



ОБЗОР СОВРЕМЕННОЙ УГЛОИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

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

Высокий уровень оптических технологий достигим только в том случае, когда производитель оптических деталей точно соблюдает конструкторские требования. Без соответствующего метрологического обеспечения угловых измерений эта задача не имеет решения. Повышение точности угловых измерений вскрыло серьезную потребность производителей в высокоточных цифровых измерителях угла. В статье дан сравнительный анализ моделей гониометров, представленных на отечественном рынке.

В настоящее время, когда наука и техника развиваются гигантскими темпами, возникает очень серьезный вопрос о точности различных видов измерений, без которых невозможно проводить эксперименты, а значит двигаться дальше по неизведанной тропе научных исследований. В последние несколько лет возникла серьезная потребность в высокоточных цифровых измерителях угла. Для измерения различных оптических деталей и поверки угловых мер предназначены гониометры 1, 2 и 3 разряда. На российском рынке на сегодняшний день широким спросом пользуются устаревшие модели – визуальные гониометры производства Киевского завода "Арсенал" (модели ГС-2, Г5М и ГС-5) и современные – цифровые гониометры производства "НПК "Диагностика" (модели СГ-1Ц и СГ-3Ц) (рис.1, 2), а также ряд импортных аналогов (рис.3, 4).

Напомним процедуру метрологического обеспечения единства угловых измерений. Согласно государственной поверочной схеме для средств измерений (СИ) плоского угла ГОСТ 8.016-81 меры плоского угла призматические являются основными рабочими эталонами для передачи размера от эталона единицы плоского угла до рабочих средств измерений. Кроме того, с помощью угловых мер производят

REVIEW OF MODERN ANGLE MEASURING TECHNIQUE

N.Goncharov, PhD in Technical Sciences,
Research-and-production company "Diagnostika", LLC,
St.-Petersburg, info@diagnostika-spb.ru

High level of optical technologies is achievable only in that case when the manufacturer of optical details precisely observes engineering requirements. This task will be not completed without corresponding metrological supervision of angular measurements. Improvement of accuracy of angular measurements has revealed serious manufacturers' needs in high-precision digital measuring instruments of an angle. In the article there is the comparative analysis of goniometer models presented on the domestic market.

Now, when science and technics develop by high rates, there is a very serious question on accuracy of various kinds of measurements, without which it is impossible to make experiments, so to move further on a novel track of scientific researches. In the last several years a serious demand in high-precision digital measuring instruments of an angle has arisen. For measurement of various optical details and calibration of angular measures the goniometers of the 1st, 2nd and 3rd grades are intended. Today the out-of-date models – visual goniometers of Kiev factory "Arsenal" manufacturing (models GS-2, G5M and GS-5) and modern – digital goniometers of "NPK "Diagnostika" manufacturing (models SG-1D and SG-3D) (fig. 1,2), and also a number of import analogues (fig. 3,4) have a great run in the Russian market.

Let's remind the procedure of metrological supervision of the unity of angular measurements. According to the state calibration scheme for measuring equipment (SI) of a plane angle GOST of 8.016-81, the prismatic measures of a plane angle are the basic working standards for transfer of the size, from the standard of unit of a plane angle to the working measuring equipment. Besides, by means of angular measures the installation and graduation of measuring devices and tools, and also direct measurement and marking of products, adjustment of machine tools and devices etc are carried out. Therefore the measures of a plane angle are the most important elements of metrological provision of the enterprises.



Рис.1. Цифровой гониометр СГ-1Ц (НПК "Диагностика")
Fig. 1. Digital Goniometer SG-1D (NPK "Diagnostika")

