



АВТОМАТИЗАЦИЯ КАЛИБРОВКИ ПРИБОРОВ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

AUTOMATION OF 1D MEASUREMENT INSTRUMENTS CALIBRATION

С.С.Степанов¹, ассистент-преподаватель (ORCID: 0000-0001-9310-5615) / stepanov56@mail.ru, А.В.Петров¹, ст. преподаватель (ORCID: 0000-0002-5328-9499), С.Б.Тарасов², к.т.н., доцент, генеральный директор ООО ИМЦ "Микро" (ORCID: 0000-0003-4878-9912), С.Н.Степанов², к.т.н., доцент, технический директор ООО ИМЦ "Микро" (ORCID: 0000-0001-8478-257X)

S.S.Stepanov¹, Assistant Prof., Lecturer (ORCID: 0000-0001-9310-5615), A.V.Petrov², S. Lecturer (ORCID: 0000-0002-5328-9499), S.B.Tarasov², Cand. Sc. (Eng.), Ass. Prof., Director General (ORCID: 0000-0003-4878-9912), S.N.Stepanov², Cand. Sc. (Eng.), Ass. Prof., Technical Director (ORCID: 0000-0001-8478-257X)

DOI: 10.22184/1993-8578.2019.12.2.122.126

Получено: 18.03.2019 г.

Рассмотрены вопросы, связанные с калибровкой ручного измерительного инструмента и разработкой автоматизированных эталонных приборов для этих целей. Представлена принципиальная схема системы автоматического управления приборами. Рассмотрены возможные погрешности, требующие дополнительных исследований и проведения мероприятий по их устранению или минимизации.

This paper describes the issues related to calibration of a hand-held measuring instruments and development of the automated reference instruments for these purposes. A schematic diagram of the automatic instrument control system is presented. Considered are possible errors that require additional research and measures to eliminate or minimize them.

Системы автоматического управления применяются в основном в станкостроении при создании станков с ЧПУ, обрабатывающих центров и автоматических линий. В приборостроении системы автоматического управления нашли применение в координатно-измерительных машинах, электронных высотомерах и некоторых других приборах, выпускаемых ведущими мировыми производителями приборов для линейно-угловых измерений.

Машиностроительные предприятия являются основными потребителями большого количества ручного инструмента, такого как штангенциркули, микрометры, нутромеры, скобы, индикаторы часового типа. Часть инструмента находится непосредственно на рабочих местах, а часть в измерительных лабораториях.

В зависимости от интенсивности эксплуатации проводится калибровка (поверка) ручного

инструмента с различными межповерочными интервалами. Для калибровки ручного измерительного инструмента используют различные эталонные приборы и, как правило, это приборы с ручным приводом и визуальным отсчетным устройством. Применение автоматизированных приборов позволяет повысить производительность калибровки, снизить утомляемость поверителей, исключить человеческий фактор.

Ведущие мировые производители эталонной техники, такие как Mahr (Германия), Mitutoyo (Япония), Tesa (Швейцария) и другие, выпускают упомянутые автоматизированные эталонные приборы. Однако из-за высокой стоимости и неприспособленности компьютерных программ к отечественному оборудованию эти приборы в России не продаются. Отечественные эталонные приборы с ручным приводом завоевали внутренний рынок страны, а освоение

¹ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого / Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University.

² ООО Инженерно-метрологический центр "Микро" / JSC Engineering Metrology Center "Micro".

производства автоматизированных приборов является естественным процессом дальнейшего развития отечественного эталонного приборостроения. Приборы позволяют заменить импортные дорогостоящие аналоги и в связи с современной международной политической и экономической обстановкой будут соответствовать курсу государства на импортозамещение.

Целью данной научной работы является разработка двух типов автоматизированных эталонных приборов.

Первый прибор М-1000 предназначен для калибровки и настройки на размер широко распространенных двухточечных инструментов, таких как штангенциркули, микрометры, нутромеры, скобы с диапазоном измерения 0–1000 мм. Прибор представляет собой



Рис.1. Система автоматического управления прибором
Fig.1. Automatic control system of the device

The automatic control systems (ACS) are, basically, used in the machine tool industry when developing the CNC machine tools, machining centers and automatic lines. In the instrument engineering these systems are applied in the coordinate measuring machines, electronic altimeters and some other devices manufactured by leading global manufacturers of instruments for linear and angle measurements.

