

Исследование влияния угла наклона щупа и расположения точек касания на точность измерения кругломером RoundTest RA-120P

К. Епифанцев, к. т. н.¹, Н. Ефремов, к. т. н.²

УДК 006.1 | ВАК 2.2.4

Рассмотрена проблема повышения точности измерений отклонений формы деталей на кругломере RoundTest RA-120P. Проведено исследование влияния на точность измерений двух факторов – угла наклона щупа с шагом 5° и относительного расположения точек касания щупом детали при выполнении подготовительной операции – центрирования/ нивелирования детали. Получены результаты, однозначно определяющие оптимальные значения двух параметров при проведении центрирования/ нивелирования. Полученные результаты будут полезны при планировании и проведении измерений и контроля деталей (тел вращения) на кругломере RoundTest RA-120P.

В настоящее время активно развивается область разработки и прикладного применения измерительных систем. Одним из важнейших элементов подобных систем являются программно-аппаратные средства, обеспечивающие преобразование, обработку и отображение измерительной информации.

В машиностроении 90% всех операций производственного контроля составляет контроль линейных размеров, к которому относится также контроль отклонений от правильной геометрической формы и шероховатости поверхности.

Форма рабочих поверхностей в значительной мере определяет эксплуатационные свойства машин и механизмов. Для увеличения износостойкости, точности, надежности деталей и их сочетания первостепенное значение имеет отклонение поверхностей от геометрически идеальной формы. Повышение требований к точности и долговечности машин ведет к ужесточению допусков на

отклонения поверхности деталей от заданной геометрической формы. В связи с этим одной из актуальных проблем метрологии является измерение и контроль формы поверхностей тел вращения, причем порядок измеряемых величин составляет десятые доли микрометра. Современное машиностроение предъявляет к приборам для измерения отклонений от круглости весьма жесткие требования. Они должны обладать высокой точностью, производительностью, простотой конструкции и надежностью в эксплуатации [1–3].

Измерение круглости в последнее время стало самостоятельным и важным разделом технической метрологии, охватывающим широкий круг вопросов – от разработки специальных средств измерений до методов математического анализа и оценки результатов измерений [4–6]. Измерению дефектов круглости, месторасположения и биения посвящены важные разделы ГОСТа 53442-2015 года, значительная часть которого посвящена переведенному зарубежному стандарту ISO 1101. Поэтому логично, что исследуемая тема является крайне важной темой для вопросов импортозамещения, построения приборов для измерения круглости отечественного типа [3]. Вопрос измерения дефектов формы стоит особенно остро при контроле позиционных допусков, требований максимума и минимума материала, теоретически точного размера. Важно также сказать, что многие условно-графические обозначения, которые представлены в ГОСТ 53442-2015 года могут быть наиболее важными хранителями ноу-хау в зарубежных чертежах, однако зачастую иностранные «неудобные» обозначения

¹ Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург, Россия. Кафедра метрологического обеспечения инновационных технологий и промышленной безопасности, доцент, epifancew@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5705-0282>.

² Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург, Россия. Кафедра метрологического обеспечения инновационных технологий и промышленной безопасности, доцент, nikolajefremov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6265-7302>.



Рис. 1. Закрепленная в патроне стола кругломера типовая деталь

вычищаются при переводе зарубежных чертежей в отечественный формат ЕСКД. Но при потере мелочей, касающихся в основном собираемости изделий и достижения высокой степени качества, невозможно достигнуть аналогичного уровня производства.

Цель настоящего исследования – оценка влияния на точность измерений отклонений формы кругломером двух факторов – угла наклона щупа и относительного расположения точек касания щупом детали при выполнении ее центрирования / нивелирования.

Вид исследуемой детали, закрепленной на предметном столе кругломера, представлен на рис. 1.

Первый этап исследования направлен на определение зависимости точности измерений от угла щупа относительно вертикальной оси. Центрирование/нивелирование выполнялось для углов наклона щупа от 5 до 40° с шагом 5°, всего 9 углов. Анализируемым результатом является значение центрирования / нивелирования, измеряемое в микронах [7].

