

УДК 681.783.25

## ПРИНЦИП РАБОТЫ И ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ ДАЛЬНОМЕРОВ OPERATING PRINCIPLE AND APPLICATION OF LASER RANGE FINDERS

А.В.Захарчук, А.Д. Тупик

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель  
Белорусский национально технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

A. Zakharchuk, A. Tupik

Scientific supervisor – G. Mikhaltsevich, Senior Lecturer  
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

*Аннотация:* Описаны принципы работы и области применения лазерных дальномеров.

*Abstract:* The principles of operation and areas of application of laser range-finders are described.

*Ключевые слова:* лазер, расстояние, применение, излучатель, приёмник, вычислительное устройство.

*Keywords:* laser, distance, application, emitter, receiver, computing device.

### Введение

Лазерные дальнометрические приборы относятся к средствам лазерной локации. Лазерной локацией называют область оптико-электроники, занимающуюся обнаружением и определением местоположения различных объектов при помощи электромагнитных волн оптического диапазона, излучаемых лазерами.

### Основная часть

Описание физических методов, лежащих в основе работы лазерного дальномера.

Определение местоположения лазера, как и радара, основано на трех основных свойствах электромагнитных волн:

1. Способность отражать объекты. Мишень и фон, на фоне которого она расположена, по-разному отражают попавшее на них излучение. Лазерное излучение отражается от всех предметов: металлических и неметаллических, от лесов, пахотных земель, воды. Кроме того, он отражается от любых объектов, размеры которых меньше длины волны, лучше, чем радиоволны. Это известно из базовой схемы отражения, согласно которой следует, что чем короче длина волны, тем лучше она отражается. Мощность отраженного излучения в этом случае обратно пропорциональна длине волны в четвертой степени. Лазерный локатор по своей сути является внутренним устройством и обладает большей способностью обнаружения, чем радар – чем меньше волна, тем она выше. Вот почему с развитием радиолокации наметилась тенденция к переходу от больших волн к меньшим. Однако создание генераторов радиозонда, излучающих чрезвычайно короткие радиоволны, становилось все более сложным, а затем и вовсе прекратилось. Создание лазера открыло новые перспективы в технологии определения местоположения.

2. Способность распространяться прямолинейно. Использование узконаправленного лазерного луча, который используется для просмотра пространства, позволяет определить направление движения объекта (пеленг цели). Это направление определяется положением оси оптической системы, которая генерирует лазерное излучение. Чем уже луч, тем точнее можно определить пеленг. Простые расчеты показывают, что для получения коэффициента направленности около 1,5 при использовании радиоволн в сантиметровом диапазоне необходимо иметь антенну диаметром около 10 м. Такую антенну трудно установить на танке, а тем более на самолете. Он громоздкий и нетранспортабельный. Вам нужно использовать волны меньшего размера.

3. Известно, что угловое значение лазерного луча, полученного с использованием твердотельного активного вещества, составляет всего 1,0... 1,5 градуса и в то же время без дополнительных оптических систем.

Соответственно, размеры лазерного локатора могут быть меньше 10 м.

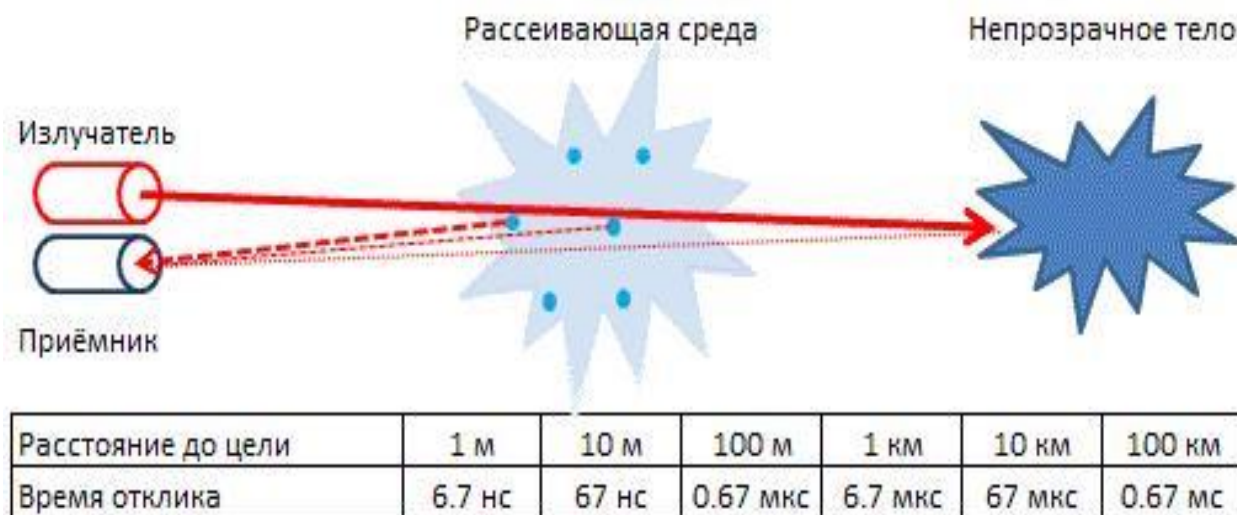


Рисунок 1 – Упрощенная схема работы дальномера

Упрощенная схема работы дальномера изображена на рисунке 1.

