

IX. Методы калибровки

УДК 53.082

**МЕТОДЫ КАЛИБРОВКИ КОНТУРОГРАФА
И ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ
НА ДЕМОЭКЗАМЕНЕ ПО КОМПЕТЕНЦИИ
«ЦИФРОВАЯ МЕТРОЛОГИЯ»**

К.В. Епифанцев, Н.Ю. Ефремов

*Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения,
Санкт-Петербург, Россия,
epifancew@gmail.com*

Аннотация. В настоящее время демозамен становится часто используемым способом для дополнительной проверки знаний обучающихся в ВУЗах. Однако в связи с недостатком времени на подготовку, а порой и невнимательностью студенты допускают ряд важных ошибок при калибровке и измерении детали на таком важном оборудовании, как контурограф. В статье описан процесс калибровки прибора, его настройки, а также выделены характерные ошибки студентов на каждом из этапов.

Ключевые слова: измерение контура, демозамен, калибровка контурографа, шивка контура, настройка оборудования.

**FEATURES OF THE CALIBRATION OF THE
CONTOUROGRAPH AND TYPICAL MISTAKES OF
STUDENTS IN PREPARATION FOR THE DEMO EXAM IN
THE COMPETENCE “DIGITAL METROLOGY”**

K.V. Epifantsev, N.Yu. Efremov

*St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, St. Petersburg, Russia,
epifancew@gmail.com*

Abstract. Nowadays, the demo exam is becoming a frequently used way to additionally test the knowledge of students in universities. However, due to a lack of time for preparation, and sometimes inattention, students make a number of important mistakes when calibrating and measuring a part on such an important equipment as a contourograph. The article describes the process of calibrating the device, its settings, and also highlights the typical mistakes of students at each stage.

Keywords: contour measurement, demo exam, contourograph calibration, contour stitching, equipment setup.

За основу демонстрационного экзамена взят европейский и финский опыт оценки квалификации сотрудников компаний. В качестве колледжа, идущего идентичным путем, можно привести финский колледж Riveria [1]. По словам директора колледжа Эсы Карвинена, «... только тесная связь производства и обучения обеспечивает колледжу огромную популярность в Финляндии и

Альманах современной метрологии, 2022, № 2 (30)

в России» [2]. В России стандартизация и открытость процессов проведения демоэкзамена закреплена за международными стандартами World Skills, которые в демоформате обязывают экспертов работать в системе IVA (видео-конференции) и на электронных платформах WorldSkills для занесения результатов.

Изначально обозначим ключевые даты, ставшие основой вывода демоэкзамена в российский сегмент образования. Началом этого процесса принято считать послание Федеральному собранию 4 декабря 2014 г., в котором Президентом Российской Федерации дано поручение, направленное на развитие системы подготовки рабочих кадров. Во исполнение указанного поручения организацией «Агентство развития профессионального мастерства «Молодые профессионалы («Ворлдскиллс Россия»))» начата пилотная апробация демонстрационного экзамена по стандартам «Ворлдскиллс» в рамках экзаменов в ВУЗах [1]. Компетенция «Цифровая метрология» в университете ГУАП только с осени 2021 года была введена в учебный процесс для направлений 27.03.01 «Стандартизация и метрология» и 27.03.02 «Управление качеством».

Одним из базовых заданий в рамках демоэкзамена по дисциплине и компетенции «Цифровая метрология» является калибровка контурографа и ответ на ряд теоретических вопросов, которые, согласно жеребьевке, распределяются между участниками экзамена.

Для тренировки студентов и отработки навыков применяется контурограф модели Contracer CV-2100M4 [3]. Данные измерительные системы представляют собой блок с автоматизированным держателем щупа, закрепленным на колонне гранитного станда (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид контурографа Mitutoyo Contracer CV-2100M4

Технические характеристики контурографа обобщены в таблице.

