

ОБЗОР СОВРЕМЕННОЙ УГЛОИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Н. Гончаров, к.т.н.,
ООО "Научно-производственный комплекс
"Диагностика", Санкт-Петербург,
info@diagnostika-spb.ru, www.diagnostika-spb.ru

Разговор о современной углоизмерительной технике, начатый в журнале "Фотоника", 2013, №2, в котором подробно рассматривались современные цифровые гониометры, продолжим обзором автоколлимационных средств измерений. В предлагаемой статье дан сравнительный анализ моделей автоколлиматоров, представленных на отечественном рынке. Особое внимание уделяется цифровым автоколлиматорам АК-Ц, производимым предприятием НПК "Диагностика".

ПРОИЗВОДИТЕЛИ И ПОТРЕБИТЕЛИ

Для измерений различных оптических деталей микро- и макрооптики, склеек плоской оптики, углов поворота отражающей поверхности, а также для контроля поверочных плит и направляющих станков используются автоколлиматоры (рис.1). На сегодняшний день на российском рынке большинство лабораторий и оптических предприятий применяют визуальные автоколлиматоры производства ОАО "ПО "Новосибирский приборостроительный завод" (например, модели АУ-0.2, АКУ-0.5 и АКУ-1 (рис.2)) [1]. Такая популярность этих приборов связана в основном с их относительно невысокой стоимостью и исторически сложившейся известностью. Данным моделям свойственны типичные для визуальных приборов недостатки: низкая эффективность (обусловлена трудоемкостью юстировки и использованием визуального метода считывания); большая вероятность субъективных ошибок оператора (утомляемость); негативное влияние на зрение оператора визуального считывания; невысокая точность измерений.

В качестве зарубежной альтернативы используются дорогие импортные цифровые автоколлиматоры фирм Trioptics (например, модели TriAngle) [2] или Taylor Hobson (модели серии Elcomat (рис.3)) [3].

REVIEW OF MODERN ANGLE MEASURING TECHNIQUE

N. Goncharov, Ph.D. in Technical Sciences
"Research-and-production company
"NPK DIAGNOSTIKA", LLC, St.-Petersburg,
info@diagnostika-spb.ru, www.diagnostika-spb.com

In release No 2 / 2013, the first part of the article dedicated to the review of goniometric measuring equipment was published, where angle-measuring devices such as digital goniometers SG-D manufactured by our enterprise were discussed in detail. It is followed by the second part considering autocollimating measurers. The article provides comparative analysis of autocollimators models available on the domestic market, with special attention paid to digital autocollimators AC-D manufactured by our enterprise.

MANUFACTURERS AND CONSUMERS

Autocollimators (Fig. 1) are used to measure a range of micro- and macro-optical details, optical details gluing, reflective surface movement angles, as well as to control surface plates and sliding guides. Currently, on the Russian market, most part of laboratories and optical enterprises use visual autocollimators manufactured by "PA "Novosibirsk Instrument-Making Plant" (e.g. models AKU-0.2, AKU-0.5 and AKU-1 (Fig. 2)) [1]. Such popularity of these devices is primarily associated with their relative low cost and traditional reputation.

These models possess weak points typical of visual devices, i.e. low efficiency (due to labor-intensive



