

УДК 623.624.2:623.465

**И.И. ВАСИЛЬЧЕНКО¹, В.В. ГЛЕБОВ², В.Н. МОШНИН², С.А. РОЛЕНКО²,
В.В. КИСЛОВ³, Н.А. ПРОХОРОВ³**

¹ *Технический эксперт, Харьков, Украина*

² *ГП «ХКБМ им. А.А. Морозова», Харьков, Украина*

³ *КБ «Щит», Харьков, Украина*

О ПРОТИВОДЕЙСТВИИ ЛАЗЕРНЫМ СИСТЕМАМ НАВЕДЕНИЯ ПРОТИВОТАНКОВОГО ОРУЖИЯ И БОЕПРИПАСОВ

Проведен анализ систем наведения с использованием лазерного излучения, методов и средств оптико-электронной борьбы с ними. Исследованы методы противодействия лазерным системам наведения противотанкового оружия и боеприпасов. Теоретически обоснована возможность создания системы активных помех лазерным дальномерам. Показано, что наиболее эффективным является искажение значения дальности до цели, измеряемой при подготовке к выстрелу или пуску ракеты. Решение проблемы заключается в обнаружении спонтанного излучения лазерного дальномера и формировании встречного сигнала, искажающего результаты измерения. Полученные результаты определяют пути технической реализации аппаратуры систем активных помех лазерным дальномерам.

Ключевые слова: *система наведения, дальномер, лазер, импульс, противодействие.*

Введение

В настоящее время активно развиваются противотанковые средства с использованием для наведения и управления лазерного излучения. Это неуправляемые и управляемые комплексы ракетно-пушечного вооружения танков, артиллерии, вертолетов и самолетов огневой поддержки, в которых применяются лазерные дальномеры (ЛД) и лазерные командно-лучевые системы наведения (ЛКЛ СН). Для наведения полуактивных противотанковых управляемых ракет (ПТУР), снарядов и бомб осуществляется лазерная подсветка цели на конечном участке траектории. В связи с этим, на объектах бронетанковой техники (БТТ) стали устанавливаться системы оповещения/индикации о лазерном облучении [1]. Экипаж, получив информацию о возможном нападении, может принять соответствующие меры защиты, основной из которых, в настоящее время, является постановка маскирующей завесы в ручном или автоматическом режиме.

Качественно повысить уровень и обеспечить эффективную защищенность объектов БТТ позволит разработка и внедрение методов и средств активного противодействия системам наведения с использованием лазерного излучения.

Анализ последних достижений и публикаций

В публикациях уделяется достаточное внимание вопросам применения лазерной техники в воен-

ном деле – как для наведения оружия и боеприпасов на цель, так и для решения обратной проблемы – обеспечение оптико-электронного противодействия (ОЭП) лазерным системам управления.

Рассмотрены тенденции развития в различных странах аппаратуры на базе оптических квантовых генераторов, используемой для измерения дальности, целеуказания и наведения боеприпасов [2]. Изложены общие направления исследований, как по созданию лазерного оружия, так и разработке средств противодействия – систем подавления лазерных приборов, постановки ложных целей и ловушек. Описаны свойства лазерного излучения с точки зрения воздействия на различные материалы и технику [3].

Взгляды на характер и способы ОЭП нашли отражение в концепции ведения т.н. «информационной войны» (Information Warfare) [4]. Лазерные средства, с точки зрения возможности использования их в качестве систем оптико-электронного противодействия, разделяются на несколько категорий:

1. Средства, не являющиеся непосредственно оружием, но которые потенциально могут решать задачи ОЭП – лазерные дальномеры, целеуказатели, лазерные указатели точки прицеливания, тренажеры и имитаторы стрелкового и группового оружия.

2. Лазерные системы обнаружения (по отраженному излучению) оптических и оптико-электронных приборов противника. Они могут поражать как органы зрения личного состава, использующего эти приборы, так и разрушать отдельные оптические

элементы приборов.

3. Высокоэнергетические системы, предназначенные для силового поражения чувствительных элементов, оптических элементов, а также собственно носителей таких приборов.

В работе под редакцией Григоряна В.А. рассмотрены общие вопросы активного противодействия техническим средствам обнаружения, прицеливания и наведения оружия [5].