Таблица

Технические и метрологические характеристики контурографа

Ход траверсы Z2	350 мм
Прямолинейность траверсы	2,5 мкм / 100 мм
Скорость измерения	0,02–5 мм/с
Скорость привода	$X = 0–20$ мм/с
Погрешность	$X = (2,5 + 0,02 L)$ мкм, где L — длина перемещения (мм); $Z1 = (2,5 + 0,1H)$ мкм, где H — высота от горизонтального положения (мм)
Диапазон наклона	$\pm 45^\circ$
Измерительное усилие	30 мН
Диапазон измерения	$Z1 = 50$ мм, $X = 100$ мм
Размеры главного блока (Д×Ш×В)	688×450×740 мм
Размеры гранитного основания (Д×Ш)	600×450 мм
Масса	115 кг

Работу контурографа Contracer CV-2100M4 обеспечивает программное обеспечение FORMTRACEPAK, которое имеет следующие функции:

- управление всеми осями для эффективной автоматизации измерений;
- оценка контура с использованием анализа разности координат, угла, шага, радиусов и оценки допуска на контур;
- создание оригинальных протоколов результатов измерения с установкой формата печати для удовлетворения особых требований.

Приступим к разбору характерных ошибок, возникающих у студентов в ходе работы с данным оборудованием. Процесс работы оборудования начинается с калибровки.

Калибровка шупа контурографа производится по специальной калибровочной детали, состоящей из 3-х элементов:

- концевая мера длины номиналом 50 мм (притирается к основанию детали перед началом калибровки);
- полусфера диаметром 40 мм;
- цилиндрический штифт диаметром 3,999 мм.

Схематично процесс калибровки представлен на рис. 2.

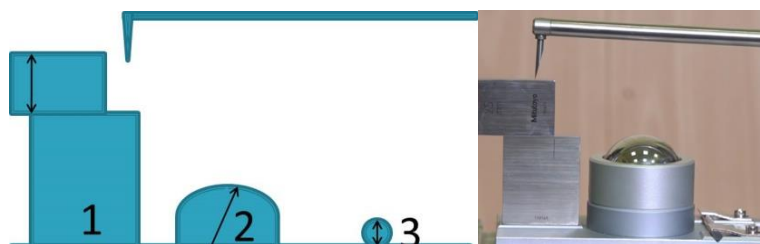


Рис. 2. Последовательные этапы калибровки и внешний вид эталона (справа)

Запуск калибровки выполняется через пункт меню ПО FORMTRACERAK «Измерение» — «Откалибровать» [4]. Далее нужно выбрать режим динамической калибровки и последовательно измерить щупом три элемента калибровочной детали (концевую меру длины, полусферу и штифт). В процессе калибровки необходимо следовать подсказкам программного обеспечения (рис. 3), которые помогают визуально сориентироваться в последовательности калибровки.

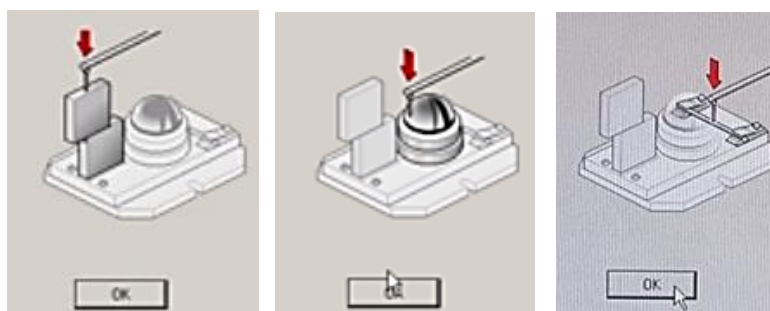


Рис. 3. Подсказки из программы в процессе калибровки

Однако первой характерной ошибкой является выбор очень большой скорости калибровки с целью экономии времени, что приводит к возникновению погрешностей. Оптимальной скоростью является небольшая, не более 0,25 мм/с, но студенты предпочитают выбор скорости от 1 мм/с. Следует отметить, что кроме таких ошибок, связанных с неправильной настройкой режимов измерения в ПО, возникают и другие ошибки — следствия нарушений методики калибровки (рис. 4).

