

МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ,
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 004

DOI: 10.17212/2782-2230-2025-1-9-27

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ТЕПЛОВИЗОРОВ В СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМАХ
ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ*

С.В. БЫКОВ¹, И.А. ЕРШОВ², В.Р. БЕЛЯЕВА³, В.А. ВОРОНКИНА⁴,
А.Л. КИРЮШИНА⁵

¹ 630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, старший преподаватель кафедры защиты информации. E-mail: s.bykov@corp.nstu.ru

² 630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, старший преподаватель кафедры защиты информации. E-mail: erшов@corp.nstu.ru

³ 630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, студент кафедры защиты информации. E-mail: v.belyaeva.2022@stud.nstu.ru

⁴ 630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, студент кафедры защиты информации. E-mail: voronkina.2022@stud.nstu.ru

⁵ 630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, студент кафедры защиты информации. E-mail: a.kiryushina.2022@stud.nstu.ru

В настоящее время тепловизионные IP-камеры Hikvision «DS-2TD2617B-6/PA» являются одними из актуальных и широко используемых устройств в системах видеонаблюдения. Для определения особенностей работы IP-камеры в различных условиях эксплуатации определены, сымитированы и подробно рассмотрены типовые ситуации в рамках использования устройства, в том числе этапы проведения пусконаладочных работ. Выполнен сравнительный анализ тепловизоров и видеокамер по ключевым параметрам их работы в условиях нормального освещения, темного времени суток, наличия «тумана», препятствия и лазерного излучения. В работе представлен ряд преимуществ тепловизора и особенности его работы в сравнении с видеокамерой.

Полученные результаты могут быть полезны для повышения качества подготовки специалистов в области защиты информации и разработки систем наблюдения.

Ключевые слова: тепловизор, IP-камера, видеокамера, системы видеонаблюдения

* Статья получена 10 января 2025 г.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время видеокамеры и тепловизоры являются одними из широко используемых источников информации в системах видеонаблюдения. Устройства широко применяются для различных целей, таких как контроль безопасности и мониторинг промышленных процессов, а также для проведения исследований в учебных учреждениях.

Тепловизоры, являющиеся оптико-электронными приборами, предназначены для бесконтактного наблюдения и регистрации распределения радиационной температуры объектов, которые находятся в поле их зрения. С помощью тепловизоров формируется временная последовательность термограмм, которая позволяет определять температуру поверхности объекта с учетом коэффициентов излучения и параметров съемки (включая температуру окружающей среды, пропускание атмосферы, дистанцию наблюдения и др.) [1].

Видеокамеры, в свою очередь, обеспечивают телевизионный анализ сцены посредством оптико-электронного преобразования и передачи видеосигнала [2]. Системы видеонаблюдения включают в себя комплекс технических и программных средств, обеспечивающих запись и хранение видеоданных, а также информационный обмен между устройствами [2].

Широкое использование видеокамер объясняется тем, что изображения с них более привычны для восприятия человеком и стоимость видеокамер значительно ниже, чем тепловизоров. Тем не менее тепловизоры имеют свои преимущества, такие как меньшая подверженность искажениям, вызванным оптическими характеристиками среды.

Для формирования у студентов более полного представления о преимуществах и недостатках обоих типов устройств необходимо организовать лабораторные занятия, на которых можно было бы провести практическое сравнение видеокамер и тепловизора.

Целью настоящего исследования является выявление особенностей использования тепловизоров в современных системах видеонаблюдения на основе данных, полученных в ходе проведения лабораторной работы «Современные системы видеонаблюдения».

1. ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Тепловизоры получили широкое применение во время эпидемии COVID-19 в 2019 году. Для обеспечения бесконтактного измерения температуры в учебных корпусах Новосибирского государственного технического университета (НЭТИ) были установлены тепловизионные IP-камеры

Hikvision «Тепловизионная IP-камера DS-2TD2617B-6/PA». После отмены карантинного режима они утратили свою актуальность и было решено предоставить их для учебных целей. В настоящее время разработана и используется в учебном процессе лабораторная работа «Современные системы видеонаблюдения». Для повышения уровня компетенции студентов было предложено интегрировать тепловизионную IP-камеру в существующую лабораторную работу.

