

АНАЛИЗ СИСТЕМ АНТИТЕПЛОВИЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ

С. В. МИХЕЕВ¹, И. А. НОВИКОВ², А. А. ГОРБАЧЁВ¹

¹Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: gorbachev@corp.ifmo.ru

²Балтийский государственный технический университет „Военмех“ им. Д. Ф. Устинова,
190005, Санкт-Петербург, Россия

Представлен анализ современного состояния систем и средств антитепловизионной защиты объектов и предложена их классификация по принципам реализации, временным и функциональным параметрам, а также по типу защиты. Показано, что наиболее перспективное направление антитепловизионной защиты объектов — создание комплексных регулируемых динамических активных систем, обладающих такими свойствами, как скрытность, создание ложного образа, реализация „черной дыры“. Спрогнозирован переход тепловизионных задач обнаружения, распознавания и слежения к задачам антитепловизионной защиты объектов от средств их поражения. Для решения этих задач потребуются тепловизионные системы с более высоким геометрооптическим и временным разрешением, а также новые способы антитепловизионной защиты от средств поражения.

Ключевые слова: оптико-электронная система, тепловидение, тепловизионная система, антитепловизионная защита

Задачи поиска, обнаружения, распознавания и идентификации объектов военной техники в условиях плохой видимости (дождь, туман, снег, недостаточная освещенность) успешно решаются с помощью тепловизионных систем (ТВС). Современное состояние ТВС и направлений их развития наиболее полно описано в работах [1—3]. Взаимосвязь между временным разрешением (быстродействием) ТВС и построенными на основе критерия Джонсона вероятностями обнаружения/распознавания объектов военной техники рассматривается в работе [1].

Развитие ТВС привело к появлению задачи антитепловизионной защиты (АТВЗ) объектов. В настоящей статье представлен анализ имеющихся систем АТВЗ, проведена их классификация по различным характеристикам и приведен прогноз направлений развития способов АТВЗ.

В настоящее время во всех странах мира существует множество разных систем АТВЗ. Можно выделить два принципа реализации АТВЗ [4].

Первый принцип — создание антитепловизионных покрытий (АТВП), отражающих ИК-излучение, исходящее от объекта в рабочих диапазонах функционирования ТВС. Иными словами, решается задача „обнуления“ ИК-излучения, регистрируемого ТВС. Недостатки этого подхода общеизвестны, поэтому применение таких АТВП весьма ограничено (шлемы, бронестекла для авиа- и бронетехники).

Второй принцип — „обнуление“ температурного контраста между поверхностью объекта и температурой окружающей среды, что позволяет обеспечить многоспектральную скрытность объекта. Системы АТВЗ такого типа составляют большинство имеющихся в мире. При этом могут использоваться пассивные, активные и пассивно-активные антитепловизионные покрытия. Кроме того, посредством выбора АТВП можно создавать управляемый температурный контраст между температурой внешней среды и разными областями поверхности объекта, что позволяет реализовать, например, создание ложного тепловизионного образа объекта.

Рассмотрим типы антитепловизионных покрытий.

Пассивные АТВП — это поглощающие антитепловизионные покрытия, температура на внешней стороне поверхности которых мало отличается от температуры окружающей среды. Для создания пассивных АТВП используются разные технологии; модификация этих покрытий от односвязной конструкции к модульной (однослойной или многослойной) обеспечивает свойства многофункциональности [4, 5]. Недостатки пассивных АТВП — возможность внутреннего перегрева защищаемого объекта, недостаточная эффективность и низкая прочность; достоинство — универсальность применения.

К *активным АТВП* можно отнести антитепловизионные покрытия с активными модульными элементами, которые позволяют регулировать температуру внешней поверхности покрытия. Такая регулировка осуществляется за счет подводимой извне электрической энергии или использования хладагента. Преимущества активных АТВП — гибкость и эффективность результатов действия системы АТВЗ; недостатки — осложнение конструкции и увеличение массоэнергетических параметров объекта.

Пассивно-активные АТВП — это сочетание обеих типов АТВП.

Системы и средства антитепловизионной защиты можно классифицировать по временным параметрам [5, 6] и функциональному назначению.

Средства АТВЗ долговременного действия — от нескольких часов до нескольких суток и более; применяются для маскировки людей и военной техники (бронетехника, транспорт, мобильные комплексы и др.) в периоды простоя, марша и подготовки к боевым действиям.

