

пульса лазерного излучения до цели и обратно. Принцип построения системы выверки ЛД основан на введении в канал излучения и приемный канал ЛД коллиматоров, сопряженных с соответствующими каналами ЛД и обеспечивающими построение изображения выверочных знаков коллиматоров в плоскости КМОП-матрицы ТВ-камеры канала УПЗ. Выверка производится совмещением во время контроля изображения выверочных знаков коллиматоров с выверочными штрихами марки ТВ-канала УПЗ. Для совмещения используются коммутационные связи, позволяющие производить выверку от пульта управления. Выверка ЛКУ основана на построении изображения кадрового окна раstra модулятора в плоскости КМОП-матрицы ТВ-камеры канала УПЗ. Выверка производится совмещением во время контроля изображения кадрового окна раstra с выверочным квадратом марки ТВ-канала УПЗ. Для совмещения используется механический привод от винтов выверки на панели БОЭ. Сопряжение выверяемых каналов с ТВ-каналом УПЗ обеспечивается введением в рабочий ход лучей призмы БкР-180°. При выверке приемного канала ЛД, встроенного в ТВ-канал УПЗ и имеющего с ним общий объектив, призма БкР-180° работает совместно со световозвращателем типа «кошачий глаз».

Проведен ряд механических расчетов на точность в ходе которых определены: предельный угол при вершине клина, основные параметры зубчатого и червячного зацепления. Узел спроектирован и подключен с возможностью перемещения оправ с клиньями вокруг своей оси в противоположных направлениях с помощью шагового двигателя.

УДК 528.8.044.6

## ТЕХНОЛОГИЯ LIDAR

Студент гр. 11311120 Михалкович Р.Р.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Фотоника все глубже проникает в сферу науки, техники и производства. Технология LIDAR не стала исключением. Эта технология позволяет получать и обрабатывать информацию об объектах с помощью лазерного излучения. Зачастую вместо «LIDAR» используется термин «Технология трехмерного лазерного сканирования». В основу механизма действия легли такие фундаментальные явления, как поглощение, отражение и рассеяние света.

Принцип работы условно прост и понятен даже для людей далеких от науки: излучение лазера направляется на объект и, отражаясь, возвращается обратно в приемник. После этого специальное программное обеспечение преобразуя полученную информацию (расстояние от излучателя до точек объекта) воспроизводит трехмерное изображение среды, которая окружает сканирующий лазерный дальномер.

Однако современная технология имеет существенные недостатки. В первую очередь это конечно же цена. Стоимость одной системы может достигать нескольких десятков тысяч долларов. Вторым недостатком является категоричность по отношению к погодным условиям. Система не может корректно работать в условиях сильного дождя, снега или тумана. Так же к недостаткам следует отнести требования к высокой вычислительной мощности устройств, так как при работе лидары получают огромные объемы информации, которую необходимо анализировать и обрабатывать. Впрочем с развитием вычислительных устройств и такого направления как data science этот недостаток в конечном итоге перестанет существовать. К преимуществам технологии следует отнести высокую скорость и точность сбора информации, независимость от освещения окружающей среды, отсутствие геометрических искажений. Но одним из самых существенных плюсов является минимальное участие человека в работе устройства, что важно в сферах, где любой просчет может понести за собой непоправимые последствия.

Одним из основных направлений является развитие лазерных систем машинного видения, которые являются очень важным элементом робототехнических устройств, где они используются для ориентации последних в пространстве. Так, на крыше робомобилей установлен лидар с вращающимся зеркалом, что позволяет сканировать пространство в радиусе около шестидесяти метров, создавая тем самым динамические трехмерные модели среды, окружающей беспилотный автомобиль. По схожему принципу работают роботы-пылесосы. Лазерная навигация помогает последнему ориентироваться в помещениях и эффективно обрабатывать участки пола. Однако

лидары применяются не только в робототехнике. При 3D-сканировании есть возможность собрать точные данные о координатах расположения объектов в трехмерном пространстве. Так, с помощью интеграции летательных аппаратов и лазерного дальномера можно дать оценку объему породы, извлеченной из шахты или добытой открытым способом. Технология LIDAR, помимо всего прочего используется при дистанционном зондировании земли. Атмосферные лидары позволяют произвести оценку загрязнений атмосферы, а также полезны при исследовании параметров метеорологических элементов, таких как облака, ветер и различные газы.

Таким образом, технология LIDAR имеет множество перспектив для развития. Лазерное сканирование находит свое применение в совершенно разных и непохожих друг на друга сферах. В связи с роботизацией и цифровизацией спрос на лазерные дальномеры будет только расти, а их сфера применения увеличиваться. Поэтому совершенно точно можно сказать, что данное направление в области приборостроения заслуживает особого внимания.

#### Литература

1. Федоров, Б.Ф. Лазеры. Основы устройства и применение / Б.Ф. Федоров – М; ДОСААФ, 1988. – 190 с.
2. Кожина Е.П. Лидарные технологии: современное состояние и перспективы / Е.П. Кожина // Фотоника. – 2019. – Т. 13. – №. 6. – С. 570–573.
3. Публичный аналитический доклад «Сканирующие лазерные дальномеры (LIDAR)» // Официальный сайт ЗАО «СОЛАР ЛС» [Электронный ресурс]. – Минск. 2022. – Режим доступа: <https://solarlaser.com/> – Дата доступа: 15.03.2022.
4. Ландсберг, Г.С. Оптика / Г.С. Ландсберг. – М., 1976. – 928 с.

УДК 621.384.4

#### ПРИЦЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА НОЧНОГО ВИДЕНИЯ

Студенты гр. 11311119 Москаленко И.А., Казакевич Н.А., Али-заде Э.Т.

Кандидат техн. наук, доцент Кузнечик В.О.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Резкое ограничение видимости при наблюдении невооруженным глазом в сумерках и ночью обусловлено низким уровнем естественной ночной освещенности (ЕНО), а также несоответствием спектральной чувствительности глаза спектральному диапазону ЕНО [1]. Желание человека видеть в темноте привело к созданию приборов ночного видения (бинокли, прицелы, зрительные трубы), которые преобразуют невидимое для человеческого глаза изображение объектов наблюдения в видимое.

Прицелы ночного видения (ПНВ) предназначены для обнаружения и распознавания целей, ведения прицельной стрельбы в сумерках, ночных условиях, в том числе в полной темноте, и сложной фоноцелевой обстановке из стрелкового оружия (автомат, винтовка).

Прицельные устройства данного класса работают в ближнем и/или среднем и дальнем ИК-диапазонах, они могут быть аналоговыми и цифровыми, строиться на базе электронно-оптических преобразователей (ЭОП), ПЗС (CCD) или КМОП (CMOS) матриц, а также микроболометрических матриц. Обнаружение и распознавания целей в прицелах осуществляется по визуальному, телевизионному, тепловизионному или полученному цифровым сложением тепло-телевизионному изображению объекта. Для расширения функциональных возможностей прицельной техники в них может использоваться встроенный ИК-осветитель и/или лазерный дальномер.

В аналоговых прицелах ночного видения, состоящих в общем случае из объектива, ЭОП-а, прицельной сетки и окуляра, основным элементом является ЭОП (например, ЭОП 3 поколения или ЭОП на основе микроканальных пластин), характеристики которого определяют эффективность ПНВ. ЭОП представляет собой сложный электровакуумный прибор, с его помощью осуществляется перенос электронов с фотокатода на катодолуминесцентный экран, преобразующий спектр ИК излучения в видимый и усиливающий яркость, в несколько десятков тысяч раз, полученного изображения.

Цифровые прицелы конструктивно представляют собой объектив, фотоприемник (ПЗС или КМОП-матрица, отличающиеся способом считывания сигнала; близки по своим параметрам), блок электронной обработки изображения и управления, прицельную цифровую сетку (в памяти