

4 и панкратической системы 5 формирует лазерный канал управления и обеспечивает сопровождение управляемой ракеты до цели.

Блок приемника. Блок приемника 7 установлен в хвосте управляемой ракеты. Он включает в себя однолинзовый объектив, диафрагму и ИК-светофильтр. С помощью объектива происходит фокусировка ИК-излучения на площадке фотоприемника 8. Светофильтр предназначен для предотвращения засветки площадки фотоприемника от факела работающей двигательной установки ракеты и солнечного излучения. После преобразования излучения ИК-диапазона в электрические импульсы, сигналы с выхода фотоприемника 8 поступают на блок формирования команд 9. Далее происходит вычисление положения ракеты относительно центра поля управления и вырабатывается соответствующий сигнал на смещение ракеты к центру поля управления 6.

Это означает, что шанс поражения цели близится к 100 %, так как ось поля управления согласована с линией прицеливания.

Заключение. Лазерно-лучевые системы управления представляют собой надежный способ управления ракетой на больших расстояниях. Данная технология позволяет точно наводить ракету на цель, даже если она движется или находится в сложных метеорологических условиях. В целом, лазерный канал управления является одним из ключевых элементов систем управления огнем современной бронетанковой техники.

Литература

1. Ветров, В.В. Основы устройства и функционирования противотанковых управляемых ракет: учебное пособие для вузов / В.В. Ветров. – Тула : Изд-во ТулГУ, 2006. – 182 с.
2. Прицел-прибор наведения с лазерным дальномером: патент № 2464601.

УДК 53.082.53

ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ НА ДАЛЬНОСТНЫЙ ПОРТРЕТ В ЛАЗЕРНЫХ ЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Кочурова Д.Н.^{1,2}, Калугин А.И.², Антонов Е.А.², Сапожников П.А.¹

¹ФГБОУ ВО ИжГТУ им. М.Т. Калашникова

²УдмФИЦ УрО РАН

Ижевск Российская Федерация

Аннотация. Распознавание объектов является одной из важных задач лазерных локационных систем. Распознавание по дальностному портрету является одним из методов решения этой задачи. Среда распространения – один из искажающих дальностный портрет факторов. В работе рассмотрено влияние на дальностный портрет плоскости и сферы атмосферной неоднородности – дыма.

Ключевые слова: дальностный портрет, распознавание объектов, оптическая локация, атмосферная неоднородность.

INFLUENCE OF ATMOSPHERIC INHOMOGENEITIES ON LASER RANGE PROFILE IN LASER LOCATION SYSTEMS

Kochurova D.N.^{1,2}, Kalugin A.I.², Antonov E.A.², Sapozhnikov P.A.¹

¹Kalashnikov Izhevsk State Technical University

²Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Izhevsk, Russian Federation

Abstract. Object recognition is one of the important problems of laser ranging systems. Recognition by laser range profile is one of the methods for solving this problem. The propagation environment is one of the factors distorting the range profile. The influence of atmospheric heterogeneity – smoke – on the laser range profile of the plane and sphere is presented.

Keywords: laser range profile, object recognition, optical location, atmospheric heterogeneity.

Адрес для переписки: Кочурова Д.Н., ул. им. Татьяны Барамзиной, Ижевск 34, 426067, Российская Федерация, e-mail: darya310898@gmail.com

Одной из решаемых задач лазерной локационной системы (ЛЛС) является распознавание объектов. Данная задача может решаться несколькими методами [1; 2], включая распознавание по дальностным портретам (ДП) [3]. ДП – электрический сигнал на выходе приемной си-

стемы ЛЛС. Для его получения применяется однопозиционная ЛЛС с моноимпульсным облучением объекта. Он представляет собой зависимость мощности, принятой после отражения от объекта лазерного импульса, от времени. ДП объекта зависит не только от его геометрических

и оптических характеристик, положения в пространстве, но и от начальных параметров лазерного импульса (временная форма и длительность импульса, расходимость пучка и др.). Кроме того, значительное влияние может оказывать условия распространения. Известно, что атмосфера ослабляет сигнал, а также может оказывать влияние на направление распространения и размеры пучка, время его прихода, что приводит к искажению дальностного портрета. Помимо этого, в атмосфере могут присутствовать крупные локальные неоднородности, такие как дым от труб, влияние которых на дальностный портрет необходимо знать. Информация об искажениях, вносимых данными неоднородностями поможет повысить точность распознавания.