Machine-building enterprises are the main consumers of a large number of hand tools such as calipers, micrometers, alesometers, snap meters and dial indicators. Some tools are kept directly at the workstations, another – in the measuring laboratories.

Depending on the intensity of operation, calibration (verification) of hand-held instruments is carried out at different calibration intervals. To calibrate a hand-held instrumentation, the various reference instruments are used and, as a rule, these are hand-operated

devices with an indicating display. In order to enhance performance of calibration, reduce fatigue of the verification inspectors and eliminate the human factor, it is highly recommended to implement the ACS.

The world's leading manufacturers of the reference equipment such as Mahr (Germany), Mitutoyo (Japan), Tesa (Switzerland) and others produce the above-mentioned automated reference devices. However, due to high cost and incompatibility of computer software with the domestic equipment, these instruments are not sold in Russia. Now the domestic hand-held reference instruments have conquered the domestic market of the country, and manufacturing of the automated instruments is a natural process for further development of domestic reference instrument. These instruments will allow of replacing the imported expensive analogues and, accounting for the current international political and economic situation, will

correspond to the state's course to imports phase-out.

The purpose of this research is to develop two types of the automated reference devices.

The first M-1000 device is designed to calibrate and adjust the common two-point instruments such as calipers, micrometers, alesometers and snap meters with a measurement range of 0–1,000 mm. The device is designed as an automated workstation of the verification inspector and is intended to replace a wide range of the end gauge dimensions, reference rings, devices and various accessories.

The second one (API-50) is designed for automated calibration of the whole range of dial gauges from ICH-2 to ICH-50 and two-point alesometers.

Both devices make use of the automated drive with precise positioning of the working body up to 0.1 μm . The problem is solved for the first time in our country for the 1D measuring devices.

To achieve this goal it is necessary to:



автоматизированное рабочее место поверителя и призван заменить собой широкий диапазон размеров концевых мер длины, эталонных колец, приборов и различных приспособлений.

Второй прибор, АПИ-50, предназначен для автоматизированной калибровки всей гаммы индикаторов часового типа от ИЧ-2 до ИЧ-50 и двухточечных нутромеров.

Оба прибора объединяет применение автоматизированного привода с точным (до 0,1 мкм) позиционированием рабочего органа. Задача решается впервые в нашей стране применительно к приборам для линейных измерений.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- выбрать тип системы управления;
- выбрать тип привода;
- выбрать тип системы обратной связи;
- разработать принципиальную схему системы управления приводом;
- разработать метод компенсации температурных погрешностей;
- разработать систему "технического зрения" для считывания показаний индикаторов;
- разработать методику автоматизированной калибровки самих приборов;
- разработать эталонный широкопредельный преобразователь для автоматизированной калибровки приборов;
- провести предварительные исследования по определению погрешности приборов

с расчетом неопределенностей измерений.

В результате проведенного анализа технической литературы и предварительных расчетов была выбрана система управления с обратной связью по положению рабочего органа измерительного прибора. Данная система наиболее полно удовлетворяет требованиям по точности позиционирования измерительных наконечников прибора, а также позволяет контролировать положение в реальном режиме времени.

Перемещение рабочего органа прибора осуществляется с помощью сервопривода, состоящего из сервомотора, сервоусилителя и контроллера. Шариковая винтовая пара благодаря предварительному натягу обеспечивает высокую жесткость передачи и малую зону нечувствительности при реверсе.

Система автоматического управления приборами изображена на рис.1. Для обеспечения точности позиционирования каретки с измерительными наконечниками система снабжена линейным датчиком обратной связи. Применение линейного датчика, в отличие от кругового, позволяет выполнять прямые измерения положения каретки, что повышает точность позиционирования.

При применении автоматической системы управления каретка с измерительным наконечником с помощью силового привода автоматически воспроизводит движение, заданное

- choose the control system type;
- select a drive type;
- select the type of feedback system;
- develop a schematic diagram of the drive control system;
- develop a method for compensating temperature errors;
- develop a system of "technical vision" for reading indicators;
- develop a methodology for automated calibration of the instruments themselves;
- develop a reference wide-range converter for automated calibration of instruments;

- to conduct preliminary studies in order to determine errors of the instruments based on calculation of measurement uncertainties.