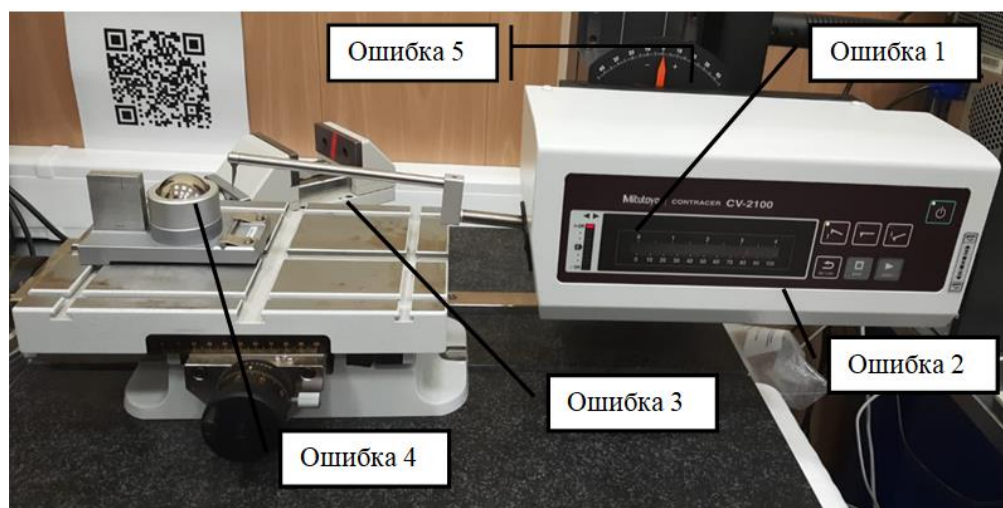


Рис. 4. Характерные ошибки при калибровке контурографа

Итак, рассмотрим характерные ошибки.

- 1) Граничное положение щупа по оси Z. Об этом свидетельствует красный индикатор на вертикальной шкале на приборе. Из такой ситуации следует, что щуп (в зависимости от положения индикатора) выше или ниже текущего положения подняться или опуститься не сможет. В этом случае в программе возникнет ошибка при попытке запуска измерения контура.
- 2) Граничное положение щупа по оси X. Об этом свидетельствует красная отметка на горизонтальной шкале. Если отметка находится в положении, близком к делению 100, то предел хода щупа практически достигнут. В данном положении в процессе калибровки при нажатии на кнопку «Измерение» в ПО также появится сообщение об ошибке.
- 3) Установка эталона на дополнительные тиски (на рис. 4 они расположены за основным предметным столом прибора). Калибровку нужно проводить только на основном столе, без установки дополнительной оснастки, т.к. это может привести к дополнительным погрешностям при калибровке.
- 4) Старт калибровки без предварительного обнаружения выступов и впадин (рис. 5).

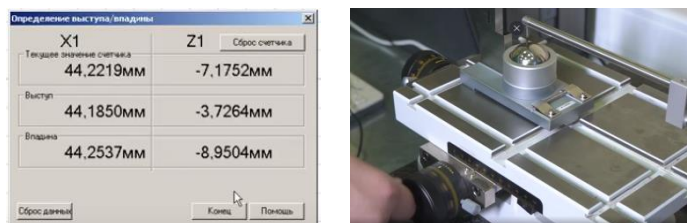


Рис. 5. Окно «Обнаружение выступов и впадин»

Без данной процедуры невозможно выявить ось симметрии полусферы. Поэтому при измерениях контура щуп будет перемещаться не через её вершину, а немного левее или правее, что будет влиять на точность оценки диаметра сферы по измеренной дуге.

