

*Ю.П. Ключка, д.т.н., с.н.с., нач. НИЛ, НУГЗУ,
Х.Ш. Гасанов, адъюнкт, НУГЗУ,
Н.В. Крынская, к.филол.н., доцент, НУГЗУ*

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВИЗОРОВ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ

Изучен отечественный и зарубежный опыт применения тепловизоров при тушении пожаров. Установлено, что отсутствуют научно обоснованные рекомендации касательно тактических действий пожарных подразделений на основе анализа инфракрасного изображения, как при тушении пожара, так и при его разведке.

Ключевые слова: тепловизор, пожар, излучение, температура.

Постановка проблемы. Современное развитие техники достигло момента, когда анализ и тушение пожаров можно проводить не только на основе данных в видимом для человеческого глаза диапазоне световых волн, но и за его пределами, с помощью тепловизоров.

На сегодняшний день существует множество производителей тепловизоров и моделей, адаптированных для пожарных подразделений (рис. 1).



Рис. 1. Тепловизоры, адаптированные для использования при пожарах [1, 2]

В тоже время, использование устройств такого типа влечет за собой учет таких характеристик как [3-5]: погрешность, минимальное и максимальное значение длины волн, разрешение экрана, качество экрана, диапазон рабочих температур и т.д.

Следует отметить, что одной из проблем является отсутствие методик по применению данных устройств, рекомендаций к тактическим действиям, математического аппарата для анализа пожара на основе изображений в инфракрасном диапазоне и т.д.

Анализ последних исследований и публикаций. Характеристики тепловизоров варьируются в широком диапазоне параметров, при этом их классификация может быть представлена в следующем виде (рис. 2).

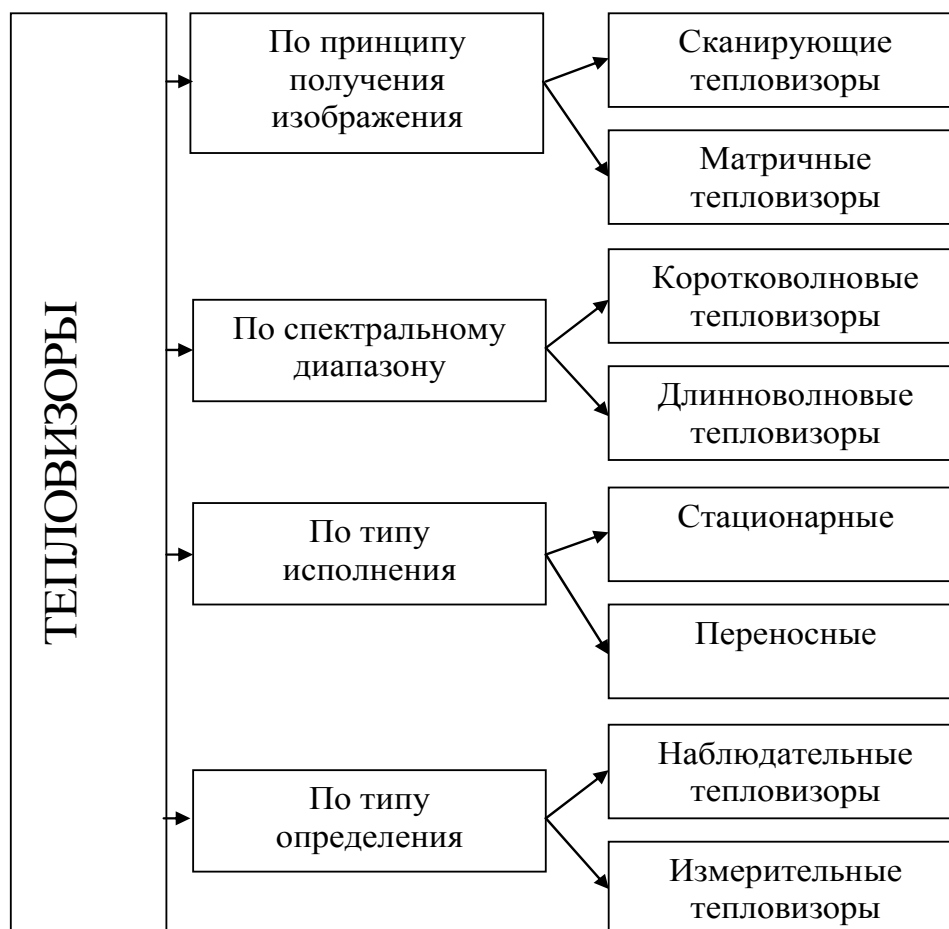


Рис. 2. Классификация тепловизоров [1-6]

Наибольшее распространение имеют матричные переносные тепловизоры. Анализ литературы [1-7] показал, что большинство работ посвященных использованию тепловизоров являются обзорными, узкоспециализированными или носят декларативный характер и не имеют отношения к использованию при ликвидации пожаров.