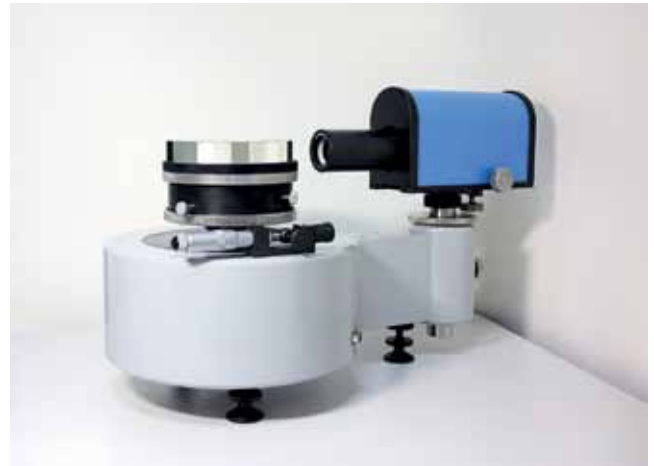


Рис.2. Цифровой гониометр СГ-3Ц (НПК "Диагностика")
Fig. 2. Digital Goniometer SG-3D (RPK "Diagnostika")

установку и градуировку измерительных приборов и инструментов, а также непосредственное измерение и разметку изделий, наладку станков и приспособлений и т.д. Поэтому меры плоского угла наиболее важный элемент метрологического обеспечения предприятий.

В соответствии с ГОСТ 2875-88 существуют четыре типа мер плоского угла: тип 1 и 2 – это меры с одним рабочим углом, тип 3 – с четырьмя рабочими углами и тип 4 – это правильная многогранная призма. Меры плоского угла типа 1, 2 и 3 изготавливают из стали марки ШХ15 по ГОСТ 801-78, меры типа 4 – из оптического ситалла марки СО115М или оптического стекла марок К8 или ЛК7 по ГОСТ 3514-76.

Специалистам хорошо известно, что передачу размера плоского угла от высшего разряда (рабочих эталонов) к низшему (образцовым средствам измерений) обеспечивает метод прямого измерения с помощью многогранной призмы. СКО отклонений результатов сличений рабочих

According to GOST 2875-88 there are 4 types of measures of a plane angle: type 1 and 2 are the measures with one working angle, type 3 – with four working angles and type 4 is a regular polygon. The measures of a plane angle of type 1, 2 and 3 are made of a steel in accordance with GOST 801-78, the measures of the 4th type are made of optical zerodur product or of optical glass in accordance with GOST 3514-76.

It is well-known to the experts that transfer of the size of a plane angle from the higher category (working standards) to the lowest (to reference gage) is provided by the method of direct measurement by means of a polygon. RMS deviations of comparison results of working standards with the primary standard constitute 0,03"– 0,08".

The working standards are applied for calibration of a standard polygon and reference gage of the 1st grade.

Confidence absolute deviations of reference measuring equipment of the 1st grade at confidence coefficient 0,99 constitute 0,1"– 0,4". They are applied for calibration of

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

**NPK Diagnostika Ltd. - equipment for optical industry:
 digital Goniometers and Autocollimators manufacturer and producer**

41 Chernaya Rechka, St.Petersburg, Russia, 197342 Tel. / Fax: +7 (812) 702 5061 www.diagnostika-spb.ru



Рис.3. Статический гониометр Prism Master PRO (компания Trioptics GmbH)

Fig. 3. Static Goniometer Prism Master PRO (company Trioptics GmbH)



Рис.4. Статический гониометр Goniometer II Standard (компания Moeller-Wedel GmbH)

Fig. 4. Static goniometer Goniometer II Standard (company Moeller-Wedel GmbH)

эталон с первичным эталоном составляет от 0,03" до 0,08".

Рабочие эталоны применяют для поверки образцовых многогранных призм и образцовых средств измерений 1 разряда.

Доверительные абсолютные погрешности δ образцовых средств измерений 1 разряда при доверительной вероятности 0,99 составляют от 0,1" до 0,4". Их применяют для поверки образцовых угловых мер типов 1, 2 и 3, образцовых многогранных призм, рабочих гониометров с $\Delta=1-2''$, визуальных АК с $\Delta=0,6-6''$ и уровней с $\Delta=0,2-0,8''$ методом прямых измерений. Поверку рабочих теодолитов, оптических делительных головок, оптических квадрантов и измерительных преобразователей с $\Delta=1-3''$ осуществляют непосредственным сличением.