Рис.1. Автоколлиматор
Fig. 1. Autocollimator



Рис.2. Визуальный автоколлиматор АКУ-1
Fig. 2. Visual autocollimator AKU-1

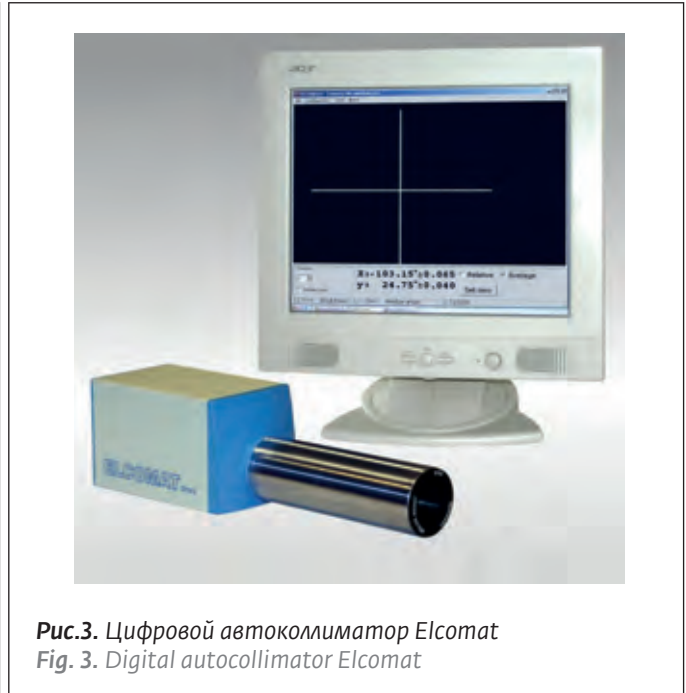


Рис.3. Цифровой автоколлиматор Elcomat
Fig. 3. Digital autocollimator Elcomat

Очевидно, что все недостатки работы с визуальными приборами тесно связаны с их зависимостью от физиологических свойств оператора. Понятно также, что современный уровень развития техники предполагает широкое использование компьютера для проведения и обработки различных измерений. Принимая во внимание эти факты, предприятие НПК "Диагностика" разработало серию цифровых автоколлиматоров. Таким образом, несколько лет назад существующий рынок цифровых автоколлиматоров потеснили относительно недорогие отечественные цифровые автоколлиматоры АК-03Ц, АК-05Ц и АК-1Ц [4].

Автоколлиматоры серии АК-Ц (рис.4) внесены в ГосРеестр СИ, имеют Знак качества СИ. Автоколлиматоры, выпускаемые НПК "Диагностика", с успехом используют, например, такие профильные оптические предприятия, как ОАО "ГОИ", ОАО "НИИ ОЭП", ОАО "НПК СПП", ОАО "КНПЗ", а также целый ряд коммерческих организаций. Автоколлиматоры позволяют проводить угловые измерения в автоматическом режиме не только статических, но и динамических объектов. При этом отражающая поверхность объекта измерения может быть различного размера и коэффициента отражения.

Но вернемся к основам основ - к теории автоколлиматоров, после чего детально рассмотрим

adjustment and use of visual reading method); high probability of subjective operator's errors (fatigue); visual reading method adversely effects the operator's vision; low accuracy in measurement.

As a foreign alternative, expensive import digital autocollimators produced by companies Trioptics (e.g. TriAngle models) [2] or Tailor Hobson (Elcomat series models (Fig.3)) [3] are used.

Given that all drawbacks of work with visual devices are closely associated with the dependence thereof

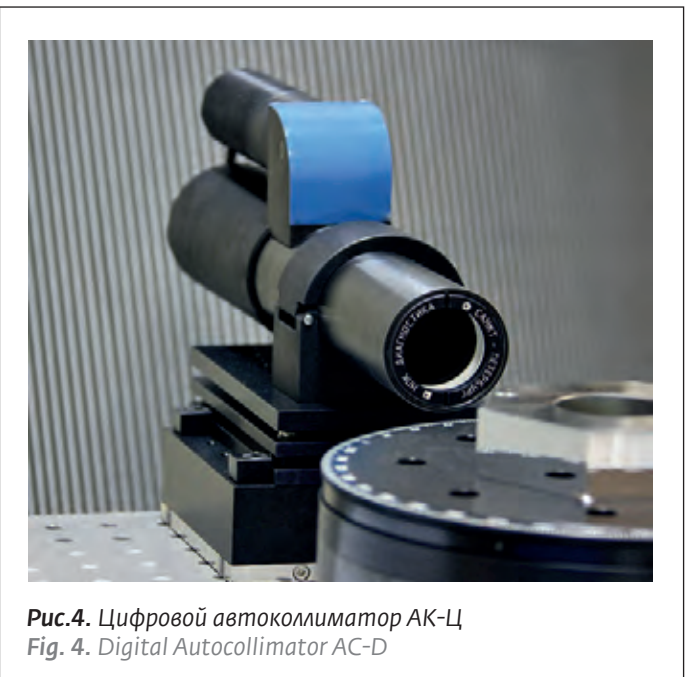


Рис.4. Цифровой автоколлиматор АК-Ц
Fig. 4. Digital Autocollimator AC-D



технические характеристики и критерии оценки современных автоколлиматоров.