Постановка задачи и ее решение. В связи с этим необходимо проанализировать существующие работы по применению тепловизоров при тушении пожаров, а также определить направления дальнейших исследований.

В работе [8] представлены результаты натурных экспериментов по изучению возникновения и распространения степных пожаров (рис. 3). Приведены значения характерных температур во фронте горения, скорость распространения фронта пожара в зависимости от скорости ветра. Исследовано возникновение степного пожара от точечного источника зажигания и вероятность его возникновения в зависимости от размеров и типа источника зажигания.

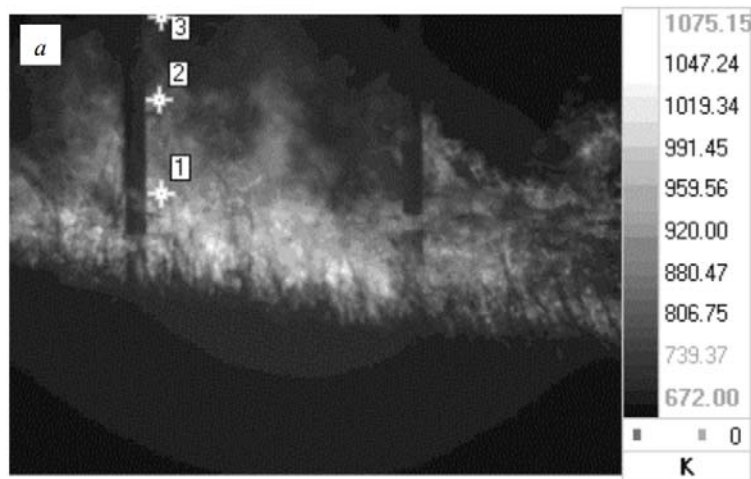


Рис. 3. Термограмма по данным, полученным с тепловизора JADE J530SB [8]

В работе [9] показаны новые возможности тепловизионного метода для обнаружения очагов пламенного горения. Разработана методика, которая позволяет дифференцировать тепловое излучение пламени и нагретых твердых поверхностей. Метод в данной работе основан на том, что температура различных объектов имеет разную частоту пульсации.

Работа [10] посвящена анализу проблемы тушения крупных пожаров и спасению пострадавших в связи с ухудшением видимости. Рассмотрены возможные способы решения проблемы обзора и ориентации звеньев газодымозащитной службы. Показано, что при борьбе с пожарами в сильно задымленных зданиях, когда первостепенной задачей является поиск и спасение людей, применение тепловизоров может стать наиболее эффективным выходом из подобных ситуаций, а использование системы видеозаписи с возможностью дистанционной беспроводной передачи повысить управляемость действиями спасателей.

В работе [11], на основе опроса пожарных спасателей, проводилась оценка опасности пожара исходя из изображения на тепловизоре. Для этого изменялись такие характеристики как: разрешение экрана, контрастность, яркость, шум и т.д.

Полученные результаты были использованы для создания функциональной модели для прогнозирования влияния качества изображения на производительность спасателя. Модель была рекомендована для включения в методы испытаний качества изображения в Национальном институте стандартов и технологий, а также предоставлена Национальной ассоциации противопожарной защиты для включения в стандарт по пожаротушению с применением тепловизоров.

В работе [12] описывается применение тепловизоров для исследования лесных пожаров. С этой целью лесной службой США и Space Instruments использован тепловизор FireMapper. Исследовательский комплекс, построенный на данном тепловизоре, позволяет отображать интенсивность горения и развитие пожара (рис. 4).

