 12; 8
Св. 120 до 180	6/18	7/25	12/40	16/63	30/100
	13a; 7 *	13; 9	13; 9	12; 9	11; 12; 9
Св. 180 до 250	7/20	8/29	12/46	18/72	30/115
	13a	13a	13	12	11; 12
Св. 250 до 315	8/23	10/32	14/52	20/81	30/130
	13a	13a	13	12	11; 12
Св. 315 до 400	8/25	16/36	16/57	24/89	40/140
	13a	13a	13	12	11; 12

Продолжение табл. 4

Номинальный размер, мм	Квалитеты				
	10	11	12	13	14
	Пределы допускаемых погрешностей измерения (мкм), допуски (мкм), индекс СИ				
Св. 18 до 30	18/84	30/130	50/210	70/330	120/520
	12; 8	12; 8	12; 8	12; 8	12; 8
Св. 30 до 50	20/100	40/160	50/250	80/390	140/620
	12; 8	12; 8	12; 8	12; 8	12; 8
Св. 50 до 80	30/120	40/190	60/300	100/460	160/740
	12; 8	12; 8	12; 8	12; 8	12; 8
Св. 80 до 120	30/140	50/220	70/350	120/540	180/870
	11; 12; 8	11; 12; 8	11; 12; 8	11; 12; 8	11; 12; 8
Св. 120 до 180	40/160	50/250	80/400	140/630	200/1000
	11; 12; 8	11; 12; 9	11; 12; 9	11; 12; 9	2
Св. 180 до 250	40/185	60/290	100/460	160/720	240/1150
	11; 12	11; 12	11; 12	11; 12	2
Св. 250 до 315	50/210	70/320	120/520	180/810	260/1300
	11; 12	11; 12	11; 12	11; 12	11; 12
Св. 315 до 400	50/230	80/360	120/570	180/890	280/1400
	11; 12	11; 12	11; 12	11; 12	11; 12

* Измерительное средство не полностью обеспечивает диапазон номинальных размеров

Таблица 5

СИ для измерения наружных размеров деталей

Индекс СИ	СИ и способ его применения
1	Штангенциркуль типа ШЦ–I, ШЦ–II, ШЦ–III с ценой деления 0,1 мм
2	Штангенциркуль типа ШЦ–II с ценой деления 0,05 мм
3	Микрометр гладкий типа МК при настройке на «ноль» по установочной мере, приложенной к микрометру
4	Скоба индикаторная типа СИ при настройке на «ноль» по концевым мерам длины
5	Микрометр рычажный типа МР и МРИ, скоба рычажная типа СР при использовании в стойке или при обеспечении теплоизоляции от рук оператора при настройке на «ноль» по установочной мере длины 3-го класса по ГОСТ 9038-90
5а	То же при настройке на размер длины 2-го класса и использовании отсчета на 10 делениях шкалы
6	Головки рычажно-зубчатые типа ИГ, пружинно-оптические типа П, пружинные типа ИГП и ИПМ с ценой деления 1 мкм при настройке по концевым мерам длины 2-го класса
7	Оптиметр вертикальный типа ОВ–3 и горизонтальный типа ОГ–3 при настройке по концевым мерам длины 2-го класса
8	Микроскоп инструментальный типа ММИ–2, БМИ–1
9	Микроскоп инструментальный типа УИМ–21, УИМ–23
10	Линейка измерительная металлическая ГОСТ 427-75

Таблица 6

СИ для измерения внутренних размеров деталей

Индекс СИ	СИ и способ его применения
1	Штангенциркуль типа ШЦ–I, ШЦ–II, ШЦ–III с ценой деления 0,1 мм
2	Штангенциркуль типа ШЦ–II с ценой деления 0,05 мм
7	Оптиметр горизонтальный типа ОГ–3
8	Микроскоп инструментальный типа ММИ–2, БМИ–1
9	Микроскоп инструментальный типа УИМ–21, УИМ–23
10	Линейка измерительная металлическая ГОСТ 427-75
11	Нутромер микрометрический типа НМ при настройке по установочной мере
12	Нутромер индикаторный типа НИ с ценой деления 0,01 мм при настройке по концевым мерам длины 4-го класса или по микрометру
13	Нутромер типа НИ (ГОСТ 9244-75), куда установлена головка типа 2ИГ с ценой деления 0,001 или 0,002 мм при настройке по концевым мерам длины 1-го класса и измерений отверстий с шероховатостью поверхности не грубее $R_a = 1,25$ мкм
13а	То же при измерении отверстий с шероховатостью поверхности не грубее $R_a = 0,32$ мкм
13б	Нутромер (ГОСТ 9244-75) с ценой деления 0,001 или 0,002 мм с настройкой по установочным кольцам (ГОСТ 14865-78) при измерении отверстий с шероховатостью поверхности не грубее $R_a = 0,32$ мкм

Таблица 7

Метрологические и эксплуатационные характеристики СИ

Наименование измерительного прибора	Тип, модель	Стандарт	Цена деления шкалы, мм	Диапазон, мм		Допускаемая погреш- ность ¹ (не более), мм
				измерений	показаний	
1	2	3	4	5	6	7
Штангенциркуль	ШЦ-I	ГОСТ 166-89	0,1	0-125	0-125	$\pm 0,06$ $\pm 0,1$
	ШЦ-II		0,05	0-150 0-250	0-150 0-250	$\pm 0,06$ $\pm 0,1$
Микрометр гладкий	МК-25	ГОСТ 6507-90	0,01	0-25	0-25	$\pm 0,004$
	МК-50			25-50	25-50	
	МК-75			50-75	50-75	
	МК-100			75-100	75-100	
	МК-125			100-125	100-125	
	МК-150			125-150	125-150	
	МК-175			150-175	150-175	
	МК-200			175-200	175-200	
Скоба рычажная	СР-25	ГОСТ 11098-75	0,002	0-25	$0 \pm 0,140$	$\pm 0,001$ $\pm 0,002$
	СР-50			25-50		
	СР-75			50-75		
	СР-100			75-100		
Нутромер индикаторный	НИ 160	ГОСТ 868-82	0,01	100-160	0-5	$\pm 0,018$
	НИ 250			160-250	0-10	

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6	7
Скоба индикаторная	СИ-50	ГОСТ 11098-75	0,01	0–50	0–5 0–10	±0,008
	СИ-100			50–100		
Микрокатор	ИГП 11300	ГОСТ 28798-90	0,001	0–180	0–0,06	±0,06
Оптиметр вертикальный	ИКВ	ГОСТ Р 71593-2024	0,001	0–180	0 ± 0,1	±0,0002 ±0,0003
Микроскоп инструмен- тальный малый	ММИ	ГОСТ 8074-82	линейная 0,01 0,005 угловая 1'	линейная 0–25 угловая 0–360°	линейная 0–25 угловая 0–360°	См. примечание 2

Примечание:

1. Первое значение для СИ 1-го класса точности, второе – для СИ 2-го класса точности.
2. Погрешности измерения при измерении диаметров цилиндров определяют по формуле: $\pm (7 + l/7)$, где l – измеряемая длина, мм.