

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВОГО ПОЛЯ ЗРЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ПРИЦЕЛА**

*Максим Евгеньевич Кобзарь*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, магистрант кафедры фотоники и приборостроения, тел. (951)388-25-55, e-mail: maksimkobzar2025@gmail.com

*Аэлита Владимировна Шабурова*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор экономических наук, зав. кафедрой фотоники и приборостроения, директор Института оптики и технологий информационной безопасности, тел. (905)950-93-01, e-mail: aelita\_shaburova@mail.ru

В статье рассматривается практическое применения метода измерения углового поля зрения оптического прицела при помощи теодолита. «Новосибирский приборостроительный завод (АО «НПЗ»»)» один из крупнейших производителей стрелковой и наблюдательной оптики по всей России. Для повышения качества продукции, производимой на заводе (оптических и охотничьих прицелов, биноклей, телескопов, монокуляров и т.д.), необходимо при их производстве проверять основные технические характеристики, с помощью средства измерений утверждённого типа. На данный момент измерение углового поля зрения на предприятии АО «НПЗ» проводятся на специализированном участке (полигон). Данная методика позволит проводить испытания на территории предприятия. В статье описывается эксперимент в ходе которого были получены результаты, по которым можно сделать вывод, что данная методика подходит для измерения углового поля зрения.

**Ключевые слова:** поле зрения, методика выполнения измерений, широкоугольный коллиматор, теодолит, полигон, фокусное расстояние, сертификационные испытания, оптический прицел.

## **IMPROVEMENT OF THE METHOD OF MEASURING ANGULAR FIELD OF VISION OF AN OPTICAL SIGHT**

*Maxim E. Kobzar*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, graduate, Department of Photonics and Device Engineering, phone: (951)388-25-55, e-mail: maksimkobzar2025@gmail.com

*Aelita V. Shaburova*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, D. Sc., Head of Department of Photonics and Device Engineering, Director, Institute of Optics and Information Security Technologies, phone: (905) 950-93-01, e-mail: aelita\_shaburova@mail.ru

The article discusses the practical application of the method of measuring the angular field of view of an optical sight using theodolite. «Novosibirsk Instrument-Making Plant» is one of the largest manufacturers of shooting and observation optics throughout Russia. To improve the quality of products manufactured at the plant (optical and hunting sights, binoculars, telescopes, monoculars, etc.), it is necessary to verify the main technical characteristics during their production using an

approved type measuring instrument. At the moment, the measurement of the angular field of view at the enterprise of JSC "NPZ" is carried out at a specialized site (training ground). This technique will allow testing on-site. The article describes an experiment in the course of which the results were obtained, according to which it can be concluded that this technique is suitable for measuring the angular field of view.

**Key words:** field of view, measurement technique, wide-angle collimator, theodolite, polygon, focal length, certification tests, optical sight.

### *Введение*

Одним из важнейших этапов жизненного цикла продукции является контроль и испытание. Основная цель этого этапа заключается в достижении создания качественной продукции [1-4]. Контрольные испытания, проводимые с целью установления соответствия характеристик, свойств национальным и международным нормативно-техническим документам, называют сертификационными испытаниями [5-7]. В настоящее время АО «Новосибирский приборостроительный завод» (АО «НПЗ») это универсальное, многопрофильное объединение с мощным научно-техническим потенциалом, специализирующееся на конструировании и производстве высокоточных лазерных, оптико-электронных и оптико-механических приборов. Специалисты предприятия участвовали в разработке и создании большинства оптических и оптико-электронных прицелов, систем управления огнем, приборов наблюдения и разведки, в рамках этих направлений накоплен большой теоретический и практический опыт, созданы уникальные технологии и прецизионное технологическое оборудование. В разработке последних лет используется перспективная элементная база – ЭОПы поколения 2+ и 3, программируемые микропроцессоры, телевизионная и тепловизионная техника с оптико-электронными системами обработки информации. Для того, чтобы оптические прицелы функционировали, необходимо перед их сдачей в эксплуатацию провести сертификационные испытания технических параметров (увеличение, светосила, диаметры входного и выходного зрачка, параллакс, поле зрения и др.) [8-12]. Каждый оптический прицел, по определяемым характеристикам, проходит испытания:

- функциональные;
- технологические;
- граничные;
- на надёжность.