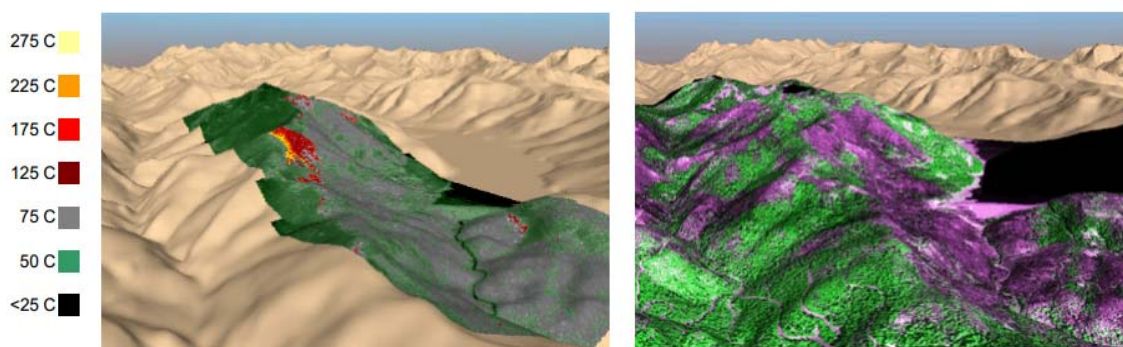


Рис. 4. Пример наложения кадров с тепловизора на рельефную поверхность

В работе [13] рассматривается проблема отсутствия стандарта для специализированных тепловизоров, а именно для пожарных подразделений. При этом были проведены эксперименты по определению условий, в которых должны работать данные устройства, а также показано, что необходимо учитывать преграды в виде дыма.

В работе [14] рассмотрена математическая модель тепловизионного мониторинга пожаров на полигонах твёрдых бытовых отходов на ранней стадии их возникновения. Приведена общая постановка задачи оптимального размещения средств мониторинга.

Таким образом, установлено, что существуют исследования по изучению использования тепловизоров при пожарах, особенности их сертификации для пожарных подразделений, определения температур в специфических ситуациях. В тоже время лишь поверхностно проработан вопрос научно-обоснованного применения тепловизоров при тушении пожаров, в частности, в жилом фонде, как наиболее распространенных.

Анализ нормативных документов, рекомендаций по тушению пожаров [15-16] позволил классифицировать сферы применения тепловизоров пожарными подразделениями (рис. 5).

Анализ рисунка показывает, что использование тепловизоров возможно от момента прибытия к месту пожара и до полной его ликвидации. При этом следует отметить, что их использование повлечет за собой:

- уменьшение времени локализации и ликвидации пожара;
- уменьшение прямых и косвенных материальных убытков;
- сокращение объемов огнетушащего вещества, которое использовано при ликвидации ЧС;
- сокращение времени разведки;
- уменьшение количества травмированных людей;
- и др.

Температурный режим при пожаре может варьироваться в широком интервале значений (рис. 6), соответственно, описываться разными функциональными зависимостями [17].