ТЕОРИЯ РАСЧЕТА И ИЗГОТОВЛЕНИЯ

При проектировании и изготовлении приборов производитель всегда стремится достичь их теоретической точности. Однако в силу ряда причин реальные приборы, как правило, имеют более низкую точность. Возникновение источников погрешностей зависит от многих факторов. Один из них – теоретическая ошибка прибора, то есть отклонение реальной схемы или метода расчета от строго теоретических. В нашем конкретном случае автоколлиматор свободен от теоретической ошибки. Другой фактор – погрешность, вызванная неточностью изготовления отдельных деталей и конечной точностью юстировочных операций. Как известно, все детали – и оптические, и механические – производят с каким-то отступлением (допуском) от номинального размера (в зависимости от класса точности). При расчете и конструировании прибора учитывают номинальные размеры. Часть ошибок вносится при сборке прибора. По степени влияния на погрешность прибора их можно разбить на две группы: ошибки, которые невозможно исправить при сборке (неравномерность нанесения штрихов на сетках), и ошибки, влияние которых можно существенно уменьшить при юстировке прибора (несогласование масштабов). Конечная точность устранения влияния ошибок задается допуском на юстировку. Таким образом, в собранном и отъюстированном приборе все же присутствует целый ряд факторов (первичных ошибок), которые оказывают влияние на точность работы прибора – точность измерения той или иной величины. Поэтому при расчете очень важно выявить все первичные ошибки, определить степень их влияния на конечный результат через функцию положения механизма и вычислить вероятностную погрешность прибора.

Следует понимать, что после длительной эксплуатации у всех измерительных приборов по различным причинам (небрежное хранение, небрежная работа, естественный износ деталей в процессе эксплуатации, влияние перепада температур и влажность) может измениться точность измерения. Поэтому периодически производится проверка погрешности показания приборов.

ТЕОРИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Одним из распространенных и широко известных высокоточных углоизмерительных приборов, используемых в различных областях

on operator's physiological characteristics, and the obvious fact that the modern equipment and technique supposes wide use of a computer for measuring and data processing, the Research-and-production company NPK DIAGNOSTIKA has developed a range of Digital Autocollimators. Thus, several years ago, the market of digital autocollimators was challenged by relatively inexpensive domestic autocollimators AC-03D, AC-05D and AC-1D [4].

All autocollimators of AC-D series (Fig. 4) are included in the State Register of Measurement Equipment, have a Measurement Equipment Quality Medal. Autocollimators manufactured by NPK DIAGNOSTIKA are successfully used at the relevant optical enterprises such as State Optical Institute OJSC, Research Institute for Optical and Electronic Instrument OJSC, Research and Production Company Precision Manufacturing System OJSC, Kuybyshev Oil Refinery Plant OJSC and at a number of commercial organizations. Autocollimators allow to make automatic angle measurements both for static and dynamic objects. Measurement objects reflecting surfaces may differ in size and reflection index.

We can now return to the keystone – the theory of autocollimators, then compare technical characteristics and criteria for evaluation of modern autocollimators.

THEORY OF CALCULATION AND PRODUCTION

Designers and manufacturers always do their best to achieve maximum possible instrument precision. However, for a variety of reasons, actual equipment usually is less precise. The errors depend on many factors. One of the influencing factors is a theoretical error of an instrument, i.e. the deflection of an actual scheme or method of calculation from the strictly theoretical one. In this specific case, autocollimator is clear of a theoretical error. Another factor is an error resulted from inaccurate manufacture of individual parts and final accuracy of adjustment operations. As it is well known, all details, both optical, and mechanical, are produced not according to the nominal size, but allowing for some tolerance, depending on an accuracy class. In the calculation and design of a device, nominal dimensions should be taken into consideration. Some errors are likely during the assembly. According to the degree of impact on instrumental accuracy, the errors can be divided into two groups: those not subject to correction during assembly (e.g. non-uniform ruing), and those, which impact may be significantly reduced when adjusting the equipment (e.g. unbalanced scale). Final accuracy of reduction of effect of errors shall be set allowing for a tolerance for adjustment. Thus, in an assembled and adjusted device, there is a number of factors (initial errors) influencing instrumental accuracy,

машиностроения, приборостроения, геодезии и измерительной техники, является автоколлиматор (АК). АК – это оптико-электронный прибор, основанный на явлении автоколлимации. АК используется для точных измерений углового положения зеркала, закрепленного на контролируемом объекте. АК может использоваться для контроля прямолинейности и плоскостности направляющих (например, станка). Широкое применение АК в контрольно-измерительных устройствах связано с высокой чувствительностью автоколлимационного метода к незначительным поворотам отражающего зеркала.