Второй этап исследования состоит в определении оптимального расстояния между точками касания щупа поверхности детали в процессе измерения процедуры центрирования нивелирования. Для исследуемой детали выбрано 9 пар точек, расположение которых представлено на рис. 2. Наглядное представление сочетаний положений пар точек отражено на рис. 3.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Процедура центрирования / нивелирования закрепленной в патроне детали, являющаяся основной для всего исследования, включает следующие этапы:

- предварительные сканирования двух сечений на детали;

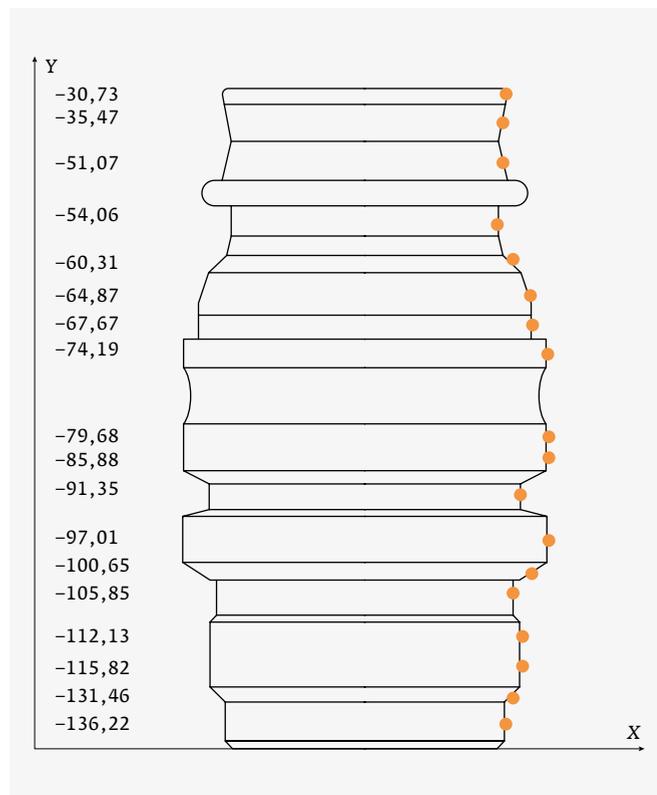


Рис. 2. Точки, в которых проводились измерения на втором этапе

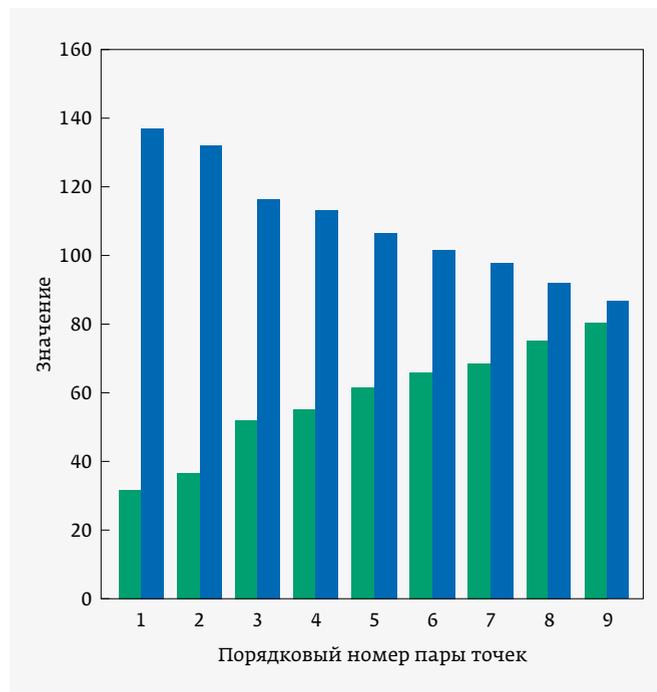


Рис. 3. Наглядное представление местонахождения точек

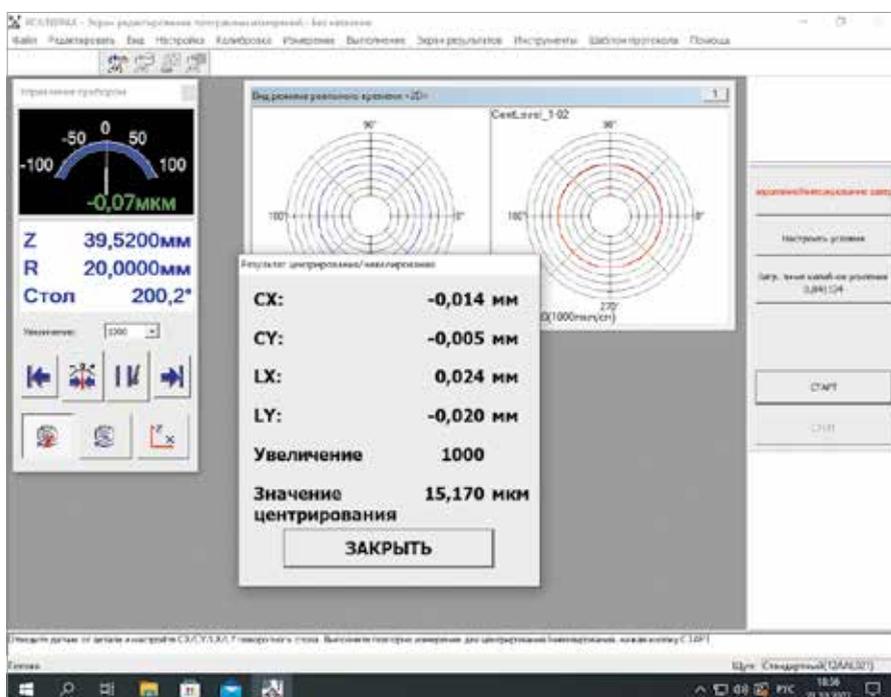


Рис. 4. Результат центрирования/выравнивания при угле 5°

Результаты измерений для всех девяти углов наклона обобщены в табл. 1. Следует отметить, что при величине угла наклона 40° щуп не касался поверхностей детали.

На втором этапе исследования центрирование/нивелирование проводилось по точкам, представленным на рис. 2, с последовательным уменьшением расстояния между ними. Значения угла наклона были постоянными. Первая пара точек – с относительными значениями координат по шкале Z кругломера –30,73 и –136,22. Последняя пара точек – с координатами –79,68 и –85,88. Сводные результаты измерений обобщены в табл. 2.

