

**Севастопольский национальный
технический университет**

ИЗМЕРЕНИЕ БИЕНИЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Взаимозаменяемость, стандартиза-
ция и технические измерения»
для студентов машиностроительных направлений

**Севастополь
2014**

УДК 531.74

Измерение биений поверхностей вращения: Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения» для студентов машиностроительных направлений /Сост. Н.А. Волошина, О.В. Филипович, О.П. Чуб. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2014. – 20с.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам в выборе измерительных средств и в приобретении практических навыков измерения различных видов биений. Приводятся основные сведения о биениях, требования к приборам для измерения биений, изложена методика проведения измерений.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры Автоматизированных приборных систем СевНТУ (протокол №3 от 08 октября 2014 г.)

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент А.П. Васютенко, канд. техн. наук, доцент кафедры АПС.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель работ	4
2. Основные понятия и определения	4
3. Методы и средства измерений биений поверхностей вращения	8
4. Лабораторная работа №1. Измерение радиального и торцового биения в центрах	10
5. Лабораторная работа №2. Измерение радиального и торцового биения на призме	12
6. Контрольные вопросы	14
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	15
ПРИЛОЖЕНИЕ А	16

1. ЦЕЛЬ РАБОТ

Выбор методов и средств измерения различных видов биений у деталей типа тел вращения. Изучение основных принципов функционирования этих средств. Приобретение практических навыков работы на приборах для измерения биений.

2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Биение является одной из геометрических характеристик изделий. Поля допусков различных видов биений нормирует ГОСТ Р 53442 – 2009.

Общие термины и определения для геометрических элементов устанавливает ГОСТ 31254 – 2004. Эти термины являются новыми по сравнению с применявшимися, они позволяют однозначно описывать и беспрепятственно математически определять различные виды геометрических элементов. К геометрическим элементам относятся точка, линия или поверхность. Полным геометрическим элементом является поверхность или линия на поверхности. К производным геометрическим элементам относятся средняя точка, средняя линия или средняя поверхность, которые произведены от одного или нескольких полных элементов. Взаимосвязь определений геометрических элементов показана на рисунке 1.

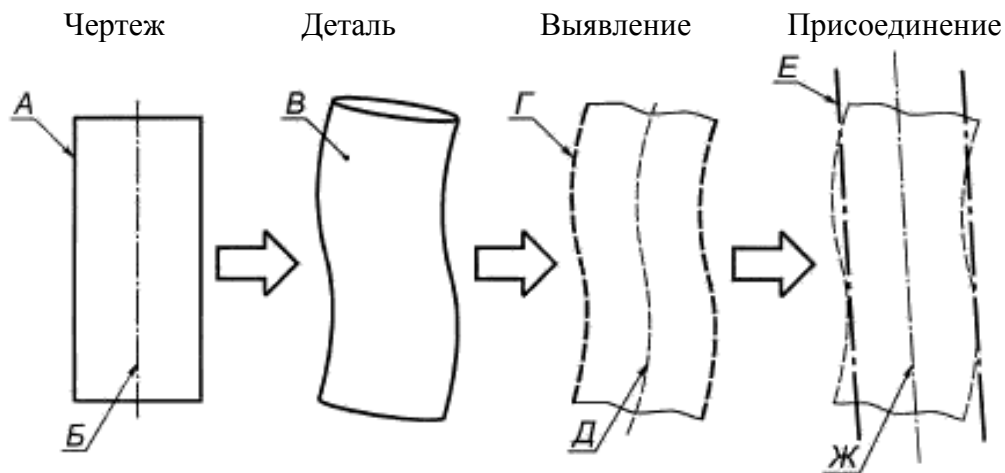


Рисунок 1 – Взаимосвязь определений геометрических элементов

На рисунке 1 обозначены: А – номинальный полный элемент, Б – номинальный производный элемент, В – реальный элемент, Г – выявленный полный элемент, Д – выявленный производный элемент, Е – присоединенный полный элемент, Ж – присоединенный производный элемент.

Радиальным биением ECR называется разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении плоскостью, перпендикулярной базовой оси (рисунок 2,а). *Поле допуска* радиального биения ограничено двумя концентрическими окружностями, разность радиусов которых равна числовому значению допуска t . Окружности лежат в плос-

Торцевым биением ECA называется разность наибольшего и наименьшего расстояния от точек реального профиля торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси (рисунок 2,в). Поле допуска торцевого биения представляет собой боковую поверхность любого цилиндра, пересекающего торцевую поверхность и коаксиального базовой оси, ограниченную двумя окружностями на цилиндре, находящимися друг от друга на расстоянии, равном числовому значению допуска t (рисунок 2,г).