В качестве образцовых средств измерений 2 разряда применяют: гониометры, угловые меры типов 1, 2 и 3, многогранные призмы, автоколлиматоры, уровни и экзаменаторы. Доверительные абсолютные погрешности образцовых средств измерений 2 разряда при доверительной вероятности 0,99 составляют от 0,4" до 2,0". Образцовые средства измерений 2 разряда применяют для поверки угловых мер типов 1, 2 и 3, рабочих многогранных призм класса точности 00 и 0, гониометров с $\Delta=3-5''$, визуальных автоколлиматоров АК с $\Delta=5-30''$ и экзаменаторов 3 разряда методом прямых измерений. Поверку рабочих теодолитов, оптических делительных головок, оптических квадрантов и измерительных преобразователей с $\Delta=5-7''$, измерительных преобразователей угла поворота с $\Delta=5-10''$ – непосредственным сличением.

angular standards of types 1, 2 and 3, standard polygons, working goniometers with $\Delta=1-2''$, visual autocollimator (AC) with $\Delta=0,6-6''$ and levels with $\Delta=0,2-0,8''$ by means of the method of direct measurements. Calibration of working theodolites, optical dividing heads, optical azimuth dials and measuring converters with $\Delta=1-3''$ are carried out by direct comparison.

As reference measuring equipment of the 2nd grade the following things are applied: goniometers, angular measures of types 1, 2 and 3, polygons, autocollimators, echelons and checkers. Confidence absolute deviations of reference measuring equipment of the 2nd grade at confidence coefficient 0,99 constitute 0,4" - 2,0". Reference measuring equipment of the 2nd grade is applied for calibration of angular measures of types 1, 2 and 3, working polygons of an accuracy class 00 and 0, goniometers with $\Delta=3-5''$, visual autocollimators AK with $\Delta=5-30''$ and checkers of the 3rd grade by means of the method of direct measurements. Calibration of working theodolites, optical dividing heads, optical azimuth dials and measuring converters with $\Delta=5-7''$, measuring converters of an angle of rotation with $\Delta=5-10''$ – are carried out by direct comparison.

As reference measuring equipment of the 3rd grade the following things are applied: goniometers, angular measures of types 1, 2 and 3, polygons, autocollimators, echelons and checkers. Confidence absolute deviations of reference measuring equipment of the 3rd grade at confidence coefficient 0,99 constitute 2" - 8". They are applied for calibration of angular standards of types 1, 2, 3 and polygons of the 4th category, working SI: angular measures of types 1, 2 and 3 of 1 and 2 accuracy class, polygons of the 1st and 2nd class of accuracy – by means of a method of direct measurements.

В качестве образцовых средств измерений 3 разряда применяются: гониометры, угловые меры типов 1, 2 и 3, многогранные призмы, автоколлиматоры, уровни и экзаменаторы. Доверительные абсолютные погрешности образцовых средств измерений 3 разряда при доверительной вероятности 0,99 составляют от 2" до 8". Их применяют для поверки образцовых угловых мер типов 1, 2, 3 и многогранных призм 4 разряда, рабочих СИ: угловых мер типов 1,2 и 3 класса точности 1 и 2, многогранных призм класса точности 1 и 2 – методом прямых измерений.

Документ МИ 1758-87 определяет процедуру поверки угловых мер. Поверка угловых мер визуальными гониометрами сопряжена с некоторыми трудностями, они ограничивают удобство проведения операций поверки угловых мер. Во-первых, необходима предварительная подготовка к измерениям (настройка плоскости поворотного столика с установленной мерой с оптической осью визуального автоколлиматора). Во-вторых, непосредственное измерение визуальными гониометрами связано с необходимостью выполнять большое количество действий и измерений, при этом надо учитывать трудоемкость визуального считывания и обработки результата измерений. В-третьих, кроме ручных измерений необходимо вручную сформировать протоколы измерений и математически их обработать.

Для измерения различных оптических деталей, плоской микро- и макрооптики, а также для поверки угловых мер типов 1-4 используются гониометры. Принцип измерения на гониометре заключается в том, что при совпадении оптической оси автоколлиматора и отраженного изображения автоколлимационной марки от грани контролируемой детали выполняется последовательная фиксация положения плоских поверхностей измеряемого угла с отсчетом их положения по отсчетному устройству гониометра.