К примеру, виброустойчивость – свойство оптического прицела, характеризующее способность прицела выполнять свои функции и сохранять свои параметры при воздействии определённой вибрации. Данный параметр можно определить путём имитации определённой частоты вибрации на специально оборудованном вибростенде. Испытания такого рода относятся к испытаниям на надёжность.

Важнейшим параметром оптического прицела является угловое поле зрения в пространстве. Количественная характеристика поля зрения – угол поля зрения, который измеряется в градусах угла или в диаметре поля в метрах, на расстоянии 100 метров. На поле зрения влияют некоторые параметры: диаметр линз оптиче-

ской системы и расстояние от глаза до окуляра. Угол поля зрения оптического прицела тесно связан с кратностью прицела, другими словами, чем выше увеличение прицела, тем меньше угол поля зрения. Стрелок при увеличении масштаба увидит тем меньший участок, чем больше увеличения прицела. Существует множество видов оптических прицелов, с разными значениями углового поля зрения, которые предназначены для разных целей и условий применения. Поэтому проверка такого параметра как поле зрения актуально на данный момент, и приборостроительное предприятие АО «НПЗ» предлагает внедрить новый метод измерения [13, 14] углового поля зрения оптических прицелов.

### *Методы и материалы*

На сегодняшний день метод измерения углового поля зрения на АО «НПЗ» проводится по методу с использованием фиксированного фокусного расстояния. Измеряя рабочее расстояние от объектива до объекта, перемещение объектива дальше от плоскости объекта увеличивает поле зрения [15]. Данный метод измерения подразумевает проведение испытания на специально отведённой и подготовленной территории (полигон). Во время перевозки есть вероятность того, что продукция может выйти из строя.

Ранее применялся метод измерения углового поля зрения с помощью коллиматора, который проводился в лабораториях на предприятии [16-17]. Шкалу, цена делений которой известна и выраженное в угловой мере, помещали в фокальной плоскости широкоугольного коллиматорного объектива [18]. Затем испытуемый прибор устанавливали перед объективом коллиматора. Окуляр испытуемого прибора устанавливали на ноль диоптрий. Наблюдая в испытуемый прибор, отсчитывалось число делений шкалы коллиматора. Установка, на которой проводились измерения, изображена на рис. 1.

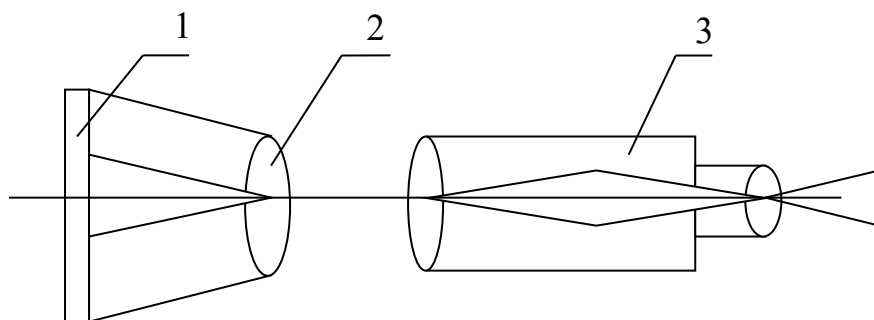


Рис. 1. Установка для измерения поля зрения:

1 – шкала; 2 – широкоугольный объектив коллиматора; 3- испытуемый прибор

Значения углового поля зрения  $2\omega$  в градусах или угловых минутах вычислялось по формуле:

$$2\omega = m_1 \cdot n_1, \quad (1)$$

где  $m_1$  – число делений шкалы коллиматора в поле зрения прибора;  
 $n_1$  – цена деления шкалы коллиматора.

Ввиду принятия федерального закона № 102 [19], этот метод больше не актуален на данный момент. Характеристики измеряются при помощи средств измерений неутверждённого типа. Измерения, относящиеся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, должны выполняться с применением средств измерения утверждённого типа, прошедших поверку. Новый метод измерения углового поля зрения, предложенный АО «НПЗ», позволит сэкономить время на проведении контроля технических характеристик и понизить уровень брака продукции, т.к. испытания будут проводиться в лабораториях на территории предприятия с применением средства измерения утверждённого типа.

