

<https://doi.org/10.18322/PVB.2019.28.03.89-97>

УДК 614.842.6

Совершенствование информационного обеспечения групп разведки пожара при его мониторинге в здании с использованием инфракрасных технологий

© Н. Г. Топольский¹, Д. В. Тараканов², К. А. Михайлов^{1✉}, А. В. Мокшанцев¹

¹ Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4)

² Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, 153040, г. Иваново, просп. Строителей, 33)

РЕЗЮМЕ

Введение. Тактические возможности групп разведки пожара зависят от различных факторов, усложняющих их работу. Немаловажным является использование информации от мобильных и стационарных систем мониторинга пожара. Целью настоящей работы является оценка тактических возможностей групп разведки пожара при его мониторинге в здании с использованием инфракрасных технологий. В работе решены две задачи: проведен анализ электромагнитного светового спектра; разработана модель оценки тактических возможностей групп разведки пожара при мониторинге пожара в здании с использованием коротковолновых инфракрасных технологий.

Методика. В работе использованы математические методы, включая метод разложения нормализованного показателя тактических возможностей в ряд Тейлора для описания тактических возможностей групп разведки на пожаре.

Результаты и их обсуждение. На основании расчетов производительности и площади зоны поиска групп разведки построены графики зависимости площади зоны поиска от показателя тактических возможностей групп разведки пожара и нормализованного показателя тактических возможностей групп разведки пожара. Показано, что производительность групп разведки зависит от скорости движения звеньев газодымозащитной службы (ГДЗС), количества звеньев, эффективного расстояния между звеньями и условий видимости. В работе предлагается использовать коротковолновые инфракрасные камеры для улучшения видимости в дыму при поиске и спасении пострадавших.

Выводы. В итоге система информационной поддержки принятия решений с использованием инфракрасных технологий улучшит на 10–15 % видимость для звеньев ГДЗС, а также их координацию. Это, в свою очередь, позволит повысить оперативность принятия управленческих решений при поиске и спасении пострадавших в непригодной для дыхания среде.

Ключевые слова: мониторинг пожара; коротковолновые инфракрасные технологии; тактические возможности; звено ГДЗС; информационное обеспечение.

Для цитирования: Топольский Н. Г., Тараканов Д. В., Михайлов К. А., Мокшанцев А. В. Совершенствование информационного обеспечения групп разведки пожара при его мониторинге в здании с использованием инфракрасных технологий // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. — 2019. — Т. 28, № 3. — С. 89–97. DOI: 10.18322/PVB.2019.28.03.89-97.

✉ Михайлов Кирилл Андреевич, e-mail: mihkir.94@mail.ru

Improvement of information support fire intelligence groups at fire building monitoring using infrared technology

© Nikolay G. Topolskiy¹, Denis V. Tarakanov², Kirill A. Mikhaylov^{1✉}, Aleksandr V. Mokshantsev¹

¹ State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation)

² Ivanovo Fire and Rescue Academy of State Firefighting Service of Emercom of Russia (Stroiteley Avenue, 33, Ivanovo, 153040, Russian Federation)

ABSTRACT

Introduction. The tactical capabilities of fire intelligence groups depend on various factors. It is also important to use information from mobile and stationary fire monitoring systems. The aim of this work is to assess the tactical capabilities of fire intelligence groups without using and using infrared technologies in the fire monitoring system.

The paper solves two problems: the analysis of the electromagnetic light spectrum; a model for assessing the tactical capabilities of fire intelligence groups in the monitoring of fire in the building using short-wave infrared technologies.

Methods. In the paper there were used mathematical methods, including the method of decomposition of the normalized index of tactical capabilities in the Taylor series to describe the tactical capabilities of intelligence groups in the fire.

Results and discussion. Based on the calculations of the performance and the area of the search area for intelligence teams, the graphs of the search area versus the indicator of the tactical capabilities of the fire intelligence groups and the normalized indicator of the tactical capabilities of the fire intelligence groups were plotted. It is shown that the performance of the intelligence teams depends on the speed of the units of the gas and smoke protection service, the number of units, the effective distance between the units and visibility conditions. In the paper it was proposed the use of short-wave infrared cameras to improve visibility in the smoke during the search and rescue of victims.

Conclusion. In the end, it is assumed that the system using infrared technologies will improve 10–15 % visibility for fire links, as well as improve the coordination of fire links. This, in turn, will allow to increase the efficiency of management decision-making in the search and rescue of victims in an inhospitable environment.

Keywords: fire monitoring; short-wave infrared technology; tactical capabilities; fire unit; information support.

For citation: N. G. Topolskiy, D. V. Tarakanov, K. A. Mikhaylov, A. V. Mokshantsev. Improvement of information support fire intelligence groups at fire building monitoring using infrared technology. *Pozharovzryvobezopasnost/ Fire and Explosion Safety*, 2019, vol. 28, no. 3, pp. 89–97 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2019.28.03.89-97.

✉ Kirill Andreevich Mikhaylov, e-mail: mihkir.94@mail.ru

Введение

Спецификой работы пожарных подразделений при тушении пожаров в зданиях обуславливается наличие ряда факторов, усложняющих данный процесс. Во многих практических случаях, рискуя собственной жизнью, участники тушения пожара проводят работы под воздействием опасных факторов пожара (ОФП). Отсутствие достаточной видимости при тушении пожара является фактором, одновременно снижающим эффективность действий и определяющим особые психологические условия, в которых пожарным приходится принимать ответственные решения.

