

Статистический анализ влияния временных интервалов на результат измерения усилия на щупе кругломера RoundTest RA-120P

К. Епифанцев, к. т. н.¹

УДК 744.42 | ВАК 2.2.4

Рассмотрена проблема калибровки кругломера RoundTest RA-120P. В процессе измерения усилия щупа были проведены наблюдения более чем за двухлетний период прибора. В разные временные промежутки, в разные интервалы. Также 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.

Ранее исследовалась проблема, связанная с влиянием угла наклона щупа на результат измерения, что является важным фактором, который оттачивается только с многолетним стажем оператора [1]. В первые месяцы работы могут наблюдаться методические погрешности.

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

Рассмотрим результаты первого этапа исследования. Из полученного графика (рис. 1) видно, что оптимальными значениями угла наклона щупа являются 5 и 10°.

Далее проводились исследования, которые получены из системы архивного хранения прибора. Они включают подробные данные по времени калибровки, о расположении щупа и выходные данные. При этом надо также заметить, что калибровку производили более 100 разных операторов в течение нескольких лет.

Повседневно, перед началом работы, калибровка кругломера выполняется оператором с использованием специальной пленки с известным значением номинальной толщины – 22,6 мкм. Калибровка включает следующие шаги.

- **Установка пленки на поворотном столе.** Для осуществления калибровки извлекаем из футляра калибровочный пленочный эталон (рис. 2). Пленка прозрачная и имеет небольшие габаритные размеры.

Далее укладываем пленочный эталон на основание поворотного стола кругломера. Пленка должна располагаться в вертикальном направлении под контактной частью щупа.

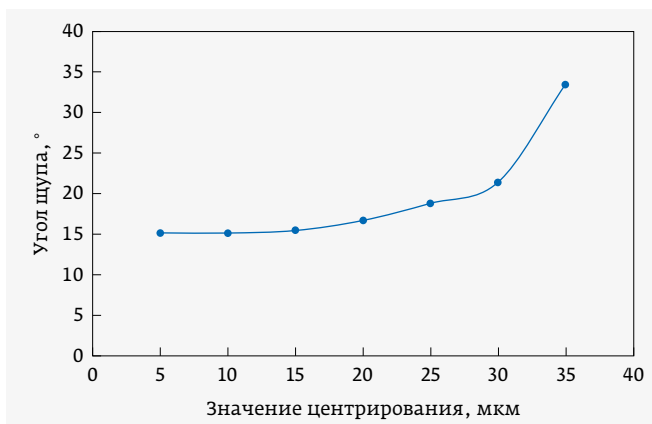


Рис. 1. Зависимость значения центрирования от угла наклона щупа

¹ Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, доцент.



Рис. 2.
Калибровочный
пленочный
эталон



Рис. 3. Опускание щупа кругломера на пленку

- **Прижатие пленки щупом.** После установки пленки на поворотном столе опускаем щуп (положение – «сверху» и угол -15°) вниз до расстояния между пленкой и чувствительным элементом щупа (сферой диаметром 1,6 мм) примерно 1–2 мм.

Далее необходимо опустить щуп до контакта с пленкой (рис. 3). При этом положение индикаторной стрелки в окне «Управление прибором» должно оказаться в пределах ± 10 мкм от нулевого значения шкалы. Настройка положения стрелки осуществляется с помощью ручки управления консолью (рис. 4). После серии подводок добиваемся значения $-5,35$ мкм (рис. 4, справа).

Следующий шаг – **запуск «Мастера калибровки»** (рис. 5) через пункт меню «Калибровка – Калибровка». Для этого необходимо нажать кнопку «Далее» в текущем и следующих двух окнах Мастера. В окне Мастера под номером 3/5 после нажатия на «Далее» появится значение первой точки – минус 5,4 мкм. Далее в этом же окне появляется визуальная подсказка (рис. 6) о необходимости извлечь эталон из-под щупа, что и надо сделать.

После аккуратного **извлечения пленочного эталона из-под щупа** (рис. 7) в окне ПО появляется второе значение – минус 26,28 мкм (см. рис. 6). Снова нажимаем «Далее».