Цель данной работы рассмотреть метод измерения углового поля зрения с помощью теодолита и коллиматора.

В данной работе будет использоваться метод измерения углового поля зрения при помощи средства измерения утверждённого типа, теодолита. Для измерения углового поля зрения будет применяться теодолит ЗТ2КП [20], диапазон измерения которого составляет от 0 до 360° (рис. 2).



Рис. 2. Теодолит ЗТ2КП

В основе этого метода лежит измерение угла между двумя лучами, идущими от двух крайних, но ещё видимых через прибор точек бесконечно удаленного объекта. Измерения должны проводиться при определённых условиях окружающей среды, которые приведены в табл. 1, а так же при отсутствии магнитных и электрических полей, а так же вибраций.

Согласно руководству по эксплуатации, прилагаемому к прибору, нужно подготовить прибор к работе. При выполнении измерений углового поля зрения, выполняются следующие операции:

1) Оптический прицел устанавливается перед объективом коллиматора соосно с последним.

2) Окуляр прибора устанавливается на ноль диоптрий, оптический прицел фокусируется на бесконечно удаленный объект.

3) Наблюдая через оптический прицел, заметить штрихи шкалы коллиматора по вертикали и горизонту, расположенные на краях поля зрения прибора.

4) Вместо оптического прицела устанавливается перед объективом коллиматора теодолит, и с его помощью измеряется угол между замеченными штрихами. Это и будет угловое значение поля  $2\omega$ .

Таблица 1

Требования к условиям окружающей среды

Наименование измеряемой величины	Наименование влияющей величины	Номинальное значение	Предельные отклонения
Угловое поле зрения в пространстве	Температура окружающей среды	20 °С	не менее 15 °С не более 35 °С
	Относительная влажность воздуха	–	не более 80 % при 25 °С
	Атмосферное давление	–	не менее 84 кПа не более 106,7 кПа

Среднеквадратическая погрешность измерений  $S$  рассчитывается по формуле 2 [21]:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2)$$

где  $X_i$  – результат  $i$ -го единичного измерения;

$\bar{X}$  – среднее арифметическое значение измеряемой величины из  $n$  единичных результатов;

$n$  – число единичных результатов.

Результаты измерений оформляют протоколом результатов измерений по форме.

Контроль точности результатов измерений в лаборатории и цехах предприятия при реализации методики осуществляют по ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений», используя контроль стабильности среднеквадратического (стандартного) отклонения повторяемости по 6.2.2 ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002 и контроль стабильности среднеквадратического (стандартного) отклонения промежуточной прецизионности по 6.2.3 ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002.

Периодичность контроля стабильности результатов выполняемых измерений регламентируют в Руководстве по качеству лаборатории и сборочных цехах предприятия.

Рекомендуется устанавливать контролируемый период так, чтобы количество результатов контрольных измерений было от 20 до 30.

При неудовлетворительных результатах контроля, например при превышении предела действия или регулярном превышении предела предупреждения, выясняют причины этих отклонения, в том числе проводят смену приборов, проверяют работу операторов.

### **Результаты**

По заданным техническим характеристикам угловое поле зрения оптического прицела составляет  $1^{\circ}17'$ . В ходе исследований, при использовании данного метода, были получены следующие результаты, представленные в табл. 2.

*Таблица 2*

Результаты эксперимента

Название способа	Горизонтальный угол			Вертикальный угол		
	°	'		°	'	
$X_1$	1	17	$X_1$	1	17	$X_1$
$X_2$	1	16	9	1	17	0
$X_3$	1	16	9	1	17	0
$X_4$	1	16	9	1	17	1
$X_5$	1	17	0	1	17	1
$X_6$	1	17	0	1	17	1
$X_7$	1	17	1	1	17	0
$X_8$	1	17	1	1	17	0
$X_9$	1	17	1	1	17	0
$X_{10}$	1	16	9	1	16	9
$X_{11}$	1	17	0	1	17	1
$X_{12}$	1	17	1	1	17	1
$X_{13}$	1	17	0	1	17	0
$X_{14}$	1	17	1	1	17	1
$X_{15}$	1	16	9	1	17	0
$X_{16}$	1	16	9	1	17	0
$X_{17}$	1	17	1	1	16	9
$X_{18}$	1	17	1	1	16	9
$X_{19}$	1	17	0	1	17	1
$X_{20}$	1	17	1	1	17	1
$X_{21}$	1	17	0	1	17	0
$X_{22}$	1	17	0	1	17	0
$X_{23}$	1	16	9	1	16	9
$X_{24}$	1	17	1	1	17	1
$X_{25}$	1	16	9	1	16	9

