

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ЮСТИРОВКА ПАРАЛЛЕЛЬНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОСИ ПЕРЕДАЮЩЕГО КАНАЛА И ОСИ ПРИЕМНОГО КАНАЛА ЛАЗЕРНОГО ДАЛЬНОМЕРА

Белойван П.А.¹, Назаров В.Н.¹, Латыев С.М.¹, Салогубова И.С.¹, Пашкевич М.Л.¹

¹Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», Санкт-Петербург, Россия (197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49), beloiwan92@gmail.com

В работе рассматривается возможность использования автоматизированного метода юстировки параллельности энергетической оси передающего канала и оси приемного канала лазерных дальномеров. Были рассмотрены особенности использования лазерных дальномеров и накладываемые допуски, связанные со спецификой использования. Была показана невозможность обеспечения данных допусков в процессе производства без использования последующей юстировки. Были рассмотрены существующие методы обеспечения этих допусков, выявлены их недостатки. Для уменьшения временных затрат на производство было предложено использовать автоматизированную методику юстировки с применением шаговых двигателей. Использование данного метода предполагает использование особой конструкции диафрагмы приемного канала, обладающей необходимым количеством юстировочных подвижек. Использование данной методики в совокупности с соответствующим программным обеспечением может позволить полностью автоматизировать процесс юстировки параллельности энергетической оси лазерного дальномера и оси приемного канала и существенно расширить предел точности юстировки.

Ключевые слова: лазерный дальномер, производственный контроль, юстировка.

AUTOMATIC ADJUSTMENT OF PARALLELISM OF THE ENERGY AXIS OF THE TRANSMISSION CHANNEL AND THE AXIS OF THE RECEIVING CHANNEL OF A LASER RANGEFINDER

Beloivan P.A.¹, Nazarov V.N.¹, Latyev S.M.¹, Salogubova I.S.¹, Pashkevich M.L.¹

¹ITMO University, St.Petersburg, Russia (49 Kronverksky Ave. St.Petersburg, 197101 Russia), beloiwan92@gmail.com

This paper examines the possibility of using the automated method for adjustment of parallelism of the energy axis of the transmission channel and the axis of the receiving channel of a laser rangefinders. Examined the features of the use of laser rangefinders and overlay tolerances associated with the specific use. Was shown the impossibility of maintenance of these tolerances in the production process, without using further adjustment. We have considered existing methods for ensure the tolerances, identified their shortcomings. To reduce time spent on production was proposed to use an automated alignment technique with the use of stepper motors. The use of this method involves the use of special design of the diaphragm of the receiving channel with the required amount of the adjustment movement. The use of this technique in conjunction with appropriate software can automate the process of aligning of the energy axis of the transmission channel and the axis of the receiving channel of a laser rangefinder and significantly extend the limit of accuracy of alignment.

Keywords: laser rangefinder, production control, adjustment.

Лазерные дальномеры – чрезвычайно востребованные оптические приборы, используемые как в гражданской, так и в военной сфере. Дальномеры применяют для замеров внутри помещений (планы, объемы) и для работ на открытых объектах (топография, геодезия и др.). При измерении расстояний используются фазовый или импульсный методы [2; 3].

В фазовом методе для определения дальности измеряется разность фаз посланного на объект и отраженного сигнала. Недостатком фазовых дальномеров является обязательное

применение зеркального отражателя, устанавливаемого около измеряемого объекта. В связи с этим большее распространение получил импульсный метод.

В импульсных лазерных дальномерах излучается очень короткий световой импульс и измеряется время, в течение которого импульс проходит до объекта и, отразившись от него, возвращается к приемнику. Здесь используется следующее соотношение:

$$L = \frac{c \cdot t}{2},$$

где L - расстояние до объекта, c - скорость распространения излучения, t - время прохождения импульса до цели и обратно. Схема дальномера данного типа показана на рис. 1.