На сегодняшний день большинство лабораторий и оптических предприятий России для поверки угловых мер и измерения выпускаемых оптических деталей используют технически устаревшие визуальные модели гониометров, такие как ГС-2 (соответствует СИ 2 разряда) и ГС-5 или Г5М (соответствует СИ 3 разряда).

Описанные модели обладают типичными для визуальных гониометров недостатками: низкая эффективность (обусловлена трудоемкостью юстировки и использованием визуального метода считывания); большая вероятность субъективных ошибок оператора (утомляемость); визуальный

Document MI 1758-87 defines the procedure of calibration of angular measures. Calibration of angular measures by visual goniometers is linked to some difficulties, as they restrict the convenience of carrying out of calibration of angular measures. First of all, the preliminary preparation for measurements (axis adjustments of a rotary table of the specified measure with an optical axis of visual autocollimator) is necessary. Secondly, the direct measurement by visual goniometers is connected with the necessity to carry out a considerable quantity of actions and measurements, thus it is necessary to consider labor input of visual reading and processing of the result of measurements. Thirdly, except manual measurements, it is necessary to generate manually reports of measurements and to process them mathematically.

For measurement of various optical details, plane micro- and macro optics, and also for calibration of angular measures of types 1-4 the goniometers are used. The measurement principle by goniometer is what at coincidence of an optical axis of autocollimator and the reflected image of auto collimating mark, starting from the facet of the controllable detail, the consecutive fixing of facet surfaces position of the measured angle with readout of their position upon readout unit of goniometer is carried out.

For today the most of laboratories and the optical plants of Russia use technically out-of-date visual models of goniometers for calibration of angular measures and measurement of the output optical details such as GS-2 (corresponds to SI of the 2nd grade) and GS5 or G5M (corresponds to SI of the 3rd grade).

The described models possess typical for visual goniometers lacks: low efficiency (it is caused by labor

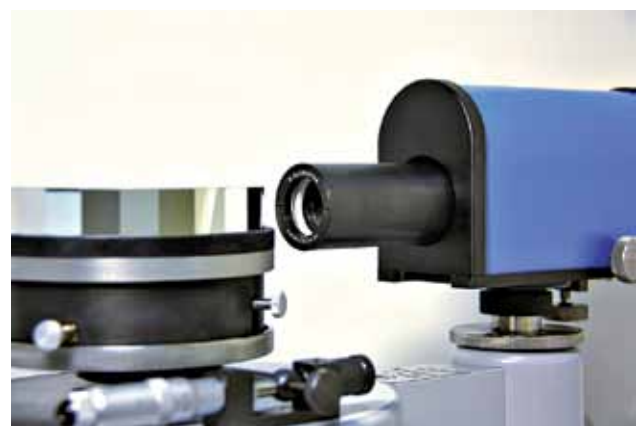


Рис.5. Современный цифровой гониометр серии СГ-Ц (НПК "Диагностика")

Fig. 5. Modern digital goniometer of series SG-D (NPK "Diagnostika")