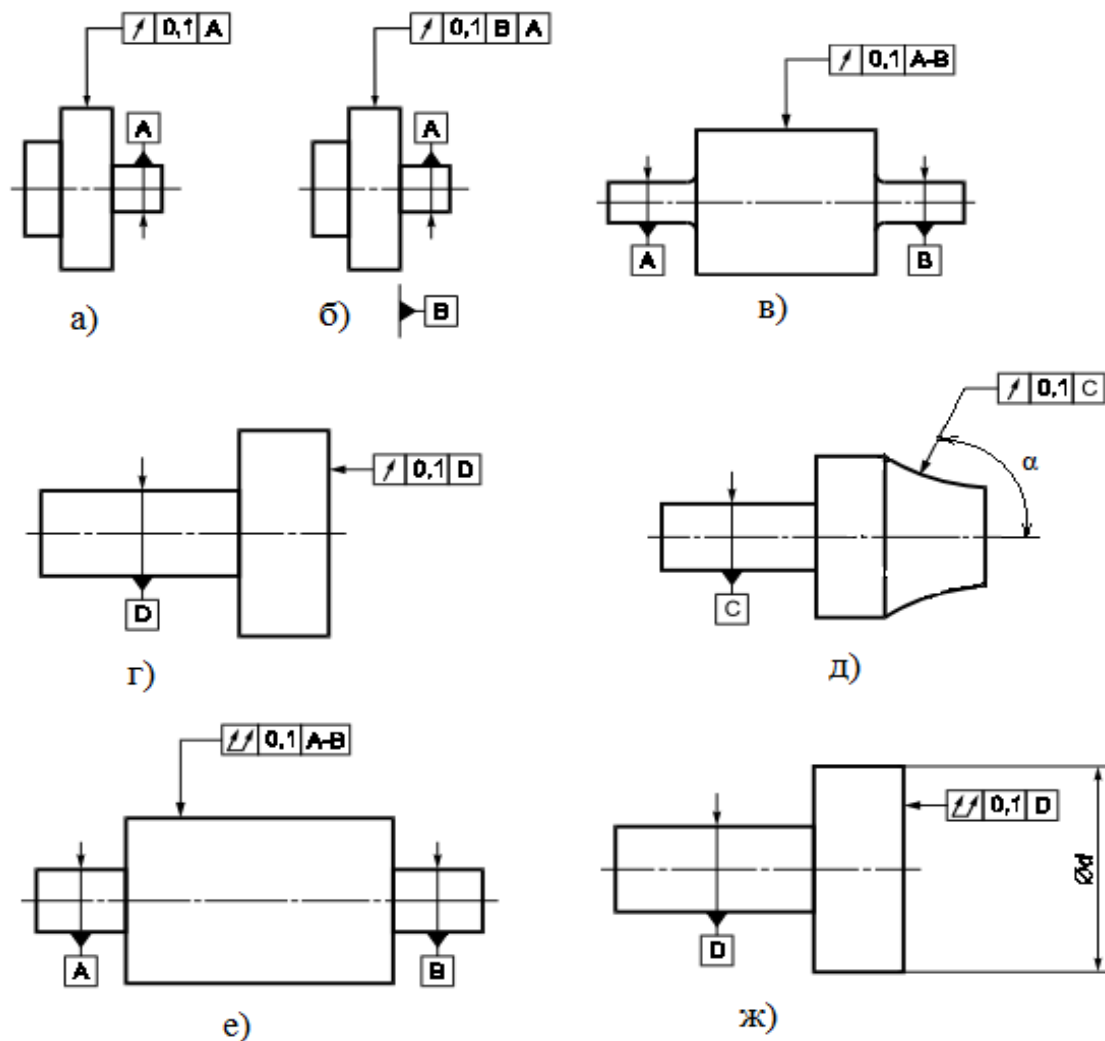


Рисунок 3 – Примеры обозначений на чертежах допусков биений

Биением в заданном направлении ECD называется разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля рассматриваемой поверхности вращения в сечении ее конусом, ось которого совпадает с базовой осью, а образующая имеет заданное направление до вершины этого конуса (рисунок 2,д). Поле допуска биения в заданном направлении представляет собой боковую поверхность любого конуса, который пересекает рассматриваемую поверхность и образующая которого имеет заданное направление, а ось совпадает с базовой осью,

ограниченную двумя окружностями на конусе, находящимися друг от друга вдоль образующей конуса на расстоянии, равном числовому значению допуска t (рисунок 2,е).