Для интеграции тепловизора в рамках существующей лабораторной работы необходимо реализовать несколько задач:

- 1) определить наиболее удобный способ сброса настроек;
- 2) определить типовые ситуации, в которых проявляются особенности тепловизора и видеокамеры;
- 3) разработать способы имитации влияния внешней среды;
- 4) провести экспериментальные работы;
- 5) выявить особенности работы тепловизора путем анализа данных, полученных в ходе проведения экспериментов.

2. ПОДГОТОВКА IP-КАМЕРЫ К РАБОТЕ

Первым этапом лабораторной работы является имитация проведения пусконаладочных работ. Для этого необходимо осуществить подачу питания и сброс настроек устройства.

2.1. ВЫБОР ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

Дополнительным фактором исследования был выбор способа питания. В технической документации прибора Hikvision «Тепловизионная IP-камера DS-2TD2617B-6/PA» предусмотрено 2 способа питания устройства:

- PoE (802.3af, класс 3);
- DC 12 В $\pm$ 20 %, двухъядерный терминальный блок [3].

Было решено использовать внешний блок питания, так как он используется в рамках существующей лабораторной работы, PoE-режим отсутствует.

2.2. СБРОС НАСТРОЕК КАМЕРЫ

Первым этапом работы является сброс IP-камеры до заводских настроек. Существует 3 способа сброса:

- с помощью подключения камеры через локальную сеть;

- с помощью подключения камеры с компьютера через РоЕ-порт;
- с помощью встроенной кнопки сброса [4].

Способ сброса с помощью РоЕ-порта не удовлетворял условиям лабораторной работы. Способ сброса при помощи интерфейса камеры также не дал результатов, так как не удалось идентифицировать камеры в локальной сети по ее стандартному IP-адресу. Поэтому сброс настроек производился аппаратно через встроенную кнопку сброса.

Для начала работы необходимо было подключить устройство к источнику питания и к коммутатору. После включения питания на устройстве индигировались описанные в инструкции признаки успешного включения. Для осуществления сброса использовалась кнопка, находящаяся под корпусом камеры.

Алгоритм сброса настроек камеры:

- 1) отключить питание;
- 2) удерживая кнопку, включить питание;
- 3) удерживать кнопку в течение 15–20 секунд [4].

После завершения сброса камера подключалась к компьютеру через Ethernet-кабель, чтобы проверить ее наличие в сети. Попытка подключиться к камере через ее IP-адрес по умолчанию не увенчалась успехом, что указало на возможный сбой в процессе сброса.

2.3. ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ КАМЕРЫ

В результате нескольких неудачных попыток сброса было решено использовать специализированное приложение SADP [5] для диагностики состояния устройства. С помощью приложения выяснилось, что камера не была обнаружена в сети – это могло указывать на проблему с подачей питания. При осмотре было установлено, что существуют особые требования к конструкции разъема питания. Был подобран разъем необходимой конструкции, и в качестве источника питания было решено использовать PPE-3323 [6].

Подключение оказалось успешным: камера снова появилась в сети. Повторный сброс с использованием кнопки сброса позволил получить доступ к камере по ее IP-адресу. Переход на страницу входа устройства прошел успешно.

После успешной аутентификации был установлен необходимый плагин для корректной работы интерфейса камеры (рис. 1). Это позволило активировать все функции управления камерой и провести дальнейшую настройку для лабораторной работы.

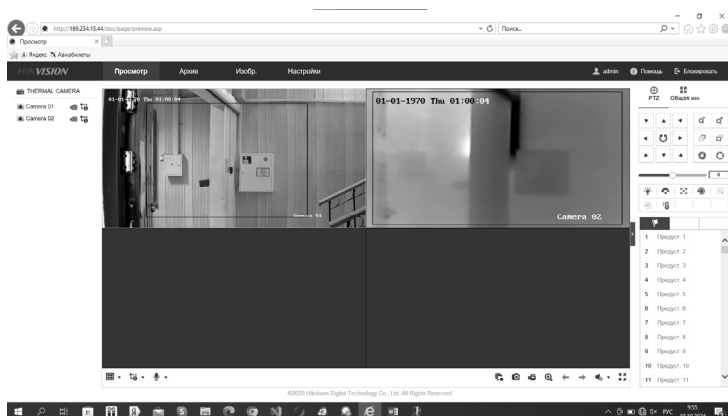


Рис. 1. Платформа Hikvision

3. ВЫБОР ТИПОВЫХ УСЛОВИЙ СРАВНЕНИЯ ТЕПЛОВИЗОРА И ВИДЕОКАМЕРЫ

На этом этапе проведения лабораторной работы необходимо определить типовые условия для сравнения работы тепловизора и видеокамеры. Эксперименты помогут оценить эффективность работы устройств в различных погодных и бытовых условиях.

3.1. НОРМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ РАБОТЫ ТЕПЛОВИЗОРА

Задача эксперимента: определить вероятность распознавания человека при помощи тепловизора в нормальных условиях освещения и температуры окружающей среды, а также определить реакцию тепловизора на повышенную температуру тела человека.

Описание эксперимента. Эксперимент проводится студентами в условиях нормального освещения и оптимальной температуры. Один студент садится перед компьютером, на экране транслируется изображение с тепловизора, а изображение с видеокамеры временно скрыто. Перед камерой проходят пять знакомых студенту человек, и компьютер должен попытаться определить их личности, записывая свои догадки. Затем ему открывают доступ к изображению с видеокамеры, чтобы он мог проверить достоверность своих предположений. Эксперимент проводится трижды с разными участниками, что позволяет оценить точность распознавания.

Также для проверки чувствительности тепловизора к повышенной температуре тела перед камерой встает человек с нормальной температурой, и фиксируется показание устройства. Затем лоб студента нагревают феном и регистрируется реакция тепловизора на температурные изменения.

3.2. РАБОТА ТЕПЛОВИЗОРА В ТЕМНОЕ ВРЕМЯ СУТОК

Задача эксперимента: исследовать, как условия темного времени суток (низкая освещенность) влияют на эффективность работы тепловизора.

Описание эксперимента. Для имитации условий темного времени суток эксперимент проводится в аудитории 103 корпуса 7 Новосибирского государственного технического университета, в которой есть зона без доступа естественного света. Один студент встает в освещенную часть аудитории, а другой – в темную зону, что позволяет имитировать зоны с разной степенью освещенности. После этого на экране анализируется, насколько четко тепловизор отображает студентов в зонах различной освещенности.

3.3. ТУМАН

Задача эксперимента: оценить влияние «тумана» на оптические показатели тепловизора.

Описание эксперимента. Для имитации тумана зона видимости камеры перекрывается тонкой полупрозрачной тканью, такой как тюль. Студент встает позади ткани, и изображение с тепловизора фиксируется на экране. Затем ткань убирается и регистрируются изменения тепловых показателей, что позволяет оценить, как условия недостаточной видимости влияют на распознавание объектов тепловизором.

3.4. ПРЕПЯТСТВИЕ

Задача эксперимента: определить, сможет ли тепловизор фиксировать температурные показатели через препятствие.

Описание эксперимента. Зона видимости камеры перекрывается плотной тканью, за которой стоит студент. На экране фиксируется наличие или отсутствие теплового сигнала, исходящего от объекта за тканью. После этого ткань убирается и регистрируются изменения в отображении, что позволяет сделать вывод о способности тепловизора воспринимать объекты в условиях ограниченной видимости.

3.5. ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ РАБОТЫ ТЕПЛОВИЗОРА

Цель эксперимента: проверить гипотезу о том, что тепловизор не реагирует на оптическое излучение лазерной указки.

Описание эксперимента. Студент становится перед тепловизором и направляет лазерную указку на объектив устройства. Сравниваются данные, полученные тепловизором и обычной видеокамерой, для оценки того, проявляет ли тепловизор реакцию на оптическое излучение лазера.

4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ПРАВДОПОДОБНОСТИ ИМИТАЦИИ ТИПОВЫХ УСЛОВИЙ

Для проверки правдоподобности выбранных условий сравнения тепловизора и видеокамеры была проведена серия экспериментов. Эксперименты направлены на проверку ключевых характеристик устройств при различных моделируемых условиях, что позволяет объективно оценить возможности каждого прибора и сделать выводы о целесообразности их применения в тех или иных ситуациях.

В экспериментах принимали участие студенты 3-го курса кафедры защиты информации Новосибирского государственного технического университета.

4.1. НОРМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ

Результаты эксперимента, проведенного в нормальных условиях освещения и при нормальной температуре окружающей среды, представлены на рис. 2–5.



Рис. 2. Студент № 1 перед тепловизионной камерой

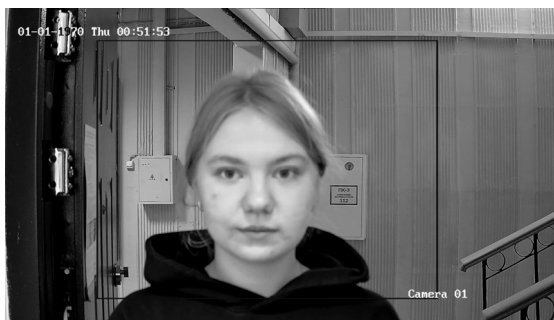


Рис. 3. Студент № 1 перед обычной камерой



Рис. 4. Студент № 2 перед тепловизионной камерой



Рис. 5. Студент № 2 перед обычной камерой

В результате трех проведенных опытов со студентами выяснилось, что успешное опознание происходит примерно в двух случаях из трех.

В ходе эксперимента было установлено, что с помощью тепловизора человека можно легко опознать по некоторым характерным признакам. Аксессуары, такие как очки, головные уборы, а также особенности строения тела – длина волос, рост и телосложение – помогают идентифицировать человека.

На рис. 6 представлено изображение с тепловизора при условии нормальной температуры тела человека.



Рис. 6. Изображение при нормальной температуре тела

На рис. 7 представлено изображение с тепловизора при повышенной температуре тела человека.



Рис. 7. Изображение при повышенной температуре тела

В рамках опыта тепловизор зафиксировал превышение температуры тела студента, выделив участок красным цветом, и воспроизвел голосовое предупреждение: «Temperature is unnormal. Please check» [7, 8]. Эта функция подтверждает полезность тепловизоров для бесконтактного контроля температуры, особенно в общественных местах, таких как университеты, больницы и другие учреждения.

4.2. ТЕМНОЕ ВРЕМЯ СУТОК

Результаты эксперимента, проведенного в помещении с разным освещением, представлены на рис. 8 и 9.



Рис. 8. Изображение с камеры



Рис. 9. Изображение с тепловизора

Результаты эксперимента показали, что уровень освещенности не влияет на работу тепловизора [9]. Устройство фиксирует присутствие человека при нормальном освещении так же, как и в условиях недостаточной освещенности.

4.3. ТУМАН

На рис. 10 и 11 представлено изображение с камеры и тепловизора в обычных условиях.



Рис. 10. Изображение с камеры в обычных условиях



Рис. 11. Изображение с тепловизора в обычных условиях

Далее для имитации тумана камеру завешивают тюлем, результат представлен на рис. 12 и 13.



Рис. 12. Изображение с камеры в условиях тумана



Рис. 13. Изображение с тепловизора в условиях тумана

Результаты эксперимента показали, что туман практически не влияет на работу тепловизора [11]. Устройство с одинаковой точностью фиксирует присутствие и температуру человека как при нормальных условиях, так и в условиях тумана.

4.4. ПРЕПЯТСТВИЕ

На рис. 10 и 11 представлены изображения с камеры и тепловизора в обычных условиях.

Для имитации препятствия камеру завешивают плотной тканью так, чтобы на камере его не было видно, результат представлен на рис. 14 и 15.

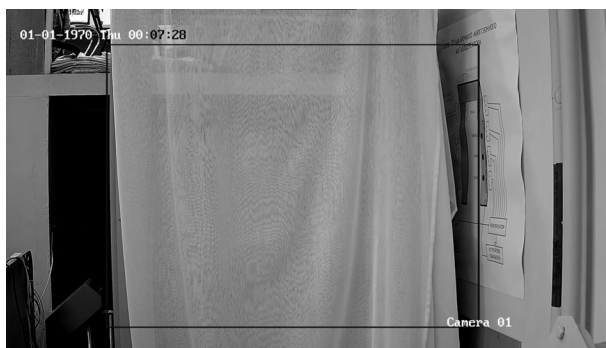


Рис. 14. Изображение с камеры с препятствием



Рис. 15. Изображение с тепловизора с препятствием

Результаты эксперимента показали, что препятствие перед камерой незначительно влияет на работу тепловизора [12]. На камере человека не видно за препятствием, на тепловизоре силуэт человека виден не так четко, как в нормальных условиях, температура тела не определяется.

4.5. ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

На рис. 16 и 17 представлены изображения с камеры и тепловизора при воздействии лазерного излучения.



Рис. 16. Изображение с камеры при воздействии лазера



Рис. 17. Изображение с тепловизора при воздействии лазера

Результаты эксперимента показали, что тепловизор не воспринимает лазерное излучение, которое отчетливо можно наблюдать на изображении с камеры [14, 15]. Следовательно, гипотеза о том, что тепловизоры не реагируют на лазерное излучение, подтвердилась.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные эксперименты подтвердили эффективность использования тепловизоров в различных условиях эксплуатации. Были определены оптимальные способы сброса настроек устройства, что обеспечило стабильность его работы в учебных целях. Выявлены типовые ситуации, демонстрирующие ключевые особенности тепловизоров: их устойчивость к низкой освещен-

ности, оптическим помехам, а также способность фиксировать температурные показатели, в том числе через препятствия. Используемые методы имитации влияния внешней среды, такие как туман и лазерное излучение, позволили объективно оценить преимущества тепловизоров перед стандартными видеокамерами, но стоит отметить, что полностью заменить видеокамеру тепловизор не способен из-за возможных сложностей, связанных с идентификацией человека.

Таким образом, настройка, рассмотренные типовые ситуации и имитация различных условий эксплуатации полезны в рамках проведения лабораторной работы «Современные системы видеонаблюдения», так как они демонстрируют практическую значимость тепловизоров в системах видеонаблюдения, что способствует развитию у студентов навыка оценки эффективности оборудования в реальных условиях эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 51588–2014. Средства и системы охранные телевизионные. Классификация. Общие технические требования. Методы испытаний: взамен ГОСТ Р 51558–2008. – М.: Стандартинформ, 2014. – 23 с.
2. ГОСТ Р 8.619–2006. Приборы тепловизионные измерительные. Методика поверки. – М.: Стандартинформ, 2006. – 14 с.
3. Infotech. Сброс до заводских настроек камер Hikvision, подключенных к POE портам видеорегистратора. – 2021, 25 августа. – URL: <https://infotech.com.ua/ru/article/hikvision-poe> (дата обращения: 20.09.2024).
4. Тепловизионная IP-камера DS-2TD2617B-6/PA. Паспорт изделия / Hangzhou Hikvision Digital Technology Co., Ltd. – 6 с.
5. SADP Software. User manual. UD08334B / Hangzhou Hikvision Digital Technology Co., Ltd. – 2017. – 34 p.
6. Programmable Power Supply PPE-1323/3323. User manual. GW Instek part no. 82PE-33230MD / Good Will Instrument Co., Ltd. – 53 p.
7. Thermal & Optical Bi-spectrum Network Camera. User manual / Hangzhou Hikvision Digital Technology Co., Ltd. – 116 p.
8. Руководство пользователя по установке и настройке тепловизоров для измерения температуры человека. V 1.2_20200512 / Hangzhou Hikvision Digital Technology Co., Ltd. – Solution Team Technical Department, 2020. – 43 с.
9. Основы тепловидения / В.В. Коротаев, Г.С. Мельников, С.В. Михеев, В.М. Самков, Ю.И. Солдатов. – СПб.: НИУ ИТМО, 2012. – 122 с.
10. Тарасов В.В., Якушенков Ю.Г. Инфракрасные системы «смотрящего» типа. – М.: Логос, 2004. – 454 с.

11. Price J., Stokkereit K. The use of thermal infra-red imagery to elucidate the dynamics and processes occurring in fog // Atmosphere. – 2020. – Vol. 11 (3). – P. 240. – DOI: 10.3390/atmos11030240.
12. Review on infrared imaging technology / F. Hou, Y. Zhang, Y. Zhou, M. Zhang, B. Lv, J. Wu // Sustainability. – 2022. – Vol. 14 (18). – P. 11161. – DOI: 10.3390/su141811161.
13. Круз П., Макглоулин Л., Макквистан Р. Основы инфракрасной техники. – М.: Воениздат, 1964. – 466 с.
14. Либенсон М.Н., Яковлев Е.Б., Шандыбина Г.Д. Взаимодействие лазерного излучения с веществом (силовая оптика). Конспект лекций. Часть 1. Поглощение лазерного излучения в веществе / под общ. ред. В.П. Вейко. – СПб.: СПб ГУ ИТМО, 2008. – 141 с.
15. Госсорг Ж. Инфракрасная термография: основы, техника, применение / пер. с фр. Н.В. Васильченко. – М.: Мир, 1988. – 416 с.

Быков Сергей Владимирович, старший преподаватель кафедры защиты информации ФГБОУ ВО «НГТУ». Особенности создания СВЧ-устройств, цифровая обработка сигналов, проектирование систем инженерно-технической безопасности. E-mail: s.bykov@corp.nstu.ru

Еришов Иван Анатольевич, старший преподаватель кафедры защиты информации ФГБОУ ВО «НГТУ». Основное направление научных исследований – измерение температуры при помощи оптоволоконной рефлектометрии. E-mail: ershov@corp.nstu.ru

Беляева Вероника Руслановна, студент кафедры защиты информации ФГБОУ ВО «НГТУ». Область научных интересов – технические каналы утечки информации, создание систем инженерно-технической безопасности. E-mail: v.belyaeva.2022@stud.nstu.ru

Воронкина Варвара Андреевна, студент кафедры защиты информации ФГБОУ ВО «НГТУ». Область научных интересов – технические каналы утечки информации, создание систем инженерно-технической безопасности. E-mail: voronkina.2022@stud.nstu.ru

Кирюшина Анастасия Львовна, студент кафедры защиты информации ФГБОУ ВО «НГТУ». Область научных интересов – технические каналы утечки информации, создание систем инженерно-технической безопасности. E-mail: a.kiryushina.2022@stud.nstu.ru

DOI: 10.17212/2782-2230-2024-1-9-27

Features of the use of thermal imagers in modern video surveillance systems*

**S.V. Bykov¹, I.A. Ershov², V.R. Belyaeva³, V.A. Voronkina⁴,
A.L. Kiryushina⁵**

¹ Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Prospekt, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, senior lecturer of the Department of Information Protection. E-mail: s.bykov@corp.nstu.ru

² Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Prospekt, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, senior lecturer of the Department of Information Protection. E-mail: ershov@corp.nstu.ru

³ Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Prospekt, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, student of the Department of Information Protection. E-mail: v.belyaeva.2022@stud.nstu.ru

⁴ Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Prospekt, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, senior lecturer of the Department of Information Protection. E-mail: voronkina.2022@stud.nstu.ru

⁵ Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Prospekt, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, senior lecturer of the Department of Information Protection. E-mail: a.kiryushina.2022@stud.nstu.ru

At present, Hikvision thermal imaging IP cameras "DS-2TD2617B-6/PA" are among the most relevant and widely used devices in video surveillance systems. To determine the features of the IP camera's performance under various operating conditions, typical scenarios were identified, simulated, and thoroughly examined, including the stages of commissioning works. Additionally, a comparative analysis of thermal imagers and video cameras was conducted based on key performance parameters under conditions of normal lighting, nighttime darkness, fog, obstructions, and laser exposure. The study highlights several advantages of the thermal imager and its operational features compared to video cameras.

The results obtained can be useful for improving the quality of training specialists in the field of information security and the development of surveillance systems.

Keywords: thermal imager, IP-camera, video camera, video surveillance systems

REFERENCES

1. GOST R 51588–2014. *Sredstva i sistemy okhrannye televizionnye. Klassifikatsiya. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy* [State standard

* Received 10 January 2025.

R 51588–2014. Security TV equipment and systems. Classification. General technical requirements. Test methods]. Moscow, Standartinform Publ., 2014. 23 p.