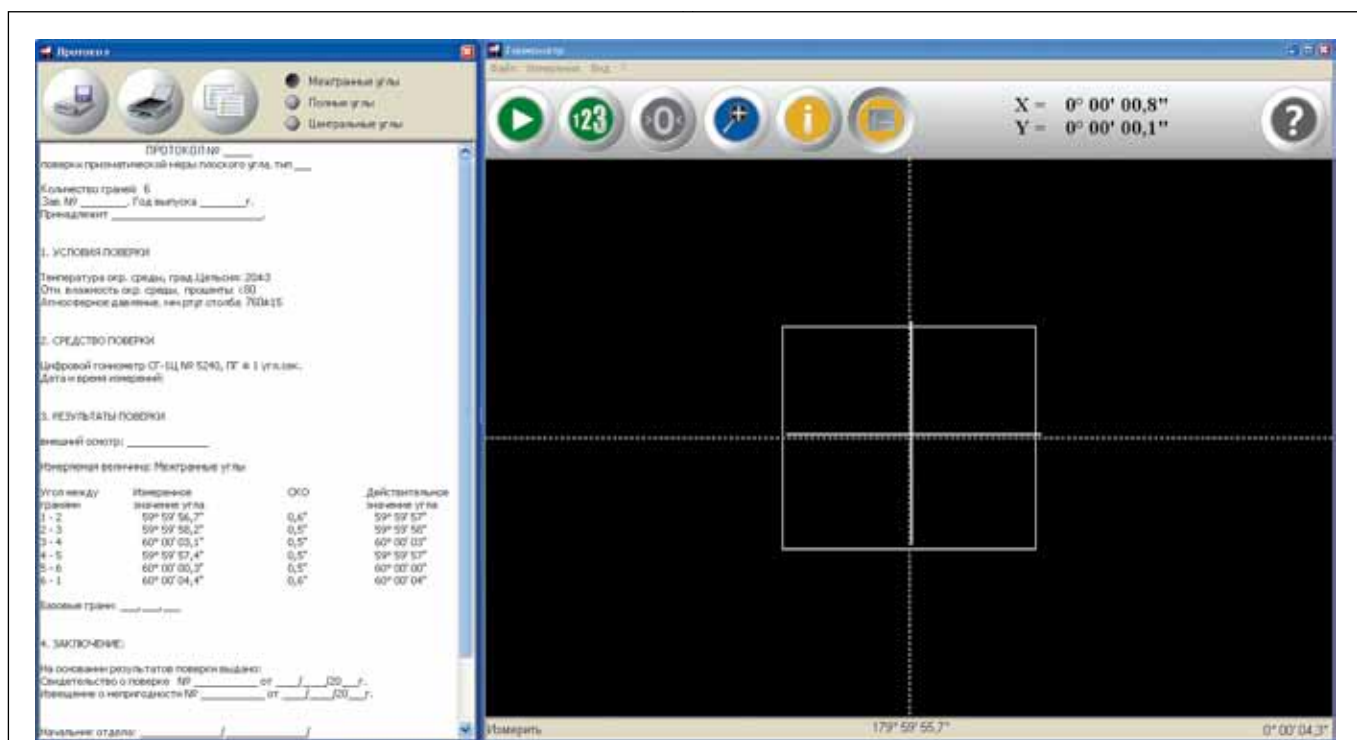


Рис. 6. Интерфейс программного обеспечения "Гониометр"
 Fig. 6. The interface of the software "Goniometer"

метод считывания негативно влияет на зрение оператора.

Учитывая, что все недостатки работы с визуальными гониометрами тесно связаны с их зависимостью от физиологических свойств оператора, а современный уровень развития техники предполагает широкое использование компьютера для проведения и обработки различных измерений, предприятие НПК "Диагностика" разработало серию гониометров, осуществляющих угловые измерения в автоматическом режиме. Это современные цифровые гониометры серии СГ-Ц (рис. 5). Гониометры СГ-Ц внесены в ГосРеестр СИ, имеют Знак качества СИ. Гониометры, выпускаемые НПК "Диагностика" с успехом используют, например, такие профильные оптические предприятия, как ОАО "ЛОМО", ОАО "НИИ "ПОЛЮС", ОАО "РПЗ", ОАО "ПО "УОМЗ", а также целый ряд коммерческих организаций. Гониометрами серии СГ-Ц также оснащены центры стандартизации и метрологии: ФБУ Ростест-Москва, ФБУ Тест-СПб, ФБУ Кировский ЦСМ и многие другие метрологические центры.

Выпускаемые гониометры СГ-Ц обеспечивают автоматический режим угловых измерений объекта в статическом положении. При этом в основе измерений прибора лежит

input of an adjustment and use of the visual method of reading); a high probability of subjective errors of the operator (fatigue); the visual method of reading negatively influences the operator's sense of vision.