Таблица 1. Значения центрирования в зависимости от угла наклона щупа

Угол наклона щупа, °	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	–



Рис. 4. Процесс настройки консоли щупа кругломера



Рис. 5. Мастер
калибровки

Таблица 2. Пример выгрузки за 2022 и 2023 годы

№	Дата	Время	Результат калибровки, %	Градусы наклона щупа	Положение щупа
29	13.03.23	15:42	0,943269	0	Снаружи
30	13.03.23	12:01	0,996492	0	Снаружи
31	27.02.23	15:42	1,030003	0	Снаружи
32	27.02.23	15:27	1,045826	0	Снаружи
33	27.02.23	15:18	0,937209	0	Снаружи
34	27.02.23	11:39	0,988896	0	Внутри – напротив
35	25.02.23	17:19	0,784956	15	Снаружи
36	16.01.23	15:28	0,926831	0	Снаружи
37	16.01.23	12:53	0,887790	10	Снаружи
38	17.12.22	17:25	0,906205	15	Снаружи
39	16.12.22	19:39	0,979536	15	Снаружи
40	10.12.22	16:33	0,980537	0	Снаружи
41	06.12.22	16:31	0,834326	0	Снаружи
42	03.12.22	18:41	0,992922	15	Внутри – напротив
43	02.12.22	15:35	0,961359	-15	Снаружи
44	22.11.22	15:28	0,980621	0	Снаружи
45	19.11.22	15:15	0,606214	-10	Снаружи
46	16.11.22	18:45	0,875009	0	Снаружи
47	15.11.22	17:26	0,977780	0	Снаружи
48	15.11.22	16:39	1,060502	0	Снаружи
49	15.11.22	16:28	3,300056	0	Снаружи
50	15.11.22	15:32	1,102277	0	Снаружи
51	14.11.22	19:18	0,988488	0	Снаружи
52	12.11.22	15:26	1,019029	0	Снаружи
53	08.11.22	15:27	0,571233	0	Снаружи
62	12.10.22	14:43	0,917014	15	Снаружи
63	11.10.22	18:11	0,930972	0	Снаружи
64	11.10.22	16:36	0,958720	0	Снаружи
66	04.10.22	15:46	0,942003	0	Снаружи
67	27.05.22	12:01	0,909258	15	Снаружи
68	26.04.22	14:31	0,908808	0	Снаружи
69	03.03.22	19:41	0,956999	15	Верх
70	03.03.22	13:38	1,081324	15	Верх
71	03.03.22	12:10	0,793098	15	Снаружи
72	02.03.22	18:58	0,932178	0	Снаружи
73	02.03.22	15:17	0,982796	15	Внутри – напротив
74	01.03.22	11:43	0,991916	15	Верх
75	01.03.22	11:43	0,967689	15	Внутри – напротив
76	28.02.22	14:02	0,972860	15	Верх



ПРОГРЕСС

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ
КОМПАНИЯ

**Научно-производственная компания «ПРОГРЕСС» –
надежный поставщик испытательного оборудования для предприятий
радиоэлектронной, авиационной, морской и космической промышленности России.**

- Поставка оборудования, стендов и комплексов с собственным ПО для проведения испытаний на ЭМС.
- Безэховые экранированные камеры российского производства и комплектующие для создания экранированных помещений.
- Поставка материалов и оборудования ведущих мировых производителей микроэлектроники.
- Собственные разработки и производство.
- Лаборатория для проведения испытаний на ЭМС.



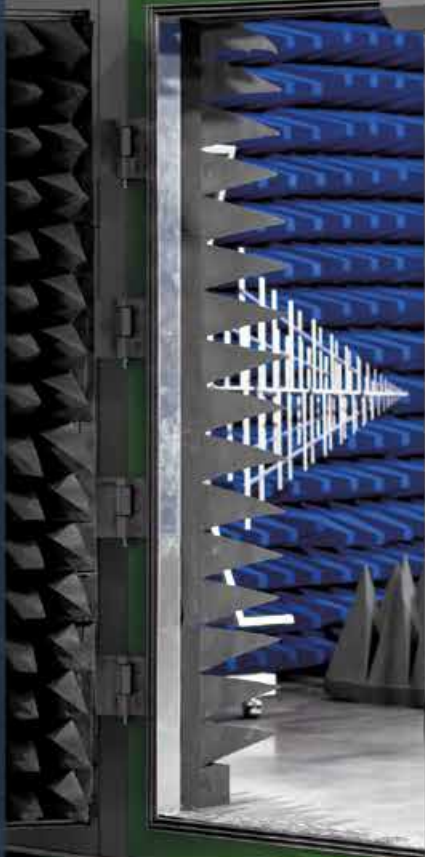
- Подберем оптимальное оборудование под конкретный проект.
- Полный цикл производства и внедрения: от экспертизы и согласования технического задания до технической поддержки и сервисного обслуживания.
- Сильная команда экспертов поможет на всех этапах.
- Гибкие условия поставки, индивидуальный подход.
- Доставляем по всей России.