В свою очередь, обстановка с пожарами на пожаровзрывоопасных объектах Российской Федерации определяет необходимость постоянного повышения уровня готовности к борьбе с ними. Одним из направлений повышения эффективности действий пожарных подразделений по тушению пожаров в условиях воздействия ОФП в зданиях пожаровзрывоопасных объектов является совершенствование информационного обеспечения. Однако информация, являясь одним из наиважнейших видов ресурсов для эффективного ведения действий по тушению пожара, в случае ее избыточности или противоречивости может привести к снижению оперативности принимаемых участниками тушения пожара решений, что в условиях воздействия на них опасных факторов пожара крайне нежелательно. Следовательно, любые дополнительные средства информационного обеспечения действий по тушению пожара, приводящие к увеличению объема информации, должны быть критически оценены с точки зрения эффективности их применения. В практике совершенствования информационного обеспечения пожарных подразделений, осуществляющих

тушение пожара, сформированы процедуры оценки эффективности действий по тушению пожара на основе показателей их тактических возможностей. В контексте работы под пожарными подразделениями понимаются группы разведки пожара в составе звеньев газодымозащитной службы (ГЗДС).

Тактические возможности групп разведки пожара зависят от многих факторов, которые приведены на рис. 1.

В настоящей работе предлагается использовать коротковолновые инфракрасные модули, модули ближней радиолокации в функциональных подсистемах автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности для проведения мониторинга, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и пожаров [1–4]. Разработан программный комплекс мониторинга потенциально опасных объектов и система информационной поддержки принятия решений, реализующие процесс мониторинга пожара в здании с использованием инфракрасных технологий [5].

Целью исследования является оценка тактических возможностей групп разведки пожара при его



Рис. 1. Схема “факторы – тактические возможности”

Fig. 1. Scheme “factors – tactical capabilities”

мониторинге с использованием инфракрасных технологий, реализованных в виде программного комплекса и системы информационной поддержки принятия решений.

Для достижения поставленной цели необходимо модифицировать показатель тактических возможностей пожарных подразделений для его использования при оценке эффективности практического применения программного комплекса.

Теоретические положения исследования

По сравнению с камерами видимого диапазона инфракрасные технологии (на основе фотодиодных структур *арсенида индия – галлия*) обеспечивают качественную съемку в условиях дыма, тумана и запыленности, а также достаточную видимость при низкой освещенности [6–17].

В условиях пониженной (нулевой) видимости группы разведки пожара могут:

- своевременно обнаружить и спасти пострадавших, которые находятся под воздействием ОФП;
- своевременно обнаружить, локализовать и ликвидировать пожар.

Для исследования данного направления авторами предлагается использовать коротковолновые инфракрасные камеры:

- в системе мониторинга в здании (стационарные условия);
- в оборудовании пожарного для его информационной поддержки.

Для решения поставленной задачи проведена оценка тактических возможностей групп разведки пожара при мониторинге в здании с использованием инфракрасных технологий с учетом системы мониторинга и без ее учета.

Это особенно актуально при разведке на пожаре в процессе поиска пострадавших в здании звеньями ГДЗС, так как необходимо обследовать значительную площадь в условиях недостаточной видимости.

Схема дифференциации электромагнитного светового спектра представлена на рис. 2.

Коротковолновый инфракрасный диапазон (КИД) — это световое излучение электромагнитных волн длиной от 0,7 до 2,5 мкм. Сенсоры на основе *арсенида индия – галлия* являются сенсорами, которые используются при съемке в КИД-диапазоне. Коротковолновый инфракрасный диапазон близок к видимому, где фотоны либо отражаются, либо поглощаются объектами [18–20]. Это, в свою очередь, позволяет обеспечивать широкий динамический диапазон, который необходим для изображений с высоким разрешением. Технические средства на основе инфракрасных технологий [6–10] могут быть небольших размеров и потреблять мало энергии, но при этом выполнять требуемые функции.

На основе характеристик, присущих КИД, проведена оценка тактических возможностей групп разведки пожара при его мониторинге в здании [21].

Производительность U (м²/мин) групп разведки пожара в составе m звеньев ГДЗС в здании оценивается по формуле, приведенной в [22]:

$$U = V\{(m - 1)d + 2D\}, \quad (1)$$

где V — скорость движения звена ГДЗС, м/мин;

m — количество звеньев ГДЗС;

d — эффективное расстояние между звеньями, м;

D — условия видимости, м.