Полным радиальным биением ECTR называется разность наибольшего и наименьшего расстояний от всех точек реальной поверхности в пределах нормируемого участка до базовой оси (рисунок 2,ж). *Поле допуска* полного радиального биения ограничено двумя соосными цилиндрами, разность радиусов которых равна числовому значению допуска t и оси которых совпадают с базой (рисунок 2,з).

Полным торцовым биением ECTA называется разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек всей торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси (рисунок 2,и). *Поле допуска* полного торцового биения ограничено двумя параллельными плоскостями, находящимися друг от друга на расстоянии, равном допуску t , и перпендикулярными к базовой оси (рисунок 2,к).

Числовые значения допусков биений стандартизованы и выбираются их таблиц ГОСТ 24643 – 81. На чертежах допуски биений указывают условными обозначениями по ГОСТ 2.308 – 79 с применением знака, соответствующего виду биения. *Например:* выявленная линия в любой плоскости поперечного сечения, перпендикулярной к базовой оси А, должна быть расположена между двумя лежащими в этой плоскости концентрическими окружностями, разность радиусов которых равна 0,1мм (рисунок 3,а); выявленная линия в любой плоскости поперечного сечения, параллельной базовой плоскости В, должна быть расположена между двумя лежащими в этой плоскости концентрическими окружностями, разность радиусов которых равна 0,1мм, и концентрическими с базовой осью А (рисунок 3,б); выявленная линия в любой плоскости поперечного сечения, перпендикулярной к общей базовой прямой линии А – В, должна быть расположена между двумя лежащими в этой плоскости концентрическими окружностями, разность радиусов которых равна 0,1мм (рисунок 3,в); выявленная линия должна быть расположена в пределах боковой поверхности цилиндра любого диаметра, ось которого совпадает с базовой осью D, ограниченной по длине двумя окружностями, расстояние между которыми равно 0,1мм (рисунок 3,г); выявленная линия должна быть расположена в пределах боковой поверхности конуса, образующая которого имеет заданное направление (угол α) и ось которого совпадает с базовой осью С, ограниченной по длине двумя окружностями, находящимися друг от друга вдоль образующей конуса на расстоянии 0,1мм (рисунок 3,д); выявленная поверхность должна быть расположена между двумя соосными цилиндрами, разность радиусов которых равна 0,1мм и оси которых совпадают с общей базовой прямой линией А – В (рисунок 3,е); выявленная поверхность должна быть расположена между двумя параллельными плоскостями, находящимися друг от друга на расстоянии 0,1мм, перпендикулярными к базовой оси D (рисунок 3,ж).

3. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ БИЕНИЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ

Общие технические требования и типы приборов для измерений биений поверхностей вращения устанавливает ГОСТ 17353 – 89. Приборы должны обеспечивать: автоматическое управление процессом измерения, автоматический сбор и обработку измерительной информации, автоматическое исключение систематических погрешностей, визуальное отображение и регистрацию результатов измерения в цифровом или графическом виде.

В мелкосерийном и единичном производстве для измерения биений широкое применение получили измерительные головки. В качестве отдельного прибора эти головки не используют. Они предназначены для оснащения измерительных приборов и приспособлений, их устанавливают на стойки или штативы (ГОСТ 10197 – 70). Преимущество приборов со съемными измерительными головками заключается в возможности быстрой замены измерительной головки при выходе ее из строя или необходимости проведения периодической поверки.