Средства АТВЗ кратковременного действия — до нескольких часов (вплоть до суток); применяются для защиты военной техники в процессе боевых действий, а также подготовки к ним.

Средства АТВЗ мгновенного действия — от нескольких секунд (возможен режим „мгновенного“ действия) до нескольких часов; предназначены, как правило, для работы в режиме обнаружения, распознавания и слежения; применяются в боевой обстановке для нейтрализации опасных ситуаций, таких как обнаружение защищаемого объекта противником, момент выстрела и слежение за средствами поражения. После этого начинают действовать системы защиты объекта и уничтожения средств поражения, которые можно классифицировать следующим образом:

- мгновенные тепловые и аэрозольные завесы;
- создание мощного ИК-излучения;
- создание виртуального образа цели;
- создание „черной дыры“ — мгновенное переохладение поверхности объекта;
- отстрел тепловых ловушек, подрыв гранат и зарядов.

В настоящее время полноценная система АТВЗ мгновенного действия (для бронетехники) еще не создана. Частично она реализована в шведской системе „Adaptive“ [7]. Эффективная радиолокационная система обнаружения средств поражения и система их уничтожения реализована в России („Арена Э“).

Исторически можно выделить два поколения развития систем АТВЗ.

Первое поколение (до конца 2012 г.) — системы АТВЗ длительного действия стали развиваться первыми как самые простые и наиболее очевидные. Прежде всего, начали применяться металлические экраны, а также дымовые и аэрозольные завесы, внутри которых можно скрыть военную технику больших габаритов, склады, аэродромы. Параллельно получили развитие пассивные односвязные АТВП, например плащ для стрелка или защитный материал „накидка“ для бронетехники [4], после чего начался период развития пассивных модульных АТВП [6].

Второе поколение — системы АТВЗ всех типов (по времени действия) активно развиваются в настоящее время. Приведем несколько примеров. Так, шведская система АТВЗ MCS

обеспечивает защиту техники от средств обнаружения и идентификации: камуфляжная накидка MCS фирмы „Saab Barracuda“ [8], реализованная по модульному принципу с активными терморегулирующими элементами, обеспечивает многоспектральную (включая ИК-диапазон) защиту военной техники. Также известна система АТВЗ второго поколения для танка „Абрамс“, которая охлаждает наиболее горячие зоны танка (двигатель, выхлопная труба) посредством подачи из бака жидкого азота [9]. Наибольшими возможностями в настоящее время обладает упомянутая выше шведская система АТВЗ „Adaptiv“ [7], позволяющая маскировать танк под окружающую обстановку или создать ложный образ. Эта система также может обеспечить аэрозольную маскировку, произвести отстрел гранат, ставящих специальную защитную тепловую завесу (АТВЗ мгновенного действия).

Наиболее перспективными в плане развития являются **комплексные** АТВЗ, интегрирующие все три типа защиты, в том числе для каждого рода войск. При этом особенно возрастает роль систем АТВЗ **мгновенного** действия.

Современная система антитепловизионной защиты объектов должна быть адаптирована к окружающей обстановке, т.е. характеристики защитного покрытия должны динамично изменяться. Реализация таких активных регулируемых модульных систем может быть основана на следующих принципах и материалах:

— охлаждение посредством хладагентов (жидкий азот) — можно реализовать как плавную адаптацию к окружающей обстановке [10], так и мгновенное переохлаждение поверхности объекта („черная дыра“);

— регулируемое охлаждение на основе терморегулируемых модулей системы АТВЗ (эффект Пельтье) — примером такой системы является „Black Fox“ [7, 10];

— использование поликристаллических материалов с фазовым переходом типа полупроводник — металл (оксиды ванадия чистые или легированные другими металлами); при этом для защиты используются электрические и оптические свойства материала (показатель преломления, коэффициент отражения) [11];

— для активных АТВЗ возможно использование материалов с тепловой памятью (сегнетокерамики в области фазового перехода типа параэлектрик — ферроэлектрик); при этом могут использоваться такие физические явления, как интерференция, усиление тепловых волн и др. [12, 13].