В практике решения задач информационного обеспечения пожарных подразделений, ведущих действия по тушению пожаров в зданиях, соотношение (1)

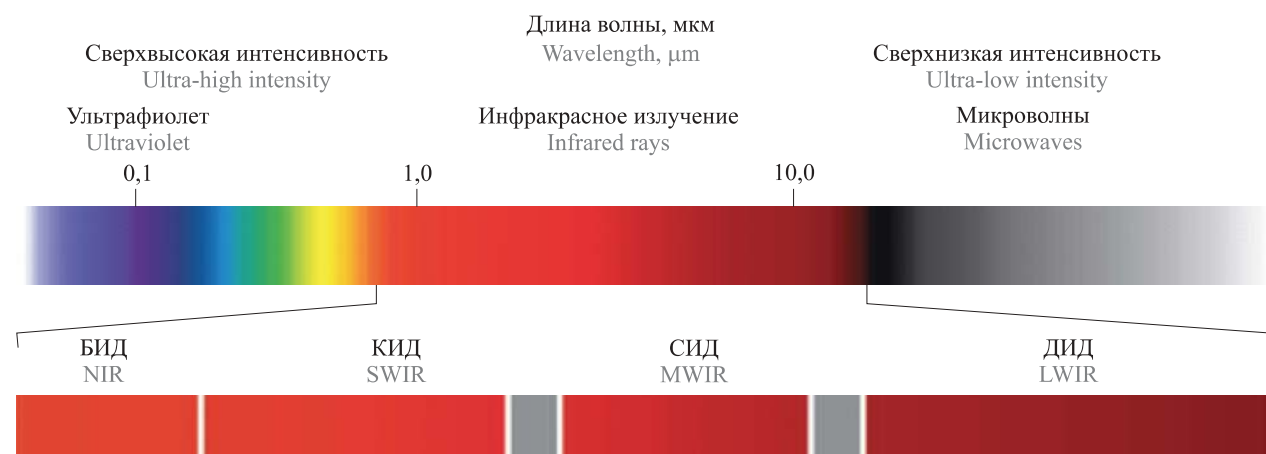


Рис. 2. Схема дифференциации электромагнитного светового спектра: БИД — ближний инфракрасный диапазон; КИД — коротковолновый инфракрасный диапазон; СИД — средневолновый инфракрасный диапазон; ДИД — длинноволновый инфракрасный диапазон

Fig. 2. Scheme of differentiation of electromagnetic light spectrum: NIR — near-infrared; SWIR — short-wavelength infrared; MWIR — mid-wavelength infrared; LWIR — long-wavelength infrared

используется для оценки производительности групп разведки в составе от 1 до 3 звеньев ГДЗС.

Применение коротковолновых инфракрасных технологий пожарными в составе звеньев ГДЗС позволит значительно улучшить условия видимости, что увеличит производительность групп разведки на пожаре.

Графически производительность звеньев ГДЗС при проведении разведки пожара в здании представим в виде прямоугольников, показанных на рис. 3.

Обследуемую зону поиска $S_{ГДЗС}$ (m^2) при проведении разведки пожара за время τ (мин) можно оценить по соотношению

$$S_{ГДЗС} = U\tau. \quad (2)$$

Показатель тактических возможностей групп разведки пожара K_t представляет собой отношение площади зоны поиска к общей площади поиска S :

$$K_t = S_{ГДЗС} / S. \quad (3)$$

Чем больше показатель K_t , тем выше тактические возможности при идентификации объектов поиска звеньями ГДЗС при пожаре в здании.

Однако при решении практических задач зачастую требуется нормализованное значение показателя тактических возможностей. Для этого используется понятие вероятности успеха поиска. Вероятность успеха P определяется по формуле, приведенной в [22]:

$$P = \frac{1}{1 - \exp(K_t)}. \quad (4)$$

Предполагается, что плотность распределения случайной величины при этом имеет экспоненциальный вид.

Приведем значение критерия P к общеизвестному виду нормализованного показателя тактических возможностей E . Для этого разложим $\exp(K_t)$ в ряд Тейлора. Используем следующую формулу для определения показателя тактических возможностей звена ГДЗС при проведении разведки:

$$E = K_t / (1 + K_t). \quad (5)$$

Применение соотношения (5) позволяет рассматривать эффективность применения средств мониторинга в каноническом виде:

$$1/E - 1/K - 1 = 0. \quad (6)$$

Первое слагаемое выражения (6) определяет отношение показателя эффективности групп разведки пожара к единице, т. е. к потенциально возможному значению эффективности применения средств мониторинга. Второе слагаемое выражения (6) характеризует степень эффективности действий групп разведки, оснащенных средствами мониторинга. Соотношение данных показателей обуславливает полную тактическую готовность звеньев разведки при

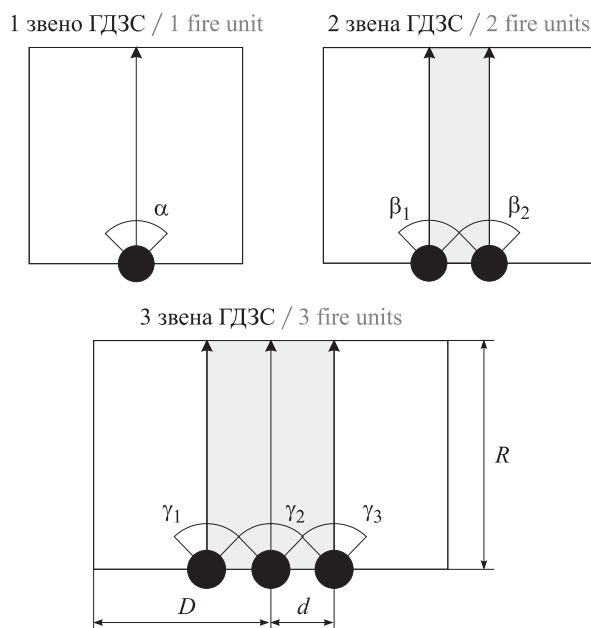


Рис. 3. Графическая интерпретация производительности групп разведки, состоящих из 1, 2 и 3 звеньев ГДЗС: R — расстояние, пройденное группами разведки пожара за время τ ; α , β_i , γ_i — углы обзора этих групп

Fig. 3. Graphic interpretation of the productivity of fire intelligence groups, consisting of 1, 2 and 3 fire units: R — covered distance by fire intelligence groups at the time τ ; α , β_i , γ_i — the groups viewing angle

реализации действий в здании, т. е. равно 1. Применение канонического вида оценки эффективности действий групп разведки, оснащенных средствами мониторинга, с использованием выражения (6) позволяет рассматривать каждый из показателей E и K в единой системе, а процедуры принятия решений по применению средств мониторинга дают возможность анализировать данные показатели в отдельности.