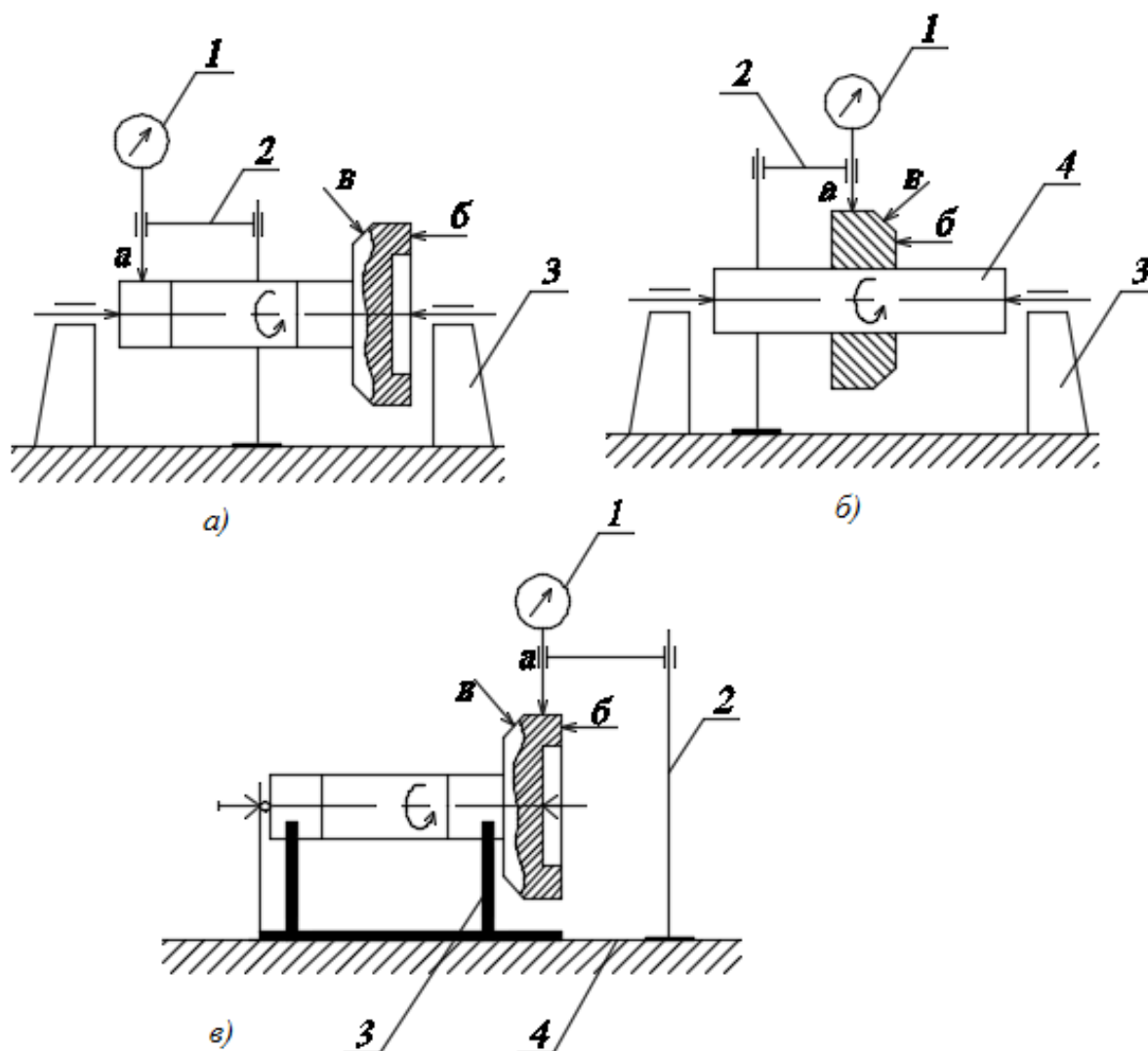


Рисунок 4 – Схемы измерения биений

Схемы измерения биений с помощью измерительных головок представлены на рисунке 4.

Схема измерения биений наружных поверхностей тел вращения с центровыми отверстиями (радиального, торцового и в заданном направлении с установкой измерительной головки по схеме *а*, *б* и *в* соответственно) с помощью центров показана на рисунке 4,а; схема измерения биений деталей типа тел вращения с посадочным отверстием в центрах на оправке – на рисунке 4,б; схема измерения биений наружных поверхностей с помощью призмы – на рисунке 4,в.

Для упрощения процесса выбора конкретных измерительных головок в таблице А1 приложения А указаны диапазоны номинальных размеров, допуски биений, допускаемые погрешности измерения биений, номерами и буквами указаны измерительные средства и варианты их использования, при которых погрешность измерений не превышает допускаемые значения. Номенклатура измерительных головок для измерения радиального и торцового биения приведена в таблице А.2 приложения А.

4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. ИЗМЕРЕНИЕ РАДИАЛЬНОГО И ТОРЦОВОГО БИЕНИЯ В ЦЕНТРАХ

4.1. Цель работы

Изучение принципа действия индикатора часового типа, приобретение практических навыков измерения радиального и торцового биения в центрах.

4.2. Содержание работы

4.2.1. Изучить схемы измерения радиального и торцового биений.

4.2.2. Выбрать средство измерения.

4.2.3. Измерить радиальное и торцовое биение в центрах.

4.2.4. Сделать заключение о годности детали.

4.3. Порядок выполнения работы

4.3.1. Выбрать измерительную головку.

4.3.2. Изучить конструкцию и принцип действия индикатора часового типа.

4.3.3. Технические характеристики измерительной головки занести в таблицу

4.2.

Таблица 4.2 – Технические характеристики измерительной головки

Наименование прибора	
Цена деления, мм	
Пределы измерения, мм	
Погрешность, мм	
Измерительное усилие, Н	

4.3.4. Контролируемую деталь установить в центры 3. Измерительную головку 1 на штативе 2 установить по схеме **а** для радиального биения или по схеме **б** для торцового биения (рисунок 4а), обеспечив перпендикулярность линии измерения и контролируемой поверхности и добиться натяга измерительного наконечника индикатора примерно 0,5 мм.

4.3.5. Выполнить измерения. Вращая деталь, зарегистрировать показания измерительной головки. За результат измерений принимается алгебраическая разность максимального и минимального показаний головки. Повторить измерения в разных местах по длине шейки вала.

4.3.6. Результаты измерения занести в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Результаты измерения

№п/п		Показания прибора												Величина биения
Радиальное биение	1													
	2													
	3													
Торцовое биение	1													

4.4. Содержание отчета

4.4.1. Эскиз измеряемой детали.

4.4.2. Технические характеристики средства измерения.

4.4.3. Таблицы результатов измерений.

4.4.4. Схемы полей допусков радиального и торцового биений.

4.4.4. Выводы.

5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2. ИЗМЕРЕНИЕ РАДИАЛЬНОГО И ТОРЦОВОГО БИЕНИЯ НА ПРИЗМЕ

5.1. Цель работы

Изучение принципа действия рычажно-зубчатой измерительной головки, приобретение практических навыков измерения радиального и торцового биения на призме.

5.2. Содержание работы

5.2.1. Изучить схемы измерения радиального и торцового биений.

5.2.2. Выбрать средство измерения.

5.2.3. Измерить радиальное и торцовое биение на призме.

5.2.4. Сделать заключение о годности детали.

5.3. Порядок выполнения работы

5.3.1. Выбрать измерительную головку.

5.3.2. Изучить конструкцию и принцип действия рычажно-зубчатой измерительной головки.

5.3.3. Технические характеристики измерительной головки занести в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Технические характеристики измерительной головки

Наименование прибора	
Цена деления, мм	
Пределы измерения, мм	
Погрешность, мм	
Измерительное усилие, Н	

5.3.4. Контролируемую деталь на призме 3 установить на плите 4 и прижать к осевому упору. Измерительную головку 1 на штативе 2 установить по схеме **а** для измерения радиального биения или по схеме **б** для измерения торцового биения (рисунок 4а), обеспечив перпендикулярность линии измерения и контролируемой поверхности и добиться натяга измерительного наконечника измерительной головки примерно 1,5 мм.

5.3.5. Выполнить измерения. Вращая деталь, зарегистрировать показания измерительной головки. За результат измерений принимается алгебраическая разность

максимального и минимального показаний головки. Повторить измерения в разных местах по длине шейки вала.

5.3.6. Результаты измерения занести в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 – Результаты измерения

№п/п		Показания прибора												Величина биения
Радиальное биение	1													
	2													
	3													
Торцовое биение	1													

5.4. Содержание отчета

5.4.1. Эскиз измеряемой детали.

5.4.2. Технические характеристики средства измерения.

5.4.3. Таблицы результатов измерений.

5.4.4. Схемы полей допусков радиального и торцового биений.

5.4.4. Выводы.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 6.1. Что такое биение и как оно влияет на эксплуатационные свойства деталей, узлов и изделий машиностроения?
- 6.2. Какие виды биений Вы знаете?
- 6.3. Что представляет собой поле допуска радиального биения?
- 6.4. Что представляет собой поле допуска торцового биения?
- 6.5. Что представляет собой поле допуска биения в заданном направлении?
- 6.6. Как обозначаются допуски биений на чертежах?
- 6.7. Как измеряется биение в центрах?
- 6.8. Как измеряется биение на призме?
- 6.9. Какие требования предъявляются к приборам для измерения биений?
- 6.10. Как выбрать измерительную головку для измерения биений?
- 6.11. Чему равны допуски биений поверхностей деталей типа тел вращения не указанные индивидуально?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпенко В.А. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учебное пособие / В.А. Карпенко, Н.А. Волошина, С.П. Волков – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2007 – 372 с.
2. Технические измерения. Лабораторный практикум. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.А. Норин [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2013. – 86 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/19047>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
3. ГОСТ 31254 – 2004. Основные нормы взаимозаменяемости. Геометрические элементы. Общие термины и определения. Введ. 01.07.2005. – М.: Стандартиформ, 2005. – 8с.
4. ГОСТ Р 53442-2009. Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Допуски формы, ориентации, месторасположения и биения. Введ. 01.01.2012. – М.: Стандартиформ, 2010. – 47 с.
5. ГОСТ 24643 – 81. Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения. Введ. 01.07.81. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 10 с.
6. ГОСТ 2.308 – 2011. ЕСКД. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей. Введ. 01.01.2012. – М.: Стандартиформ, 2012. – 25 с.
7. ГОСТ 30893.2 – 2002. Основные нормы взаимозаменяемости. Общие допуски. Допуски формы и расположения не указанные индивидуально. Введ. 01.01.2004. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 10 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(СПРАВОЧНОЕ)

Таблица А.1 – Выбор средств измерений радиального и торцового биения поверхностей