- 5) Ненулевое положение пиноли контурографа. Причина её допущения может быть связана с тем, что предыдущий участник оставил прибор в таком положении, когда проводил измерение контура. Сообщений об ошибке при измерениях не появится, но калибровка при больших углах наклона держателя щупа также может привести к определённым ошибкам и погрешностям в процессе вывода результатов калибровки.
- 6) Затруднение в связи со сшивкой контура. Многим студентам данный процесс представляется достаточно сложным ввиду непоследовательно сделанного алгоритма сшивки. Для этого необходимо соблюдать ряд обязательных правил. Пропустим момент снятия контуров, допустим, студенты сняли контурографом два контура верно. Опишем подробно процесс сшивки контуров. Итак, получено 2 контура детали (рис. 6), далее предстоит их сшить — выровнять, наложить и соединить.

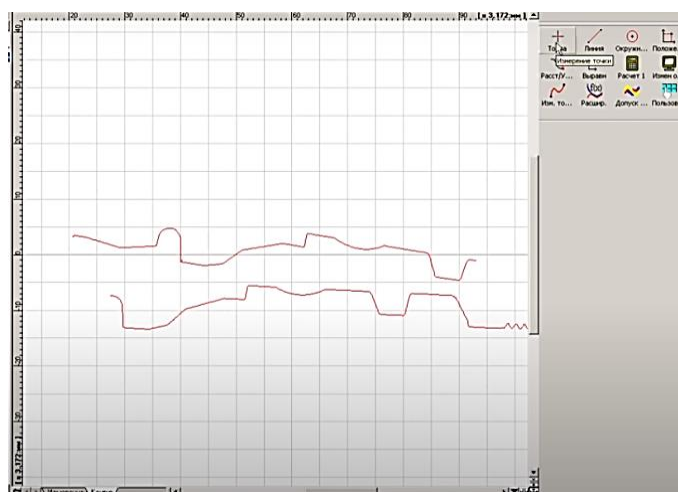


Рис. 6. Полученные контуры детали

Перед сшивкой контура необходимо на одном из участков контуров построить линию, текущая ориентация которой близка к горизонтальной оси. Выбираем на панели управления справа «Линия» — «Линия» — «Прямоугольный диапазон» (рис. 7).



Рис. 7. Инструменты для Выравнивания контура

Далее на контуре выделяем прямолинейный участок (рис. 8), и строится линия.



Рис. 8. Построение линии

Используем инструмент «Выравнивание» — «Поворот» — «Ось X». Далее курсором выделяется построенная на контуре линия (рис. 9). Во всплывающем окне нужно поставить галочки во всех ячейках. По итогам выполнения шага положение контура выравнивается по горизонтали (рис. 10).

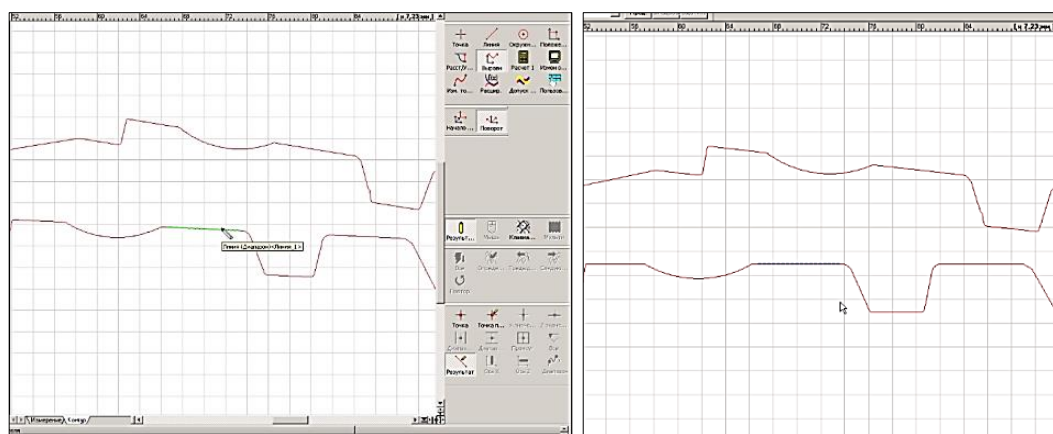


Рис. 10. Выбор линии для поворота контура и выравнивание контура

Далее переходим к процедуре соединения двух контуров.