Свяжитесь с нами:

+7 (495) 249-05-35

info-zakaz@npkpro.ru

129515, г. Москва,
ул. Академика Королева д.13,
стр.1, оф.202



www.npkprogress.ru

НПК «ПРОГРЕСС» – искусство правильных шагов

ПРИГЛАШАЕМ ПОСЕТИТЬ СТЕНД НПК «ПРОГРЕСС»

на выставке ExpoElectronica с 16–18 апреля в МВЛЦ «Крокус Экспо». **Стенд: B1081**

Для получения бесплатного билета используйте промокод ee24ePERG на сайте выставки.

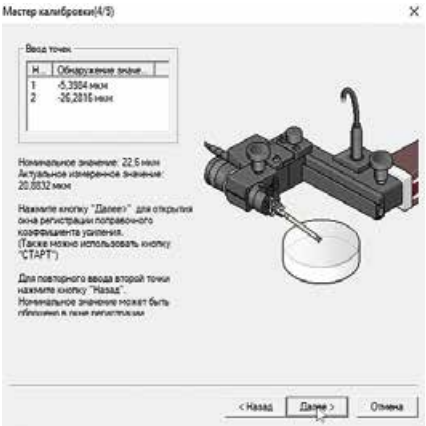


Рис. 6. Окно, подтверждающее возможность извлечения эталона



Рис. 7. Извлечение пленочного эталона

Расчет и фиксация поправочного коэффициента.

Регистрируем результат калибровки в программе (рис. 8). Он сводится к значению поправочного коэффициента усиления, определяемого из разности двух значений – номинальной и измеренной толщины пленки. Для текущей операции он равен 0,96. В программе появляется окно с сообщением о том, что мастер калибровки завершил работу. Именно значения из рис. 8 за несколько лет были взяты в виде выгрузки, представленной в табл. 2. Всего было взято 76 результатов измерения усиления на щупе.

Результаты представлены в виде графиков с разными временными данными (рис. 9–12). Представленные графики, сделанные на основе 20-месячной эксплуатации кругломера в процессе проведения исследований и лабораторных работ показали разные результаты калибровки усилия щупа, от которого в последующем зависят результаты измерения дефектов формы на деталях. Анализируя множество временных дат, представленных

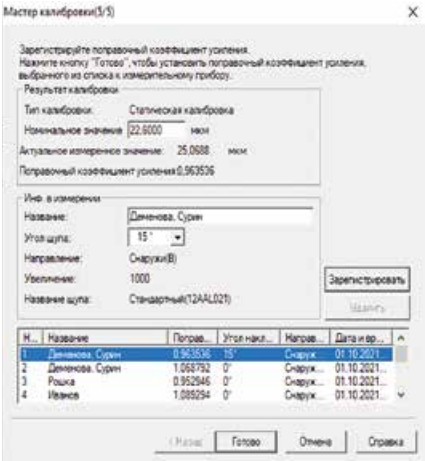


Рис. 8. Регистрация поправочного коэффициента усиления

в сводной табл. 2, можно сделать вывод, что близкие даты выгрузки или несколько калибровок, проводимых в один день, дают сходный результат и разброс значений будет небольшой. Однако, надо также учитывать