Результаты и их обсуждение

Приведем пример использования критерия для сравнения эффективности внедрения системы мониторинга с применением инфракрасных технологий. Исходные и расчетные параметры поиска группами разведки представлены в табл. 1 и 2, на рис. 4 и 5. (Данные без использования инфракрасных технологий взяты из [22, 23].)

Таблица 1. Исходные параметры поиска группами разведки
Table 1. The source data search options by intelligence groups

Показатель Index	Без системы мониторинга Without monitoring system	С системой мониторинга With monitoring system
V , м/мин / V , m/min	30	35
d , м / d , m	4	5
D , м / D , m	5	7

Таблица 2. Расчетные параметры поиска группами разведки
Table 2. The calculated parameters search options by intelligence groups

Расчетный параметр Calculated parameter	$N_{ГДЗС}$ N_{GDZS}	Без системы мониторинга Without monitoring system	С системой мониторинга With monitoring system
Производительность, m^2/min Productivity, m^2/min	1	300	490
	2	420	665
Площадь поиска*, m^2 The area of search*, m^2	1	3000	4900
	2	4200	6650

* Площадь поиска за время $\tau = 10$ мин.
The area of search during $\tau = 10$ minutes.

Из анализа рис. 4 и 5 следует, что применение инфракрасных технологий позволяет улучшить видимость для групп разведки пожара на 10–15 %.

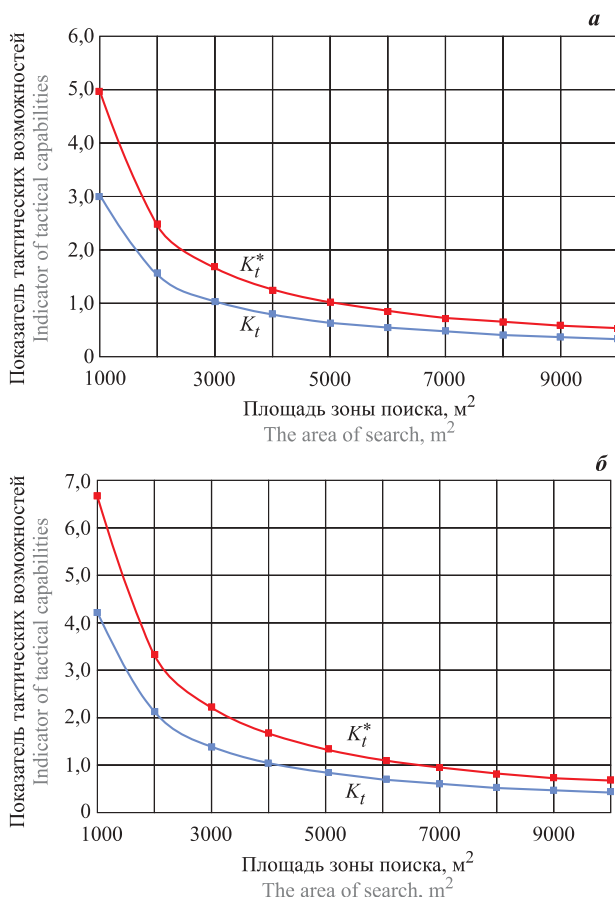


Рис. 4. Динамика показателя тактических возможностей для группы разведки, состоящей из одного (а) и двух (б) звеньев ГДЗС: K_t^* — показатель тактических возможностей групп разведки пожара с использованием инфракрасных технологий в системе мониторинга

Fig. 4. Dynamics of indicators of tactical capabilities for fire intelligence groups consisting of one (a) and two (b) fire units: K_t^* — indicators of tactical capabilities for fire intelligence groups using infrared technology in monitoring system