As a result of the analysis of technical literature and preliminary calculations, a feedback control system based on the measuring device working body position has been selected. This system most fully meets the requirements for the accuracy of the measuring tips positioning of the device, and, also, allows of controlling the position in the real time mode.

Movement of the working body of the device is carried out

using a servo drive consisting of a servo motor, servo amplifier and a controller. The ball screw pair, due to preloading, ensures high transmission rigidity and a small dead space zone during reverse.

The ACS of the devices is shown in Fig.1. To ensure accurate positioning of the measuring tips carriage, the system is equipped with a linear feedback sensor. The use of a linear sensor, as compared with a circular one, enables to make direct measurements of the carriage position which improves the positioning accuracy.



управляющим устройством, в данном случае персональным компьютером. Сигнал управления вырабатывается контроллером, получающим информацию о требуемом положении измерительного наконечника от РС и о ее действительном положении от датчика обратной связи. Сигнал управления является разностным сигналом, характеризующим соответственно заданное и действительное перемещение каретки с измерительным наконечником.

Применяемый в данной системе линейный датчик обратной связи обеспечивает непосредственное измерение перемещения измерительной каретки. Это позволяет охватить обратной связью все передаточные механизмы привода, что обеспечивает высокую точность перемещений.

Рассматриваемые приборы являются сложными техническими устройствами, управляемыми с помощью компьютера и соответствующего программного обеспечения. Точность приборов зависит от многих факторов: погрешности самого прибора, погрешности от воздействия окружающей среды (температура, вибрации). На точность работы линейного датчика обратной связи могут влиять погрешности направляющих прибора, температурные деформации и упругие деформации элементов измерительной каретки под действием измерительного усилия. Эти погрешности требуют дополнительных исследований

и проведения мероприятий по их устранению или минимизации.

ВЫВОДЫ

Проведенные предварительные исследования показали, что данная система управления может быть использована для автоматизации эталонных приборов для линейных измерений.

Система автоматического управления с датчиком обратной связи может обеспечить требуемую точность при управлении эталонными приборами.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCE

1. Любомудров С.А., Макарова Т.А., Тарасов С.Б. Методы и средства измерения в машиностроении. Учеб. пособие. – СПб: СПбГПУ, 2011.
2. Четвериков И.А. Современные технологии с использованием оборудования с ЧПУ. – СПб: СПбГПУ, 2011.
3. Ловыгин А.А., Теверовский Л.В. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система. – М.: ДМК Пресс, 2012.
4. Любомудров С.А., Степанов С.Н., Тарасов С.Б. Метрологическое обеспечение производства. Учебник. – СПб: СПбПТУ, 2008.
5. Марков Н.Н., Ганевский Г.Н. Конструкция и эксплуатация контрольно-измерительных инструментов и приборов. – М.: Машиностроение, 1993.

When using an ACS, a carriage with a measuring tip is driven and automatically reproduces the movement specified by the control device (in this case a personal computer). A control signal is generated by the controller that receives information on the desired position of the measuring tip from the PC, and its actual position from the feedback sensor. The control signal is a differential signal characterizing, respectively, the specified and actual movements of the measuring tip carriage.

The linear feedback sensor used in this system provides

direct measurement of the measuring carriage movement. This feature enables to include in feedback all transmission mechanisms of the drive, which ensures a high accuracy of movements.

These devices are computer-controlled complex technical devices complete with the corresponding software. Accuracy of the devices depends on many factors: the error of the device proper, the error of the environment impact (for example, temperature and vibration). Accuracy of the linear feedback sensor may be influenced by errors of the instrument guides,

temperature deformations and elastic deformations of the measuring carriage components subjected to the measuring force. These errors require additional research and certain steps to eliminate or minimize them.

CONCLUSIONS

Preliminary studies have shown that this control system can be used to automate reference instruments for 1D measurements.

Automatic control system with a feedback sensor can provide for the required accuracy when controlling reference instruments. ■