Вначале необходимо выполнить измерения на каждом из контуров 2-х элементов, располагающихся на идентичных участках контура (например, точка и дуга). Результаты построения точек и дуг на контурах детали показаны на рис. 11.



Рис. 11. Построенные на контуре 2 точки и дуги

Далее выполняем процедуру наложения контуров (на профессиональном языке часто эту процедуру называют сшивкой контура). Выбираем функцию «Изменение точек» — «Выравнивание» — «Результат» (на боковом меню, рис. 12).

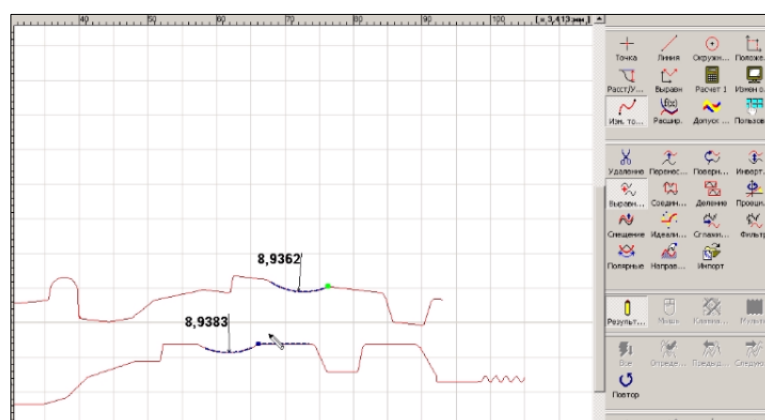


Рис. 12. Запуск режима наложения контуров

После этого последовательно выбираем построенные элементы накладываемого профиля, потом того, куда будем накладывать. То есть сначала точки на обоих контурах, потом — дуги. В результате контуры наложились друг на друга (рис. 13).

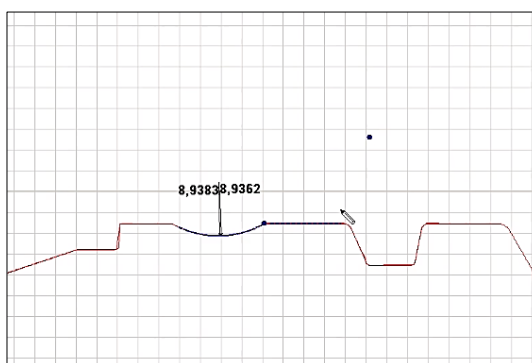


Рис. 13. Результат наложения контуров

Теперь эти 2 контура необходимо соединить в единый контур. Для этого на боковом меню выбираем команду «Изменение точек» — «Соединение» — «Точка пересечения» и на контуре слева ищем контур ИЗМ1, на него ставим точку. Аналогично на правой стороне находим контур и ставим точку на ИЗМ2. Весь контур выделяется яркой зелёной полосой (рис. 14).

Особенность полученного соединённого контура — наличие нескольких участков, где линии контуров расположены по-разному. На завершающем этапе можно увеличить подобные участки контура и выделить тот вариант его расположения, который точнее соответствует реальной детали. После этого выделение цветом исчезнет, а контур будет иметь структуру без «разветвлений».