Напомним, что автоколлимация – это автоматическое возвращение светового пучка, вышедшего из фокуса объектива, обратно в фокус (то есть объединение в одном приборе коллиматора и зрительной трубы), если за объективом расположено плоское зеркало строго перпендикулярно к оптической оси. При автоколлимации происходит самонаведение посылаемого светового луча оптической системы АК на свою же ось.

Принцип работы автоколлиматора заключается в следующем. В фокальной плоскости М объектива помещается светящаяся марка А (рис.5). Лучи, вышедшие из этой точки, пройдя объектив 2, идут параллельным пучком и попадают на плоское зеркало 1. Если зеркало расположено перпендикулярно оси пучка, то лучи после отражения от зеркала вернутся по тому же самому пути, и, пройдя объектив, образуют изображение, полностью совпадающее со светящейся маркой. Если зеркало наклонится к оси падающего на него пучка лучей на угол α , то отраженный пучок пойдет обратно под углом 2α к первоначальному направлению, и изображение точки А образуется в фокальной плоскости F в точке А' на расстоянии C от него. Это расстояние можно вычислить по формуле:

$$C = F \operatorname{tg} 2\alpha.$$

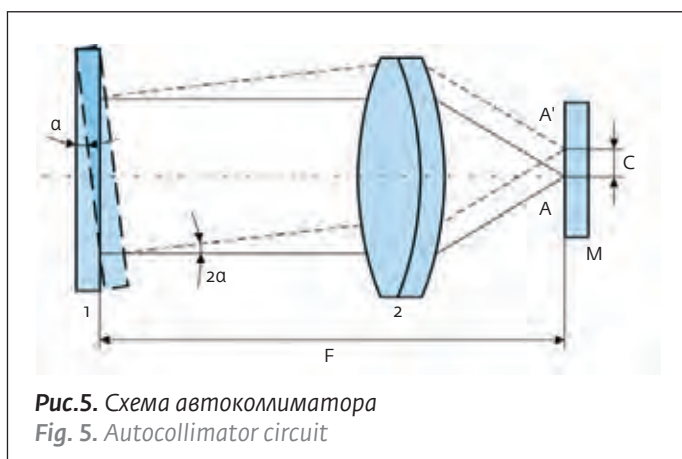


Рис.5. Схема автоколлиматора
Fig. 5. Autocollimator circuit

i.e. the accuracy of measurement of some or other value. Therefore, in the calculation, to reveal all initial errors, to define the degree of influence thereof upon outcome via position function of the mechanism, and compute random instrumental error is of prime importance. After continuous operation, for a variety of reasons (negligent storage, negligent operation, reasonable tear and wear of parts in operation, temperature difference, and humidity), measuring accuracy of the equipment may change. That is why errors of indication shall be checked on a regular basis.

MEASUREMENT THEORY

Autocollimators (AC) are one of common and well-known high-accuracy angle measurement devices used in a number of machine-building industries, instrument engineering, geodesy and measuring equipment.

AC represents an optical device based on autocollimation phenomenon. AC is used for accurate measurements of a mirror angular position on an object under control. AC may be used for control of straightness and flatness of sliding guides (e.g. of a machine). Extensive use of AC in control equipment field is determined by high sensitivity of autocollimation method to insignificant angular movement of the mirror.

Предприятие-изготовитель НПК "ДИАГНОСТИКА"
производит и поставляет приборы для контроля оптики:
цифровые гониометры СГ-Ц и автоколлиматоры АК-Ц
приборы в ГосРеестре СИ, собственный сервис

197342 СПб, наб. Черной речки, 41 тел.: (812) 702 5061 факс: (812) 702 5064 www.diagnostika-spb.ru





Если в фокальной плоскости M объектива поместить шкалу, то, зная его фокусное расстояние F , можно рассчитать величину интервалов этой шкалы для любых углов положения зеркала. Величина C для одного деления будет являться интервалом деления 2α – ценой деления при автоколлимационном ходе лучей.

КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОКОЛЛИМАТОРОВ

По количеству координатных направлений, на которых производятся измерения, АК подразделяются на следующие подклассы: однокоординатные, измеряющие угловой поворот объекта в одной плоскости, двухкоординатные, измеряющие угловые повороты в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, трехкоординатные, измеряющие дополнительно угол скручивания, и многофункциональные. Чем больше используется координатных направлений, тем сложнее схема и конструкция прибора [5].

По степени участия наблюдателя в измерениях все автоколлиматоры делятся на два класса: визуальные и фотоэлектрические (ФЭАК) [5]. Основные характеристики визуальных АК приведены в [6]. В ФЭАК отсчет основного параметра производится с помощью фотоэлектрических приемников без участия глаза человека, а степень их автоматизации определяется назначением и может быть различной.

Большая часть рассмотренных нами АК – аналоговые устройства, которые не лишены своих недостатков. В аналоговых ФЭАК, как правило, имеются оптические компенсаторы, предназначенные для компенсации смещений изображения. Введение компенсаторов приводит к появлению дополнительных погрешностей.

В цифровых ФЭАК угол поворота контрольного элемента определяется, например, путем подсчета числа стандартных импульсов, заполняющих интервал времени между опорным импульсом и рабочим импульсом, возникающим при попадании на анализатор потока излучения, отраженного контрольным элементом. В последние годы с появлением многоэлементных фотоприемников (ПЗС-линеек и матриц) были разработаны цифровые АК нового поколения.

Принцип действия, конструкции и области применения импортных цифровых ФЭАК наиболее полно отражены в [7, 8], а современных отечественных – в [9]. ФЭАК с ПЗС-матрицами не требуют использования компенсаторов и позволяет увеличить диапазон измерений до нескольких градусов. Благодаря более высокой точности и удобству связи с другими узлами измерительного или следящего оптико-электронного прибора ФЭАК

Recall that autocollimation is an automatic return of a light beam leaving the lens focus back to the focus (i.e. integration of a collimator and a telescope in the same device), if a flat mirror is located behind the lens strictly perpendicularly to the optical axis. During autocollimation, an AC optical system light beam sent is self-directional to its axis. The general principal of operation of autocollimator consists in the following. In the focal plane M of lens 2, a light mark A is placed (Fig.5).

Beams leaving this point, having passed the lens 2, travel in a parallel beam to get onto the flat mirror 1. If the mirror is located perpendicularly to the beam axis, beams reflected from the mirror shall return in the same way, and upon passing through the lens shall form an image coinciding completely with a fluorescent mark. If the mirror bends to the axis of the beam falling onto it under angle α , the reflected beam will travel back under the angle 2α to the initial direction, and image of the point A will form in the focal plane F in the point A' at a distance C from it. This distance may be calculated according to the formula: $C = F \operatorname{tg} 2\alpha$.

With a measuring scale placed in the focal plane of the lens M and knowing the lens focus distance F , the value of the scale intervals for any angle of the mirror position can be calculated. The value C for one scale division will be the division interval 2α – a division value for autocollimation beam path.

CLASSIFICATION OF AUTOCOLLIMATORS

According to the number of coordinate directions where measurements are taken, AC are subdivided into the following subclasses: single-axis for measuring angular swivel of an object in one dimension, two-axis for measuring angular swivel in two inter-perpendicular dimensions, three-axis for additional measuring of a twist angle, and multifunctional ones. The more coordinate directions are used, the more complex the circuit and design of a device [5].

According to the stage of involvement of a supervisor in measurements, all autocollimators are divided into two classes: visual and photoelectric autocollimators (PEAC) [5].

Main characteristics of visual AC are given in [6]. In PEAC, the main parameter readings are taken with photoelectric receivers without a human eye, and the degree of automation is determined by their purpose, it varying.

Mostly, the AC considered represents the analogue devices characterized by corresponding weak points. Analogue PEAC normally have optical compensators, which serve for image-motion compensation. Introduction of compensators lead to further errors.



с ПЗС-матрицами вытесняют в настоящее время аналоговые АК [10]. Кроме того, цифровые ФЭАК проще согласовать с ЭВМ, чем аналоговые.

Оценим рассмотренные в начале статьи модели автоколлиматоров серии АК-Ц (НПК "Диагностика") по трем основным параметрам: точности, эффективности, экономичности и сравним различные модели автоколлиматоров по их техническим характеристикам (см. таблицу).