Для обеспечения противодействия ПТС, наводимых по лучу, могут быть использованы приемники/индикаторы обнаружения лазерного облучения с высоким разрешением в качестве датчиков для системы, которая формирует направленный лазерный луч на прицельное устройство и ослепляет его (рис. 1).



Рис. 1. Противодействие оружию с лазерным наведением

Этот метод реализован в системе Nemesis (AN/ALQ-24V), предлагаемой фирмой Northrop Grumman (США) для установки на боевые машины в качестве противодействия управляемым ракетам [6]. Фирмой DREV (Канада) разработана система обнаружения, определения расположения и противодействия ракетам, наводимым по лазерному лучу, названная BRILLIANT.

Компания Cassidian (концерн EADS, Германия) разработала электронную систему обороны для защиты наземных транспортных средств, кораблей и вертолетов от ракет с лазерным наведением [7]. Концепция системы основана на ослеплении наводчика безопасным для глаз лазерным лучом.

В 90-е годы в Китае разработан переносной боевой лазер ZM-87 (рис. 2), работающий импульсами частотой 5 вспышек в секунду [8].

Мощность излучения (15 мВт) достаточная, чтобы выжечь сетчатку глаза на дальности до 3 км, специальная линза увеличивает это расстояние до 5 км. При облучении с 10 км происходит временная потеря зрения.

Модификация под названием «комплекс лазерного противодействия ZM-87» устанавливается на китайские основные боевые танки «Тип 98» и «Тип 99» (рис. 3) в составе системы лазерного ослепле-

ния и повреждения приборов обнаружения JD-3.

При работе комплекса обеспечивается [9]:

а. Обнаружение оптических средств наблюдения противника за счет приема отраженного от них сигнала, посылаемого комплексом. Противодействие осуществляется мощным лазерным облучением, приводящим к разрушению средств наблюдения или ослеплению наводчика/оператора ПТС.



Рис. 2. Боевой лазер ZM-87

б. Поворот башни в сторону источника излучения при получении сигнала об облучении танка лазерным лучом противника; включение лазерного луча с мощностью, достаточной для определения точного расположения цели; выдачу в ее направлении лазерных импульсов максимальной мощности.



Рис. 3. Комплекс противодействия на танке «Тип 99»

Существует информация о работах по созданию аналогичного комплекса для боевых машин в Северной Корее (рис. 4).



Рис. 4. Северокорейский комплекс

В Советском Союзе в 70-е годы был разработан опытный образец БМП-1С (модификации БМП-1) с аппаратурой визирования АВ-1 [10], которая обеспечивала лазерное противодействие оптическим средствам наведения с эффективной дальностью действия до 2 км. Дальнейшие работы в СССР и России были направлены на создание самоходных лазерных комплексов (СЛК), предназначенных для противодействия на поле боя оптико-электронным приборам противника [11]. В результате были разработаны СЛК 1К11 «Стилет» и СЛК 1К17 «Сжатие» (рис.5).



Рис. 5. СЛК 1К17 «Сжатие»

По мнению зарубежных специалистов, применение на боевых машинах систем управляемого противодействия лазерным средствам наведения значительно увеличит стоимость боевых машин. Однако эти системы могут быть использованы не только против ПТУР, наводимых по лазерному лучу, но и против других боеприпасов – ракет с тепловизионными головками самонаведения, с инфракрасными (ИК) системами наведения. В этом случае в состав системы ОЭП дополнительно к датчикам/индикаторам лазерного облучения должны быть интегрированы датчики ультрафиолетового излучения или ИК фотоприемные устройства, а также радиолокационная станция разведки.

Целью данной работы является теоретическое исследование методов противодействия лазерным системам наведения противотанкового оружия и боеприпасов.

Постановка задачи

Анализ систем наведения с использованием лазерного излучения [12–14], а также методов и средств оптико-электронной борьбы с ними, показывает, что активное противодействие лазерным системам наведения ПТС может осуществляться в следующих направлениях:

1. Дезинформация оптико-электронных систем (ОЭС) наведения – создание активных помех лазерным дальномерам.

2. Создание направленных модулированных лазерных помех.