Логика развития военной техники приводит к тому, что в ближайшее время сами средства поражения объектов (гранаты, ракеты, снаряды) будут оснащены антирадарными и антитепловизионными покрытиями. Пассивные антирадарные покрытия можно использовать для средств поражения. Существующие средства АТВЗ и антитепловизионные материалы практически неприменимы для средств поражения. Необходимо разрабатывать новые методы реализации защиты такого типа. Так, в качестве одного из решений можно предложить метод термоэмиссионного охлаждения для быстро движущегося снаряда или ракеты, а для повышения эффективности охлаждения объекта можно указанный метод скомбинировать с термоэлектрическим охлаждением.

Итак, анализ современного состояния систем АТВЗ объектов показал, что комплексные системы, интегрирующие все три типа антитепловизионной защиты, наиболее перспективны для будущего военной техники. Описаны применяющиеся и перспективные способы реализации активных антитепловизионных покрытий, используемых для комплексных систем АТВЗ объектов.

Для решения тепловизионных задач обнаружения и распознавания средств поражения объектов военной техники, а также слежения за ними необходимы тепловизионные системы с повышенным оптическим и временным разрешением. Для реализации антитепловизионной защиты средств поражения объектов военной техники необходимо разработать способы, основанные, например, на термоэмиссионном и термоэлектрическом охлаждении средств поражения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарасов В. В., Якушенков Ю. Г. Инфракрасные системы „смотрящего“ типа. М.: Логос, 2004.
2. Тарасов В. В., Якушенков Ю. Г. Современное состояние и перспективы развития зарубежных тепловизионных систем // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 3 (85). С. 1—13.
3. Якушенков Ю. Г. Инфракрасные оптико-электронные системы 3-го поколения: перспективы развития // Изв. вузов. Физика. 2013. Т. 56, № 8/3. С. 266—268.
4. Новиков И. А., Агошков О. Г., Иванченко М. М. Принципы реализации антитепловизионной защиты // Вестн. БГТУ „Военмех“. 2009. № 6. С. 29—33.
5. Новиков И. А., Агошков О. Г., Иванченко М. М., Егоров Н. О. Критериальная оценка антитепловизионных покрытий // Инновационные технологии и технические средства специального назначения: Тр. IV НПК. СПб: БГТУ „Военмех“. 2011. С. 85—93.
6. Поляков С. Ю., Ленкин В. М., Королев С. С., Змиевской Г. А. Пути усовершенствования противодействия тепловизионной разведке // Сб. науч. тр. Харьковского нац. ун-та Воздушных сил. 2015. № 1. С. 7—15.
7. BAE Systems. Adaptiv – a Unique Camouflage System [Электронный ресурс]: <<https://www.baesystems.com/en/feature/adativ-cloak-of-invisibility>>.
8. Военное обозрение. Как стать невидимым: камуфляж приобретает все большее значение / Пер. А. Алексеев [Электронный ресурс]: <<https://topwar.ru/111986-kak-stat-nevidimym-novoe-na-rynke-kamuflyazha.html>>.
9. М1 „Абрамс“ слился с местностью [Электронный ресурс]: <http://www.militaryparitet.com/tp/data/ic_ttp/6860>.
10. Black Fox: Thermal stealth suite for combat vehicles // Defense Update. Online Defense Magazine [Электронный ресурс]: <https://defense-update.com/20100515_black-fox.html>.
11. Perfect optical absorber invented at Harvard University (Brian Dodson), 2012 [Электронный ресурс]: <<http://www.gizmag.com/perfect-optical-absorber/25326/>>.
12. Novikov I. A. Harmonic thermal waves in materials with thermal memory // J. Appl. Physics. 1997. N 81. P. 1067—1072.
13. Новиков И. А. Перспективы применения материалов с тепловой памятью // Вестн. БГТУ „Военмех“. 2013. № 16. С. 161—169.

Сведения об авторах

- Сергей Васильевич Михеев** — канд. техн. наук; Университет ИТМО, кафедра оптико-электронных приборов и систем; E-mail: serg7uz@mail.ru
- Игорь Алексеевич Новиков** — д-р физ.-мат. наук, профессор; БГТУ „Военмех“, факультет вооружения; E-mail: igor0nov@mail.ru
- Алексей Александрович Горбачёв** — канд. техн. наук; Университет ИТМО, кафедра оптико-электронных приборов и систем; E-mail: gorbachev@corp.ifmo.ru

Поступила в редакцию
20.08.18 г.