Considering that all lacks of work with visual goniometers are closely connected with their dependence on physiological feelings of the operator, and the modern level of techniques development assumes the wide use of the computer for carrying out and processing of various measurements, the enterprise NPK "Diagnostika" has developed a series of goniometers, carrying out angular measurements in an automatic mode. These are modern digital goniometers of series SG-D (fig. 5). Goniometers SG-D are added into the SI State registry, have the SI Quality symbol. Goniometers, that are produced by NPK "Diagnostika" are used successfully, for example, by such profile optical enterprises as OJSC "LOMO", OJSC "Scientific Research Institute" the POLUS", OJSC "RPZ", OJSC PO "UOMZ", and also by a variety of the commercial organizations. The standardization and metrology centers: FSFI Rostest-Moscow, FSFI Test-Spb, FSFI Kirovskyy MC and many other metrological centers are also equipped with goniometers of series SG-D.

The produced goniometers SG-D provide the automatic mode of angular measurements of object in



Анализ моделей гониометров, представленных на отечественном рынке
The analysis of goniometers models, presented in the domestic market

Параметры Parameters	Г5М	ГС-2	СГ-1Ц SG-1D	СГ-3Ц SG-3D	PrismMaster COMPACT	Goniomat M	Goniometer II Standard
Изготовитель The manufacturer	Арсенал Arsenal		Диагностика Diagnostika		Trioptics	Moeller-Wedel	
Фокусное расстояние объектива, мм Focal distance of lens, mm	400	674	250	250	200	200	300
Световой диаметр объектива, мм Clear aperture of lens, mm	50	70	50	50	30	28	28
Увеличение зрительной трубы Telescope zoom	40×	63×	30×	30×	-	-	-
Угловое поле Angular field of view	50'	32'	40'	40'	1°	20'	13,8'
Цена деления лимба / разрешение преобразователя угла The scale length of circle / the resolution of the angle converter	20'	10'	0,036"	0,036"	0,36"	0,036"	0,036"
Цена деления отсчетного устройства The scale length of reading device	1"	0,1"	0,01"	0,01"	0,1"	0,01"	0,1"
Предельная погрешность при измерении угла одним приемом Single measurement accuracy	5"	2"	1"	3"	2,5"	2,5"	2"
Предельная погрешность при измерении угла многократно Multi measurements accuracy	5"	2"	0,6"	1"	1,5"	1,5"	0,6"
Расстояние между объективами зри- тельной трубы и коллиматора, мм Distance between lens of a telescope and collimator, mm	300	570	Нет No	Нет No	Нет No	Нет No	Нет No
ПО Software	Нет N/A		Русифицировано Russified		Не русифицировано Not russified		
Тип гониометра Goniometer type	Визуальный Visual		Цифровой Digital		Цифровой Digital		
Тип автоколлиматора Autocollimator type	Визуальный Visual		Цифровой Digital		Цифровой Digital		Визуальный Visual
Масса измеряемого объекта, кг Weight of the measured object, kg	8	6	12	12	10	10	10
Габариты прибора, мм Device dimensions, mm	610× 260× 370	1150× 685× 650	610× 300× 350	355× 355× 420	570× 300× 250	490× 250× 200	600× 230× 470
Масса гониометра, кг Weight of goniometer, kg	30	190	35	35	25	19	170

работа двухкоординатного цифрового автоколлиматора и высокоточного цифрового углового преобразователя.

На оптическом рынке известны и цифровые гониометры, выпускаемые немецкими фирмами: Moeller-Wedel GmbH и Trioptics GmbH.

Оценим рассмотренные выше модели гониометров по трем основным параметрам: точности, эффективности и экономичности (см. таблицу).

static position. Thus the device measurements are based on the work of two-co-ordinate digital autocollimator and the high-precision digital angular encoder.

In the optical market there are known also digital goniometers, produced by German companies: Moeller-Wedel GmbH and Trioptics GmbH.

Let's estimate the considered above models of goniometers by three key parameters: accuracy, efficiency and profitability (see the table).