- получение результатов – значения поправок по четырем микрометрическим головкам и величины центрирования;
- завершение операции центрирования/нивелирования.

Первое значение угла наклона щупа для первого этапа исследования – 5°. Значение центрирования в этом случае равно 15,17 мкм (рис. 4).

Таблица 1. Значения центрирования в зависимости от угла наклона щупа

Угол наклона щупа, градус	Значение центрирования, мкм
5	15,17
10	15,15
15	15,46
20	16,7
25	18,81
30	21,39
35	-
35	33,46
40	-

Таблица 2. Результаты измерений

Номер пары точек	Значение, мм	Величина центрирования, мкм
1	-30,73	25,24
	-136,22	
2	-35,47	24,52
	-131,46	
3	-51,07	34,95
	-115,82	
4	-54,06	16,47
	-112,13	
5	60,31	13,94
	-105,85	
6	-64,87	14,63
	-100,65	
7	-67,67	34,18
	-97,01	
8	74,19	63,93
	-91,35	
9	-79,68	65,35
	-85,88	

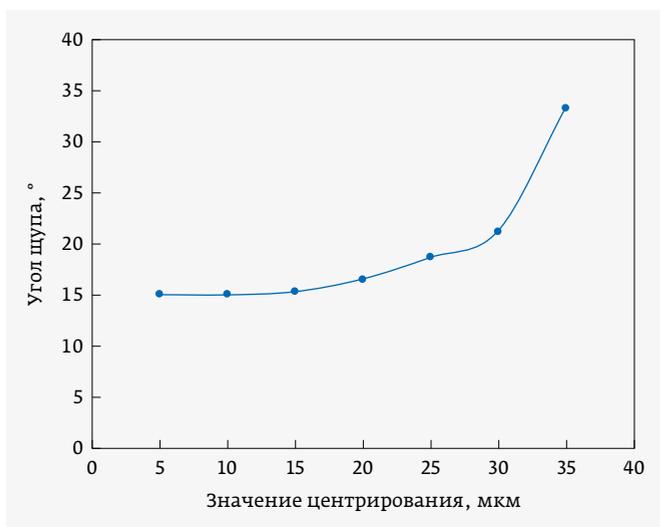


Рис. 5. Зависимость значения центрирования от угла наклона щупа

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Рассмотрим результаты первого этапа исследования графически (рис. 5). Из полученного графика видно, что оптимальными значениями угла наклона щупа являются 5 и 10°.

Графическое представление результатов второго этапа (рис. 6) исследования показывает, что минимальные значения центрирования соответствуют парам точек 4–6. Максимальное значение соответствует парам точек 8 и 9, для которых расстояние между точками минимально.