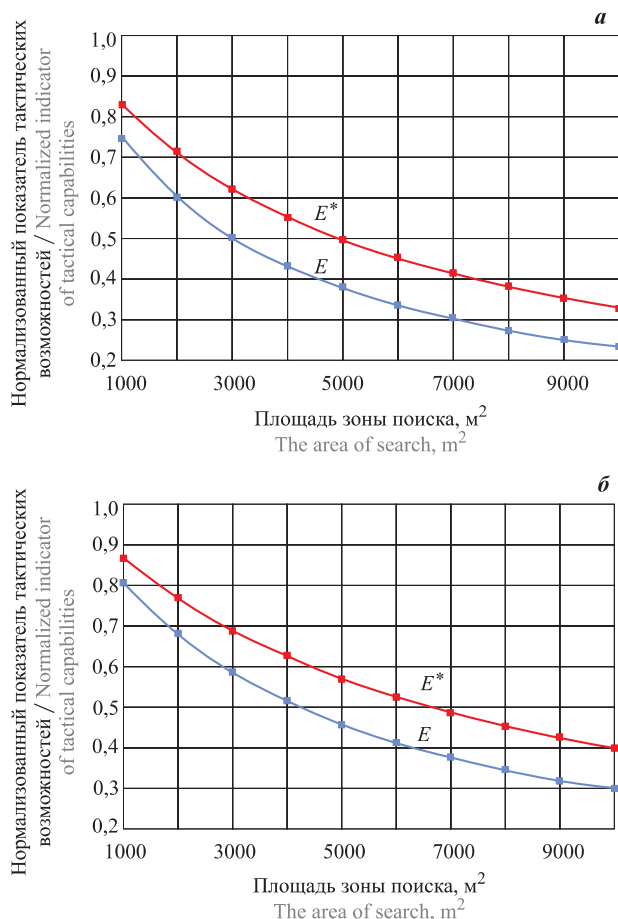


Рис. 5. Динамика нормализованного показателя тактических возможностей для группы разведки, состоящей из одного (а) и двух (б) звеньев ГДЗС: E^* — нормализованный показатель тактических возможностей групп разведки пожара с использованием инфракрасных технологий в системе мониторинга
Fig. 5. Dynamics of normalized indicators of tactical capabilities for fire intelligence groups consisting of one (a) and two (b) fire units: E^* — normalized indicator of tactical capabilities for fire intelligence groups using infrared technology in monitoring system

Использование предлагаемых инфракрасных технологий улучшает координацию действий группы разведки и ее пространственную ориентацию. Это позволяет обеспечить движение группы в здании по требуемому маршруту и тем самым сократить время на поиски пострадавших в задымленной зоне. Все это, в свою очередь, повышает тактические возможности групп разведки пожара в здании при его мониторинге и поиске пострадавших в сложных условиях плохой видимости.

Закключение

Применение средств мониторинга пожара группами разведки в составе звеньев ГДЗС на основе коротковолновых инфракрасных технологий в системе информационной поддержки принятия решений при разведке пожара в условиях проведения разведки пожара в здании, предусматривающих отсутст-

вие возможности использовать приборы видимого диапазона, осложнено или невозможно. Однако применение информационных технологий при ведении действий по тушению пожара должно быть обосновано с точки зрения повышения тактических возможностей пожарных подразделений. В настоящей работе рассмотрена специфика информационной поддержки управления групп разведки пожара на основе коротковолновых инфракрасных технологий.

Разработан показатель эффективности действий групп разведки, оснащенных средствами мониторинга, для которого в качестве теоретической основы выбран критерий тактических возможностей пожарных подразделений. Проведено функциональное исследование показателя с применением процедуры разложения компонентов показателя в ряд Тейлора для его приведения к каноническому виду, удобному для покомпонентного анализа эффективности применения средств мониторинга в здании при проведении разведки на пожаре. Предложено выражение показателя эффективности в виде отдельных соотношений слагаемых, характеризующих степень достижения целей каждой из компонент системы мониторинга. Это позволило при оценке эф-

фективности групп разведки, оснащенных средствами мониторинга, рассматривать каждый из показателей в отдельности.

Проведено исследование эффективности средств мониторинга на основе коротковолновых инфракрасных технологий в системе информационной поддержки принятия решений. На модельном примере показано, что система позволит улучшить видимость для звеньев газодымозащитной службы на 10–15 %, а также улучшить координацию действий, пространственную ориентацию звеньев ГДЗС в непригодной для дыхания среде. Сохранение пространственной ориентации звеньями ГДЗС в условиях сниженной (нулевой) видимости позволяет осуществлять движение по требуемому маршруту следования внутри здания.

Применение средств мониторинга на основе коротковолновых инфракрасных технологий в системе информационной поддержки принятия решений даст возможность повысить тактические возможности групп разведки пожара в здании, что в свою очередь повысит оперативность принятия управленческих решений при поиске, обнаружении и спасении пострадавших в непригодной для дыхания среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Топольский Н. Г. Основы автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности объектов. — М. : МИПБ МВД России, 1997. — 164 с.
2. Топольский Н. Г., Мокшанцев А. В., Михайлов К. А. Коротковолновые инфракрасные технологии автоматизированных систем мониторинга, предупреждения и ликвидации ЧС и пожаров // Системы безопасности-2016 : матер. 25-й Международн. науч.-техн. конф. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2016. — С. 606–610.
3. Симаков В. В., Тетерин И. М., Топольский Н. Г., Зеркаль А. Д., Мокшанцев А. В., Нгуен Тханг Куанг. О применении модуля ближней радиолокации в автоматизированных системах предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций // Технологии техносферной безопасности. — 2012. — № 2(42). — 8 с. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2012-2/11-02-12.ttb.pdf> (дата обращения: 25.02.2019).
4. Топольский Н. Г., Тараканов Д. В., Михайлов К. А., Мокшанцев А. В. Использование инфракрасных технологий при разведке пожара звеньями газодымозащитной службы // Системы безопасности-2016 : матер. 25-й Международн. науч.-техн. конф. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2016. — С. 611–613.
5. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2019612615. Программный комплекс мониторинга потенциально опасных объектов с использованием инфракрасных технологий / Мокшанцев А. В., Топольский Н. Г., Михайлов К. А. — № 2019611426; заявл. 06.02.2019; опублик. 22.02.2019.
6. Бурлаков И. Д., Гринченко Л. Я., Дирочка А. И., Залетаев Н. Б. Детекторы коротковолнового ИК-диапазона на основе InGaAs (обзор) // Успехи прикладной физики. — 2014. — Т. 2, № 2. — С. 131–162.
7. Hansen M. P., Malchow D. S. Overview of SWIR detectors, cameras, and applications // Thermosense XXX: Proceedings of SPIE Defense and Security Symposium / Vavilov V. P., Burleigh D. D. (eds). — 2008. — Vol. 6939. — P. 69390I–1–69390I-11. DOI: 10.1117/12.777776.
8. Rogalski A. Infrared Detectors. — 2nd ed. — Boca Raton : CRC Press, 2010. — 898 p. DOI: 10.1201/b10319.
9. Андреев Д. С., Болтарь К. О., Бурлаков И. Д., Залетаев Н. Б., Кравченко Н. В., Лопухин А. А., Трошков А. Е., Филачев А. М., Чинарёва И. В. Матричное фотоприемное устройство формата 320×256 для спектрального диапазона 0,9–1,7 мкм на основе эпитаксиальной фотодиодной гетероструктуры InGaAs/InP // 22-я Международная научно-техническая конференция по фотоэлектронике и приборам ночного видения : сб. тр. — М. : НПО “Орион”, 2012. — С. 138–139.