3. Подавление ОЭС направленным лазерным излучением.

Искажение значений замеряемой ОЭС дальности снижает вероятность попадания боеприпаса в цель, а в ряде случаев приводит к полному срыву атаки, не только управляемых ПТС, но и артиллерийского вооружения. Обеспечение противодействия в этом направлении является эффективным способом повышения уровня защищенности объектов бронетанковой техники.

Создание системы активных помех лазерным дальномерам

Для лазерных систем, используемых с целью измерения дальности, характерно наличие спонтанного излучения. Оно возникает при «накачке» лазера и предшествует измерительному импульсу. Это явление присуще и для лазеров, применяемых в современных системах управления огнем (СУО) и ОЭС наведения. Указанное излучение демаскирует систему противника и может быть использовано для ее идентификации и организации противодействия – внесения помех в процесс измерения дальности до цели.

Проблема создания системы активных помех лазерным дальномерам (САП ЛД) заключается в обнаружении спонтанного излучения лазерного дальномера и формирования сигнала помехи к моменту прихода измерительного импульса дальномера к цели.

Обнаружение спонтанного излучения. В настоящее время интенсивно ведутся работы по созданию систем обнаружения инфракрасного излучения, в т.ч. и лазерного, третьего поколения (ИКС-3) [15]. В них применяются фотоприемные устройства, обладающие высокой удельной обнаружительной способностью:

- матричные;
- неохлаждаемые на базе микроболометров;
- пироэлектрические.

Параметры квантовой чувствительности и быстродействия таких систем позволяют рассматривать их в качестве составной части САП ЛД.

Формирование сигнала помехи. Спонтанное излучение имеет сравнительно широкий спектр, поэтому обнаружительная способность ФПУ САП ЛД определяется уровнем фонового излучения/шума. Зависимость оптических характеристик ФПУ и параметров генерируемого сигнала помехи выражается следующим соотношением:

$$\frac{S_{\text{вх}}}{\Omega_{\text{вх}}} \geq qN^2 \Omega_{\text{СИ}} R_{\text{СИ}}^4 \Delta f \frac{\int_{\Delta\lambda} P_{\text{Ф}}(\lambda) \rho_i(\lambda) \tau(\lambda) d\lambda}{\int_{\Delta\lambda} P_{\text{СИ}}(\lambda) \rho_i(\lambda) \tau(\lambda) d\lambda}, \quad (1)$$

где $S_{вх}$ – площадь входного окуляра приемного канала САП ЛД; $\Omega_{вх}$ – поле зрения приемного канала; q – заряд; N – отношение c/λ ; $\Omega_{СИ}$ – телесный угол, равный углу расходимости спонтанного излучения; $R_{СИ}$ – дальность обнаружения спонтанного излучения; Δf – эффективная полоса принимаемых частот; $P_{\Phi}(\lambda)$ – спектральная плотность энергетической яркости фона; $\rho_i(\lambda)$ – токовая спектральная чувствительность ФПУ; $\tau(\lambda)$ – коэффициент спектрального пропускания оптической системы приёмного канала; $P_{СИ}(\lambda)$ – спектральная плотность потока спонтанного излучения.

В результате преобразований получим выражения для значений тока, вызываемого фоновым излучением, и тока, возникающего при приёме спонтанного излучения, что позволяет определить оптимальные параметры приёмного канала САП ЛД:

$$I_{\Phi} = S_{вх} \Omega_{вх} \int_{\Delta\lambda} P_{\Phi}(\lambda) \rho_i(\lambda) d\lambda, \quad (2)$$

$$I_{СИ} = \int_{\Delta\lambda} P_{СИ}(\lambda) \tau(\lambda) d\lambda. \quad (3)$$

Следует учитывать, что дальность обнаружения спонтанного излучения $R_{СИ}$ зависит от ряда факторов [3,16]:

1. Мощности лазерного излучения СУО P_0 .

$$R_{СИ} = 0,6SG, \quad (4)$$

где $G = \lg(P_0; P_L)$ – коэффициент передачи энергии (P_0 – выходная мощность излучения лазера, P_L – мощность излучения в пятне на цели); S – дальность видимости (расстояние, на котором черный объект различается на светлом фоне).