По результатам центрирования выявлено, что самое низкое его значение наблюдается в пятой паре точек, то есть при значениях –105,85 и –60,31 соответственно (рис. 7).

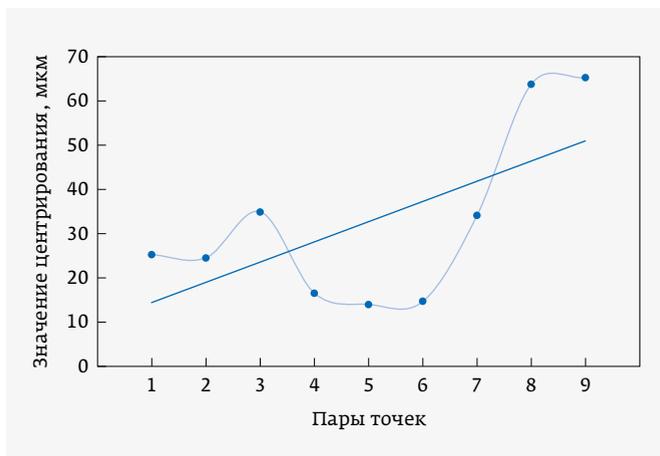


Рис. 6. График зависимости значения центрирования от расположения точек на детали



Рис. 7. Расположение двух точек, при которых следует проводить измерения на данной детали

Если взять всю длину детали за 100% (110 мм), то можно определить, на какой процент от начала координат стоит откладывать две оптимальные точки и установить коэффициент для удобства дальнейших вычислений.

За начало и конец отсчета примем значения координат –140 мм и –30 мм соответственно. Тогда две оптимальные точки (рис. 7) будут располагаться на детали на 31 и 72,5% от точки, принятой за начало отсчета длины этой детали. В процессе измерения именно в этих местах значение центрирования окажется меньше всего.

ООО
СМП

ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН
www.SMD.ru

электронные КОМПОНЕНТЫ
для поверхностного монтажа

НОВОЕ В ПРОГРАММЕ ПОСТАВОК

- Керамические конденсаторы до 100 мкф
- Синфазные дроссели на ток 10 А

Москва, Ленинградский пр. 80 к. 32; e-mail: sale@smd.ru
 Тел: (499) 158-7396, (495) 940-6244, (499) 943-8780

Таким образом, можно вывести формулу для определения местонахождения конкретных точек, в которых будут получены самые достоверные измерения:

$$S_1 = 0,31 \cdot \alpha \quad (1)$$

$$S_2 = 0,725 \cdot \alpha, \quad (2)$$

где S_1 – первая точка, S_2 – вторая точка, α – длина детали.

Также по результатам экспериментов было выявлено, что при правильном выборе угла наклона щупа и точек касания детали, затраченное на подготовку кругломера к измерениям, сокращается в два раза, что значительно повышает эффективность измерений.

До использования новой методики время на калибровку составляло:

$$t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 15 \text{ мин}, \quad (3)$$

где t_1 – время извлечения пленочного эталона – 1 мин;

t_2 – время процесса настройки консоли щупа кругломера – 4 мин;

t_3 – время подбора нужного градуса щупа – 6 мин;

t_4 – время проведения операции «центрирование/выравнивание» – 4 мин.

После внедрения нового варианта проведения подготовительных операций время сократилось:

$$t'_1 + t'_2 + t'_3 + t'_4 = 8 \text{ мин}, \quad (4)$$

где t'_1 – время извлечения пленочного эталона – 1 мин;

t'_2 – время процесса настройки консоли щупа кругломера – 2 мин;

t'_3 – время подбора нужного градуса щупа – 1 мин;

t'_4 – время проведения операции «центрирование/выравнивание» – 4 мин.

* * *

Проведенное исследование показало перспективность выполнения подобных оценок для оптимизации выполнения подготовительных операций для прибора контроля отклонений формы и взаимного расположения поверхностей деталей – кругломера. Определены оптимальные значения угла наклона щупа и относительных координат двух точек касания детали, при использовании которых можно будет проводить измерения на кругломере без ручного подбора угла, с возможностью выставлять щуп в двух определенных точках на детали для сканирования сечений во время операции «центрирование/выравнивание». Это повышает эффективность применения и сокращает время подготовки измерительного прибора к измерениям.