10. Залетаев Н. Б., Чинарёва И. В., Кузнецов П. А., Кравченко Н. В., Климанов Е. А., Трошков А. Е., Зайцев А. А., Кузнецов А. В. Матричное фотоприемное устройство на основе InGaAs/InP для ближнего ИК-диапазона // 21-я Международная научно-техническая конференция по фотоэлектронике и приборам ночного видения : тезисы докл. — М. : НПО “Орион”, 2010. — С. 112.
11. Wu X., Gu Y., Yan F., Choa F. S., Shu P. High uniformity, stability, and reliability large-format InGaAs APD arrays // Proceedings of Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO). — Baltimore, Maryland : IEEE, 2007, p. CMII2. DOI: 10.1109/cleo.2007.4452558.
12. Фомин Ф. В. Современное состояние и перспективы развития зарубежных ИК-систем / Под ред. Н. Н. Вилковой. — М. : МНИТИ, 2018. — 35 с.
13. Суриков А. В., Лешенюк Н. С. Система визуализации объекта при пониженной прозрачности окружающей среды и повышенных температурах // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. — 2015. — Т. 1. — С. 441–444.
14. Суриков А. В., Петухов В. О., Горобец В. А. Основные методы и устройства, применяемые и перспективные для улучшения видимости при чрезвычайных ситуациях // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. — 2011. — № 1(29). — С. 121–129.
15. Суриков А. В., Лешенюк Н. С., Кунцевич Б. Ф., Горобец В. В. Оптико-электронная система для улучшения видимости при задымлении // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. — 2014. — № 2(20). — С. 4–12.
16. Bernstein L. S., Adler-Golden S. M., Sundberg R. L., Ratkowski A. J. In-scene-based atmospheric correction of uncalibrated VISible-SWIR (VIS-SWIR) hyper- and multi-spectral imagery // Proceedings of SPIE. Remote Sensing of Clouds and the Atmosphere XIII. — 2008. — Vol. 7101. — P. 6–7. DOI: 10.1117/12.808193.
17. Cowlard A., Jahn W., Abecassis-Empis C., Rein G., Torero J. L. Sensor assisted fire fighting // Fire Technology. — 2010. — Vol. 46, No. 3. — P. 719–741. DOI: 10.1007/s10694-008-0069-1.
18. Hines G. D., Rahman Z., Jobson D. J., Woodell G. A., Harrah S. D. Real-time enhanced vision system // Proceedings of SPIE. Enhanced and Synthetic Vision. — 2005. — Vol. 5802. — P. 127–132. DOI: 10.1117/12.603656.
19. Chen C. C. Attenuation of electromagnetic radiation by haze, fog, clouds and rain : Report R-1694-PR. — Santa Monica : Rand Corp., 1975. — 41 p. URL: <http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/reports/2006/R1694.pdf> (дата обращения: 07.02.2019).
20. Beier K. R., Boehl R., Fries J., Hahn W., Hausamann D., Tank V., Wagner G., Weisser H. Measurement and modeling of infrared imaging systems at conditions of reduced visibility (fog) for traffic applications // Proceedings of SPIE. Characterization and Propagation of Sources and Backgrounds. — 1994. — Vol. 2223. — P. 175–186. DOI: 10.1117/12.177911.
21. Тараканов Д. В., Баканов М. О., Семенов А. О. Методика оценки эффективности мониторинга состояния пожаров в зданиях // Технологии техносферной безопасности. — 2017. — № 3(73). — С. 97–102. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2017-3/32-03-17.ttb.pdf> (дата обращения: 22.02.2019).
22. Терехнев В. В., Артемьев Н. С., Корольченко Д. А., Подгрушный А. В., Фомин В. И., Грачев В. А. Промышленные здания и сооружения. Серия “Противопожарная защита и тушение пожаров”. — Кн. 2. — М. : Пожнаука, 2006. — 412 с.
23. Грачев В. А., Поповский Д. В. Газодымозащитная служба : учебник / Под общ. ред. Е. А. Мешалкина. — М. : Пожжнуга, 2004. — 384 с.