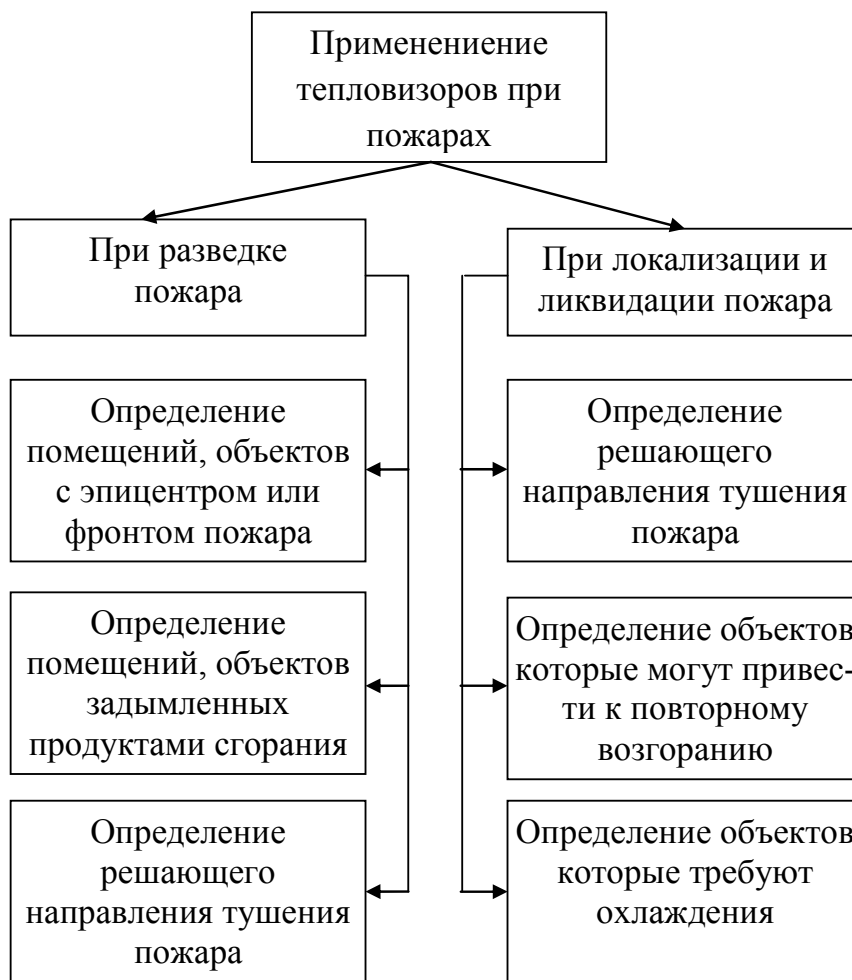


Рис. 5. Классификация областей применения тепловизоров пожарными подразделениями [15-16]

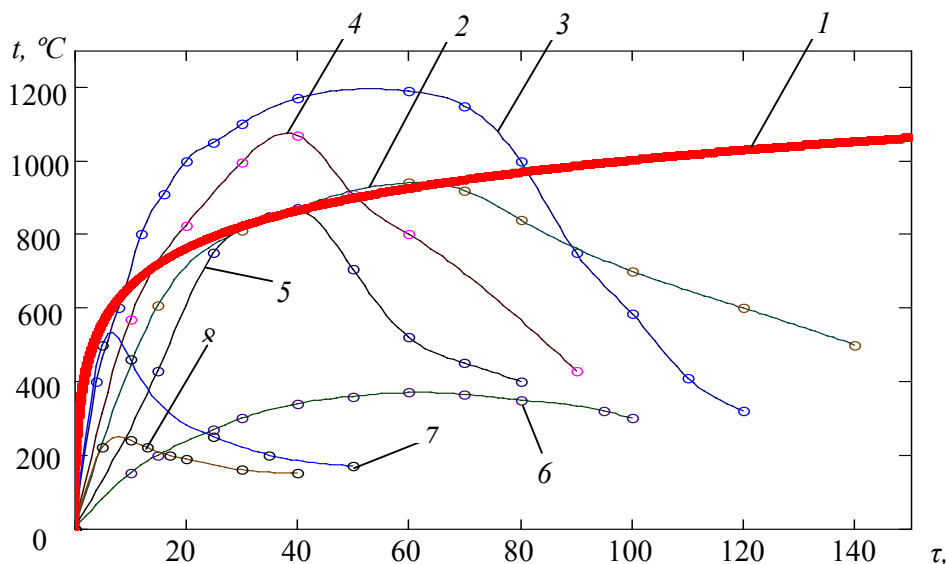


Рис. 6. Температурные режимы пожара в помещениях в зависимости от вида и величины пожарной нагрузки [17]: 1 – стандартная температурная кривая пожара; 2 – резина, 100 кг/м²; 3 – древесина, 100 кг/м²; 4 – каучук, 50 кг/м²; 5 – резина, 50 кг/м²; 6 – древесина, 50 кг/м²; 7 – фенопласты, 50 кг/м²; 8 – бумага, 50 кг/м²

Приблизительно температура в помещении может описываться стандартным температурным режимом при пожаре [17]

$$T = 345 \cdot \lg(8 \cdot \tau + 1) + T_0 + 273. \quad (1)$$

Тогда, с учетом закона смещения Вина [3, 4], зависимости для определения времени достижения температуры при пожаре и длины волны излучения от температуры можно представить в следующем виде (рис. 7).

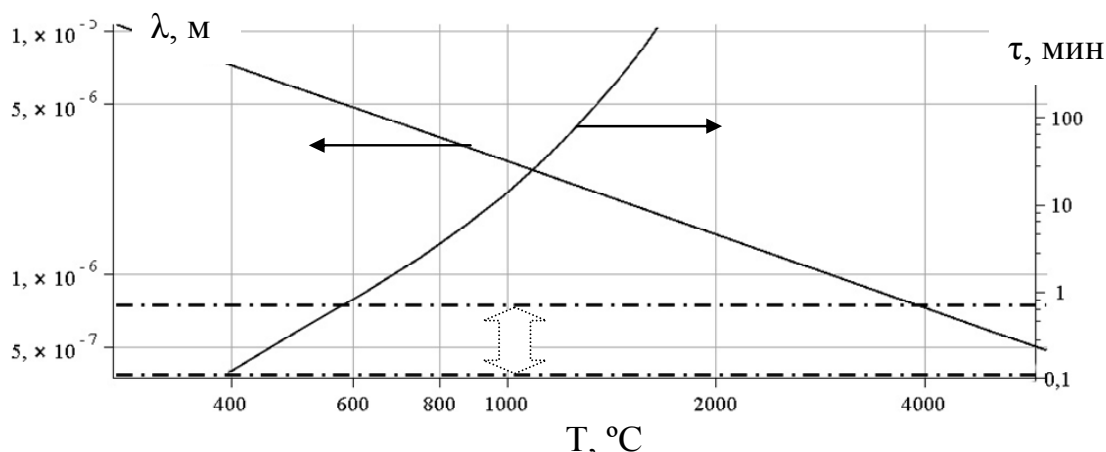


Рис. 7. Зависимость времени достижения температуры при пожаре и длины волны излучения от температуры

Анализ рисунка показывает, что в интервале времени до 100 минут максимум излучения приходится на невидимую для человеческого глаза область длины волн, что подтверждает целесообразность применения тепловизоров при тушении пожаров.

С целью определения спектральной плотности энергетической светимости $r(\lambda, \tau)$ в зависимости от времени, запишем [5]

$$r(\lambda, T) = \frac{2\pi h c^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k T}} - 1}, \quad (2)$$

где h – постоянная Планка, c – скорость света, λ – длина волны.

Подставив в (2) выражение (1) получим

$$r(\tau, T) = \frac{3,745 \cdot 10^{-16}}{\lambda^5 \left[e^{\frac{0,01439}{\lambda(345 \cdot \lg(8 \cdot \tau + 1) + T_0 + 273)}} - 1 \right]}. \quad (3)$$

Данное выражение показывает зависимость спектральной плотности энергетической светимости от времени от начала пожара и длины волны с допущением, что температура объектов равна температуре

при стандартном температурном режиме (рис. 9).

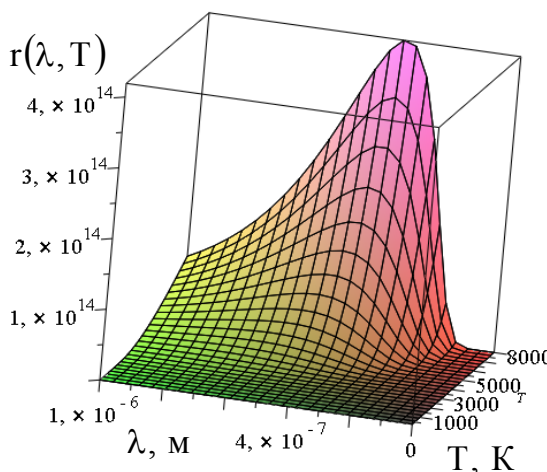


Рис. 8. Зависимость спектральной плотности энергетической светимости от температуры и длины волны

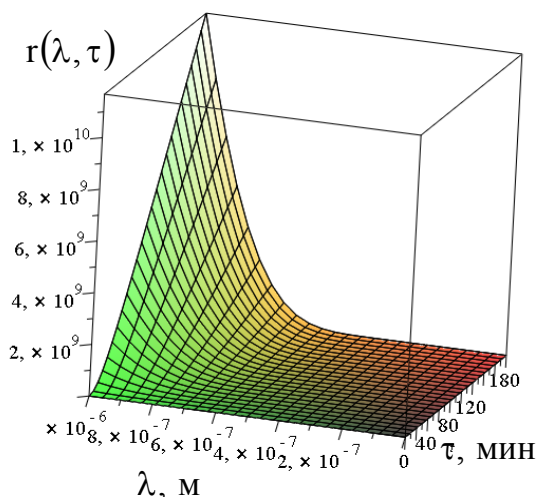


Рис. 9. Зависимость спектральной плотности энергетической светимости от времени от начала пожара и длины волны

Использование выражений (1-3) при построении математических моделей, номограмм, и т.д. позволит разработать рекомендации по использованию тепловизоров в условиях пожара и тактическим действиям пожарных подразделений.