2. Параметров атмосферы.

Коэффициент ослабления K_{λ} для определённой метеорологической дальности видимости $d_{МДВ}$ определяется формулой рассеяния

$$K_{\lambda} \approx k_p(\lambda) = \frac{3,91}{d_{МДВ}} \left(\frac{\lambda}{0,55} \right)^{-0,58d_{МДВ}^{1/3}}, \quad (5)$$

где K_{λ} – показатель ослабления атмосферы для излучения с длиной волны λ .

3. Геометрического ослабления лазерного излучения.

Это явление возникает в дальномерных системах, т.к. отношение принимаемой и передаваемой мощностей определяется не только геометрическими параметрами элементов системы и объекта (цели), но и лазерного луча.

$$\frac{P_{пр}}{P_0} \approx \frac{R_1^2 R_2^2}{4\gamma^2 D^4}, \quad (6)$$

где R_1 – радиус линзы входного окуляра приёмника излучения; R_2 – радиус эффективной площади отражения объекта; γ – расходимость лазерного луча; D – измеряемое расстояние.

Модель переноса энергии изображена на рис.6.

Здесь dS_1 – площадь входного окуляра приёмника излучения; dS_2 – эффективная площадь отражения; θ_1 – угол между направлением на объект и нормалью линзы входного окуляра; θ_2 – угол между нормалью радиуса эффективной площади отражения объекта и направлением отраженного излучения.

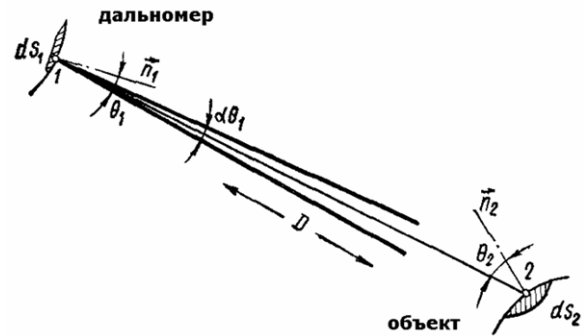


Рис. 6. Геометрия переноса энергии из точки 1 в точку 2 и обратно при дальности D

Таким образом, на приемник дальномера попадает часть энергии в телесном угле $d\theta_2$, т.е.

$$P_{пр} = P_0 \frac{dS_1 dS_2 \cos \theta_2}{4\pi^2 \gamma^2 D^4}. \quad (7)$$

В СУО военной техники используется импульсный метод определения дальности. Измеряется промежуток времени $\tau_{изм}$, необходимый для прохождения импульса излучения до объекта (цели) и обратно, по количеству калиброванных импульсов $n_{И}$. При этом

$$\tau_{изм} = n_{И} T = 2D/c; \quad (8)$$

$$D = 0,5c\tau_{изм}, \quad (9)$$

где T – период калиброванного импульса; D – дальность до цели; c – скорость света.

Погрешность измерения дальности определяется погрешностью измерения промежутка времени $\Delta\tau_{изм}$:

$$\Delta D = (D\Delta c/c + 0,5c\Delta\tau_{изм}) \approx 0,5c\Delta\tau_{изм}, \quad (10)$$

Ошибка измерения будет зависеть от временного сдвига встречного сигнала САП ЛД относительно отраженного измерительного импульса.

Энергия излучения САП ЛД зависит от наличия в приемном тракте дальномера СУО временной автоматической регулировки усиления, исключая влияние дальности на амплитуду сигнала с фо-

топриемного устройства (ФПУ). В таком случае коэффициент передачи приемного тракта определяется как

$$k(t) = At^2 I^{2K\lambda ct}, \quad (11)$$

где A – коэффициент пропорциональности.