ТОЧНОСТЬ

Цифровой автоколлиматор АК-03Ц – это самый точный из всей серии автоколлиматоров АК-Ц. Он соответствует СИ 1 разряда. Высокая точность измерений обеспечивается за счет применения оригинальных алгоритмов обработки информации и высокоточной чувствительной ПЗС-матрицы. С учетом качественного изготовления оптических и механических элементов, цифровой автоколлиматор имеет погрешность измерения $\pm 0,3''$. Автоколлиматор позволяет эффективно работать с объектами, имеющими малую площадь отражающей поверхности, а также с поверхностями, обладающими низким коэффициентом отражения – на уровне 4%.

Автоматизация статистической обработки многократных измерений обеспечена программным

With digital PEAC, a control element swivel angle is determined, e.g., by metering standard pulses filling the time interval between a reference pulse and an operating pulse arising when radiation flow reflected by the control element gets onto the analyzer. In recent years, with availability of multielement photodetectors (CCD arrays), digital AC of a new generation have been developed.

The principle of operation, design and application area of import digital PEAC are described in detail in [7, 8], while of up-to-date domestic ones – in [9].

PEAC with CCD arrays does not require use of compensators and allows for increase in the measurement range by several degrees. Owing to more accurate and convenient connection with other units of a measuring or monitoring electrooptical equipment PEAC with CCD camera, currently replace analogue AC [10]. Besides, digital PEAC are easier to adjust to the PC as compared to the analogue ones.

Compare the autocollimators models AC-D (NPK DIAGNOSTIKA) reviewed at the beginning of the article according to three main parameters: accuracy, performance and cost effectiveness, and compare different models of autocollimators according to their performance specifications (Table 1).

ACCURACY

Digital Autocollimator AC-03D is the most precise one of all series of autocollimators AC-D. It complies with the first-class measurement equipment. Unique data processing algorithms and high-precision CCD camera ensure high accuracy of measurements. Due to quality manufacture of optical and mechanical elements, total accuracy of this Digital Autocollimator is ± 0.3 arc-sec. Autocollimator ensures efficient handling of the objects having small reflecting area surface, as well as having surfaces with low reflection index - about 4%.

Automation of statistical processing of repeated measurements is ensured by software Autocollimator (Fig. 6). In this autocollimator the RMS error does not exceed 0.1 arc-sec. At the end of measurement series, a report with measurement result datasheet is displayed on the PC.

To minimize the errors (aberrations) created by an autocollimator optical system, the illuminator is providently equipped with a red monochromatic source of light. The source of light reduces to minimum external thermal effect, it being designed based on a superbright LED with the wavelength of 650 nm.



Рис.6. Интерфейс ПО "Автоколлиматор"
Fig.6. Interface of the Autocollimator Software

обеспечением "Автоколлиматор" (рис.6). В данном автоколлиматоре среднее квадратическое отклонение (СКО) погрешности измерений не превышает 0,1". По окончании проведения измерений

Технические характеристики автоколлиматоров, представленных на отечественном рынке

Параметры	АКУ-0,2	АКУ-0,5	АК-03Ц	АК-05Ц	АК-1Ц	ТА 200-38	ТА 500-57	Elcomat 3000	Elcomat 140/40
Изготовитель	ОАО "НПЗ"		НПК Диагностика			Trioptics		Moeller-Wedel	
Увеличение зрительной трубы	58x	29x	30x	30x	30x	-	-	-	-
Диапазон измерений	10'	20'	45'	45'	45'	41'	22'	33'	42'
Цена деления лимба / разрешение	0,2"	0,5"	0,01"	0,1"	0,1"	0,01"	0,01"	0,01"	0,1"
Предельная погрешность при однокоординатных измерениях угла	1,5"	3"	0,3"	0,5"	1"	1,3"	0,4"	0,25"	2"
Предельная погрешность при двухкоординатных измерениях угла	3"	6"	0,3"	0,5"	1"	1,3"	0,4"	0,25"	2"
ПО	Нет		Русифицировано			Не русифицировано			
Тип автоколлиматора	Визуальный		Цифровой			Цифровой			
Габариты, мм	535x130x145	430x130x145	330x80x120	330x80x120	330x80x120	-	-	420x95x135	297x70x70
Масса, кг	4,6	3,8	3	3	3	-	-	3,8	1,3

на компьютере выводится таблица с протоколом результатов измерений.