ТОЧНОСТЬ

Цифровой гониометр СГ-1Ц (НПК "Диагностика"), соответствует СИ 2 разряда. Высокая точность измерения обеспечивается за счет совместного использования высокоточного преобразователя угла с разрешением $0,036''$, применяемых алгоритмов обработки информации и цифрового автоколлиматора, имеющего погрешность измерения $\pm 0,3''$. В конструкцию автоколлиматора входит высокочувствительная ПЗС-матрица. Это позволяет работать с объектами, имеющими малую площадь отражающей поверхности, а также с поверхностями, обладающими низким коэффициентом отражения – на уровне 4%. Совместное использование и автоматический пересчет угла по преобразователю угла и высокочувствительной ПЗС-матрице устраняет субъективные ошибки оператора и минимизирует возможное влияние случайных факторов.

Автоматизация статистической обработки многократных измерений обеспечена программным обеспечением "Гониометр" (рис.6). В данном гониометре СКО погрешность измерений не превышает $0,6''$. По окончании проведения измерений 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, сконструированный на основе суперъяркого светодиода с длиной волны 650 нм, сводит к минимуму внешнее тепловое воздействие.

Регулировка совмещения визирной оси автоколлиматора по высоте осуществляется перемещением винта стойки автоколлиматора по вертикали.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Характеристики цифрового гониометра СГ-1Ц (НПК "Диагностика") позволяют контролировать как угловые меры и призмы, так и высокоточные оптические детали (рис.7) различной конфигурации, например корпуса лазерных гироскопов. Прибор обеспечивает контроль сборки и склейки оптических деталей, а компактность и небольшая масса прибора позволяют снизить затраты на подготовку рабочего места оператора (рис.8).

Процесс настройки гониометра довольно прост. Угловое поле зрения, т. е. диапазон измерения автоколлиматора, – достаточно широкое для удобства начальной юстировки и последующей работы. Интуитивное русскоязычное и наглядное

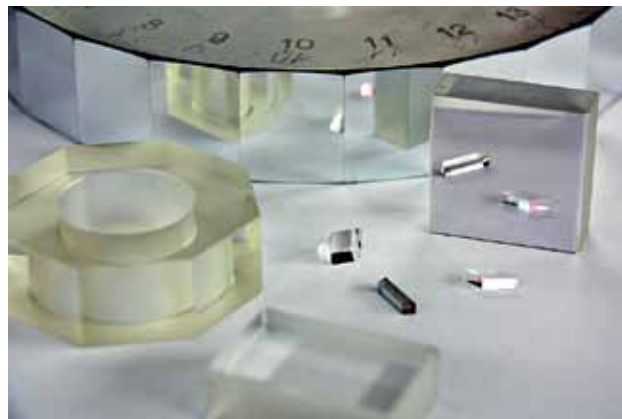


Рис.7. Высокоточные оптические детали различной конфигурации

Fig. 7. High-precision optical details of various configurations

ACCURACY

Digital goniometer SG-1D (RSC "Diagnostika"), corresponds to SI of the 2nd grade. High accuracy of measurement is provided by common use of the high-precision optical encoder with the resolution of $0,036''$, the applied algorithms of data processing and digital autocollimator with accuracy about $\pm 0,3''$. The high-sensitivity CCD- matrix is placed into the autocollimator construction. It allows working with the objects having the small area of the reflecting surface, and also with the surfaces possessing low coefficient of reflection – at level of 4%. Common use and automatic recalculation of an angle encoder and a high-sensitivity CCD- matrix eliminate subjective errors of the operator and minimize possible influence of random factors.

Automation of statistical processing of multiple measurements is provided by the software "Goniometer" (fig. 6). In the given goniometer RMS a measurement error does not exceed $0,6''$. Upon termination of carrying out of measurements the table with the report of results of measurements is displayed on the computer

For minimization of the errors (aberrations) created by the optical system of autocollimator, the illuminator is providently supplied by a red monochromatic light source. The light source reduces the external thermal influence to a minimum, and is designed on the basis of a super bright light-emitting diode with length of a wave of 650 nanometers.

EFFICIENCY

Characteristics of digital goniometer SG-1D (RSC "Diagnostika") allow to supervise both angular measures

программное обеспечение и заложенный в алгоритме работы автоматизированный принцип измерения не требуют от оператора большого опыта в работе с гониометром. За счет автоматизации процесса вычислений и непосредственной визуализации процесса измерения обеспечена высокая скорость измерений (время, затрачиваемое на контроль одного угла детали, занимает не более 10–15 секунд). Автоматизация минимизирует субъективные ошибки оператора. А подготовка прибора к работе занимает очень мало времени.