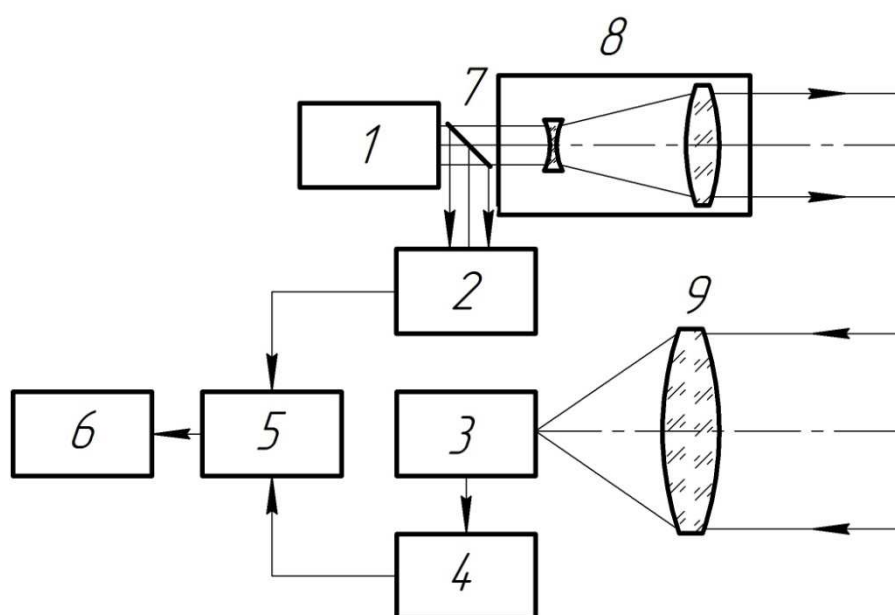


Рис. 1. Схема импульсного лазерного дальномера: 1 – лазер, 2 – приемник излучения для создания стартового сигнала, 3 – приемник возвращенного объектом излучения, 4 – блок управления, 5 – прибор отсчета времени, 6 – счетчик, 7 – светоделительная пластина, 8 – оптика передающего канала, 9 – объектив приемного канала.

Классический импульсный лазерный дальномер состоит из источника излучения (лазера), оптической системы передающего канала, оптической системы приемного канала, фотоприемника, счетчика импульсов и вычислителя. Лазер испускает световой импульс, в этот же момент срабатывает прибор отсчета времени. Излучение проходит расстояние до объекта, частично отражается и возвращается к дальномеру, после чего с помощью оптики приемного канала фокусируется на фотоприемнике. Сигнал усиливается и подается на прибор отсчета времени.

Проблемы, связанные с юстировкой параллельности энергетической оси передающего канала и оси приемного канала

Одной из основных проблем при производстве лазерных дальномеров является юстировка параллельности энергетической оси передающего канала и оси приемного канала. Ось приемного канала образуется узловой точкой объектива приемной оптической системы и центром диафрагмы, расположенной в его фокальной плоскости. При недостаточной юстировке пришедший от объекта сигнал не попадает на фотоприемник, поэтому измерение дистанции произведено не будет.

Существуют методики юстировки, позволяющие решить данную проблему [5]. Суть их заключается в изменении положения источника излучения и/или положения точечной диафрагмы приемного канала. В лазерных дальномерах на основе твердотельных лазеров передающий канал не юстируется и принимается за базу. Например, в лазерном прицельно-дальномере ТПД-К1 [6] для юстировки параллельности каналов использовалась система из четырех эксцентриковых оправ для изменения положения диафрагмы приемного канала. При этом механик, вращая оправы в определенном порядке, добивается попадания сигнала от передающего канала на фотодиод приемного канала, используя вспомогательную оптику.

На Красногорском заводе им. С.А. Зверева разработан и освоен в производстве лазерный дальномер-бинокль ЛДБ – 7х40 [1]. В данной конструкции использован полупроводниковый инжекционный лазер, обладающий небольшими габаритами – для юстировки перемещают фотоприемник и лазер.

Чаще для измерения больших дистанций применяются твердотельные лазеры. Они позволяют получить качественный лазерный пучок большей мощности, чем у полупроводниковых. Поэтому в данной статье рассматривается юстировка твердотельных лазеров.

Твердотельные лазеры имеют существенные габариты, которые не позволяют менять ориентацию энергетической оси передающего канала. Поэтому при юстировке параллельности энергетической оси передающего канала и оси приемного канала юстируется именно приемный канал. Меняя положение диафрагмы в плоскости, перпендикулярной оптической оси объектива, можно менять ориентацию оси приемного канала. Для юстировки требуется развернуть излучение лазера после прохождения оптической системы передающего канала на 180° и направить в приемный канал. Излучение сфокусируется в фокальной плоскости объектива приемного канала. Для завершения юстировки требуется установить диафрагму приемного канала так, чтобы сфокусированный лазерный пучок располагался в ее центре (с точностью, заданной в ТЗ).

Предлагаемая методика автоматизированной юстировки параллельности энергетической оси передающего канала и оси приемного канала

Предлагаемая схема юстировки показана на рисунке 2.