Для минимизации погрешностей (аббераций), создаваемых оптической системой автоколлиматора, осветитель предусмотрительно снабжен красным монохроматическим источником света. Источник света минимизирует внешнее тепловое воздействие и сконструирован на основе суперъяркого светодиода с длиной волны 650 нм.

Следующие по точности – это цифровой автоколлиматор АК-05Ц (погрешность измерения $\pm 0,5''$) и АК-1Ц (погрешность измерения $\pm 1''$).

ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Цифровые автоколлиматоры АК-Ц позволяют контролировать углы и угловые перемещения в широком диапазоне и с высокой точностью, а также обеспечивают решение задач контроля сборки и склейки оптических деталей. Компактность и небольшая масса прибора позволяют снизить затраты на подготовку рабочего места оператора.

За счет непосредственной визуализации процесса измерений (вывод на экран ЭВМ в реальном времени поля зрения автоколлиматора, автоколлимационной марки и численных результатов) и автоматизации процесса вычислений в автоколлиматоре обеспечена высокая скорость измерений и минимизированы субъективные ошибки оператора.

Диапазон измерений автоколлиматоров АК-Ц (угловое поле зрения) – достаточно широк, что обеспечивает дополнительное удобство при начальной юстировке контролируемых деталей и эффективность последующей работы. Интуитивное и наглядное русскоязычное ПО (рис.7) и заложенный в алгоритме работы автоматизированный принцип измерения не потребуют от оператора длительного времени на подготовку и изучение работы прибора.

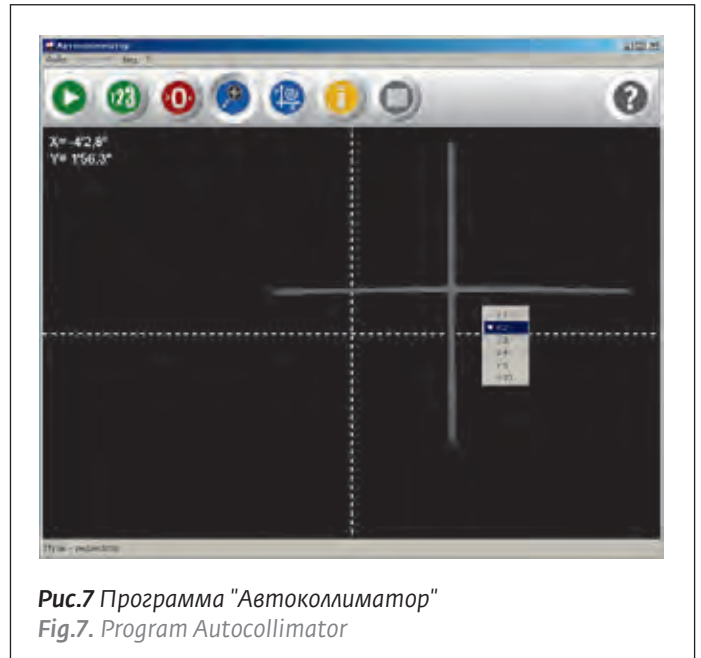


Рис.7 Программа "Автоколлиматор"
Fig.7. Program Autocollimator

The next most precise autocollimators are: a Digital Autocollimator AC-05D (total accuracy $\pm 0.5\text{arc-sec}$) and AC-1D (total accuracy $\pm 1\text{arc-sec}$).

PERFORMANCE

Digital autocollimators AC-D make it possible to control angles and angular displacements in a wide range and to the highest precision, as well as assist in solving the problems of assembly control and optical detail gluing. Small size and weight of the AC allow for lower costs of an operator's working place arrangement.

Due to direct visualization of the measurement process (displaying the autocollimator field of view onto the computer monitor), and to automation of the computations, the autocollimator features high speed of measurements and minimized operator's errors.

Measurement range of autocollimators AC-D (field of view) is quite wide, which adds convenience during initial adjustment of details under control, and

ЭКОНОМИЧНОСТЬ

Автоколлиматоры АК-Ц – полностью отечественные приборы. Качественная механическая сборка узлов прибора и точная юстировка оптических элементов выполняют высококвалифицированные специалисты предприятия. Отработанные технологии изготовления и унификация процессов сборки позволяют установить относительно невысокую рыночную стоимость прибора. Конструкция прибора не требует частого технического обслуживания, поэтому текущие затраты на обслуживание автоколлиматора практически отсутствуют. Несложная подготовка к работе с прибором, компьютерная обработка и съем показаний требует минимального обучения специалистов.

Как правило, изделия, содержащие оптические детали, являются продуктами высоких технологий в оптике. А такие технологии являются ключевыми для многих промышленных задач. Технологические новинки, конечно же, связаны с контрольно-измерительным оборудованием. Автоколлимационные приборы (цифровые автоколлиматоры серии АК-Ц (рис. 8)) производства предприятия НПК "Диагностика" помогут отечественным предприятиям увеличить выход годных изделий, повысить их качество и создать поистине инновационную и конкурентоспособную продукцию.

Приглашаем всех специалистов отрасли ознакомиться с нашей продукцией на предстоящей выставке "Фотоника. Мир лазеров и оптики-2014" 25-27 марта 2014, Москва, ЦВК "Экспоцентр", Павильон 7, Зал 1. Наш стенд 71B13.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.npzoptics.ru
2. www.trioptics.com
3. www.moeller-wedel.com
4. www.diagnostika-spb.ru
5. Голубовский Ю.Н. Автоколлиматоры. – ОМП, 1970, №5.
6. Батаян П.В., Коняхин И.А., Панков Э.Д. Контрольные элементы автоколлимационных угломеров с улучшенными метрологическими характеристиками. – Оптический журнал, 1997, №1.
7. "Triangle". Каталог компании Trioptics GmbH.
8. "Elcomat". Каталог компании Moeller-Wedel GmbH
9. "АК-Ц". Каталог компании НПК "Диагностика".
10. Коняхин И.А. Развитие оптико-электронных автоколлимационных средств контроля угловых деформаций. – Оптический журнал, 2000, т.67.

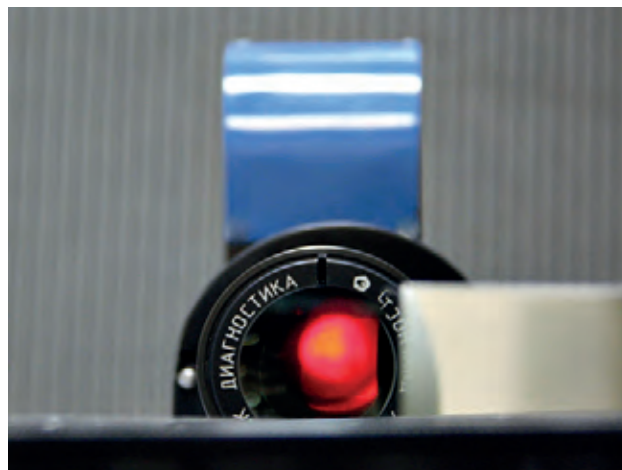


Рис.8 Цифровой автоколлиматор НПК "Диагностика"
Fig.8. Digital Autocollimator by NPK Diagnostika

further operation efficiency. Intuitive and graphic English software (Fig. 7) and automated principle of measurements as included in the operation algorithm will not take long time for the operator to prepare and study the device in operation.

COST EFFECTIVENESS

Autocollimators AC-D are completely made by domestic manufacturers. High-skilled experts of the enterprise perform quality mechanical assembly of units of the equipment and accurate adjustment of optical elements. Proven technologies of manufacture and unification of assembly procedures allow for relatively low market value of the device. The design does not require frequent maintenance, therefore, current expenses for servicing are almost unnecessary. Easy preparation for work with the equipment, computer processing and taking readings need minimum training.

Typically, products with optical details are the output of high optical technologies. These technologies are the key ones for industries to meet challenges. Technological novelties are, certainly, associated with control and measuring equipment. Autocollimation devices (Digital Autocollimators of AC-D series (Fig. 8)) manufactured by NPK DIAGNOSTIKA will be of help to optical enterprises to increase the output of proper products, raise their quality, and create truly innovative and competitive products.

We invite all industry experts and glad to show you our products on the upcoming exhibition "PHOTONICS. WORLD OF LASERS AND OPTICS-2014" in the Central Exhibition Complex "EXPOCENTER" Moscow 25-27.03.2014, Pavilion 7, Hall 1. Our Booth is 71B13.