Сигнал помехи из выходного канала САП ЛД должен иметь амплитуду не меньшую, чем измерительный импульс дальномера. Следовательно, условие, которому должна удовлетворять мощность излучения, может быть представлено в виде:

$$\frac{P_n(\lambda)}{\Omega_n} \geq P_{\text{ОТР}} \frac{\beta}{\delta} \left(1 \pm \frac{\Delta R}{R}\right)^2 \times \exp[-\sigma(R_{\text{ц}} \pm \Delta R)], \quad (12)$$

где $P_n(\lambda)$ – спектральная плотность мощности сигнала помехи; Ω_n – телесный угол; $P_{\text{ОТР}}$ – мощность отражённого импульса дальномера; β – коэффициент энергетической яркости поверхности облучаемого объекта (цели); $R_{\text{ц}}$ – действительная дальность до цели; ΔR – величина ошибки измерения дальности; δ – полоса пропускания оптического фильтра дальномера; σ – показатель ослабления излучения в атмосфере.

Выводы

В результате анализа характеристик систем наведения с использованием лазерного излучения, а также методов и средств оптико-электронной борьбы с ними, определены направления активного противодействия лазерным системам наведения ПТС. Наиболее эффективным является искажение значения дальности до объекта/цели, измеряемой при подготовке к выстрелу или пуску ракеты.

Для современных СУО и ОЭС наведения в режиме измерения дальности с помощью лазера характерно наличие спонтанного излучения, которое может быть использовано для обнаружения угрозы и организации противодействия. Решение проблемы заключается в обнаружении спонтанного излучения лазерного дальномера и формировании встречного сигнала, искажающего результаты измерения.

В результате теоретического исследования САП ЛД:

1. Выведено соотношение зависимости оптических характеристик фотоприемного устройства и параметров сигнала помехи, генерируемого системой.

2. Получены выражения, позволяющие определить оптимальные параметры приемного канала.

3. Выявлена зависимость обнаружения спонтанного излучения от:

- мощности лазерного излучения СУО;
- параметров атмосферы;

- геометрического ослабления лазерного излучения.

4. Показано, что ошибка измерения зависит от временного сдвига встречного сигнала САП ЛД относительно отраженного измерительного импульса СУО.

5. Сформулировано условие, которому должна удовлетворять мощность излучения выходного канала.

Полученные результаты дают основание для проведения анализа технических путей реализации системы активных помех лазерным дальномерам, как составной части комплекса защиты объекта БТТ.

Литература

1. Бярятинский, М.Б. *Танки XXI века [Текст] / М.Б. Бярятинский, В. Мальгинов. – М.: Коллекция: Яуза: ЭКСМО, 2010. – 464 с.*
2. Орлов, В.А. *Лазеры в военной технике: [по материалам заруб. печати] [Текст] / В.А. Орлов. – М.: Воениздат, 1976. – 174 с.*
3. *Лазерное излучение [Текст] / Под общ. ред. В.Я. Гранкина. – М.: Воениздат, 1977. – 199 с.*
4. Ольгин, С. *Проблемы оптоэлектронного противодействия (по взглядам зарубежных военных специалистов) [Текст] / С. Ольгин // Зарубежное военное обозрение. – 2002. – № 9. – С. 35–41.*
5. *Защита танков [Текст] / В.А. Григорян, Е.Г. Юдин, И.И. Терехин и др.; Под ред. В.А. Григоряна. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 327 с.*
6. *Ogorkiewicz, R.M. Detection and Obscuration Counter Anti-Armor Weapons. Development of active protection systems for combat vehicles is slowly gathering momentum [Text] / R.M. Ogorkiewicz // Jane's International Defense Review, January 2003. – P. 49–53.*
7. *Cassidian представила систему защиты от ракет с лазерным наведением [электронный ресурс] / Новости авиации и аэронавтики, 2013. – Режим доступа на сайт <http://sukhoi.ru>. – 12.03.2013.*
8. *Китайский «ослепитель»: боевой лазер ZM-87 [электронный ресурс] / Оружие и военная техника: от каменного топора до межконтинентальных ракет, 2013. – Режим доступа на сайт <http://proorujie.com>. – 12.03.2013.*
9. *Основной боевой танк «Тун-99» [электронный ресурс] / На вооружении, 2013. – Режим доступа на сайт <http://btvt.narod.ru>. – 12.03.2013.*
10. *Боевые машины пехоты (БМП) и специальные машины на их базе [электронный ресурс] / Военный паритет, 2013. – Режим доступа на сайт <http://www.militaryparitet.com>. – 12.03.2013.*
11. *Лазерный комплекс 1К11 «Стилет» и 1К17 «Сжатие» [электронный ресурс] / Статьи, 2013. – Режим доступа на сайт <http://www.npprusmet.ru>. – 12.03.2013.*
12. Федоров, Б.Ф. *Лазеры. Основы устройства*

и применение [Текст] / Б.Ф. Федоров. – М.: изд. ДОСААФ, 1988. – 192 с.