**Описание принципа работы лазерного дальномера**

Принцип работы лазерной полосы пропускания заключается в следующем – лазерные лучи, посылаемые от устройства, невидимые глазу, отражаются от цели и возвращаются обратно. Затем встроенный микроконтроллер вычисляет расстояние, которое зависит от времени с момента отправки лазерного импульса до момента его получения после отражения. Лазеры, установленные в полосе пропускания, работают в инфракрасном диапазоне длин волн, и их излучение невидимо глазу. Несмотря на то, что в современных лазерных потребителях используются безопасные инфракрасные лазеры 1-го класса, однако, все производители категорически запрещают направлять активированные устройства на людей – это может привести к травме глаз, особенно на близких расстояниях.

Существует три метода измерения амплитуды, в зависимости от типа модуляции лазерного излучения, используемого в полосе пропускания: импульсно-фазовый или фазоимпульсный импульсный.

Суть метода импульсной полосы пропускания заключается в том, что на объект посылается импульс обнаружения, он также запускает счетчик времени в полосе пропускания. Когда импульс, отраженный от объекта, поступает на дальномер, он останавливает работу измерителя. В соответствии с интервалом времени расстояние до объекта автоматически отображается перед оператором. Погрешность этого метода измерения составляет 30 см. зарубежные эксперты считают, что этого достаточно для решения некоторых практических задач.

Методом фазовой амплитуды лазерное излучение модулируется по синусоидальному закону. В то же время интенсивность излучения значительно варьируется. В зависимости от расстояния до объекта изменяется фаза сигнала, попавшего на объект. Сигнал, отраженный от объекта, также достигнет принимающего устройства с определенной фазой в зависимости от расстояния.

Давайте оценим погрешность фазовой полосы пропускания, подходящей для полевых работ. Эксперты говорят, что оператору не составит труда определить фазу с погрешностью не более одного градуса, поэтому погрешность составит около 5 см.

В настоящее время разработаны дальномеры, которые не только измеряют расстояние до объекта, но и способны производить измерения, такие как объем, размер помещения и т.д. Современные лазерные устройства могут включать в себя встроенный микрочип Bluetooth для беспроводной передачи данных на персональный компьютер, а также другие полезные функции.

### **Область применения**

1. В геодезической работе – при строительстве путей сообщения, гидротехнических сооружений, линий электропередач и т.д.
2. При топографической съемке.
3. В военном деле.

### **Лазерная локация (наземная, бортовая, подводная)**

Ускоренными темпами идет внедрение лазеров в военную технику США, Франции, Англии, Японии, Германии, Швейцарии.

Государственные учреждения этих стран всемерно поддерживают и финансируют работы в данной области.

### **ЛАЗЕРНАЯ ЛОКАЦИЯ**

Лазерной локацией в зарубежной печати называют область оптикоэлектроники, занимающуюся обнаружением и определением местоположения различных объектов при помощи электромагнитных волн оптического диапазона, излучаемых лазерами. Положение лазера в зарубежном типе называется областью оптоэлектроники, которая занимается обнаружением и определением положения различных объектов с помощью электромагнитных волн оптического диапазона, излучаемых лазерами. Объектами лазерной локации могут быть танки, корабли, ракеты, спутники, промышленные и вооруженные сооружения. В принципе, позиционирование лазера осуществляется активным методом.

Определение местоположения лазера, так же как и радара, основано на трех основных свойствах электромагнитных волн (упомянутых ранее).

Какие параметры приемлемы для обозначения локатора? Каковы реквизиты его паспорта? Давайте рассмотрим некоторые из них.

Прежде всего, поле действия. Под ним понимается область пространства, в которой ведется наблюдение. Его границы определяются максимальной и минимальной дальностью, а границы поля зрения – углом места и азимутом. Эти размеры определяются назначением военного лазерного локатора.

Другим параметром является время пересмотра. Это относится к времени, за которое лазерный луч производит однократный обзор заданного объема пространства.

Следующим параметром локатора являются координаты, которые необходимо определить.

Они зависят от назначения локатора. Если он предназначен для определения местоположения наземных и подводных объектов, то достаточно измерить две координаты: амплитуду и азимут. При наблюдении за воздушными объектами требуются три координаты. Эти координаты должны быть определены с заданной точностью, которая зависит от систематических и случайных ошибок. Мы будем использовать такое понятие, как анализ. Анализ относится к возможности раздельного определения координат близко расположенных целей.

Каждая координата имеет свое собственное разрешение. Кроме того, такая функция используется следующим образом помехоустойчивость. Это способность лазерного локатора работать в условиях естественных и искусственных помех. И очень важной особенностью локатора является надежность. Это свойство локатора сохранять свои характеристики в заданных пределах при определенных условиях эксплуатации.