Рассмотрим дальностные портреты, полученные от плоскости и сферы, при различных условиях распространения лазерного пучка. Лазерный пучок с длиной волны 1,064 мкм и энергетической расходимостью 0,99 мрад проходит атмосферу (показатель преломления 1,0002733 [4]), отражается от плоскости, вновь проходит атмосферу и приходит в плоскость приемной системы, размеры которой намного больше размеров оптического пучка. Зондируемая плоская поверхность, размерами также намного больше размеров падающего на него лазерного пучка, расположена на расстоянии 1 км от выходного окна ЛЛС. Начальная временная форма импульса представляет собой гауссову форму с шириной импульса на полувысоте 1 нс. Атмосферная неоднородность – «дым», представляет собой параллелепипед с показателем преломления равным $n = 1,5$. Он расположен на расстоянии 500 м от выходного окна лазерной установки и имеет протяженность $L_z = 1$ м вдоль направления распространения пучка и имеет поперечные размеры намного больше размеров пучка. Граница параллелепипеда по одной из поперечных координат расположена на расстоянии 0,1 м от оси пучка таким образом, чтобы через данный участок проходило меньше половины поперечного сечения лазерного пучка (радиус пучка на 500 м примерно равен 0,5 м). Результаты моделирования дальностного портрета, полученного от плоской поверхности, расположенной перпендикулярно оси лазерного излучения, при однородной атмосфере и атмосфере с локальной неоднородностью представлены на рисунке 1.

Дальностный портрет, полученный от плоскости без дыма, представляет собой импульс гауссовой формы длительностью 1 нс (как и посылаемый импульс). Начало приема 6668,5 нс сигнала соответствует тому, что плоскость расположена на расстоянии 1 км. Проанализировав полученные дальностные портреты можно убедиться, что локальная неоднородность оказывает значительное влияние на полученный результат. При введении дыма, дальностный портрет

выглядит как два разнесенных по времени импульса, причем каждый из них имеет гауссову форму с длительностью 1 нс. Кроме того, эти два импульса разнесены в пространстве на величину, равную:

$$t_d = L_z / c(n - n_0), \quad (1)$$

где c – скорость света в вакууме, n_0 – средний показатель преломления окружающей среды.

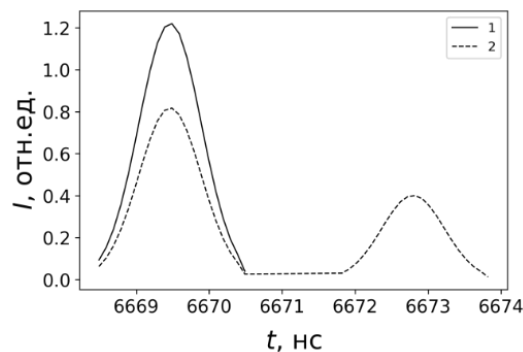


Рисунок 1 – Дальностный портрет плоскости:
1 – однородная атмосфера; 2 – атмосфера с локальной неоднородностью

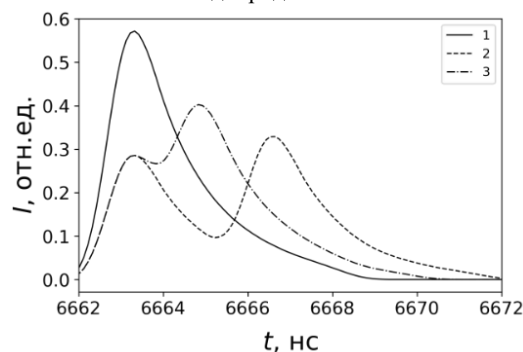


Рисунок 2 – Дальностный портрет сферы:
1 – 0 м; 2 – 0,5 м; 3 – 1 м

Дальностный портрет, полученный в случае с дымом сравним с сигналом, полученным от двух плоскостей [5], разнесенных в однородном пространстве на расстоянии $\approx 0,5$ м. Несмотря на то, что здесь еще можно говорить, что этот объект – плоскость, возникает проблема, связанная с возникновением ложного объекта (вторая часть сигнала). Так как излучение разделяется на две части, то естественно, уменьшается амплитуда зондирующих импульсов, что приводит к снижению мощности принимаемого сигнала, которая при этом может оказаться ниже минимального допустимого уровня.