13. Диков, С.А. Военное применение лазерных технологий [электронный ресурс] / С.А. Диков // "Мир измерений". – 2010. – Режим доступа на сайт <http://ria-stk.ru>. – 12.03.2013.

14. Опτικο-електронные системы и лазерная техника: Энциклопедия XXI век [Текст]. Том 11. – М.: Издательский дом «Оружие и технологии», 2005. – 720 с.

15. О возможности создания индикаторов лазерного излучения с качественно новыми характеристиками [Текст] / В.В. Глебов, И.И. Васильченко, В.В. Кислов и др. // Радіоелектронні і комп'ютерні системи, 2013. – № 1(60). – С. 15–22.

16. Байбородин, Ю.В. Основы лазерной техники [Текст] / Ю.В. Байбородин. – К.: Выща шк. Голвне изд-во, 1988. – 383 с.

Поступила в редакцію 12.05.2013, рассмотрена на редколлегии 29.05.2013

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий кафедрой теоретической радиофизики Н.Н. Колчигин, Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Харьков

ПРО ПРОТИДІЮ ЛАЗЕРНИМ СИСТЕМАМ НАВЕДЕННЯ ПРОТИТАНКОВОЇ ЗБРОЇ ТА БОЄПРИПАСІВ

І.І. Васильченко, В.В. Глебов, В.М. Мошнін, С.О. Роленко, В.В. Кислов, М.О. Прохоров

Проведено аналіз систем наведення з використанням лазерного випромінювання, методів і засобів оптико-електронної боротьби з ними. Досліджено методи протидії лазерним системам наведення протитанкової зброї і боєприпасів. Теоретично обґрунтовано можливість створення системи активних перешкод лазерним далекомірам. Показано, що найбільш ефективним є спотворення значення дальності до цілі, яка вимірюється при підготовці до вистрілу чи пуску ракети. Рішення проблеми полягає у виявленні спонтанного випромінювання лазерного далекоміра і формуванні зворотного сигналу, що спотворює результати вимірів. Отримані результати виявляють шляхи технічної реалізації апаратури систем активних перешкод лазерним далекомірам.

Ключові слова: система наведення, далекомір, лазер, імпульс, протидія.

ABOUT COUNTERMEASURES AGAINST LASER GUIDANCE SYSTEMS OF ANTITANK WEAPONS AND AMMUNITION

I.I. Vasilchenko, V.V. Glebov, V.N. Moshnin, S.A. Rolenko, V.V. Kislov, N.A. Prokhorov

An analysis of laser irradiation-based guidance systems, methods and devices that are used for creating optoelectronic countermeasures to defeat the systems has been carried out. The methods of using countermeasures against laser-based systems intended for guidance of anti-tank weapons and ammunition have been studied. The possibility of developing a system to create active interference to laser range-finders has been theoretically substantiated. It is shown that the most effective is the distortion value of target range, measured in preparation for a shot or launch rockets. The solution lies in the detection of spontaneous emission of a laser range finder and the formation of a counter signal, distorting the measurement results. The results identify how the technical implementation of hardware systems jamming laser rangefinder.

Key words: guidance system, range-finder, laser, pulse, countermeasures.

Васильченко Иван Иванович – канд. техн. наук, Технический эксперт, Харьков.

Глебов Василий Васильевич – канд. техн. наук, с.н.с., зам. главного конструктора ГП "ХКБМ им. А.А. Морозова", Харьков.

Мошнин Виктор Николаевич – зам. главного конструктора ГП "ХКБМ им. А.А. Морозова", Харьков.

Роленко Сергей Александрович – начальник отдела ГП "ХКБМ им. А.А. Морозова", Харьков.

Кислов Вячеслав Владимирович – канд. техн. наук, директор КБ «Щит», Харьков.

Прохоров Николай Алексеевич – ведущий специалист КБ «Щит», Харьков.