Допуск, мкм	Допускаемая погрешность измерения, мкм	Диапазоны диаметров измеряемых поверхностей, мм			
		До 50	До 50	До 50	До 50
		Средства измерений – по таблице А2			
1,0	0,35	17Г, 18В, 22Д, 24Г, 26Г, 7В, 36У	17Г, 18В, 22Д, 24Г, 26Г, 27В, 36У	–	–
1,2	0,4	17В, 18В, 22Г, 23В, 24В, 25Г, 26В, 27В, 36У	17В, 18В, 22Г, 23В, 24В, 25Г, 26В, 27В, 36У	17В, 18В, 22Д, 23В, 24Г, 25Г, 26В, 27В, 36У	–
1,6	0,6	16Г, 17В, 21Д, 22В, 23Б, 24В, 25Г, 26В, 29Г, 36Т	16Г, 17В, 21Д, 22В, 23Б, 24В, 25Г, 26В, 29Г, 36Т	16Г, 17В, 21Д, 22Г, 23Б, 24В, 25Г, 26В, 29Г, 36Т	–
2,0	0,7	16Г, 17В, 21Д, 22В, 23Б, 24В, 25Г, 26В, 29Г, 36Т	16Г, 17В, 21Д, 22В, 23Б, 24В, 25Г, 26В, 29Г, 36Т	16Г, 17В, 21Д, 22Г, 23Б, 24В, 25Г, 26В, 29Г, 36Т	22Г, 23Б, 24В, 36Т
2,5	0,9	10В, 16В, 21Г, Ж, 22В, 23Б, 25В, 26В, 29Г, 36Т	10В, 16В, 21Д, Ж, 22В, 23Б, 25В, 26В, 29Г, 36Т	16В, 21Д, Ж, 22В, 23Б, 24В, 25В, 29Г, 36Т	21Д, Ж, 22В, 23Б, 24В, 36Т
3,0	1,0	10В, 15Г, 16В, 21Г, Ж, 22В, 23Б, 29Г, 36Т	10В, 15Г, 16В, 21Г, Ж, 22В, 23Б, 29Г, 36Т	15Г, 16В, 21Г, Ж, 22В, 23Б, 24В, 29В, 36Т	21Г, Ж, 22В, 23Б, 24В, 36Т
4,0	1,4	9В, 10В, 15Г, 16В, 21В, е, 29В, 36С	9В, 10В, 15Г, 16В, 21В, е, 29Г, 36С	10В, 15Г, 16В, 21В, е, 22В, 23Б, 29Г, 36С	10В, 21В, е, 22В, 23Б, 36С
5,0	1,8	9В, 10В, 15В, 20Г, 21В, е, 29В, 36С	9В, 10В, 15В, 20Г, 21В, е, 29В, 36С	9В, 10В, 15В, 20Г, 21В, е, 29В, 36С	9В, 10В, 20Г, 21В, е, 36С
6,0	2,0	9В, 10В, 11Е, 12Г, 15В, 20Г, 21В, е, 29В, 36С	9В, 10В, 11Е, 12Г, 15В, 20Г, 21В, е, 29В, 36С	9В, 10В, 11Е, 12Г, 15В, 20Г, 21В, е, 29В, 36С	9В, 10В, 20Г, 21В, е, 36С
8,0	3,0	9В, 10В, 11Е, 12В, 14Г, 15В, 20В, 29А, 36Р	9В, 10В, 11Е, 12В, 14Г, 15В, 20В, 29А, 36Р	9В, 10В, 11Е, 12В, 14Г, 15В, 20В, 29А, 36Р	9В, 10В, 12В, 20В, 36Р
10	3,5	9В, 10В, 11Е, 12В, 14Г, 20В, 29А, 36Р	9В, 10В, 11Е, 12В, 14Г, 20В, 29А, 36Р	9В, 10В, 11Е, 12В, 14Г, 20В, 29А, 36Р	9В, 10В, 12В, 20В, 36Р
16	6,0	7Р, х, 9В, 10В, 11Г, 12В, 13В, 14Г, 29А	7Р, х, 9В, 10В, 11Г, 12В, 13В, 14Г, 29А	7Р, х, 9В, 10В, 11Г, 12В, 13В, 14Г, 29А	7Р, х, 9В, 10В, 11Г, 12В
20	7,0	7Р, х, 9В, 10В, 11Г, 13В, 14Г	7Р, х, 9В, 10В, 11Г, 13В, 14Г	7Р, х, 9В, 10В, 11Г, 13В, 14Г	7Р, х, 9В, 10В, 11Г
25	9,0	7П, 11Г, 13В	7П, 11Г, 13В	7П, 11Г, 13В	7П, 11Г
30	9,0	7П, 11Г, 13В	7П, 11Г, 13В	7П, 11Г, 13В	7П, 11Г
40	12	7П, 8Б, 11Г, 13В	7П, 8Б, 11Г, 13В	7П, 8Б, 11Г, 13В	7П, 8Б, 11Г
50	15	7П, 8А	7П, 8А	7П, 8А	7П, 8А
60	18	7П, 8А	7П, 8А	7П, 8А	7П, 8А
80	20	7П, 8А	7П, 8А	7П, 8А	7П, 8А
100	25	7О, 8А	7О, 8А	7О, 8А	7О, 8А

Таблица А.2 – Предельные погрешности измерения наружных линейных размеров, биений и глубин универсальными измерительными средствами

Номер для табли- цы А1	Средства измерений	Варианты использо- вания	Предельные погрешности измерения, мкм для диапазона размеров, мм								
	Наименование и случаи применения										
1	2	3	4								
			1-3	3-10	10- 18	18- 50	50-80	80- 120	120-180		
7	Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм и пределом измерения от 2 до 10 мм, класс точности 1	а	15	15	15	16	18	20	22		
		б	12	13	13	14	15	18	20		
		в	10	10	10	10	12	12	12		
		г	8	8	8	8	8	8	8		
		д	5	5	5	5	6	6	6		
8	Индикаторы рычажно- зубчатые с ценой деле- ния 0,01 мм и пределом измерений 0,08 мм при измерении биения	а	15								
		б	10								
		в	5								
			до 10		10-30		30-50		50-80		
9	Головки рычажно- зубчатые с ценой деле- ния 0,002 мм и преде- лом измерения - 0,01..+0,01 мм, с настройкой по конце- вым мерам	а	3		3,5		3,5		4		
	То же, с настройкой на нулевое деление	б	1,4		1,5		1,6		1,8		
10	Головки рычажно- зубчатые с ценой деле- ния 0,001 мм и преде- лом измерения - 0,05..+0,05 мм, с настройкой по конце- вым мерам	а	2		2		2		2		
	То же, с настройкой на нулевое деление	б	0,8		0,8		0,8		0,8		
			до 3		3-6		6-10		10-18	18-30	30-50
11	Индикаторы много- оборотные с ценой де- ления 0,002 мм и пре- делом измерения 2 мм	а	5	5	5	6	6	7			
		б	5	5	5	5	5	5			
		в	3	3	3	4	4	4			
12	Индикаторы много- оборотные с ценой де- ления 0,001 мм и пре- делом измерения 1 мм	а	3	3	3	3	3	3			
		б	2	2	2,2	2,5	2,5	2,5			
			до 6		6-10		10-18		18-30	30-50	