Следующие исследования будут направлены на дальнейшую оптимизацию методики измерений параметров деталей – тел вращения на кругломере.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Нобуо Суга.** Справочник по метрологии. Наука об измерениях / Нобуо Суга; ред. Роллингс П. [М.]: Mitutoyo, 2018. 259 с.
2. ГОСТ 17353-89. Кругломеры. Типы. Основные параметры. Технические требования. М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. 8 с.
3. ГОСТ Р 53442-2015 (ИСО 1101:2012). Национальный стандарт Российской Федерации. Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. М.: Стандартинформ, 2016. 8 с.
4. **Епифанцев К. В.** Измерение дефектов геометрии. Алгоритм формирования круглограммы ROUNDTEST RA-120P // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, технология, бизнес. 2022. № 10(221). С. 48–51.
5. **Епифанцев К. В., Ефремов Н. Ю.** Исследование процесса калибровки процесса калибровки и настройки датчиков кругломера ROUNDTEST RA-120P // Датчики и системы. 2022 № 5. С. 57–62.
6. **Епифанцев К. В.** Исследование алгоритма функционирования системы центрирования кругломера // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, технология, бизнес. 2023. № 2(223). С. 150–156.
7. **Захаров О. В., Бржозловский Б. М.** О точности центрирования при измерении на кругломерах // Измерительная техника. 2006. № 11. С. 20–22.

ЭЛЕКТРОНИКА | НАНОТЕХНОЛОГИИ | ФОТОНИКА | ПЕРВАЯ ЗЕМЛЯ | Аэрокосмическая | СТАНДАРТИНФОРМ

ИНФО ПРО СТРАНСТВО ФЕССИОНАЛОВ

Т ТЕХНОСФЕРА

Мы на YouTube

Подписывайтесь

interlight

RUSSIA

intelligent building

RUSSIA

interlight-building.ru

28 лет
в России

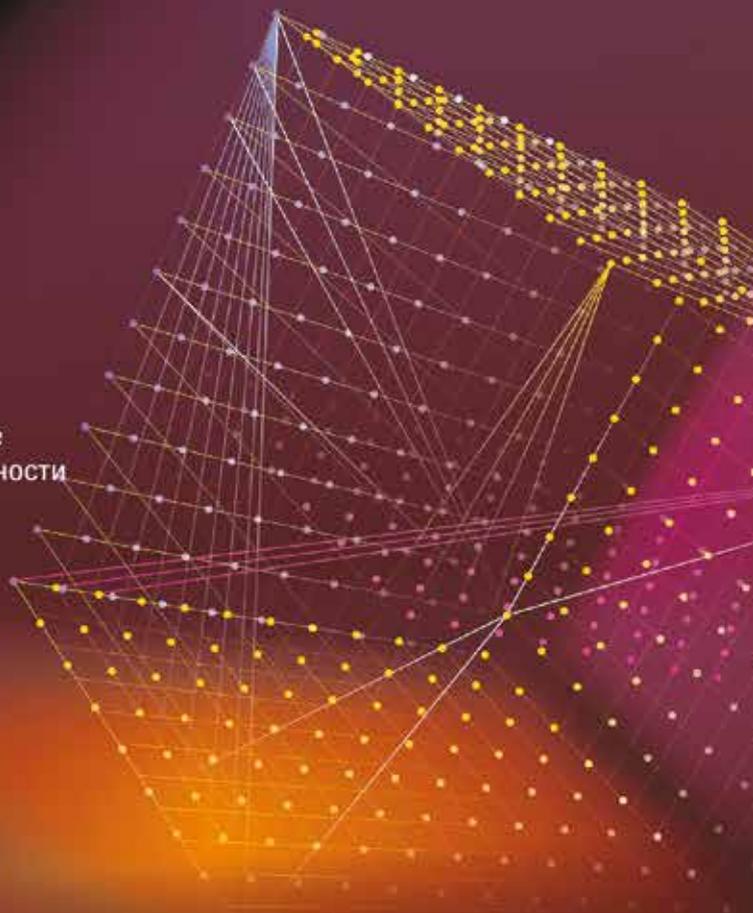
Международная выставка освещения,
автоматизации зданий, электротехники
и систем безопасности

18–21.09.2023

ЦВК «Экспоцентр», Москва

РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ

Техническое освещение		BUILDING	
Декоративное освещение			
Лампы			Электротехника
Компоненты			Автоматизация зданий
Праздничное освещение			Интегрированные системы безопасности
	LIGHT		Умный дом
			Умный город



Отправь промокод **INTERLIGHT_BUILDING**
и получи бонус к участию!