Ссылка для цитирования: Михеев С. В., Новиков И. А., Горбачёв А. А. Анализ систем антитепловизионной защиты объектов // Изв. вузов. Приборостроение. 2018. Т. 61, № 9. С. 756—760.

ANALYSIS OF SYSTEMS FOR OBJECT PROTECTION AGAINST THERMAL-VISION MEANS

S. V. Mikheev¹, I. A. Novikov², A. A. Gorbachev¹

¹ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia
E-mail: gorbachev@corp.ifmo.ru

²D. F. Ustinov Baltic State Technical University “Voenmeh”,
190005, St. Petersburg, Russia

An analysis of the current state of systems of object protection against thermal-vision means is presented. The proposed classification of the systems considers their implementation principles, temporal and functional parameters, and the type of provided protection. The most promising direction in designing

the protection systems is shown to be development of complex adjustable dynamic active systems with such properties as stealth, creation of a false image, and implementation of a "black hole". Transition of mainstream in thermal imaging from the problems of detection, recognition, and tracking to problems of object protection against means of thermal-vision detection and destruction is predicted. To solve these problems, thermal imaging systems with a higher geometric and temporal resolution will be required, as well as developments of new methods of anti-infrared protection for weapons.

Keywords: optical-electronic system, thermal imaging, thermal vision system, thermal stealth technology

REFERENCES

1. Tarasov V.V., Yakushenkov Yu.G. *Infrakrasnyye sistemy "smotryashchego" tipa* (The Infrared Systems of the "Looking" Type), Moscow, 2004. (in Russ.)
2. Tarasov V.V., Yakushenkov Yu.G. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2013, no. 3(85), pp. 1–13. (in Russ.)
3. Yakushenkov Yu.G. *Russian Physics Journal*, 2013, no. 8/3(56), pp. 266–268. (in Russ.)
4. Novikov I.A., Agoshkov O.G., Ivanchenko M.M. *Voyenmekh. Vestnik BGTU*, 2009, no. 6, pp. 29–33. (in Russ.)
5. Novikov I.A., Agoshkov O.G., Ivanchenko M.M., Egorov N.O. *Innovatsionnyye tekhnologii i tekhnicheskiye sredstva spetsial'nogo naznacheniya* (Innovative Technologies and Technical Means of Special Purpose), Proc. of the IV Scientific-Practical Conference, St. Petersburg, 2011, pp. 85–93. (in Russ.)
6. Polyakov S.Yu., Lenkin V.M., Korolev S.S., Zmiyevskey G.A. *Sbornik nauchnykh trudov Khar'kovskogo natsional'nogo universiteta Vozdushnykh Sil* (Collection of Scientific Works of the Kharkiv National University of Air Forces), 2015, no. 1, pp. 7–15. (in Russ.)
7. BAE Systems. ADAPTIV – a unique camouflage system. <https://www.baesystems.com/en/feature/adativ-cloak-of-invisibility>.
8. <https://topwar.ru/111986-kak-stat-nevidimym-novoe-na-rynke-kamuflyazha.html>.
9. http://www.militaryparitet.com/ttp/data/ic_ttp/6860.
10. Black Fox: Thermal Stealth Suite for Combat Vehicles. Defense update. Online defense magazine, https://defense-update.com/20100515_black-fox.html.
11. Perfect optical absorber invented at Harvard University. Brian Dodson December 7th, 2012, <http://www.gizmag.com/perfect-optical-absorber/25326/>.
12. Novikov I.A. *J. Appl. Phys.* 1997, no. 81, pp. 1067–1072.
13. Novikov I.A. *Voyenmekh. Vestnik BGTU*, 2013, no. 16, pp. 161–169. (in Russ)

Data on authors

- Sergey V. Mikheev** — PhD; ITMO University, Department of Optical-Electronic Devices and Systems; E-mail: serg7uz@mail.ru
- Igor A. Novikov** — Dr. Sci., Professor; D.F. Ustinov Baltic State Technical University "Voenmeh", Weapons Faculty; E-mail: igor0nov@mail.ru
- Alexey A. Gorbachev** — PhD; ITMO University, Department of Optical-Electronic Devices and Systems; E-mail: gorbachev@corp.ifmo.ru

For citation: Mikheev S. V., Novikov I. A., Gorbachev A. A. Analysis of systems for object protection against thermal-vision means. *Journal of Instrument Engineering*. 2018. Vol. 61, N 9. P. 756–760 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2018-61-9-756-760