REFERENCES

1. N. G. Topolskiy. *Osnovy avtomatizirovannykh sistem pozharovzryvbezopasnosti obyektov* [Basics of computer-aided fire and explosion safety systems]. Moscow, Fire Safety Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia Publ., 1997. 164 p. (in Russian).
2. N. G. Topolskiy, A. V. Mokshantsev, K. A. Mikhaylov. Short-wave infrared technology automated monitoring systems, of prevention and liquidation of emergency situations and fires. In: *Sistemy bezopasnosti–2016* [Safety Systems–2016]. Proceedings of the 25th International Scientific-Technical Conference. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2016, pp. 606–610 (in Russian).
3. V. V. Simakov, I. M. Teterin, N. G. Topolskiy, A. D. Zerkal, A. V. Mokshantsev, Nguyen Thang Quang. About use of the module of the near radar-location in the automated systems of the prevention and elimination of emergency situations. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti / Technology of Technosphere Safety*, 2012, issue 2(42). 8 p. (in Russian). Available at: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2012-2/11-02-12.ttb.pdf> (Accessed 25 February 2019).

4. N. G. Topolskiy, D. V. Tarakanov, A. V. Mokshantsev, K. A. Mikhaylov. Infrared technologies use in the exploration of fire by the fire links. In: *Sistemy bezopasnosti–2016* [Safety Systems–2016]. Proceedings of the 25th International Scientific-Technical Conference. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2016, pp. 611–613 (in Russian).
5. A. V. Mokshantsev, N. G. Topolskiy, K. A. Mikhaylov. *Software complex for monitoring potentially hazardous objects using infrared technologies*. Computer Program RU, no. 2019612615, publ. date 22.02.2019 (in Russian).
6. I. D. Burlakov, L. Ya. Grinchenko, A. I. Dirochka, N. B. Zaletaev. Short wavelength infrared InGaAs detectors. *Uspekhi prikladnoi fiziki / Advances in Applied Physics*, 2014, vol. 2, no. 2, pp. 131–162 (in Russian).
7. M. P. Hansen, D. S. Malchow. Overview of SWIR detectors, cameras, and applications. In: V. P. Vavilov, D. D. Burleigh (eds). *Thermosense XXX*. Proceedings of SPIE Defense and Security Symposium, 2008, vol. 6939, pp. 69390I-1–69390I-11. DOI: 10.1117/12.777776.
8. A. Rogalski. *Infrared Detectors*. 2nd ed. Boca Raton, CRC Press, 2010. 898 p. DOI: 10.1201/b10319.
9. D. S. Andreev, K. O. Boltar, I. D. Burlakov, N. B. Zaletaev, N. V. Kravchenko, A. A. Lopukhin, A. E. Troshkov, A. M. Filachev, I. V. Chinareva. In: *Proceedings of XXII International Scientific and Technical Conference on Photoelectronics and Night Vision Devices*. Moscow, SPA “Orion” Publ., 2012, pp. 138–139 (in Russian).
10. N. B. Zaletaev, I. V. Chinareva, P. A. Kuznetsov, N. V. Kravchenko, E. A. Klimanov, A. E. Troshkov, A. A. Zaytsev, A. V. Kuznetsov. In: *Abstracts of the XXI International Scientific and Technical Conference on Photoelectronics and Night Vision Devices*. Moscow, SPA “Orion” Publ., 2010, p. 112 (in Russian).
11. X. Wu, Y. Gu, F. Yan, F. S. Choa, P. Shu. High uniformity, stability, and reliability large-format InGaAs APD arrays. In: *Proceedings of Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO)*. Baltimore, Maryland, IEEE, 2007, p. CMI2. DOI: 10.1109/cleo.2007.4452558.
12. F. V. Fomin. *Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya zarubezhnykh IK-sistem* [Current state and prospects of development of foreign IR systems.] Ed. by N. N. Vilkova. Moscow, MNITI Publ., 2018. 35 p. (in Russian).
13. A. V. Surikov, N. S. Leshenyuk. The imaging system of the object at a low transparency environment and elevated temperatures. *Problemy obespecheniya bezopasnosti pri likvidatsii posledstviy chrezvychaynykh situatsiy / Problems of Safety in Emergency Situations*, 2015, vol. 1, pp. 441–444 (in Russian).
14. A. V. Surikov, V. O. Petuhov, V. A. Gorobets. Current and prospective basic methods and devices to improve visibility in emergency situations. *Chrezvychaynyye situatsii: preduprezhdeniye i likvidatsiya / Emergency Situations: Prevention and Response*, 2011, no. 1(29), pp. 121–129 (in Russian).
15. A. V. Surikov, N. S. Leshenyuk, B. F. Kunceovich, V. V. Gorobec. Optoelectronic system to increase visibility in a smoky environment. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus' / Vestnik of Command-Engineering Institute MES Belarus*, 2014, no. 2(20), pp. 4–12 (in Russian).
16. L. S. Bernstein, S. M. Adler-Golden, R. L. Sundberg, A. J. Ratkowski. In-scene-based atmospheric correction of uncalibrated VISible-SWIR (VIS-SWIR) hyper- and multi-spectral imagery. In: *Proceedings of SPIE. Remote Sensing of Clouds and the Atmosphere XIII*, 2008, vol. 7101, pp. 6–7. DOI: 10.1117/12.808193.
17. A. Cowlard, W. Jahn, C. Abecassis-Empis, G. Rein, J. L. Torero. Sensor assisted fire fighting. *Fire Technology*, 2010, vol. 46, no. 3, pp. 719–741. DOI: 10.1007/s10694-008-0069-1.
18. G. D. Hines, Z. Rahman, D. J. Jobson, G. A. Woodell, S. D. Harrah. Real-time enhanced vision system. In: *Proceedings of SPIE. Enhanced and Synthetic Vision*, 2005, vol. 5802, pp. 127–132. DOI: 10.1117/12.603656.
19. C. C. Chen. *Attenuation of electromagnetic radiation by haze, fog, clouds and rain*. Report R-1694-PR. Santa Monica, Rand Corp., 1975. 41 p. Available at: <http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/reports/2006/R1694.pdf> (Accessed 7 February 2019).
20. K. R. Beier, R. Boehl, J. Fries, W. Hahn, D. Hausmann, V. Tank, G. Wagner, H. Weisser. Measurement and modeling of infrared imaging systems at conditions of reduced visibility (fog) for traffic applications. In: *Proceedings of SPIE. Characterization and Propagation of Sources and Backgrounds*, 1994, vol. 2223, pp. 175–186. DOI: 10.1117/12.177911.
21. D. V. Tarakanov, M. O. Bakanov, A. O. Semenov. Method for assessing effectiveness of monitoring state of fires in buildings. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti / Technology of Technosphere Safety*, 2017, no. 3(73), pp. 97–102 (in Russian). Available at: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2017-3/32-03-17.ttb.pdf> (Accessed 22 February 2019).