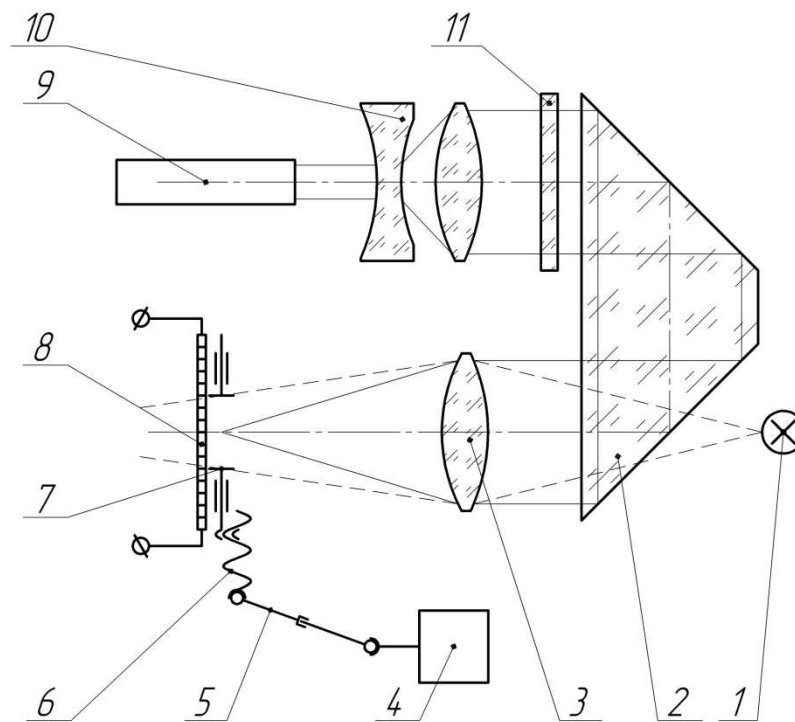


Рис. 2. Схема юстировки импульсного лазерного дальномера: 1 – осветитель, 2 – призма, 3 – объектив приемного канала, 4 – шаговый двигатель, 5 – шарнир Гука, 6 – винтовой механизм, 7 – диафрагма, 8 – ПЗС-матрица, 9 – лазер, 10 – расширитель пучка передающего канала, 11 – светофильтр

Юстировка осуществляется до установки фотоприемника. Лазерный дальномер монтируется на юстировочный стенд, который включает в себя светофильтр 11, призму 2 и осветитель 1. В лазерном дальномере за диафрагмой 7 вплотную устанавливается ПЗС-матрица 8. Диафрагма 7 выполнена в оправе, способной перемещаться с помощью винтовых механизмов 6 в двух взаимно перпендикулярных направлениях в фокальной плоскости объектива 3. Винтовые механизмы 6 с помощью шарниров Гука 5 соединяются с двумя шаговыми двигателями 4 (для перемещения по разным осям). С помощью подсветки 1 линзовая система объектива приемного канала 3 формирует на матрице 8 очертания диафрагмы 7. В это же время ослабленное светофильтром излучение лазера попадает на диафрагму 7. Учитывая, что размеры диафрагмы и сфокусированного пятна излучения малы, возможна ситуация, когда излучение лазера не проходит через диафрагму 7, а попадает на ее оправу. Для юстировки требуется осуществить поиск сфокусированного излучения лазера. Для этого диафрагма сдвигается в крайние положения по обеим осям, после чего начинается перемещение диафрагмы, то есть сканирование на предмет нахождения сфокусированного лазерного излучения. Когда лазерное излучение не проходит через диафрагму, на матрице изображается равномерно засвеченный контур диафрагмы. При попадании лазерного излучения на диафрагму на ПЗС-матрице возникает засвеченная точка на фоне очертаний диафрагмы. Перемещая диафрагму, следует привести центр диафрагмы к точке фокусировки излучения. Так как в процессе юстировки все перемещения будут выполняться с помощью

шаговых двигателей, данная операция полностью автоматизирована. Это существенно сокращает временные затраты. После юстировки следует зафиксировать положение диафрагмы с помощью известных конструкторских приемов [4].

Разработанный метод юстировки позволяет осуществить юстировку параллельности энергетической оси передающего канала и оси приемного канала лазерного дальномера в автоматическом режиме, повысить точность и уменьшить временные и трудовые затраты.

Заключение

В процессе работы были проанализированы конструкции лазерных дальномеров, рассмотрены существующие методы юстировки лазерных дальномеров и выявлены их недостатки. Предложен новый автоматизированный метод юстировки параллельности энергетической оси передающего канала и оси приемного канала, позволяющий полностью автоматизировать данную стадию производственного процесса. Была предложена компоновка устройства для осуществления такой юстировки (рис. 2). Данное устройство в совокупности с соответствующим программным обеспечением позволяет полностью автоматизировать процесс контроля и юстировки, существенно снизить временные затраты и уменьшить себестоимость производимых лазерных дальномеров.

Список литературы

1. Абрамов А.И., Бельский А.Б., Зборовский А.А., Иванов Б.Б. Разработка лазерных дальномеров-биноклей на Красногорском заводе им. С.А. Зверева // Оптический журнал. – 2009. - № 8. - С. 18–21.
2. Генике А.А., Афанасьев А.М. Геодезические свето- и радиодальномеры. – М. : Недра, 1988. – 219 с.
3. Кузнецов О.Ф. Практическое применение светодальномера СТ-5 : методические указания. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2005. – 35 с.
4. Латыев С.М. Конструирование точных (оптических) приборов. - СПб. : Политехника, 2007. – 580 с.
5. Погарев Г.В. Юстировка оптических приборов. - Л. : Машиностроение, 1982.
6. ГУП РК «Феодосийский оптический завод» : официальный сайт компании [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://fkoz.feodosia.com.ua/> (дата обращения: 05.09.2015).

Рецензенты:

Зверев В.А., д.т.н., профессор, Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург;

Мамедов Р.К., д.т.н., профессор, Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург.