

**Анализ результатов испытаний средств визуализации
различных диапазонов спектра для обнаружения очага возгорания
и человека в огневом тренажерном комплексе ПТС «Уголек»**

*М. В. Алешков, С. В. Попов, Н. Г. Топольский, А. В. Мокшанцев, К. А. Михайлов,
Д. С. Афанасов, К. Н. Самсонов, К. А. Хамидуллин, Л. А. Ифтоди*

Приведены результаты полевых испытаний средств визуализации видимого, коротковолнового и длинноволнового инфракрасного диапазона спектра, предназначенных для обнаружения очага возгорания и человека в условиях дыма в огневом тренажерном комплексе ПТС «Уголек». Исследования проводились с целью экспериментального определения эффективности средств визуализации различных спектральных диапазонов при работе пожарных подразделений в непригодной для дыхания среде. При проведении исследования использовались общеизвестные научные методы: анализ, синтез и натурный эксперимент. В результате выполненного экспериментального исследования доказана эффективность применения камер коротковолнового инфракрасного диапазона – при ее использовании дальность обнаружения очага возгорания и человека в естественном дыме в пять раз больше, чем при использовании камеры видимого диапазона спектра.

Ключевые слова: пожар, дым, SWIR, LWIR, очаг возгорания, ПТС «Уголек».

DOI: 10.51368/2307-4469-2022-10-1-63-70

Введение

При тушении пожара в зданиях и закрытых помещениях пожарным подразделениям (ПП) приходится работать в непригодной для дыхания среде (НДС). Одним из факторов, препятствующих работе ПП на пожаре, является дым. Для его исключения в работах [1, 2] авторами предлагается использование средств измерений коротковолнового инфракрасного диапазона спектра (SWIR).

Целью исследования является экспериментальное исследование эффективности

средств визуализации видимого, коротковолнового и длинноволнового инфракрасного диапазона спектра при работе пожарных подразделений в дыму для определения очага возгорания и обнаружения человека.

Испытания средств визуализации различных спектральных диапазонов проводились сотрудниками Академии ГПС МЧС России и сотрудниками компании «Швабе» на испытательном полигоне загородного учебного центра «Нагорное» Академии ГПС МЧС России (п. Нагорное, Пушкинский район, Москов-

Алешков Михаил Владимирович¹, зам. нач., д.т.н.
Попов Сергей Викторович², зам. ген. директора, д.т.н.
Топольский Николай Григорьевич¹, профессор, д.т.н.
Мокшанцев Александр Владимирович¹, зам. нач., к.т.н.
Михайлов Кирилл Андреевич¹, преподаватель.
Афанасов Дмитрий Сергеевич², нач. отдела.
Самсонов Кирилл Николаевич², зам. директора
департамента.

Хамидуллин Камиль Алиевич³, нач. отдела.

Ифтоди Леон Александрович¹, преподаватель.

¹ Академия Государственной противопожарной службы МЧС России.

Россия, 129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, 4.
E-mail: mihkir.94@mail.ru

² Акционерное общество «Швабе».

Россия, 129366, Москва, проспект Мира, 176.

E-mail: mail@shvabe.com

³ АО «НПО «Орион».

Россия, 111538, Москва, ул. Косинская, 9.

E-mail: orion@orion-ir.ru, av22236@bk.ru

Статья поступила в редакцию 31 января 2022 г.

© Алешков М. В., Попов С. В., Топольский Н. Г.,
Мокшанцев А. В., Михайлов К. А., Афанасов Д. С.,
Самсонов К. Н., Хамидуллин К. А., Ифтоди Л. А., 2022

ская обл.) в мае 2021 г. на огневом тренажерном комплексе (ОТК) ПТС «Уголек». При проведении испытаний осуществлялась фото- и видеосъемка для обнаружения очага возгорания и человека. Обработка сигнала со SWIR-камеры [3] производилась с помощью специального программного обеспечения, которое позволяет получать изображение в реальном времени и производить фото- и видеосъемку для последующего анализа.

Описание огневого тренажерного комплекса ПТС «Уголек»

ОТК ПТС «Уголек» [4] предназначен для проведения практических занятий и тренировок по отработке навыков действия в условиях опасных факторов пожара таких как: задымление, высокая температура, открытое пламя, тепловое излучение, возникающих при сгорании в топке твердого топлива.

Конструкция ОТК позволяет проводить занятия в воспроизводимых и контролируе-

мых условиях и обеспечивает безопасность занятий за счет возможности контроля и управления газовыми потоками в комплексе и подачи огнетушащих средств.

Комплекс состоит из двух помещений:

- тренировочного помещения;
- технического помещения.

В состав комплекса входит оборудование систем:

- громкоговорящей связи;
- электроснабжения;
- вентиляции.

ОТК ПТС «Уголек» выполнен на основе стандартного морского 40 футового контейнера.

Описание средств визуализации и условий проведения испытаний

Характеристики средств визуализации видимого, коротковолнового и длинноволнового инфракрасного диапазона спектра, используемых для обнаружения очага возгорания и человека, приведены в табл. 1–3.

Таблица 1

Характеристики камеры Apple iPhone 6 (видимый диапазон спектра)

Характеристики	Значение
Камера	
Количество мегапикселей основной камеры (Мп)	8
Автофокусировка	есть
Диафрагма	$f/2,2$
Разрешение снимков	3264×2448
Встроенная вспышка	есть
Тип вспышки	светодиодная (LED)
Количество мегапикселей фронтальной камеры (Мп)	1,2
Особенности оптики	пятилинзовый объектив, iSight, оптическая стабилизация
Дополнительные функции фотосъемки	Geo-tagging, распознавание лица, режим таймера, контроль экспозиции, автоматическое включение HDR, диафрагма $f/2,2$, гибридный ИК-фильтр, серийная съемка, фокусировка касанием, панорамная съемка
Видеосъемка	
Формат видеосъемки	Full HD
Максимальное разрешение при видеосъемке	1920×1080
Количество кадров/с при видеосъемке	60 кадр./с

Таблица 2

**Характеристики тепловизора Condrol IR-CAM 1
(длинноволновый ИК-диапазон спектра)**

Характеристики	Значение
Тип	тепловизор
Карта памяти	есть
Элементы питания	аккумулятор
Минимальная температура использования	минус 10 °С
Максимальная температура использования	50 °С
Единицы измерения	по Фаренгейту, по Цельсию
Коэффициент эмиссии	1
Погрешность измерения	2 %
Оптическое разрешение	50:1
Минимальная определяемая температура	минус 50 °С
Максимальная определяемая температура	1000 °С

Таблица 3

**Характеристики SWIR-камеры SQUH000
(коротковолновый ИК-диапазон спектра)**

Характеристики	Значение
Формат матрицы	320×256
Шаг фоточувствительных элементов, мкм	30
Спектральный диапазон, мкм	0,9–1,7
Частота кадров, Гц	25–180
Интерфейс подключения	USB
Крепление объектива	C-mount
Масса, г, не более	250
Размеры (без объектива), мм	62,0×56,0×50,0

SWIR-камера SQUH000 предназначена для визуализации инфракрасного изображения в диапазоне 0,9–1,7 мкм [3]. Применяется для наблюдения за объектами в круглосуточном режиме при низких уровнях освещенности и в экстремальных климатических условиях в составе оптико-электронных систем на стационарных и подвижных комплексах.

В состав камеры входит: матрица фоточувствительных элементов из арсенида индия-галлия гибридная с большой интегральной схемой считывания в корпусе с термоэлектрическим охлаждением, блок предварительной обработки сигналов и передачи данных.

При работе на ОТП ПТС «Уголек» (рис. 1) проводилась фото и видеосъемка для

обнаружения очага возгорания с помощью SWIR-камеры SQUH000, тепловизора CONDROL IR-CAM1 и камеры видимого диапазона электромагнитного спектра (Apple iPhone 6).

Условия фото-, видеосъемки при работе на ОТП ПТС «Уголек»:

- горючий материал – бумага;
- дым, образующийся при горении бумаги;
- расстояние до очага возгорания – 10 м;
- условия погоды: $T_{\text{воздуха}} = 27 \text{ }^\circ\text{C}$; без дождя.

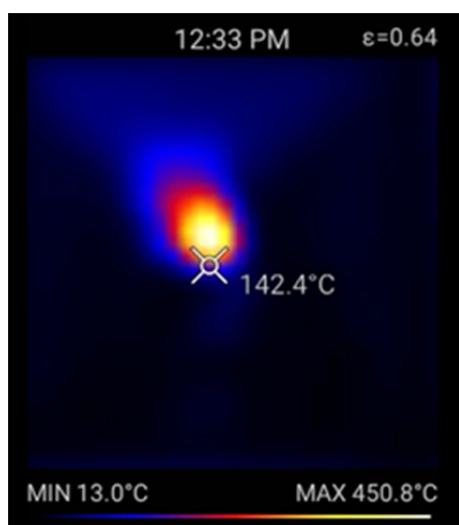
Проводилась видеосъемка незадымленного помещения ПТС «Уголек» при естественном свете. Очаг возгорания обнаруживается в видимом, инфракрасном и SWIR-диапазоне электромагнитного спектра (рис. 2).



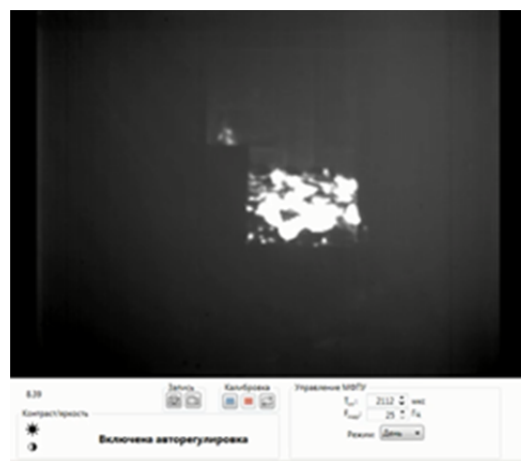
Рис. 1. Огневой тренировочный комплекс ПТС «Уголек»



а



б



в

Рис. 2. Очаг возгорания в ПТС «Уголек»: а – изображение в видимом диапазоне спектра; б – изображение в длинноволновом инфракрасном диапазоне спектра; в – изображение в коротковолновом диапазоне спектра

Проводилась видеосъемка задымленного помещения ПТС «Уголек» при естественном свете. Очаг возгорания не виден в видимом диапазоне (рис. 3, *а*), обнаруживается в длинноволновом инфракрасном диапазоне спектра (рис. 3, *б*) и виден в коротковолновом ИК-диапазоне спектра (рис. 3, *в*).

Проводилась видеосъемка задымленного помещения ПТС «Уголек» при естественном свете для определения человека, находящегося за очагом возгорания в условиях дыма. Человек за очагом возгорания в условиях дыма не виден в видимом диапазоне (рис. 4, *а*), не обнаруживается в инфракрасном (рис. 4, *б*) и виден в коротковолновом ИК-диапазоне спектра (рис. 4, *в*).

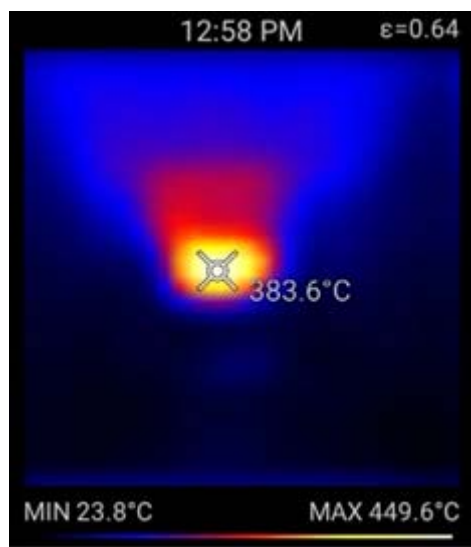
*а**б**в*

Рис. 3. Очаг возгорания в ПТС «Уголек» в условиях естественного дыма: а – изображение в видимом диапазоне спектра; б – изображение в длинноволновом инфракрасном диапазоне спектра; в – изображение в коротковолновом диапазоне спектра



а



б



в

Рис. 4. Человек и очаг возгорания в ПТС «Уголек» в условиях естественного дыма: а – изображение в видимом диапазоне спектра; б – изображение в длинноволновом инфракрасном диапазоне спектра; в – изображение в коротковолновом диапазоне спектра

Сводные результаты испытаний средств визуализации видимого, коротковолнового и длинноволнового инфракрасного диапазона

спектра в ОТК ПТС «Уголек» приведены на рис. 5 в виде диаграммы.

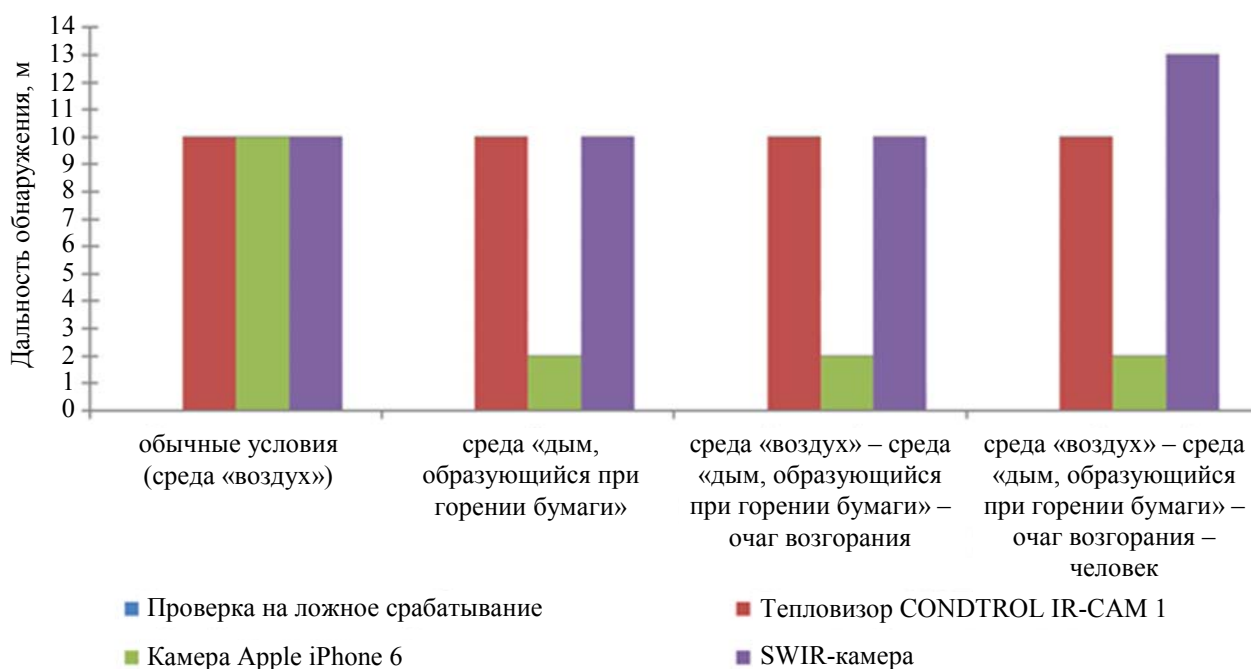


Рис. 5. Результаты измерений на огневом тренажерном комплексе ПТС «Уголек»

Заключение

В результате проведения полевых испытаний средств визуализации видимого, коротковолнового и длинноволнового инфракрасного диапазона спектра для обнаружения очага возгорания и человека в задымленных помещениях на испытательном полигоне Академии ГПС МЧС России в огневом тренажерном комплексе ПТС «Уголек» сформулированы следующие выводы для условий естественной дневной освещенности:

- не выявлено ложных срабатываний средств визуализации всех диапазонов в задымленных помещениях;

- средства визуализации видимого диапазона спектра не позволяют обнаружить ни очаг возгорания, ни людей в условиях задымленного помещения;

- средства длинноволнового ИК-диапазона спектра позволяют обнаружить очаг возгорания и не позволяют обнаружить людей в условиях задымленного помещения;

- средства коротковолнового ИК-диапазона спектра позволяют обнаружить и очаг возгорания и людей в условиях задымленного помещения.

В результате выполненного экспериментального исследования видимости очага возгорания и человека в дыму доказана эффективность применения камеры коротковолнового инфракрасного диапазона пожарными подразделениями при работе в непригодной для дыхания среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Топольский Н. Г., Мокшанцев А. В., Михайлов К. А. / Матер. 25-й науч.-техн. конф. «Системы безопасности–2016». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. С. 606–610.
2. Топольский Н. Г., Тараканов Д. В., Мокшанцев А. В., Михайлов К. А. / Матер. 25-й науч.-техн. конф. «Системы безопасности–2016». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. С. 611–613.
3. Официальный сайт «Швабе». [Электронный ресурс]. URL: <https://shvabe.com/>
4. ПТС «Уголек». [Электронный ресурс]. URL: <https://pto-pts.ru/pts-ugoljok/>
5. Топольский Н. Г., Мещалкин Е. А., Овсяник А. И., Кафидов В. В., Коробко В. Б., Мокшанцев А. В., Михайлов К. А., До Хоанг Тхань // Технологии техносферной безопасности. 2019. Вып. 3 (85). С. 45.
6. Топольский Н. Г., Тараканов Д. В., Мокшанцев А. В., Михайлов К. А. // Пожаровзрывобезопасность. 2019. Т. 28. № 3. С. 89.

Analysis of the test results of visualization means of various spectrum ranges for the detection of a fire source and a person in the fire training complex PTS «Ugolyok»

M. V. Aleshkov¹, S. V. Popov², N. G. Topolskiy¹, A. V. Mokshantsev¹, K. A. Mikhaylov¹,
D. S. Afanasov², K. N. Samsonov², K. A. Khamidullin³, and L. A. Iftodi¹

¹ State Fire Academy of EMERCOM of Russia
4 Boris Galushkin st., Moscow, 129366, Russia
E-mail: mihkir.94@mail.ru

² Shvabe Holding
176 Prospekt Mira, Moscow, 129366, Russia
E-mail: mail@shvabe.com

³ Orion R&P Association, JSC
9 Kosinskaya st., Moscow, 111538, Russia
E-mail: orion@orion-ir.ru, av22236@bk.ru

Received January 31, 2022

The article presents the results of field tests of visualization means of the visible, short-wave and long-wave infrared spectrum range, intended for the detection of a fire source and a person in smoke conditions in the fire training complex PTS «Ugolyok». The studies were carried out with the aim of experimentally determining the effectiveness of visualization tools for various spectral ranges during the work of fire departments in an environment unsuitable for breathing. During the research, well-known scientific methods were used: analysis, synthesis and natural experiment. As a result of the experimental study, the effectiveness of the use of cameras in the short-wave infrared range has been proven, because when using it, the detection range of a fire source and a person in natural smoke is five times greater than when using a camera in the visible range of the spectrum.

Keywords: fire, smoke, SWIR, LWIR, fire source, PTS «Ugolyok».

DOI: 10.51368/2307-4469-2022-10-1-63-70

REFERENCES

1. N. G. Topolskiy, A. V. Mokshantsev, and K. A. Mikhaylov, in *Proc. of the 25th International Scientific-Technical Conference «Safety Systems–2016»*. (Moscow, 2016), pp. 606–610.
2. N. G. Topolskiy, D. V. Tarakanov, A. V. Mokshantsev, and K. A. Mikhaylov, in *Proc. of the 25th International Scientific-Technical Conference «Safety Systems–2016»*. (Moscow, 2016), pp. 611–613.
3. Official website of the Company «Shvabe». URL: <https://shvabe.com/>
4. PTS "Ugolyok". URL: <https://pto-pts.ru/pts-ugoljok>
5. N. G. Topolskiy, A. V. Mokshantsev, E. A. Meshal-kin, A. I. Ovsyanik, V. V. Kafidov, V. B. Korobko, To Hoang Thanh, and K. A. Mikhaylov, *Technology of technosphere safety*, No. 3 (85), 45 (2019).
6. N. G. Topolskiy, D. V. Tarakanov, K. A. Mikhaylov, and A. V. Mokshantsev, *Fire and Explosion Safety* **28** (3), 89 (2019).