### **НАЗЕМНЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ ДАЛЬНОМЕРЫ**

Лазерный дальномер – одно из первых направлений практического применения лазера на зарубежной военной технике. Первые эксперименты были проведены в 1961 году, и в настоящее время лазерные дальномеры используются в наземной военной технике (артиллерия, танки), в авиации (дальномеры, высотомеры, определители высот) и на военно-морском флоте. Эта техника была опробована в боевых действиях во Вьетнаме и на Ближнем Востоке.

Первый широкополосный лазер ХМ-23 был испытан во Вьетнаме и принят на вооружение американскими военными. Он предназначен для использования на передовых наблюдательных пунктах сухопутных войск. Источником излучения в нем является лазер с выходной мощностью 2,5 Вт и длительностью импульса 30 нс.

Передачик, приемник и оптические элементы смонтированы в моноблоке, который имеет точные шкалы азимута и угла определения местоположения цели. Дальномер питается от никель-кадмиевой аккумуляторной батареи напряжением 24 В, обеспечивающей 100 измерений дальности без подзарядки.

Режим полосы пропускания обеспечивает либо измерения каждые 2 секунды в течение 20 секунд, либо каждые 4 секунды в течение длительного времени. Цифровые индикаторы дальности работают таким образом, что когда один из индикаторов выводит последний измеренный диапазон, в памяти другого сохраняются четыре предыдущих измеренных расстояния.

По сообщениям зарубежной прессы, норвежский лазерный дальномер LP-4 оказался очень удачным. Он оснащен оптико-механическим затвором в каче-

стве модулятора добротности. Принимающая часть полосы пропускания также находится в поле зрения оператора. Диаметр оптической системы составляет 70 мм. приемник представляет собой портативный фотодиод. Счетчик оснащен схемой управления дальностью действия, работающей в соответствии с установкой оператора в диапазоне от 200 до 3000 м. в схеме оптического зрения защитный фильтр расположен перед окуляром, чтобы защитить глаз от воздействия лазера при приеме отраженного импульса.

Передатчик и приемник установлены в одном корпусе. Угол положения цели определяется в градусах  $\sim 25$  градусов. Аккумулятор обеспечивает 150 измерений дальности без подзарядки, его вес составляет всего 1 кг. дальномер был протестирован и приобретен в Канаде, Швеции, Дании, Италии, Австралии.

Портативные лазеры были развернуты за рубежом для пехотных подразделений и передовых артиллерийских наблюдателей.

Один из таких дальномеров выполнен в виде бинокля. Источник излучения и приемник смонтированы в общем корпусе с шестикратным увеличением монокуляра оптического видения, в поле зрения которого находится световое табло из светодиодов, хорошо различимое как ночью, так и днем. В качестве источника излучения лазер использует алюминий-иттриевый гранат с модулятором добротности из ниобата лития. Это обеспечивает максимальную мощность в 1,5 МВт. В приемной секции используется двойной фотоприемник snowball с малошумящим широкополосным усилителем, который позволяет обнаруживать короткие импульсы при низкой мощности. Ложные сигналы, отраженные от близлежащих объектов, блокируются с помощью схемы определения дальности действия. Источником питания является малогабаритная аккумуляторная батарея, которая обеспечивает 250 измерений без подзарядки.

Электронные блоки дальномера изготовлены на интегральных схемах, что позволило перенести массу дальномера вместе с источником питания до 2 кг.

Установка лазерного дальномера в танках сразу заинтересовала зарубежных разработчиков боевого оружия. Это связано с тем, что в систему управления огнем танка в танке может быть введена полоса пропускания, тем самым повышая его боевые свойства. Для этой цели в США был разработан дальномер an/VVS-1 для танка m60a. по форме он не отличался от лазерного артиллерийского дальномера на Ruby, однако, в дополнение к выдаче данных о дальности на цифровое табло, у него было устройство, которое обеспечивало ввод дальности в расчетное устройство системы управления огнем танка.

В этом случае измерение дальности может выполняться как наводчиком, так и командиром танка. Режим работы полосы пропускания составляет 15 измерений в минуту в течение одного часа.

### **Заключение**

Применение лазерных дальномеров позволяет упростить выполнение тяжелых измерительных операций, повысить точность измерений. Нужно отметить, что, несмотря на видимую сложность приборов, работа с ними сводится к нажатию всего пары кнопок. Все вычисления и замеры берет на себя электронная начинка таких устройств.



### Литература

1. Щука, А.А. Электроника / А.А. Щука // СП(б): БХВ-Петербург. 2006. – 800 с.
2. Ермаков, Б.А. Оптико-электронные приборы с лазерами / Б.А. Ермаков // Ленинград 1982. – 200 с.
3. Климков, Ю.М. Основы расчёта оптико-электронных приборов с лазерами // Ю.М. Климков // М.: Сов. радио. 1978. – 264 с.
4. Павлов, А.В. Оптико-электронные приборы / А.В. Павлов // М.: Энергия. 1974. - 360 с.