Выводы. В результате проведенной работы изучен отечественный и зарубежный опыт особенностей тепловизоров и их применения для тушения и разведки пожаров. Установлено, что отсутствуют научно обоснованные рекомендации касательно тактических действий на основе анализа инфракрасного изображения, как при тушении пожара, так и при его разведке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тепловизоры для пожарных [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://www.pergam.com.ua/catalog_103.htm?PHPSESSID=j5848etppm6l6v4h9d9tbl08c1.
2. Тепловизор для пожарных [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://ircam.ru/teplovizor_pozharny.htm.
3. Коротаев В.В. Основы тепловидения / В.В. Коротаев, Г.С. Мельников, С.В. Михеев, В.М. Самков, Ю.И. Солдатов. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 122 с.
4. Джемисон Д.Э. Физика и техника инфракрасного излучения / Джемисон Д.Э., Мак-Фи Р.Х., Пласс Д.Н. – М.: Изд-во "Советское радио", 1965. – 642 с.
5. Тарасов В.В. Инфракрасные системы «смотрящего» типа / В.В. Тарасов, Ю.Г. Якушенков. – М.: Логос, 2004. – 452 с.
6. Вавилов В.П. Тепловизоры и их применение / В.П. Вавилов, А.Г. Климов. – М.: Интел универсал, 2002. – 88 с.

7. Вавилов В.П. Тепловые методы неразрушающего контроля: справочник / В.П. Вавилов. – М.: Машиностроение, 1991 г. – 240 с.

8. Гришин А.М. Экспериментальные исследования возникновения и распространения степного пожара в природных условиях / А.М. Гришин [и др.] // Вестник Томского государственного университета "Математика и механика". – 2011. – №2. – С. 91-102.

9. Жилкин Б.П. Применение тепловизионного метода для обнаружения очагов пламенного горения / Б.П. Жилкин [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. – 2012. – Т. 21. № 4. – С. 38–40.

10. Османов Ш.А. Дым, как основное препятствие на пути к спасению / Ш.А. Османов, А.П. Корольков // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. – 2013. – Вып. 2. – С. 54-57.

11. The Impact of Thermal Imaging Camera Display Quality on Fire Fighter Task Performance [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://fire.nist.gov/bfrlpubs/fire09/PDF/f09030.pdf>.

12. Application of the FireMapper Thermal-Imaging Radiometer for Wildfire Suppression [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://www.fireimaging.com/reference/F1523_3.pdf.

13. Amon F. Meaningful performance evaluation conditions for fire service thermal imaging cameras / Amon F, Hamins A., Bryner N., Rowe J. // Fire Safety Journal. – 2008. – № 43. – P. 541-550.

14. Собина В.А. Математическая модель тепловизионного мониторинга пожаров на полигонах твёрдых бытовых отходов / В. А. Собина, А. Н. Соболев, В. В. Тригуб, Ю. А. Олениченко // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2014. – Вип. 19. – С. 126-132. – Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Pns_2014_19_18.pdf.

15. Повзик Я.С. Пожарная тактика: [учебное пособие] / Я.С. Повзик. – М.: Спецтехника, 2004. – 416 с.

16. Сыровой В.В. Разведка пожара: [учебное пособие] / В.В. Сыровой. – Харьков: ХИПБ, 1995. – 59 с.

17. Поздеев С.В. Развитие научных основ определения пределов огнестойкости несущих железобетонных конструкций: дис. ... докт. техн. наук: 21.06.02 / Поздеев Сергей Валерьевич. – Х., 2012. – 365 с.

Ю.П. Ключка, Х.Ш. Гасанов, Н.В. Кринська

Аналіз використання тепловізорів при гасінні пожеж

Вивчений вітчизняний і зарубіжний досвід застосування тепловізорів при гасінні пожеж. Встановлено, що відсутні науково обґрунтовані рекомендації щодо тактичних дій підрозділів на основі аналізу інфрачервоного зображення, як при гасінні пожежі так і при його розвідці.

Ключові слова: тепловізор, пожежа, випромінювання, температура.

Yu.P. Kluchka, Kh.Sh. Hasanov, N.V. Krynska

Analysis of applying the thermal imagers for fire extinguishing

The domestic and foreign experience of application of thermal imagers for fire extinguishing is studied. It is established that there are no evidence-based recommendations regarding the tactical actions based on the analysis of the infrared images, neither during fire fighting nor its exploration.

Keywords: the thermal imager, fire, radiation, temperature.