ЭКОНОМИЧНОСТЬ

Гониометр СГ-1Ц (НПК "Диагностика") – полностью отечественный прибор. Качественная механическая сборка узлов прибора и точная юстировка оптических элементов выполняются высококвалифицированными специалистами предприятия. Отработанные технологии изготовления и унификация процессов сборки позволяют установить относительно невысокую рыночную стоимость прибора. Конструкция прибора требует минимального технического обслуживания, поэтому текущие затраты на обслуживание гониометра практически отсутствуют. Несложная подготовка к работе с прибором, компьютерная обработка и съем показаний требуют минимального обучения операторов.

Как правило, изделия, содержащие оптические детали, представляют собой продукты высоких технологий в оптике. А такие технологии являются ключевыми для многих промышленных задач. Технологические новинки, конечно же, связаны с контрольно-измерительным оборудованием. Углоизмерительные приборы – гониометры серии СГ-1Ц производимые предприятием НПК "Диагностика" помогут отечественным предприятиям увеличить выход годных изделий, повысить их качество и создать поистине инновационную и конкурентоспособную продукцию.



Рис. 8. Рабочее место оператора
Fig. 8. The Workplace of the operator

and prisms, and high-precision optical details of the various configurations (fig.7). The device provides the control of assembly and attaching of optical details, and compactness and small weight of the device allow decreasing the expenses for preparation of a workplace of the operator (fig. 8).

Adjustment process of goniometer – is not difficult but rather simple. The measurement range of autocollimator (angular field of view) – is wide enough for the convenience of an initial adjustment and the subsequent work. The intuitive English software and the automated principle of measurement, fed into the algorithm of work do not demand a great experience of work with goniometer from the operator. At the expense of automation of process of calculations and direct visualization of process of measurement the high speed of measurements is provided (time spent for control of one angle of a detail, occupies not more than 10-15 seconds). Automation minimizes the subjective errors of the operator. And preparation of the device for work occupies little time.



ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 8.016-81. ГСИ. Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений плоского угла.
- ГОСТ 2875-88 .ГСИ. Меры плоского угла призматические. Общие технические условия.
- МИ 1758-87. Меры плоского угла призматические. Рекомендации. Методика поверки.
- Гониометры статические СГ-Ц. Руководство по эксплуатации. – С-Пб: НПК "Диагностика", ДИАГ.401235.002 РЭ.
- Приложение к свидетельству об утверждении типа №43297-09. Гониометры статические СГ-Ц.
- **Безвесільна О.М., Киричук Ю.В., Ткаченко С.С.** Аналітичний огляд робіт у галузі високоточних вимірювачів кута з". – Киев: Арсенал, 2001, с. 27.
- www.moeller-wedel.com
- www.trioptics.com
- www.arsenalcdb.com.ua
- Prism Master. Каталог компании Trioptics GmbH, с.12.
- Goniomat M. Каталог компании Moeller-Wedel GmbH, с.10.
- Goniometer. Каталог компании Moeller-Wedel GmbH, с.12.

PROFITABILITY

Goniometer SG-1D (RSC "Diagnostika") – is completely national device. Qualitative mechanical assembly of the device knots and an exact adjustment of optical elements is carried out by highly skilled experts of the enterprise. The fulfilled manufacturing techniques and unification of the assembly processes allow determining a rather low market cost of the device. The design of the device demands the minimum maintenance service; therefore the current expenses for the maintenance service of goniometers practically are absent. Simple preparation for work with the device, computer processing and reading of data demands the minimum training of operators.

As a rule, the products containing optical details are the products of high technologies in optics. And such technologies are the essential for many industrial problems. Technological novelties, certainly, are connected with the control and measuring equipment. Angle measuring devices – goniometers of series SG-1D, produced by the enterprise NPK "Diagnostika" will help the national companies to increase an output of effective products, to improve their quality and to create really innovative and competitive product.