22. V. V. Terebnev, N. S. Artemyev, D. A. Korolchenko, A. V. Podgrushnyy, V. I. Fomin, V. A. Grachev. *Promyshlennyye zdaniya i sooruzheniya. Seriya: Protivopozharnaya zashchita i tusheniye pozharov* [Industrial buildings and structures. Series: Fire protection and firefighting]. Book 2. Moscow, Pozhnauka Publ., 2006. 412 p. (in Russian).
23. V. A. Grachev, D. V. Popovskiy. *Gazodymozashchitnaya sluzhba* [Gas and smoke protection service]. General ed. by E. A. Meshalkin. Moscow, Pozhnkiga Publ., 2004. 384 p. (in Russian).

Поступила 28.02.2019; после доработки 29.03.2019; принята к публикации 03.04.2019
Received 28 February 2019; received in revised form 29 March 2019; accepted 3 April 2019

Информация об авторах

ТОПОЛЬСКИЙ Николай Григорьевич, д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры информационных технологий, Академия ГПС МЧС России, г. Москва, Российская Федерация; ORCID: 0000-0002-0921-4764, Scopus Author ID: 6602393869, e-mail: ntopolskii@mail.ru

ТАРАКАНОВ Денис Вячеславович, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры пожарной тактики и основ аварийно-спасательных и других неотложных работ в составе УНК "Пожаротушение", Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, г. Иваново, Российская Федерация; ORCID: 0000-0002-5811-7397, e-mail: den-pgsm@mail.ru

МИХАЙЛОВ Кирилл Андреевич, адъюнкт факультета подготовки научно-педагогических кадров, кафедра информационных технологий, Академия ГПС МЧС России, г. Москва, Российская Федерация; ORCID: 0000-0002-6420-0074, e-mail: mihkir.94@mail.ru

МОКШАНЦЕВ Александр Владимирович, канд. техн. наук, заместитель начальника кафедры информационных технологий, Академия ГПС МЧС России, г. Москва, Российская Федерация; ORCID: 0000-0002-2396-094X, e-mail: mok-av@yandex.ru

Information about the authors

Nikolay G. TOPOLSKIY, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Honoured Science Worker of Russian Federation, Professor of Department of Information Technology, State Fire Academy of Emercom of Russia, Moscow, Russian Federation; ORCID: 0000-0002-0921-4764, Scopus Author ID: 6602393869, e-mail: ntopolskii@mail.ru

Denis V. TARAKANOV, Cand. Sci. (Eng.), Senior Lecturer of Fire Tactics and Bases of Emergency Rescue and Other Urgent Works Department within the Academic and Research Complex (ARC) "Fire Extinguishing", Ivanovo Fire and Rescue Academy of State Firefighting Service of Emercom of Russia, Ivanovo, Russian Federation; ORCID: 0000-0002-5811-7397, e-mail: den-pgsm@mail.ru

Kirill A. MIKHAYLOV, Adjunct of Faculty of Scientific and Pedagogical Staff, Department of Information Technology, State Fire Academy of Emercom of Russia, Moscow, Russian Federation; ORCID: 0000-0002-6420-0074, e-mail: mihkir.94@mail.ru

Aleksandr V. MOKSHANTSEV, Cand. Sci. (Eng.), Deputy Chief of Department of Information Technology, State Fire Academy of Emercom of Russia, Moscow, Russian Federation; ORCID: 0000-0002-2396-094X, e-mail: mok-av@yandex.ru