## *Заключение*

В результате проведенного эксперимента можно сделать вывод, что данная методика подходит для измерения углового поля зрения оптических прицелов и её можно внедрять на приборостроительном предприятии АО «НПЗ».

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Басовский, Л.Е. Управление качеством: учеб. для эконом. специальностей вузов / Л.Е. Басовский, В.Б. Протасьев – М.: ИНФРА-М, 2002. – 212 с.
2. Всеобщее управление качеством: учеб. для студентов инженер. и эконом. специальностей вузов / О.П. Глудкин, Н.М. Горбунов, А.И. Гуров, Ю.В. Зорин; под ред. О.П. Глудкина. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 600 с.
3. Герасимов, Б.И. Управление качеством: учеб. пособие / Б.И. Герасимов, Н.В. Злобина, С.П. Спиридонов. – М.: КНОРУС, 2005. – 272 с.
4. Гличев А.В. Основы управления качеством продукции. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2009
5. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения.
6. ГОСТ Р 50779.11-2000. Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определение.
7. ИСО 8402 2003. Международный стандарт. Управление качеством и обеспечение качества – Словарь.
8. Управление качеством: учеб. для вузов / С.Д. Ильенкова, Н.Д. Ильенкова, В.С. Мхитарян и др.; под ред. С.Д. Ильенковой. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 334 с.
9. Мишин, В.М. Управление качеством: учеб. для студентов, обучающихся по специальности «Менеджмент организации» (061100) / В.М. Мишин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 463 с.
10. Качество и надежность в производстве. Под ред. И.В. Апполонова. – М.: Машиностроение, 2011
11. Мазур, И.И. Управление качеством: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Упр. качеством» / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро; под общ. ред. И. И. Мазура. – 2-е изд. – М.: Омега-Л, 2005. – 400 с.
12. Никитин, В.А. Управление качеством на базе стандартов ИСО 9000:2000. 2-е изд. / В.А. Никитин, В.В. Филончева – СПб.: Питер, 2005. – 127 с.
13. ГОСТ 8.010-2013 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики выполнения измерений. Основные положения. – Введ. 01.03.2015. – М.: Стандартинформ, 2014 год. – 16 с.
14. ГОСТ Р 8.563-2009 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики (методы) измерений. – Введ. 15.04.2010. – М.: Стандартинформ, 2010. – 20 с.
15. Д.С. Волосов. Фотографическая оптика. — 2-е изд. — М.,: «Искусство», 2014. — 543 с.
16. А.Н. Андреев, Е.В. Гаврилов. Оптические измерения. – Учеб. пособие. – М.: Университетская книга; Логос, 2017. – 416 с.
17. ГОСТ Р 50508-93. Приборы наблюдательные телескопические. Методы контроля параметров. – Введ. 01.01.1994. – М.: Издательство стандартов, 1993. – 35 с.
18. РД 153-34.0-11.402-98 Методические указания. Метрологическая аттестация нестандартизованных средств измерений. Организация и порядок проведения. – СПО ОРГРЭС – 2000. – 18 с.

19. Федеральный закон "Об обеспечении единства измерений" от 26.06.2008 N 102-ФЗ (последняя редакция). – 33 с.
20. ГОСТ 10529-96 Теодолиты. Общие технические условия. – Введ. 01.07.1998. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. – 19 с.
21. РМГ 29-2013. ГСИ. Метрология. Основные термины и определения. – Введ. 01.01.2015. – М.: Стандартиформ, 2015. – 63 с.

© М. Е. Кобзарь, А. В. Шабурова 2020