На рисунке 2 представлены дальностные портреты сферы радиусом 1 м, центр которой расположен на расстоянии 1 км от выходного окна ЛЛС, при трех протяженностях дыма: 0, 0,5 и 1 м. Параметры дыма и лазерного пучка приведены выше. Отметим, что ДП, даже полученный в условиях однородной атмосферы больше не имеет гауссову форму, в отличие от плоскости,

что подтверждает возможность распознавания объектов по их ДП. Аналогично случаю с плоскостью, дальностный портрет сферы при наличии дыма сильно отличается от ДП, полученного в однородной атмосфере. При увеличении протяженности дыма форма сигнала изменяется, он уширяется, и постепенно начинает разделяться на два сигнала. В этом случае сложно определить, что исследуемый объект – сфера. Можно заметить, что по сравнению с плоскостью вторая часть сигнала имеет большую амплитуду. Это объясняется геометрией объектов.

Локальные неоднородности среды сильно искажают дальностный портрет, что может привести к ошибкам распознавания. Но знания об этих влияниях позволяет повысить точность распознавания.

УДК 551.508.762

АЛГОРИТМ КОРРЕКЦИИ АМПЛИТУДНЫХ ПРОФИЛЕЙ ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ ЗОНДИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ЛИДАРАХ-ОБЛАКОМЕРАХ

Назаренко П.Н.

*ГНПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника»
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. В работе описан алгоритм коррекции амплитудных профилей эхосигнала, регистрируемых биаксиальными метеолидарами. Применение описанного алгоритма позволяет исключить влияние на измеряемые профили коэффициента обратного рассеяния таких факторов как квадрат расстояния, зона неполного перекрытия лазерного пучка и поля зрения приемного канала лидара, неопределенность начала отсчета высоты трассы, другие аппаратные амплитудные и временные параметры прибора. Проводится обсуждение полученных результатов.

Ключевые слова: лидарное уравнение, профиль коэффициента обратного рассеяния, опорный амплитудный профиль.

ALGORITHM FOR CORRECTION OF AMPLITUDE PROFILES OF BACKSCATTERING OF PROBING RADIATION IN LIDARS-CEILOMETERS

Nazarenko P.

*SSPA "Optics, Optoelectronics and Laser Technology"
Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. The paper describes an algorithm for correcting the amplitude profiles of the echo signal recorded by biaxial meteorological radars. The use of the described algorithm makes it possible to exclude the influence on the measured profiles of the backscattering coefficient of such factors as the square of the distance, the zone of incomplete overlap of the laser beam and the field of view of the lidar receiving channel, the uncertainty of the reference height of the path, and other hardware amplitude and time parameters of the device. The results obtained are discussed.

Key words: lidar equation, backscatter coefficient profile, reference amplitude profile.

*Адрес для переписки: Назаренко П.Н., пр. Независимости, 78-54, г. Минск, 220012, Республика Беларусь
e-mail: nprn05@mail.ru*

Существующие методы измерения профилей коэффициента обратного рассеяния атмосферы лидарами-облакомерами основаны на преобразовании регистрируемых амплитудных профилей эхосигнала в профили коэффициента обратного рассеяния по методу обращения лидарного уравнения [1] с предварительной обработкой получен-

Литература

1. Алгоритм лазерной локации и распознавания объектов по трехмерному изображению / В.Н. Легкий [и др.] // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2017. – Т. 8. – С. 146–152.
2. Le, H. Semiconductor Laser Multi-Spectral Sensing and Imaging / H. Le, Y. Wang // Sensors (Basel, Switzerland). – 2010. – Vol. 10.
3. Баулин, Ф.Б. Проблемы формирования систем, обеспечивающих автоматическое распознавание объектов по дальностным портретам / Ф.Б. Баулин, Е.В. Бурый // Компьютерная оптика. – 2019. – 43, № 1. – С. 5–13.
4. Mathar, R.J. Refractive index of humid air in the infrared: model fits / R.J. Mathar // Journal of Optics A: Pure and Applied Optics. – 2007. – Vol. 9, № 5. – P. 470–476.
5. Co-path full-waveform LiDAR for detection of multiple along-path objects / D. Li [et al.] // Optics and Lasers in Engineering. – 2018. – Vol. 111. – P. 211–221.

ного массива данных: вычитания фона, нормировки на квадрат расстояния, нормировании на геометрический фактор [2; 3].

Относительный метод измерения профилей коэффициента обратного рассеяния, предложенный в [4], позволяет нормирование амплитудных профилей на квадрат расстояния и геометриче-