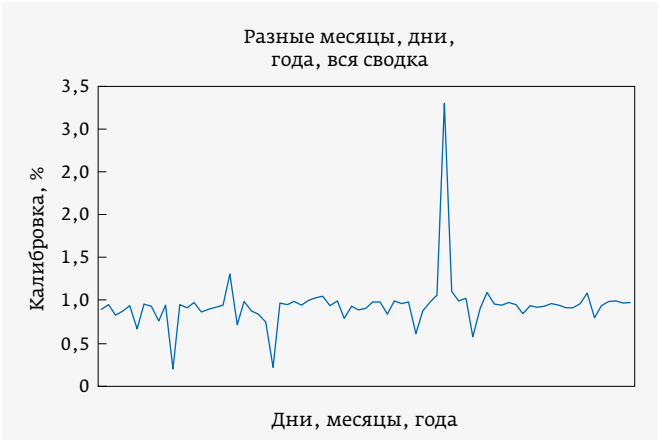


Рис. 9. Статистические наблюдения



Рис. 10. Статистические наблюдения

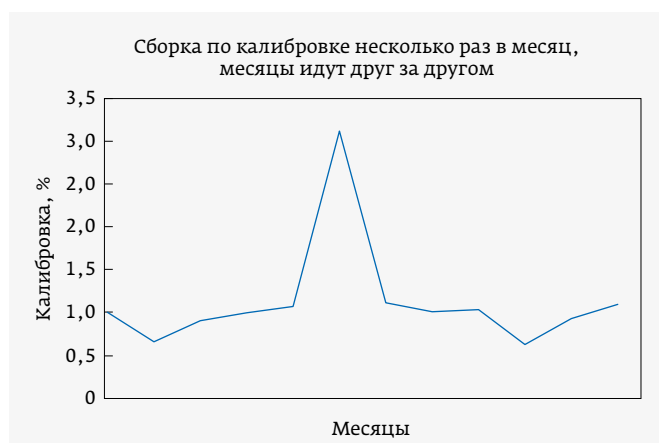


Рис. 11. Статистические наблюдения

тот факт, что на результат измерения коэффициента влияли такие факторы, как частота включения-отключения работавшего компрессора, различная температура в помещении в разное время года и самый важный фактор – умение оператора вручную аккуратно подгонять винт оси Z кругломера под начальную точку отсчета (этот процесс делается вручную и зависит от умения оператора). Необходимо выделить общую

зависимость – чем дольше прибор находился в бездействии, тем больше временной интервал между калибровками и значительнее разброс коэффициентов давления щупа, и наоборот – чем чаще прибор эксплуатируется, тем меньше временной интервал между калибровками, тем коэффициенты будут более сходными. Однако производители не рекомендуют проводить калибровку чаще одного раза в смену.

* * *

Проведенные исследования показали перспективность выполнения подобных оценок для оптимизации выполнения подготовительных операций для прибора контроля отклонений формы и взаимного расположения поверхностей деталей – кругломера. Показаны изменчивость значения результатов измерения на щупе, что влияет на конечный результат измерения.

Дальнейшие исследования будут направлены на последующую оптимизацию методики измерений параметров деталей – тел вращения на кругломере.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 17353-89. Кругломеры. Типы. Основные параметры. Технические требования. М.: Изд-во стандартов, 1999. 8 с.
2. **Гущина Е.А., Ефремов Н.Ю., Епифанцев К.В.** Цифровая метрология: учеб.-метод. пособие. СПб: ГУАП, 2022. 104 с.
3. **Епифанцев К.В.** Измерение дефектов геометрии. Алгоритм формирования круглограммы ROUNDTEST RA-120P // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, технология, бизнес. 2022. № 10 (221). С. 48–51.
4. **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.

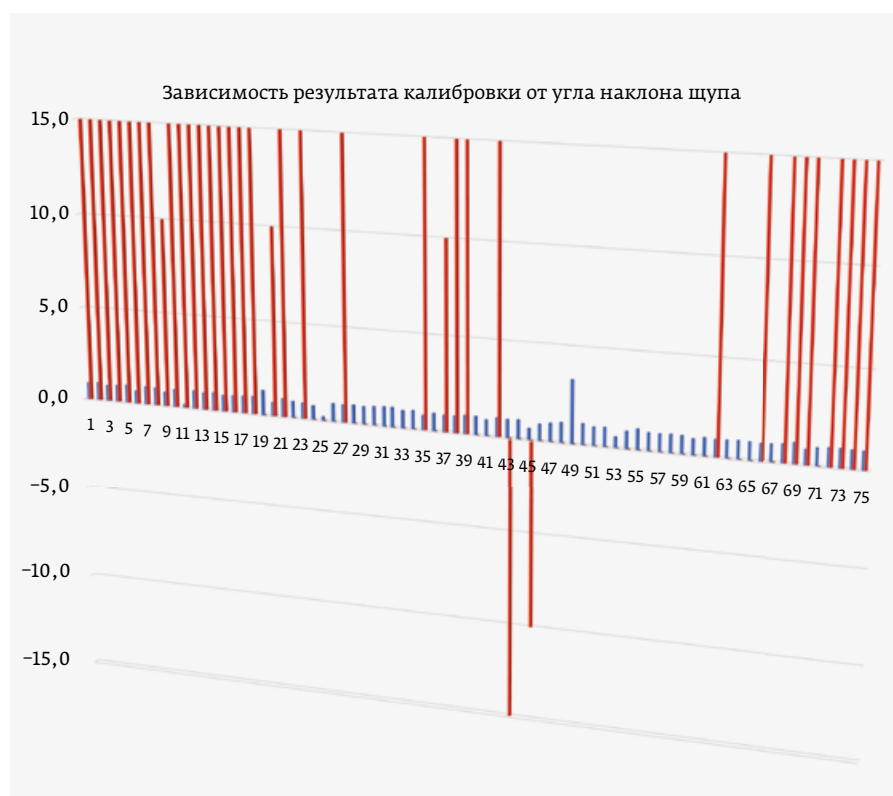


Рис. 12. Статистические наблюдения