1	2	3	4							
13	Головки измерительные пружинные (микрокаторы) с ценой деления $-0,01$ мм и пределом измерений $-0,3..+0,3$ мм	a б	6 4	6 4	7 4	7 5	7 5			
14	Микрокаторы с ценой деления $0,005$ мм и пределом измерений $-0,15..+0,15$ мм	a б	5 3	5 3	5 3	5 3	6 3			
15	Микрокаторы с ценой деления $0,002$ мм и пределом измерений $-0,06..+0,06$ мм	a б	1,5 1,0	1,5 1,0	1,5 1,5	1,5 1,5	2 1,5			
16	Микрокаторы с ценой деления $0,001$ мм и пределом измерений $-0,03..+0,03$ мм	a б	0,7 0,6	0,8 0,6	0,9 0,7	1,0 0,8	1,0 0,8			
17	Микрокаторы с ценой деления $0,0005$ мм и пределом измерений $-0,015..+0,015$ мм	a б	0,50 0,40	0,50 0,40	0,60 0,50	0,60 0,50	0,60 0,50			
18	Микрокаторы с ценой деления $0,0002$ мм и пределом измерений $-0,006..+0,006$ мм	a б	0,30 0,30	0,30 0,30	0,40 0,35	0,40 0,35	0,40 0,35			
19	Микрокаторы с ценой деления $0,0001$ мм и пределом измерений $-0,004..+0,004$ мм	a б	0,30 0,25	0,30 0,25	0,35 0,35	0,35 0,35	0,35 0,35			
			до 6	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180
20	Головки измерительные пружинные малогабаритные (микаторы) с ценой деления $0,002$ мм и пределом измерений $-0,1..+0,1$ мм	a б	2,5 1,5	2,5 1,5	3,0 1,5	3,0 1,5	3,0 1,5	3,5 2	4,5 2	4,5 2
21	Микаторы с ценой деления $0,001$ мм и пределом измерений $-0,05..+0,05$ мм	a б	1,2 0,7	1,2 0,7	1,5 0,8	1,5 0,9	1,5 0,8	2 1	2 1,2	2 1,2
22	Микаторы с нормальным измерительным усилием, с ценой деления $0,0005$ мм и пределом измерений $-0,025..+0,025$ мм	a б	0,7 0,4	0,7 0,5	0,8 0,6	0,9 0,7	0,8 0,6	0,9 0,7	1,1 0,8	1,0 0,7

1	2	3	4							
23	Микаторы с уменьшенным измерительным усилием, с ценой деления 0,0005 мм и пределом измерений – 0,025..+0,025 мм	а	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	1,0	1,0
24	Микаторы с ценой деления 0,0002 мм и пределом измерений - 0,01..+0,01 мм	а б	0,45 0,30	0,50 0,35	0,5 0,4	0,6 0,5	0,6 0,5	0,7 0,6	1,0 0,8	1,0 0,7
			до 10		10-18		18-30		30-50	
25	Головки измерительные пружинно-оптические (оптикаторы) с ценой деления 0,001 мм и пределом измерений 0,25мм	а б	0,90 0,60		1,00 0,70		1,00 0,80		1,00 0,80	
26	Оптикаторы с ценой деления 0,0005 мм и пределом измерений 0,1 мм	а б	0,50 0,35		0,60 0,40		0,60 0,50		0,60 0,50	
27	Оптикаторы с ценой деления 0,0002 мм и пределом измерений 0,05 мм	а б	0,30 0,25		0,30 0,30		0,35 0,30		0,35 0,30	
28	Оптикаторы с ценой деления 0,0001 мм и пределом измерений 0,024 мм	а б	0,25 0,25		0,30 0,25		0,30 0,30		0,35 0,30	
29	Головки измерительные рычажно-пружинные (миникаторы) с ценой деления 0,001 (0,002) мм и пределом измерений - 0,04..+0,04 (- 0,08..+0,08) мм при измерении биения	а б в г								