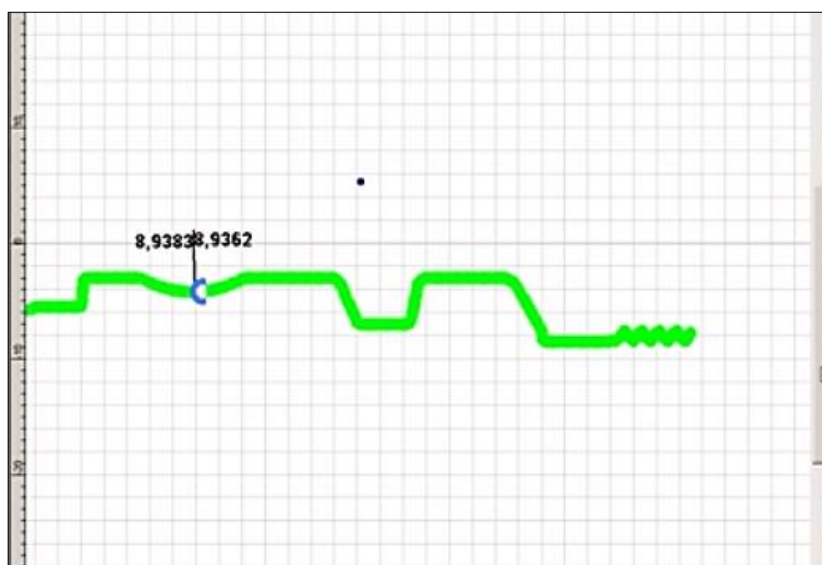


Рис. 14. Соединение контуров

Итак, в работе представлены 6 наиболее характерных ошибок при работе с контурографом, которые значительно ухудшают результат измерения или вообще делают процесс получения результата и конечного протокола измерения невозможным. Важно сказать, что в процессе демоэкзамена студенту предоставляется всего лишь 45 минут на данную процедуру. Кроме данного практического задания, комиссией, состоящей из 3 сторонних экспертов, предварительно прошедших обучение по программе «Эксперт демоэкзамена», студенту задаются теоретические вопросы по процедурам калибровки контурографа, принципам работы его основных измерительных преобразователей, погрешностях, возникающих при работе прибора. Подготовка к процессу сдачи демоэкзамена проходит в течение всего семестра, и в процессе обучения важно отточить все навыки работы с прибором, знать его принцип работы и внутреннее устройство.

Для успешного прохождения демозамена у студентов помимо стандартных теоретических знаний необходимо развивать практические навыки работы с измерительным оборудованием. Важно понимать тот факт, что данный прибор использует калибровку для введения поправочных коэффициентов, т.к. на результат измерения действуют определенная температура, влажность, уровень вибрации. Именно поэтому важно уделять практическому закреплению выполнения основных этапов калибровки достаточно много времени.

Список литературы

1. Колоколенкова И.И. Демонстрационный экзамен как новый формат подведения итогов обучения в профессиональных образовательных организациях / И.И. Колоколенкова. — URL: <https://infourok.ru/statya-demonstracionniy-ekzamen-kak-noviy-format-podvedeniya-itogov-obucheniya-v-professionalnih-obrazovatelnih-organizacijah-3150925.html> (дата обращения: 10.09.2020).
2. Колледж Riveria. Руководство. — URL: <https://www.riveria.fi/riveria/yhteystiedot/riverian-hallinto> (дата обращения: 10.09.2020).
3. Продукты Mitutoyo. — URL: https://shop.mitutoyo.ru/web/mitutoyo/ru_RU/mitutoyo/CV-2100 (дата обращения: 04.12.2021).
4. Цифровая метрология: учебное пособие / Ю.А. Антохина, В.В. Окрепилов, Е.А. Фролова, Н.Ю. Ефремов, А.С. Степашкина. — СПб.: ГУАП, 2021. — 181 с.

Статья поступила в редакцию: 02.02.2022 г.

Статья прошла рецензирование: 16.03.2022 г.

Статья принята в работу: 08.04.2022 г.