2. GOST R 8.619–2006. *Pribory teplovizionnye izmeritel'nye. Metodika poverki* [State standard R 8.619–2006. Thermal imaging measuring devices. Verification methodology]. Moscow, Standartinform Publ., 2006. 14 p.

3. Infotech. *Sbros do zavodskikh nastroek kamer Hikvision, podklyuchennykh k POE portam videoregistratora* [Factory reset Hikvision cameras connected to the DVR's POE ports], 2021, 25 August. Available at: <https://infotech.com.ua/ru/article/hikvision-poe> (accessed 09.20.2024).

4. *DS-2TD2617B-6/PA thermal imaging IP camera. Passport of the company*. Hangzhou Hikvision Digital Technology Co., Ltd. 6 p.

5. *SADP Software. User manual. UD08334B*. Hangzhou Hikvision Digital Technology Co., Ltd. 2017. 34 p.

6. *Programmable Power Supply PPE-1323/3323. User manual. GW Instek part no. 82PE-33230MD*. Good Will Instrument Co., Ltd. 53 p.

7. *Thermal & Optical Bi-spectrum Network Camera. User manual*. Hangzhou Hikvision Digital Technology Co., Ltd. 116 p.

8. *User's guide for installing and configuring thermal sensors for measuring human temperature. V 1.2_20200512*. Hangzhou Hikvision Digital Technology Co., Ltd. Solution Team Technical Department, 2020. 43 p.

9. Korotaev V.V., Mel'nikov G.S., Mikheev S.V., Samkov V.M., Soldatov Yu.I. *Osnovy teplovideniya* [Fundamentals of thermal imaging]. St. Petersburg, ITMO University Publ., 2012. 122 p.

10. Tarasov V.V., Yakushenkov Yu.G. *Infrakrasnye sistemy «smotryashchego» tipa* [Infrared systems of the "looking" type]. Moscow, Logos Publ., 2004. 454 p.

11. Price J., Stokkerei K. The use of thermal infra-red imagery to elucidate the dynamics and processes occurring in fog. *Atmosphere*, 2020, vol. 11 (3), p. 240. DOI: 10.3390/atmos11030240.

12. Hou F., Zhang Y., Zhou Y., Zhang M., Lv B., Wu J. Review on infrared imaging technology. *Sustainability*, 2022, vol. 14 (18), p. 11161. DOI: 10.3390/su141811161.

13. Kruse P., McGlauchlin L., McQuistan R. *Osnovy infrakrasnoi tekhniki* [Elements of infrared technology]. Moscow, Voenizdat Publ., 1964. 466 p. (In Russian).

14. Liebenzon M.N., Yakovlev E.B., Shandybina G.D. *Vzaimodeistvie lazer-nogo izlucheniya s veshchestvom (silovaya optika). Konspekt lektsii*. Chast' 1.

Pogloshchenie lazernogo izlucheniya v veshchestve [Interaction of laser radiation with matter (power optics). Lecture notes. Part I. Absorption of laser radiation in a substance]. St. Petersburg, ITMO University Publ., 2008. 141 p.

15. Gaussorgues G. *Infrakrasnaya termografiya: osnovy, tekhnika, primeneniye* [Infrared thermography. Fundamentals, technique, application]. Moscow, Mir Publ., 1988. 416 p. (In Russian).

Для цитирования:

Исследование особенностей использования тепловизоров в современных системах видеонаблюдения / С.В. Быков, И.А. Ершов, В.Р. Беляева, В.А. Воронкина, А.Л. Кирюшина // Безопасность цифровых технологий. – 2025. – № 1 (116). – С. 9–27. – DOI: 10.17212/2782-2230-2025-1-9-27.

For citation:

Bykov S.V., Ershov I.A., Belyaeva V.R., Voronkina V.A., Kiryushina A.L. Issledovanie osobennostei ispol'zovaniya teplovizorov v sovremennykh sistemakh videonablyudeniya [Features of the use of thermal imagers in modern video surveillance systems]. *Bezopasnost' tsifrovyykh tekhnologii = Digital Technology Security*, 2025, no. 1 (116), pp. 9–27. DOI: 10.17212/2782-2230-2025-1-9-27.